نشریه هواشناسی و علوم جوّ جلد ۸، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۴، صفحات ۲۸ - ۱۴

تحلیل اثرات خشک شدن دریاچه ارومیه و تغییر اقلیم بر پایداری سکونتگاه‌های انسانی از منظر آمایش سرزمین

علیرضا جمشیدی*[۱]، سهند آذر [۲]

[۱] استادیار گروه جغرافیا دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

[۲] دانشجوی دکتری، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۶

چکیده

خشک شدن دریاچه ارومیه، به‌منزلهٔ یکی از بزرگ‌ترین فجایع زیست‌محیطی ایران، پیامدهای وخیمی بر پایداری سکونتگاه‌های انسانی منطقه، به‌ویژه از منظر آمایش سرزمین، داشته است. این پدیده، با تغییرات اقلیمی و سوء مدیریت منابع آبی تشدید شده، منجر به افزایش گردوغبار، شور شدن اراضی کشاورزی و کاهش شدید منابع آبی شده است. درنتیجه، معیشت جوامع محلی به خطر افتاده، مهاجرت‌های گسترده‌ای رخ‌داده و ساختارهای اجتماعی و اقتصادی منطقه دچار فروپاشی شده‌اند. از دیدگاه آمایش سرزمین، این بحران نشان‌دهنده عدم تعادل میان ظرفیت‌های زیستی منطقه و فعالیت‌های انسانی است که لزوم بازنگری جدی در الگوهای توسعه، مدیریت منابع و برنامه‌ریزی فضایی را برای حفظ پایداری سکونتگاه‌ها و جلوگیری از بحران‌های مشابه در آینده گوشزد می‌کند. هدف پژوهش حاضر، تحلیل اثرات خشک شدن دریاچه ارومیه و تغییر اقلیم بر پایداری سکونتگاه‌های انسانی از منظر آمایش سرزمین هست. این پژوهش ازنظر هدف، کاربردی - نظری و ازنظر روش، توصیفی– تحلیلی است. اطلاعات و داده‌های موردنیاز از طریق روش کتابخانه‌ای جمع‌آوری‌شده است. در این پژوش از مدل AHP فازی استفاده‌شده است. با بهره‌گیری از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (Fuzzy AHP)، معیارهای متعدد مؤثر بر پایداری سکونتگاه‌ها، شامل ابعاد زیست‌محیطی (مانند تشدید گردوغبار و شور شدن خاک)، اقتصادی (از دست رفتن مشاغل کشاورزی و گردشگری)، اجتماعی (مهاجرت و تغییر ساختار جمعیتی) و کالبدی (تغییر کاربری اراضی و فرونشست) شناسایی و اولویت‌بندی شده‌اند. نتایج نشان‌دهنده تأثیرات بحرانی و چندوجهی این پدیده بر ابعاد مختلف زندگی مردم منطقه است که لزوم برنامه‌ریزی جامع و یکپارچه در آمایش سرزمین را برای مقابله با چالش‌های آتی و تضمین تاب‌آوری جوامع انسانی بیش‌ازپیش نمایان می‌سازد. این مطالعه می‌تواند به سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در اتخاذ تصمیمات آگاهانه برای مدیریت بحران‌های مشابه و حرکت به‌سوی توسعه پایدار کمک کند.

کلمات کلیدی: خشک شدن دریاچه ارومیه،تغییر اقلیم پایداری، سکونتگاه‌های انسانی،آمایش سرزمین، مدل AHP فازی

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: al.jamshidi@urmia.ac.ir

مقدمه

خواستگاه شهرهای نخستین بر طبق اسناد و مطالعات شهرسازی، طبیعت و منابع آب‌وهوای معتدل برای کشاورزی هست که به دنبال آن نخستین هسته شهرها در کنار رودخانه‌ها و بسترهای پر آب زیرزمینی ایجاد شدند، در سال‌های اخیر تغییرات آب و هوایی، تمام مناطق جهان را درگیر مسائل و بحران‌های خودکرده است. سازمان ملل نیز در مورد بلایای طبیعی سال ۲۰۰۷ معتقد است که ۹۰ درصد بدترین بلایا درنتیجه تغییرات آب و هوایی رخ‌داده‌اند. با پیامدهای حاصل از پدیده گرمایش سرزمین و تأثیر آن بر سکونتگاه‌ها ممکن است جهان شاهد افول یکسری از شهرها و یا برعکس ایجاد و توسعه شهرها و سکونتگاه‌هایی باشد که قبلاً یا وجود نداشته‌اند و یا از درجه اهمیت پایین‌تری برخوردار بودند (عیوضی سوداگر و جزایری، ۱۳۹۵). شهرها بخش زیادی از جمعیت انسانی، کالاها و زیرساخت‌ها را در خود جای‌داده‌اند. امروزه با افزایش جمعیت شهری و گسترش شهرها، جمعیت برخی کلان‌شهرها به بیش از ۲۰ میلیون نفر رسیده است. این امر باعث می‌شود که شهرها در برابر خطرات جوی و تغییرات اقلیمی به‌شدت آسیب‌پذیر باشند (شایان نسب و مظلومی مراغی، ۱۴۰۳). تغییر اقلیم یکی از پیچیده‌ترین مشکلاتی است که بشر در حال حاضر و آینده با آن مواجه خواهد شد. به‌عبارتی‌دیگر، تغییر اقلیم پدیده‌ای نیست که در آینده‌ای دور اتفاق بیافتد، بلکه اکنون در حال وقوع است (جمشیدی و عنبستانی، ۱۳۹۹). تغییرات آب و هوایی و گرم شدن زمین ازجمله مهم‌ترین مشکلات انسان در چند دهه اخیر به شمار می‌آید. این تغییرات به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر زندگی انسان تأثیر زیادی گذاشته است. بحران‌های محیط‌زیستی موجود در ایران ازجمله کمبود بارش، خشک شدن رودها، تالاب‌ها و دریاچه‌ها باعث بروز مخاطرات و آسیب‌پذیری طبیعی و انسانی شده است. در این میان، خشک شدن دریاچه ارومیه به‌منزلهٔ بحران ملی، نقش مهمی در تشدید مشکلات و مخاطرات طبیعی و انسانی ایفا می‌کند (احمدی، ۱۴۰۳). دریاچه ارومیه به‌منزلهٔ یکی از بزرگ‌ترین دریاچه‌های نمک، در سطح منطقه و جهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هست. متأسفانه عواملی همچون سدسازی، کاهش بارندگی و افزایش چاه‌های کشاورزی در اطراف دریاچه در طول چند دهه اخیر حیات بخش فراوانی از این دریاچه را به خطر انداخته است (عربشاهی و همکاران، ۱۳۹۸). واژه سازگاری اغلب با واژه انطباق یکسان در نظر گرفته می‌شود، اما درواقع یکسان نیستند و تفاوت اساسی باهم دارند. چنانچه ظرفیت سازگاری توانایی و قابلیت یک سامانه برای سازگار شدن با استرس‌های واقعی یا مورد انتظار یا مقابله با پیامدها است و به‌منزلهٔ تابعی از ثروت، فناوری، تحصیلات، اطلاعات، مهارت‌ها، زیرساخت، دسترسی به منابع و پایداری و قابلیت‌های مدیریت در نظر گرفته‌شده است (بازل و همکاران،۲۰۲۰). آمایش سرزمین به‌منزلهٔ یکی از اصول کلیدی برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار سرزمین، نقش بی‌بدیلی در هدایت توسعه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ایفا می‌کند. این رویکرد باهدف توزیع بهینه فعالیت‌ها و جمعیت در فضا، تلاش می‌کند تا ضمن بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی و انسانی، از بروز نابرابری‌های منطقه‌ای و تخریب محیط-زیست جلوگیری کند (شریفی و زیاری، ۲۰۲۲). با استفاده از رویکرد آمایش سرزمین که به‌منظور بهره‌برداری منطقی از منابع و استقرار مطلوب جمعیت، امکانات و فعالیت‌ها در فضای ملی صورت می‌گیرد، زیربنای توسعه منطقه‌ای به‌منزلهٔ ابزار اصلی برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های منطقه‌ای مطابق با جمعیت و تهیه برنامه‌های توسعه اقتصادی – اجتماعی هر منطقه را فراهم می‌آورد (موسوی و همکاران، ۱۴۰۳). هدف پژوهش حاضر، تحلیل اثرات خشک شدن دریاچه ارومیه و تغییر اقلیم بر پایداری سکونتگاه‌های انسانی از منظر آمایش سرزمین هست. خشک شدن دریاچه ارومیه به‌منزلهٔ یکی

از بزرگ‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی و اجتماعی ایران، ابعاد گوناگونی دارد که تحلیل اثرات آن بر پایداری سکونتگاه‌های انسانی، به‌ویژه از منظر آمایش سرزمین، از اهمیت بالایی برخوردار است. این پدیده نه‌تنها نشان‌دهنده تغییرات اقلیمی در مقیاس وسیع است، بلکه به‌وضوح آسیب‌پذیری مناطق خشک و نیمه‌خشک را در برابر سوء مدیریت منابع آبی و الگوهای توسعه ناپایدار آشکار می‌سازد. در این مقدمه، به بررسی چگونگی تأثیر این بحران زیست‌محیطی بر ابعاد اجتماعی، اقتصادی و فضایی سکونتگاه‌ها پرداخته و نقش آمایش سرزمین را در شناخت و کاهش این اثرات تبیین خواهیم کرد. درواقع، این تحلیل به ما کمک می‌کند تا با درک عمیق‌تر از تعاملات پیچیده میان طبیعت و جامعه، راهکارهای مؤثرتری برای تاب‌آوری و توسعه پایدار در مناطق مشابه ارائه دهیم.

پیشینه پژوهش

سلطانی و همکاران (۱۳۹۵) در ارزیابی پیامدهای احتمالی انتقال آب حوضه زاب به دریاچه ارومیه به این نتیجه رسیدند پیامد منفی اجتماعی- فرهنگی (۰/۳۲۸)، پیامد منفی اقتصادی (۰/۲۴۹)، پیامد مثبت اقتصادی (۰/۲۱۶)، پیامد منفی زیست‌محیطی (۰/۲۱۰)، پیامد منفی سیاسی - امنیتی (۰/۱۷۴)، پیامد مثبت زیست‌محیطی (۰/۱۵۶)، پیامد مثبت سیاسی - امنیتی (۰/۰۸۷)، و پیامد مثبت اجتماعی - فرهنگی (۰/۰۷۰) محتمل‌ترین پیامدهایی است که پس از انتقال آب از زاب به دریاچه ارومیه ممکن‌الوقوع است. نکته جالب و قابل‌توجه این است که طبق نظر کارشناسان، انتقال آب به لحاظ زیست‌محیطی نمی‌تواند نجات‌بخش دریاچه ارومیه باشد و شاید به‌مثابه یک مُسکّن عمل کند.

جوان (۱۳۹۹) با بررسی روند خشکسالی هیدرولوژیک در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه به این نتیجه رسیده است نتایج آزمون‌های ITA و من-کندال نشان داد که مراغه، سهند، سقز، تکاب و مهاباد دارای روند کاهشی معنی‌دار در سری‌های ۱۲ و ۲۴ ماهه هستند. در ارومیه، تبریز و سراب، آزمون من-کندال روند معنی‌داری را نشان نداد؛ درحالی‌که ITA ، روندهای کاهشی و افزایشی معنی‌داری نشان داد. بر اساس نتایج گرافیکی ITA ، روند کاهشی در شرایط مرطوب و نرمال و روند افزایشی در شرایط خشکسالی، در اکثر ایستگاه‌های حوضه وجود دارد. از نتایج این تحقیق می‌توان برای مدیریت منابع آب و درک ویژگی‌های تغییر اقلیم استفاده کرد.

عرفانیان و همکاران (۱۴۰۲) با تحلیل روند بارندگی ماهانه با استفاده از روش نوآورانه گرافیکی و کلاسیک در ایستگاه‌های سینوپتیک حوضه دریاچه ارومیه به این نتیجه رسیدند که در میان متغیرهای آب و هواشناسی، بارندگی یکی از مهم‌ترین آن‌هاست. تحلیل روند یکی از مؤثرترین روش‌های مشاهده اثرات تغییرات آب و هوایی بر بارندگی است. اخیراً روش‌های گرافیکی جدید به‌منزلهٔ جایگزینی برای روش‌های تحلیل روند کلاسیک پیشنهادشده است. تحلیل روند نوآورانه چندضلعی که از تحلیل روند نوآورانه تکامل‌یافته است، در حال حاضر یکی از روش‌های پیشنهادی است و هیچ پیش فرضی در آن وجود ندارد.

حبیب‌الله لکی و همکاران (۱۴۰۳) با مروری بر پیامدهای خشک شدن دریاچه ارومیه بر شاخص‌های محیط‌زیست و اجتماعی – جمعیتی به این نتیجه رسیدند که خشک شدن کامل دریاچه ارومیه پیامدهای جبران‌ناپذیری بر پیرامون خود خواهد داشت. با توجه به اینکه حدود ۵ میلیون نفر در حاشیه دریاچه‌ی ارومیه سکونت دارند، با خشک شدن این دریاچه، باغات، زمین‌های کشاورزی، گونه‌های جانوری و گیاهی از بین خواهند رفت و به‌طور علنی امکان سکونت در این منطقه دیگر میسر نخواهد بود.

حاتمی و محمودی (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای به تحلیل چالش‌ها و فرصت‌های آمایش سرزمین در ایران در مواجهه با تحولات جدید پرداخته و راهبردهایی برای مدیریت پایدار سرزمین پرداختند. در این مطالعه درنهایت، استفاده از فناوری‌های نوین، تقویت سرمایه‌گذاری یکپارچه و مشارکت فعال جامعه در فرآیند آمایش سرزمین به‌منزلهٔ عوامل کلیدی موفقیت در مواجهه با این چالش‌ها شناسایی و معرفی شدند.

موسوی و همکاران (۱۴۰۴) در تدوین سناریوهای مؤثر بر گذار از بحران آب در استان آذربایجان غربی با رویکرد آمایش سرزمین به این نتیجه رسیدند که این ۹ شاخص، شامل دما، مدیریت رواناب، حفظ تالاب‌ها، برداشت از چاه‌ها، آب‌های ورودی و حقابه‌های مرزی، وابستگی استان‌های هم‌جوار به محصولات کشاورزی، برنامه‌های آموزشی کشاورزان و تغییر کاربری اراضی به کشاورزی آبی، به‌منزلهٔ عوامل تأثیرگذار شناسایی شده‌اند.

چودن و همکاران (۲۰۲۰) با ارائه روشی برای ارزیابی ظرفیت سازگار با تغییرات آب و هوایی در جوامع وابسته به منابع در حوزه نیکاچو بوتان به این نتیجه رسیدند خانوارهایی که در ارتفاعات بالاتر هستند، به دلیل تفاوت در سرمایه‌های جسمی، مالی، طبیعی و انسانی از ظرفیت سازگاری کمتری برخوردار بوده و آسیب‌پذیری بیشتری در برابر تغییرات آب و هوایی دارند. آن‌ها همچنین از تنوع کمتری در منابع درآمد، وابستگی بیشتر به منابع طبیعی، تحصیلات و آموزش کمتر، دسترسی کمتر به زیرساخت‌ها (مانند جاده‌ها) و دسترسی به بازارها نسبت به خانوارهای دارای ارتفاعات کمتر برخوردار بودند.

گاسپر و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی اثرات اجتماعی و اقتصادی تغییر اقلیم بر محیط‌های شهری پرداخته و به این نتیجه رسیدند که عموماً تغییر اقلیم در سرتاسر جهان، همه شهرها را درزمینهٔ اقتصادی و اجتماعی با چالش‌های اساسی روبه‌رو ساخته است. وجه تمایز تحقیق حاضر با دیگر تحقیقات در این است که اهداف آن در هیچ‌یک از تحقیقات گذشته بررسی نشده است.

مبانی نظری

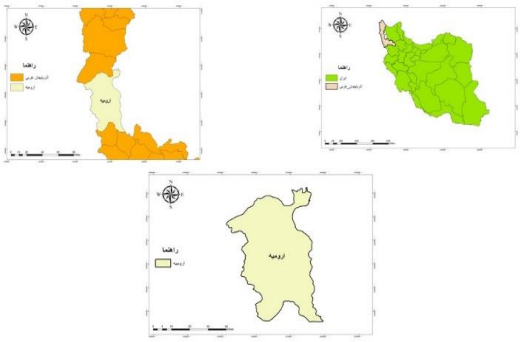
زندگی بشر همواره با انواع مخاطرات و بحران‌های طبیعی مانند زلزله، توفان، خشکسالی و سیل همراه بوده که در این میان پدیده خشکسالی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (سواری و شوکتی، ۱۳۹۸). زیرا خشکسالی یک حالت خزنده و فرم خطرناک از آن به شمار می‌رود که شروع آن نامعلوم و پایانش غیرقابل‌پیش‌بینی است و در تمام شرایط آب و هوایی رخ می‌دهد. با توجه به اینکه خشکسالی اغلب در مدت‌زمان طولانی و فضایی بزرگی رخ می‌دهد، هزینه‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی زیادی به بار می‌آورد (اسپینونی و همکاران، ۲۰۱۹). خشک شدن دریاچه ارومیه می‌تواند زمینه‌ساز اثرات اکولوژیکی گسترده‌ای در شمال غرب کشور شده و حتی کشورهای هم‌جوار را هم به‌طورجدی تحت تأثیر قرار دهد. مثلاً ذرات نمک و غبار ممکن است حتی به پوشش برف بخش‌هایی از کشورهای همسایه آسیب وارد نموده و باعث تغییر روند جریان آب از ارتفاعات شود و امنیت آب و غذا را تهدید کند (ابراهیمی و همکاران، ۱۴۰۰). آینده جهان شاهد دگرگونی‌های فراوان ناشی از تغییرات اقلیمی از قبیل توفان و توفندهای بزرگ و سیل‌های مخرب و دیگر چالش‌های آب و هوایی خواهد بود. این خطرات اقلیمی دارای اثراتی بر سکونت انسان بوده که منجر به از بین رفتن ادامه حیات، مشکلات اقتصادی و اجتماعی و عاطفی فراوان خواهد بود. تحقیقات اخیر نشان داده است که این مشکل چیزی بیش‌ازحد بحران هست (خزایی و همکاران، ۱۳۹۴). دریاچه‌های نمک ازلحاظ جغرافیایی گسترده و مستعد هستند و بخش قابل‌توجهی از اکوسیستم‌های آبی داخلی جهان را تشکیل می‌دهند.

تهدیدات اصلی علیه موجودیت دریاچه‌های نمکی در مقیاس جهانی به ترتیب اهمیت عبارت‌اند از: انحرافات سطح جریان آب، تغییرات جهانی اقلیم، برداشت از آب‌های زیرزمینی، شوری آب، استخراج معدن، تخریب زیست‌شناختی، آلودگی، شکار بیش‌ازحد ماهی و دیگر فعالیت‌های حوضه‌های آبریز. تأثیرات چنین فعالیت‌هایی همیشه نامطلوب و شامل تغییر در ویژگی‌های طبیعی دریاچه‌های نمکی، از دست دادن تنوع زیستی و تغییرات اساسی لیمنولوژیکی است. این تأثیرات ازنظر جغرافیایی گسترده و غیرقابل‌برگشت هستند و از ارزش دریاچه‌های نمکی می‌کاهند (بارانی پسیان و همکاران، ۱۳۹۶). تغییرات اقلیمی که به شکل افزایش دما، تغییر الگوهای بارش، خشکسالی‌های مکرر و بروز پدیده‌های حدّی آب و هوایی نمایان شده است، پیامدهای جدی برای زیرساخت‌های اقتصادی، اکوسیستم‌ها و معیشت انسان‌ها به همراه داشته است. از سوی دیگر، تحولات جمعیتی شامل رشد جمعیت، مهاجرت‌های داخلی و بین‌المللی و تغییرات ساختار سنی نیازمند بازنگری در توزیع منابع، خدمات و زیرساخت‌ها است. ترکیب این دو پدیده، برنامه‌ریزی آمایش سرزمین را به فرآیندی پیچیده و چالش‌برانگیز تبدیل کرده است (نظم فر و همکاران، ۱۳۹۸). تغییرات اقلیمی منجر به افزایش بیشتر شب‌های گرم در شهرها نسبت به مناطق روستایی مجاور می‌شود که استرس گرمایی و آسیب‌پذیری در برابر امواج گرما را برای شهروندان شهری در یک اقلیم گرم‌تر، در مقایسه باهمتایان روستایی‌شان افزایش می‌دهد (ماسون و همکاران،۲۰۲۱).آمایش سرزمین نوعی هدایت و مدیریت راهبردی است که سعی می‌کند پیوندهای انسان با فعالیت‌هایش را در محیط و فضایی که در آن قرار دارد موردمطالعه قرار داده و با رعایت مسائل زیست‌محیطی و استفاده از منابع تجدید پذیر و مقابله با روندهای مخرب محیط‌زیست، سامانه فضایی پایداری را فراهم آورد و برنامه‌های توسعه فضایی بلندمدت و پایدار متکی بر مشارکت عمومی را عملی سازد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۷).

قلمرو پژوهش

دریاچه ارومیه در شمال غرب ایران یکی از بزرگ‌ترین دریاچه‌های شور جهان و ازنظر وسعت بیستمین دریاچه جهان است که دارای ویژگی‌های شیمیایی، ریخت‌شناسی، رسوب‌شناسی و زیست‌محیطی خاصی هست (شکل ۱). از دیدگاه ژئومورفولوژی، دریاچه ارومیه یک ناحیه فرونشسته زمین ساختی است که در اثر عملکرد گسل تبریز در شرق و گسل ارومیه در غرب به وجود آمده است (رستمی و ملکی، ۱۴۰۰).

مختصات جغرافیایی دریاچه بین "۱۵ ′۶ °۰ ۳۷ و "۱۵ ′۱۵ °۳۸ عرض شمالی و "۱۳ ′۰۰ °۴۵ و "۲۰ ′۵۵ °۴۵ طول شرقی است. این دریاچه ناحیه‌ای به مساحت حدود ۵۰۰۰ کیلومترمربع را می‌پوشاند و بیشترین درازا و پهنای آن به ترتیب ۱۴۰ و ۵۰ کیلومتر است. مساحت آن در زمان‌های کم‌آبی و پرآبی متفاوت بوده و از ۴۷۵۰ تا ۶۱۰۰ کیلومترمربع متغیر است. عمق متوسط آن ۶ تا ۱۲ متر است، به‌طوری‌که در قسمت‌های شمالی حدود ۶ متر و در قسمت‌های جنوبی از ۱۲ تا ۱۶ متر متغیر است. حوضه آبریز دریاچه یک حوضه داخلی بسته، با مساحت ۵۱۷۸۶ کیلومترمربع، مناطقی از سه استان آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی و کردستان را تحت پوشش خود دارد که تمام رواناب‌های ناشی از بارندگی به سمت دریاچه جاری می‌شوند. حوضه آبریز دریاچه ارومیه در تقسیم‌بندی ساختارهای تکتونیکی رسوبی ایران، عمدتاً در زون البرز – آذربایجان قرارگرفته است. مرز شمالی زون مذکور با زون شمالی توسط گسل البرز و مرز جنوبی آن با گسل سمنان مشخص می‌گردد (رستمی و ملکی، ۱۴۰۰).



شکل ۱: قلمرو پژوهش.

روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر ازنظر کاربردی و ازنظر ماهیت روش، جزء روش‌های تحقیق توصیفی – تحلیلی و پیمایشی است. اطلاعات و داده‌های موردنیاز از طریق روش کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری شده است. در شیوه کتابخانه‌ای، ابتدا به‌منظور بررسی سوابق و پیشینه موضوع و تبیین چارچوب نظری – مفهومی پژوهش، کتب، مقالات و پایان‌نامه‌های موجود موردمطالعه قرارگرفته است. در مطالعات میدانی، با استفاده از مشاهده و مصاحبه و مراجعه به ۱۵ نفر از خبرگان در موضوع مربوطه جهت مصاحبه و مراجعه به ارگان مربوطه داده‌های موردنیاز تحقیق جمع‌آوری می‌شود. در این پژوهش از مدل AHP فازی استفاده‌شده است.

روش AHP

روش AHP فازی این پژوهش برگرفته از روش میانگین هندسی باکلی هست (هاسی و همکاران، ۲۰۰۴). این روش به AHP فازی (بسط یافته) معروف است. ازآنجاکه استفاده از روش تحلیل توسعه چانگ به علت محدودیت‌هایی که دارد (ازجمله وزن صفر و منفی) در بیشتر مسائل پاسخگو نیست، لذا از روش فازی بهبودیافته استفاده می‌شود. گام‌های این روش در زیر آورده شده است.

فرض کنید $\tilde{P}_{ij}$ مجموعه‌ای از اولویت‌های تصمیم‌گیریان در مورد یک شاخص نسبت به دیگر شاخص‌ها باشد. ماتریس مقایسات رو به‌صورت زیر تشکیل می‌شود:

$$\tilde{\boldsymbol{A}} = \begin{bmatrix} \mathbf{1} & \tilde{P}_{12} & \tilde{P}_{1n} \\ \tilde{P}_{21} & \mathbf{1} & \tilde{P}_{2n} \\ \tilde{P}_{n1} & \tilde{P}_{n2} & \mathbf{1} \end{bmatrix}$$

که n تعداد عناصر مرتبط در هر سطر است. وزن‌های فازی هر شاخص ماتریس مقایسات زوجی به‌وسیله روش میانگین هندسی باکلی به دست می‌آید (هاسی و همکاران، ۲۰۰۴). میانگین هندسی ارزش مقایسات فازی شاخص i به هر شاخص از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\tilde{r}_i = \left(\prod_{j=1}^{n} \tilde{P}_{ij} \right)^{1/n} \qquad i = 1,2,3,\dots,n \qquad (۱)$$

سپس وزن فازی iامین شاخص به‌وسیله یک عدد فازی مثلثی نشان داده می‌شود.

$$w_i = r_i \otimes (r_1 \oplus r_2 \oplus \dots \oplus r_m)^{-1} \qquad (۲)$$

بعد از محاسبه فاکتورهای وزن فازی، به‌وسیله رابطه زیر وزن‌ها را دیفازی کرده و سپس نرمال می‌کنیم.

$$w_{crisp} = \frac{l + 2m + u}{4} \qquad (۳)$$

در این پژوهش برای محاسبه وزن در مقایسات زوجی، از عبارات کلامی و اعداد فازی مثلثی مندرج در جدول ۱ استفاده‌شده است.

جدول ۱: عبارات کلامی و اعداد فازی برای وزن دهی به معیارها (هاسی و همکاران، ۲۰۰۴).

کد	اولویت‌ها (عبارات کلامی)	معادل فازی اولویت‌ها		
		حد پایین (L)	حد متوسط (m)	حد بالا (u)
۱	اهمیت یکسان	۱	۱	۱
۲	یکسان تا نسبتاً مهم	۱	۲	۳
۳	نسبتاً مهم	۲	۳	۴
۴	نسبتاً مهم تا اهمیت زیاد	۳	۴	۵
۵	اهمیت زیاد	۴	۵	۶
۶	اهمیت زیاد تا بسیار زیاد	۵	۶	۷
۷	اهمیت بسیار زیاد	۶	۷	۸
۸	بسیار زیاد تا کاملاً مهم	۷	۸	۹
۹	کاملاً مهم	۸	۹	۱۰

یافته‌های پژوهش

معرفی معیارها و غیرمعیارهای پژوهش

پس از بررسی ادبیات موضوع و پیشینه پژوهش، شاخص‌های مؤثر بر تحلیل اثرات خشک شدن دریاچه ارومیه و تغییر اقلیم بر پایداری سکونتگاه‌های انسانی از منظر آمایش سرزمین در جدول ۲ آورده شده است. این عوامل به تائید خبرگان نیز رسیده‌اند.

جدول ۲: شاخص‌های مورد نظر در این مطالعه.

بعد		شاخص	کد
C1	پایداری زیست‌محیطی	کیفیت هوا	S11
		کیفیت آب شرب	S12
		فرسایش بادی	S13
		آلودگی صوتی	S14
		مدیریت پسماند	S15
C2	پایداری منابع طبیعی	جنگل‌ها و مراتع	S21
		تنوع جانوری	S22
		پوشش گیاهی بومی	S23
		مناطق حفاظت‌شده	S24
		کنترل آفات	S25
C3	پایداری آب	مصرف آب شرب	S31
		افت آب زیرزمینی	S32
		آلودگی آب‌های سطحی	S33
		تصفیه فاضلاب	S34
		فرسایش خاک	S35
C4	پایداری خاک	آلودگی خاک	S41
		شوری خاک	S42
		حاصلخیزی خاک	S43
		بیابان‌زایی	S44
C5	تاب‌آوری	ظرفیت بازیابی	S51
		توان سازگاری	S52
		شبکه‌های حمایتی	S53
		سرمایه اجتماعی	S54
C6	پایداری نهادی – مدیریتی	قوانین و مقررات	S61
		نظارت و ارزیابی	S62
		بودجه‌ریزی	S63
		مدیریت بحران	S64
		برنامه‌ریزی توسعه	S65

نتایج روش AHP فازی

از روش AHP فازی جهت تعیین وزن و اهمیت ابعاد و شاخص‌ها استفاده می‌شود. بدین منظور ابتدا مقایسات زوجی ۶ بعد نسبت به هدف و سپس مقایسه زوجی شاخص‌های هر بعد ایجاد می‌شود. بعد از ایجاد پرسشنامه مقایسات زوجی، در اختیار ۱۵ نفر از خبرگان قرار داده شد. پس از پاسخگویی به مقایسات زوجی، نرخ ناسازگاری جداول محاسبه شد که همگی از ۰/۱ کوچک‌تر بود که نشان‌دهنده این است که ثبات و قابلیت اطمینان مقایسات زوجی در حد قابل قبولی است. سپس با استفاده از روش میانگین هندسی پاسخ‌ها ادغام شد و در قالب مقایسات زوجی ادغام‌شده در ادامه آورده شده است.

مقایسه زوجی ابعاد اصلی نسبت به هدف

در این بخش به بررسی ۶ بعد اصلی مدیریت دانش با یکدیگر به صورت مقایسه زوجی پرداخته شده که

نتایج آن در جدول ۳ قابل مشاهده است. لازم به توضیح بوده که نتایج به صورت تبدیل عبارات کلامی به اعداد فازی مثلثی با استفاده از جدول ۱ انجام شده است. به عبارتی عدد اول از سمت راست حد بالا، عدد وسط حد وسط و عدد سمت چپ حد پایین آن مقایسه زوجی را نشان می‌دهد. به طور مثال همان طور که مشاهده می‌شود نتیجه مقایسه زوجی بعد C1 با خود C1 چون عبارت کلامی برابر با اهمیت یکسان بوده، اعداد فازی مثلثی مطابق با دستور جدول ۱، برابر با (۱،۱،۱) می‌باشد.

جدول ۳: مقایسه زوجی ابعاد اصلی نسبت به هدف (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۷).

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	(۱،۱،۱)	(۱/۱۲۲ ،۱/۵۷۲ ،۱/۹۳۱)	(۰/۸۴۶ ،۱/۰۸۷ ،۱/۴۰۱)	(۱/۶۳۴ ،۲/۴۸۹ ،۳/۲۸۶)	(۰/۷۶۴ ،۰/۵۳۸ ،۰/۴۳)	(۰/۷۸۵ ،۱/۲۳۵ ،۱/۸۵۱)
C2	(۰/۵۱۸ ،۰/۶۳۶ ،۰/۸۹۱)	(۱،۱،۱)	(۰/۶۱۴ ،۰/۸۲۵ ،۱/۲۰۱)	(۱/۰۰۳ ،۱/۳۴۴ ،۱/۸۵۲)	(۰/۶۹۱ ،۰/۸۹۹ ،۱/۱۵۶)	۱/۰۵۶ ،۱/۴۰۱ ،۱/۷۱
C3	(۰/۷۱۴ ،۰/۹۲ ،۱/۱۸۲)	(۰/۸۳۳ ،۱/۲۱۲ ،۱/۶۲۹)	(۱،۱،۱)	(۰/۶۱۴ ،۰/۸۲۵ ،۱/۲۰۱)	(۱/۱۲۲ ،۱/۶۷۱ ،۲/۱۶۸)	(۱/۰۳۴ ،۱/۷۲۳ ،۲/۶۳۲)
C4	(۰/۳۰۴ ،۰/۴۰۲ ،۰/۶۱۲)	(۰/۵۴ ،۰/۷۴۴ ،۰/۹۹۷)	(۰/۸۳۳ ،۱/۲۱۲ ،۱/۶۲۹)	(۱،۱،۱)	(۱/۲۶ ،۱/۷۴۸ ،۲/۱۵۴)	(۰/۸۳۳ ،۱/۱۶۷ ،۱/۵۳۳)
C5	(۱/۳۰۹ ،۱/۸۵۹ ،۲/۳۲۶)	(۰/۸۶۵ ،۱/۱۱۲ ،۱/۴۴۶)	(۰/۴۶۱ ،۰/۵۹۸ ،۰/۸۹۱)	(۰/۴۶۴ ،۰/۵۷۲ ،۰/۷۹۴)	(۱،۱،۱)	(۰/۴۳۱ ،۰/۵۶۷ ،۰/۸۹۱)
C6	(۰/۵۴ ،۰/۸۱ ،۱/۲۷۳)	(۰/۵۸۵ ،۰/۷۱۴ ،۰/۹۴۷)	(۰/۳۸ ،۰/۵۸ ،۰/۹۶۷)	(۰/۶۵۲ ،۰/۸۵۷ ،۱/۲۰۱)	(۱/۱۲۲ ،۱/۷۶۵ ،۲/۳۲)	(۱،۱،۱)

برای محاسبه وزن‌ها به روش AHP فازی بهبودیافته، ابتدا میانگین هندسی اعداد فازی هر سطر از جدول ۳ را محاسبه می‌کنیم.

جدول ۴: میانگین هندسی سطرهای ماتریس ادغام‌شده.

(۰/۸۹۸ ، ۱/۱۸۹ ، ۱/۵۲۵)
(۰/۷۸۴ ، ۰/۹۸ ، ۱/۲۵۵)
(۰/۸۶۷ ، ۱/۱۷۶ ، ۱/۵۳۷)
(۰/۷۲۴ ، ۰/۹۵۱ ، ۱/۲۱۹)
(۰/۶۸۶ ، ۰/۸۵۹ ، ۱/۱۳۳)
(۰/۶۶۷ ، ۰/۸۹۳ ، ۱/۲۱۷)

در گام بعد، مجموع اعداد فازی جدول ۴ را به‌صورت ستونی محاسبه می‌کنیم که به‌صورت زیر می‌شود:

(۴/۶۲۶ ، ۶/۰۴۸ ، ۷/۸۸۷)

سپس هر سطر عدد فازی جدول ۴ را بر مجموع اعداد فازی سطرها تقسیم می‌کنیم (تقسیم فازی). خروجی این گام وزن‌های فازی معیارها هست (جدول ۵).

جدول ۵: وزن فازی ابعاد.

نام معیار	وزن فازی
C1	(۰/۱۱۴ ،۰/۱۹۷ ،۰/۳۳)
C2	(۰/۰۹۹ ،۰/۱۶۲ ،۰/۲۷۱)
C3	(۰/۱۱ ،۰/۱۹۴ ،۰/۳۳۲)
C4	(۰/۰۹۲ ،۰/۱۵۷ ،۰/۲۶۴)
C5	(۰/۰۸۷ ،۰/۱۴۲ ،۰/۲۴۵)
C6	(۰/۰۸۵ ،۰/۱۴۸ ،۰/۲۶۳)

گام پنجم: وزن‌های فازی مندرج در جدول ۵ را با استفاده از رابطه $w_{crisp} = \frac{l+2m+u}{4}$ به عدد قطعی تبدیل می‌کنیم و سپس آن‌ها را نرمال می‌کنیم.

جدول ۶: وزن قطعی و نرمال شده ابعاد اصلی.

نام معیار	وزن قطعی	وزن نرمال
پایداری زیست‌محیطی(C1)	۰/۲۰۹	۰/۱۹۵
پایداری منابع طبیعی(C2)	۰/۱۷۴	۰/۱۶۲
پایداری آب (C3)	۰/۲۰۸	۰/۱۹۴
پایداری خاک(C4)	۰/۱۶۷	۰/۱۵۶
تاب‌آوری (C5)	۰/۱۵۴	۰/۱۴۴
پایداری نهادی - مدیریتی(C6)	۰/۱۶۱	۰/۱۵

با توجه به جدول ۶، معیار پایداری زیست‌محیطی با وزن ۰/۱۹۵ رتبه اول، معیار پایداری آب با وزن ۰/۱۹۴ رتبه دوم، معیار پایداری منابع طبیعی با وزن ۰/۱۶۲ رتبه سوم، معیار پایداری خاک با وزن۰/۱۵۶ رتبه چهارم، معیار پایداری نهادی – مدیریتی با وزن ۰/۱۵ رتبه پنجم و معیار تاب‌آوری با وزن ۰/۱۴۴ رتبه ششم را کسب کرده است.

مقایسه زوجی شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی

بُعد پایداری زیست محیطی دارای ۵ شاخص است که مقایسه زوجی ادغامی آن‌ها در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۷: مقایسه زوجی شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۷).

	S11	S12	S13	S14	S15
S11	(۱,۱,۱)	(۰/۸۷۱ ،۱/۲۱۷ ،۱/۶۲۳)	(۰/۷۶۸ ،۰/۹۴۴ ،۱/۱۴۹)	(۱/۵۱۶ ،۲/۲۶۸ ،۳/۲۴۵)	(۱/۱۴۹ ،۱/۶۴۴ ،۲/۲۶۸)
S12	(۰/۶۱۶ ،۰/۸۲۲ ،۱/۱۴۹)	(۱,۱,۱)	(۰/۸۷۱ ،۱/۱۴۹ ،۱/۴۳۱)	(۰/۷۴ ،۱/۰۸۴ ،۱/۶۴۴)	(۰/۶۶۸ ،۰/۹۴۴ ،۱/۳۲)
S13	(۰/۸۷۱ ،۱/۰۵۹ ،۱/۳۰۳)	(۰/۶۹۹ ،۰/۸۷۱ ،۱/۱۴۹)	(۱,۱,۱)	(۰/۴۴۱ ،۰/۶۰۸ ،۰/۸۷۱)	(۰/۵۴۹ ،۰/۸۰۳ ،۱/۲۰۱)
S14	(۰/۳۰۸ ،۰/۴۴۱ ،۰/۶۶)	(۰/۶۰۸ ،۰/۹۲۲ ،۱/۳۵۱)	(۱/۱۴۹ ،۱/۶۴۴ ،۲/۲۶۸)	(۱,۱,۱)	(۰/۶۰۸ ،۰/۸۰۳ ،۱/۰۸۴)
S15	(۰/۴۴۱ ،۰/۶۰۸ ،۰/۸۷۱)	(۰/۷۵۸ ،۱/۰۵۹ ،۱/۴۹۶)	(۰/۸۳۳ ،۱/۲۴۶ ،۱/۸۲۱)	(۰/۹۲۲ ،۱/۲۴۶ ،۱/۶۴۴)	(۱,۱,۱)

به طریق مشابه وزن معیارها را محاسبه می‌کنیم که در جدول ۸ آورده شده است.

جدول ۸: وزن قطعی و نرمال شده شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی.

نام معیار	وزن قطعی	وزن نرمال
S11	۰/۲۷۹	۰/۲۶۱
S12	۰/۲۱	۰/۱۹۶
S13	۰/۱۸	۰/۱۶۹
S14	۰/۱۸۷	۰/۱۷۵
S15	۰/۲۱۲	۰/۱۹۸

با توجه به جدول ۸، شاخص کیفیت هوا (S11) با وزن ۰/۲۶۱ رتبه اول، مدیریت پسماند (S15) با وزن ۰/۱۹۸ رتبه دوم، کیفیت آب شرب (S12) با وزن ۰/۱۹۶ رتبه سوم، آلودگی صوتی (S14) با وزن ۰/۱۷۵ رتبه چهارم و فرسایش بادی (S13) با وزن ۰/۱۶ رتبه پنجم را کسب کرده است.

مقایسه زوجی شاخص‌های پایداری منابع طبیعی

بُعد پایداری منابع طبیعی دارای ۵ شاخص است که مقایسه زوجی ادغامی آن‌ها در جدول ۹ آورده شده است. همچنین، به طریق مشابه وزن معیارها را محاسبه می‌کنیم که در جدول ۱۰ نشان داده شده است. با توجه به نتایج استخراج شده، شاخص پوشش گیاهی بومی (S23) با وزن ۰/۲۳۲ رتبه اول، جنگل‌ها و مراتع (S21) با وزن ۰/۲۰۵ رتبه دوم، تنوع جانوری (S22) با وزن ۰/۲۰۲ رتبه سوم، مناطق حفاظت‌شده (S24) با وزن ۰/۱۹۴ رتبه چهارم و کنترل آفات (S25) با وزن ۰/۱۶۷ رتبه پنجم را کسب کرده است (جدول ۱۰).

جدول ۹: مقایسه زوجی ابعاد شاخص‌های پایداری منابع طبیعی (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۸۵).

	S21	S22	S23	S24	S25
S21	(۱،۱،۱)	(۰/۸۰۳، ۱/۰۷۶، ۱/۳۸)	(۰/۵۵۶، ۰/۷۱۵، ۰/۹۲۲)	(۰/۷۵۸، ۱/۰۲۱، ۱/۴۹۶)	(۰/۹۲۲، ۱/۴۳۱، ۲/۲۶۸)
S22	(۰/۷۲۵، ۰/۹۳۱، ۱/۲۴۶)	(۱،۱،۱)	(۰/۴۹۲، ۰/۶۳۱، ۰/۸۲)	(۰/۷۴، ۱/۲۴۶، ۲/۰۴۸)	(۰/۹۵۶، ۱/۳۵۱، ۱/۷۴۱)
S23	(۱/۰۸۴، ۱/۳۹۸، ۱/۷۹۷)	(۱/۱۷۶، ۱/۳۹۸، ۱/۶۵۷)	(۱،۱،۱)	(۰/۶۸۴، ۰/۹۲۲، ۱/۳۳)	(۰/۹۰۳، ۱/۲۴۶، ۱/۶۷۹)
S24	(۰/۶۶۸، ۰/۹۷۹، ۱/۳۲)	(۰/۴۸۸، ۰/۸۰۳، ۱/۳۵۱)	(۰/۷۵۲، ۱/۰۸۴، ۱/۴۶۱)	(۱،۱،۱)	(۰/۷۵۸، ۱/۰۵۹، ۱/۳۵۱)
S25	(۰/۴۴۱، ۰/۶۹۹، ۱/۰۸۴)	(۰/۵۷۴، ۰/۷۴۱، ۱/۰۴۶)	(۰/۵۹۶، ۰/۸۰۳، ۱/۱۰۸)	(۰/۷۴، ۰/۹۴۴، ۱/۳۲)	(۱،۱،۱)

جدول ۱۰: وزن قطعی و نرمال شده شاخص‌های پایداری طبیعی.

نام معیار	وزن قطعی	وزن نرمال
S21	۰/۲۱۸	۰/۲۰۵
S22	۰/۲۱۶	۰/۲۰۲
S23	۰/۲۴۷	۰/۲۳۲
S24	۰/۲۰۷	۰/۱۹۴
S25	۰/۱۷۸	۰/۱۶۷

مقایسه زوجی شاخص‌های پایداری آب

بُعد پایداری آب دارای ۵ شاخص است که مقایسه زوجی ادغامی آن‌ها در جدول ۱۱ آورده شده است.

جدول ۱۱: مقایسه زوجی شاخص‌های پایداری آب (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۶۷).

	S31	S32	S33	S34	S35
S31	(۱،۱،۱)	(۱/۲۴۶، ۱/۴۶۶، ۲/۰۹۱)	(۱/۰۹۹، ۱/۴۱۳، ۱/۷۹۶)	(۰/۷۹۴، ۱/۰۱۸، ۱/۳۹۹)	(۰/۹۳۵، ۱/۳۴۸، ۱/۹۷۹)
S32	(۰/۴۷۸، ۰/۶۰۸، ۰/۸۰۳)	(۱،۱،۱)	(۰/۵۲۱، ۰/۶۳، ۰/۷۷۸)	(۰/۶۱۸، ۱، ۱/۶۱۹)	(۱/۱۵۷، ۱/۶۱۹، ۲/۰۷۶)
S33	(۰/۵۵۷، ۰/۷۰۸، ۰/۹۱)	(۱/۲۸۵، ۱/۵۸۷، ۱/۹۱۹)	(۱،۱،۱)	(۱/۱۵۷، ۱/۴۶۸، ۱/۹۱۹)	(۰/۷۶۵، ۱/۰۷، ۱/۵۴)
S34	(۰/۷۱۵، ۰/۹۸۳، ۱/۲۶)	(۰/۶۱۸، ۱، ۱/۶۱۹)	(۰/۵۲۱، ۰/۶۸۱، ۰/۸۶۴)	(۱،۱،۱)	(۰/۷۵۸، ۱/۰۵۹، ۱/۳۵۱)
S35	(۰/۵۰۵، ۰/۷۴۲، ۱/۰۷)	(۰/۴۸۲، ۰/۶۱۸، ۰/۸۶۴)	(۰/۶۴۹، ۰/۹۳۵، ۱/۳۰۸)	(۰/۷۴، ۰/۹۴۴، ۱/۳۲)	(۱،۱،۱)

همچنین، به طریق مشابه وزن معیارها محاسبه شده که در جدول ۱۲ آورده شده است. براساس نتایج استخراجی از جدول ۱۲ می‌توان عنوان نمود، شاخص مصرف آب شرب (S31) با وزن ۰/۲۴۹ رتبه اول، آلودگی آب‌های سطحی (S33) با وزن ۰/۲۲ رتبه دوم، تصفیه فاضلاب (S34) با وزن ۰/۱۸۴ رتبه سوم، افت آب زیرزمینی (S32) با وزن ۰/۱۸ رتبه چهارم و فرسایش خاک (S35) با وزن ۰/۱۶۷ رتبه پنجم را کسب کرده است.

جدول ۱۲: وزن قطعی و نرمال شده شاخص‌های پایداری آب.

نام معیار	وزن قطعی	وزن نرمال
S31	۰/۲۶۴	۰/۲۴۹
S32	۰/۱۹	۰/۱۸
S33	۰/۲۳۳	۰/۲۲
S34	۰/۱۹۴	۰/۱۸۴
S35	۰/۱۷۷	۰/۱۶۷

مقایسه زوجی شاخص‌های پایداری خاک

بُعد پایداری خاک دارای ۴ شاخص است که مقایسه زوجی ادغامی آن‌ها در جدول ۱۳ نشان داده شده است. سپس مشابه سایر شاخص‌ها وزن معیارها محاسبه شده که نتایج آن در جدول ۱۴ قابل مشاهده است. براساس نتایج استخراجی می‌توان گفت، شاخص آلودگی خاک (S41) با وزن ۰/۳۴۴ رتبه اول، حاصلخیزی خاک (S43) با وزن ۰/۲۶۹ رتبه دوم، شوری خاک (S42) با

وزن ۰/۱۹۹ رتبه سوم، بیابان‌زایی (S44) با وزن ۰/۱۸۸ رتبه چهارم را کسب کرده است (جدول ۱۴).

جدول ۱۳: مقایسه زوجی معیارهای پایداری خاک (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۷).

	S41	S42	S43	S44
S41	(۱،۱،۱)	(۱/۲۲۴، ۱/۶۹۳، ۱/۲۰۴)	(۰/۷۳۷، ۱، ۱/۳۵۷)	(۱/۶۳۴، ۲/۴۸۹، ۳/۲۸۶)
S42	(۰/۴۵، ۰/۵۹۱، ۰/۸۳)	(۱،۱،۱)	(۰/۷۶۴، ۰/۵۳۸، ۰/۴۳)	(۱/۷۱، ۱/۴۰۱، ۱/۰۵۶)
S43	(۰/۷۳۷، ۱، ۱/۳۵۷)	(۱/۳۰۹، ۱/۸۵۹، ۲/۳۲۶)	(۱،۱،۱)	(۰/۶۱۴، ۰/۸۲۵، ۱/۲۰۱)
S44	(۰/۳۰۴، ۰/۴۰۲، ۰/۶۱۲)	(۰/۵۸۵، ۰/۷۱۴، ۰/۹۴۷)	(۰/۸۳۳، ۱/۲۱۲، ۱/۶۲۹)	(۱،۱،۱)

جدول ۱۴: وزن قطعی و نرمال شده شاخص‌های پایداری خاک.

نام معیار	وزن قطعی	وزن نرمال
S41	۰/۳۶۲	۰/۳۴۴
S42	۰/۲۰۹	۰/۱۹۹
S43	۰/۲۸۴	۰/۲۶۹
S44	۰/۱۹۸	۰/۱۸۸

مقایسه زوجی شاخص‌های تاب‌آوری

بُعد تاب‌آوری دارای ۴ شاخص است که مقایسه زوجی ادغامی آن‌ها در جدول ۱۵ قابل مشاهده است. وزن معیارهای این بعد نیز مطابق بخش‌های قبلی محاسبه شده که نتایج آن در جدول ۱۶ نشان داده شده است. براساس این نتایج می‌توان اذعان داشت ، شاخص ظرفیت بازیابی (S51) با وزن ۰/۲۸۸ رتبه اول، سرمایه اجتماعی (S54) با وزن ۰/۲۵۵ رتبه دوم، توان سازگاری (S52) با وزن ۰/۲۳۳ رتبه سوم و شبکه‌های حمایتی (S53) با وزن ۰/۲۲۴ رتبه چهارم را کسب کرده است.

جدول ۱۵: مقایسه زوجی شاخص‌های تاب‌آوری (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۷۲).

	S51	S52	S53	S54
S51	(۱،۱،۱)	(۰/۹۹۵، ۱/۲۴۶، ۱/۵۸۲)	(۰/۸۸۷، ۱/۲۰۹، ۱/۵۶۸)	(۱/۰۲۳، ۱/۲۱۸، ۱/۴۴۹)
S52	(۰/۶۳۲، ۰/۸۰۳، ۱/۰۰۵)	(۱،۱،۱)	(۱/۰۲۵، ۱/۳۶۵، ۱/۸۲۱)	(۰/۸۸۷، ۰/۷۱۲، ۰/۵۴۷)
S53	(۰/۶۳۸، ۰/۸۲۷، ۱/۱۲۸)	(۰/۵۴۹، ۰/۷۳۲، ۰/۹۷۶)	(۱،۱،۱)	(۰/۷۶۹، ۱/۰۴۱، ۱/۴۳۵)
S54	(۰/۶۹، ۰/۸۲۱، ۰/۹۷۸)	(۱/۱۲۸، ۱/۴۰۵، ۱/۸۲۹)	(۰/۶۹۷، ۰/۹۶، ۱/۳۰۱)	(۱،۱،۱)

جدول ۱۶: اوزان قطعی و نرمال شاخص‌های تاب‌آوری.

نام معیار	وزن قطعی	وزن نرمال
S51	۰/۲۹۸	۰/۲۸۸
S52	۰/۲۴۱	۰/۲۳۳
S53	۰/۲۳۲	۰/۲۲۴
S54	۰/۲۶۵	۰/۲۵۵

مقایسه زوجی شاخص‌های پایداری نهادی – مدیریتی

بُعد پایداری نهادی ـ مدیریتی دارای ۵ شاخص بوده که مقایسه زوجی ادغامی آن‌ها در جدول ۱۷ آورده شده است.

جدول ۱۷: مقایسه زوجی شاخص‌های پایداری نهادی – مدیریتی (نرخ ناسازگاری ۰/۰۸۸).

	S61	S62	S63	S64	S65
S61	(۱,۱,۱)	(۱/۲۱۹، ۱/۵۸۴، ۲/۰۳۴)	(۱/۲۲۱، ۱/۶۵۵، ۲/۵۴۶)	(۱، ۱/۳۰۸، ۱/۶۹۸)	(۰/۵، ۰/۶۸۷، ۰/۹۳۱)
S62	(۰/۴۹۲، ۰/۶۳۱، ۰/۸۲)	(۱,۱,۱)	(۰/۴۴۷، ۰/۵، ۰/۵۷۷)	(۰/۵۷۷، ۰/۸۸، ۱/۳۱۶)	(۰/۶۶۱، ۰/۴۹، ۰/۴۹۲)
S63	(۰/۳۹۳، ۰/۶۰۴، ۰/۸۱۹)	(۱/۷۳۲، ۲، ۲/۲۳۶)	(۱,۱,۱)	(۰/۷۰۷، ۰/۸۶۳، ۱/۱۰۷)	(۰/۴۸۱، ۰/۶۶۹، ۱)
S64	(۰/۵۸۹، ۰/۷۶۵، ۱)	(۰/۷۶، ۱/۱۳۶، ۱/۷۳۲)	(۰/۹۰۴، ۱/۱۵۸، ۱/۴۱۴)	(۱,۱,۱)	(۰/۶۳، ۰/۸۷۴، ۱/۱۴۵)
S65	(۱/۰۷۵، ۱/۴۵۶، ۲)	(۱/۵۱۳، ۲/۰۴، ۲/۷۱۴)	(۱، ۱/۴۹۴، ۲/۰۸)	(۰/۸۷۴، ۱/۱۴۵، ۱/۵۸۷)	(۱,۱,۱)

به طریق مشابه وزن معیارها را محاسبه می‌کنیم که در جدول ۱۸ آورده شده است.

جدول ۱۸: وزن قطعی و نرمال شده شاخص‌های پایداری نهادی – مدیریتی

نام معیار	وزن قطعی	وزن نرمال
S61	۰/۲۴۵	۰/۲۳۲
S62	۰/۱۳۷	۰/۱۳
S63	۰/۱۹	۰/۱۸
S64	۰/۱۹۹	۰/۱۸۹
S65	۰/۲۸۵	۰/۲۷

با توجه به جدول ۱۸، برنامه‌ریزی توسعه (S65) با وزن ۰/۲۷ رتبه اول، قوانین و مقررات (S61) با وزن ۰/۲۳۲ رتبه دوم، مدیریت بحران (S64) با وزن ۰/۱۸۹ رتبه سوم، بودجه‌ریزی (S63) با وزن ۰/۱۸ رتبه چهارم و نظارت و ارزیابی (S62) با وزن ۰/۱۳ رتبه پنجم را کسب کرده است.

نتیجه گیری

خشکی دریاچه ارومیه و تغییرات اقلیمی دو چالش اساسی و پیچیده محسوب می‌شوند که پایداری سکونتگاه‌های انسانی را به‌طورجدی تهدید می‌کنند. این مبانی بر این اصل تاکید دارند که محیط‌زیست و سکونتگاه‌های انسانی در تعامل پویا و دوسویه قرار دارند و هرگونه تغییر شدید در یکی، بر دیگری اثرات عمیقی خواهد گذاشت. نظریه‌های اکولوژی انسانی و پایداری زیست‌محیطی تبیین می‌کنند که چگونه کاهش منابع آبی، افزایش گردوغبار نمکی و تغییر الگوهای اقلیمی می‌توانند ظرفیت برد سرزمین را کاهش داده و منجر به مهاجرت اجباری، افزایش فقر، تخریب زیرساخت‌های اجتماعی و اقتصادی شوند. در این راستا، مفهوم تاب‌آوری (Resilience) سکونتگاه‌ها در برابر شوک‌های محیطی اهمیت می‌یابد که شامل توانایی سامانه‌های انسانی برای جذب اختلالات، سازماندهی مجدد و تداوم کارکرد اصلی خود است. همچنین، نظریه‌های برنامه‌ریزی منطقه‌ای و آمایش فضایی بر ضرورت یکپارچگی برنامه‌ریزی‌های توسعه با ملاحظات زیست‌محیطی و اقلیمی تاکید دارند تا از توزیع نامتوازن جمعیت و فعالیت‌ها در مناطق شکننده جلوگیری شود. این رویکردها، اهمیت مدیریت یکپارچه منابع آب، حفاظت از اکوسیستم‌های حساس و ترویج کشاورزی پایدار را برای دستیابی به پایداری بلندمدت در سکونتگاه‌های انسانی اطراف دریاچه ارومیه برجسته می‌سازند. هدف پژوهش حاضر، تحلیل اثرات خشک شدن دریاچه ارومیه و تغییر اقلیم بر پایداری سکونتگاه‌های انسانی از منظر آمایش سرزمین هست. این پژوهش ازنظر هدف، کاربردی – نظری و ازنظر روش، توصیفی– تحلیلی است. اطلاعات و داده‌های موردنیاز از طریق روش کتابخانه‌ای جمع‌آوری شده است. در این پژوش از مدل AHP فازی استفاده‌شده است. خشک شدن دریاچه ارومیه و تغییر اقلیم بر پایداری

سکونتگاه‌های انسانی از منظر آمایش سرزمین با استفاده از مدل AHP فازی نشان می‌دهد که این پدیده‌ها مجموعه‌ای از تهدیدات چندوجهی و به هم پیوسته را برای منطقه به ارمغان آورده‌اند. از طریق مدل AHP فازی، توانسته‌ایم اهمیت نسبی عوامل مختلف تأثیرگذار بر پایداری سکونتگاه‌ها، مانند کمبود آب، افزایش ریزگردها، تغییر کاربری اراضی، کاهش معیشت محلی و مهاجرت را با دقت بیشتری ارزیابی کنیم. این تحلیل نشان می‌دهد که عامل "کمبود شدید منابع آبی و کاهش سطح آب‌های زیرزمینی" دارای بالاترین وزن و تاثیرگذاری بحرانی بر پایداری است، به‌طوری‌که اثرات آن به‌صورت دومینووار بر سایر ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی سکونتگاه‌ها گسترش می‌یابد. همچنین، "افزایش گرد و غبارهای نمکی و آلودگی خاک" به‌منزلهٔ دومین عامل مهم، نه‌تنها سلامت عمومی را تهدید می‌کند، بلکه با کاهش بهره‌وری کشاورزی و تخریب زمین‌های حاصلخیز، به‌طور مستقیم بر امنیت غذایی و معیشت مردم تأثیر می‌گذارد. مدل AHP فازی همچنین بر ضرورت اتخاذ رویکردهای جامع و یکپارچه در آمایش سرزمین تاکید می‌کند که شامل مدیریت پایدار منابع آب، توسعه الگوهای کشاورزی مقاوم به خشکی و ایجاد فرصت‌های شغلی جایگزین برای کاهش وابستگی به کشاورزی سنتی باشد. درنهایت، این تحلیل نشان می‌دهد که برای دستیابی به پایداری بلندمدت در سکونتگاه‌های انسانی منطقه دریاچه ارومیه، مداخلات سیاستی باید بر کاهش آسیب‌پذیری جوامع محلی، افزایش تاب‌آوری اکوسیستم‌ها و ترویج مشارکت ذینفعان در فرآیندهای تصمیم‌گیری متمرکز شوند تا بتوان با چالش‌های پیچیده تغییرات اقلیمی و خشکی دریاچه به نحو مؤثرتری مقابله کرد.

منابع

۱. احمدی، س. (۱۴۰۳). بررسی علل و پیامدهای خشک شدن دریاچه ارومیه. ماهنامه علمی امنیت اقتصادی، ۱۲(۲)، ۵۰-۴۳.

۲. ابراهیمی، ث.، رحمانی فضلی، ع.ر.، و عزیزپور، ف. (۱۴۰۰). سنجش ظرفیت سازگاری سکونتگاه‌های روستایی پیرامون دریاچه ارومیه (موردمطالعه: شهرستان میاندوآب). فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی، ۲(۱)، ۵۶-۳۷.

۳. بارانی پسیان، و، پور اکرمی، م، فتوحی مهربانی، ب، و پوراکرمی، س. (۱۳۹۶). تحلیل روند خشک شدن دریاچه ارومیه و مهم‌ترین تأثیرات آن بر سکونتگاه‌های پیرامونی. فصلنامه پژوهش‌های روستایی، ۸(۳)، ۴۵۳-۴۳۸.

۴. جمشیدی، ع.ر.، و عنابستانی، ع.ا. (۱۴۰۱). الگوی ساختاری-تفسیری عوامل تأثیرگذار بر توسعه‌ی تاب‌آوری روستاییان غرب دریاچه ارومیه در برابر تغییر اقلیم (با تأکید بر خشک‌سالی). مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱۱(۴۲)، ۲۲-۱.

۵. جوان، خ. (۱۳۹۹). بررسی روند خشکسالی هیدرولوژیک در سطح حوضه ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه. فصلنامه هیدروژئومورفولوژی، ۷(۲۵)، ۱۳۸-۱۱۹.

۶. حبیب الله لکی، س.، ممی نژاد، ر.، و درگاهی، ا. (۱۴۰۳). مروری بر پیامدهای خشک شدن دریاچه ارومیه بر شاخص‌های محیط‌زیست و اجتماعی – جمعیتی. سومین همایش ملی بیابان (فرصت ها و چالش ها)، خرداد ماه، دانشگاه تهران.

۷. حاتمی، ز.، و محمودی، م. (۱۴۰۳). چالش‌ها و فرصت‌های آمایش سرزمین در مواجهه با تغییرات اقلیمی و تحولات جمعیتی در ایران. چهارمین همایش بین‌المللی معماری، عمران، علوم زمین و محیط‌زیست سالم.

۸. خزایی، م.، بختیار پور، ع.، احمدی، م.، و بابایی، م. (۱۳۹۴). سکونتگاه‌های انسانی، تغییرات اقلیمی و مخاطرات. سومین همایش منطقه‌ای تغییر اقلیم و گرمایش زمین.

۹. رستمی، ه.، و ملکی، س. (۱۴۰۰). بررسی پارامترهای مؤثر بر خشک شدن دریاچه ارومیه با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه ای فازی. فصلنامه کواترنری ایران، ۷(۴ و ۳)، ۱۰۵۳-۱۰۷۷.

۱۰. سواری، م.، شوکتی آمقانی، م. (۱۳۹۸). شناسایی راهکارهای سازگاری کشاورزان کوچک مقیاس در مقابله با خشکسالی در استان آذربایجان غربی. فصلنامه برنامه‌ریزی فضایی، ۹(۴)، ۴۲-۱۷.

۱۱. سلطانی، ن.، موسوی، م.، و احمد اقبال، گ. (۱۳۹۵). ارزیابی پیامدهای احتمالی انتقال آب حوضه زاب به دریاچه ارومیه. فصلنامه جغرافیا و پایداری، ۶(۲)، ۵۱-۳۵.

۱۲. شایان نسب، آ.، و مظلومی مراغی، ف. (۱۴۰۳). بررسی اثرات تغییرات اقلیمی بر ابنیه تاریخی سکونتگاه‌های انسانی. اولین کنفرانس ملی محیط‌زیست شهری.

۱۳.عربشاهی، و.، قاسمی، ع.، کدخداپور، ر.، و نظر صیدی، ع. (۱۳۹۸). بررسی خطرات و تهدیدات ناشی از خشک شدن دریاچه ارومیه. نخستین کنفرانس ملی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری و روستایی.

۱۴.عیوضی سوداگر، ف.، و جزایری، س.ع. (۱۳۹۵). چالش‌ها و فرصت‌های تغییر اقلیم بر روند تکامل سکونتگاه‌های شهری. اولین کنفرانس بین‌المللی تغییر اقلیم.

۱۵.عرفانیان، م.، میرزائی حسنلو، ا.، و جوان، خ. (۱۴۰۲). تحلیل روند بارندگی ماهانه با استفاده از روش نوآورانه گرافیکی و کلاسیک در ایستگاه‌های سینوپتیک حوضه دریاچه ارومیه. نشریه علمی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱۷(۶۲)، ۱۰-۱ .

۱۶.موسوی، م.، رحیمی عیبلو، ا.م.، و سلطانی، ن. (۱۴۰۴). تدوین سناریوهای مؤثر بر گذار از بحران آب در استان آذربایجان غربی با رویکرد آمایش سرزمین. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای، ۶(۱)، ۶۷-۵۰.

۱۷.موسوی، م.، نظری امستجان، خ.، و تقیلو، ع.ا.، (۱۴۰۳). تدوین پیشران ها و سناریوهای مؤثر بر سیاست گذاری های جمعیتی در استان آذربایجان غربی با رویکرد آمایش سرزمین. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای، ۵(۳)، ۱۶-۱.

۱۸.موسوی، م.ن.، قادری، ر.، تقیلو، ع.ا.، و سادات کهکی، ف. (۱۳۹۷). تدوین سناریوهای تحقق پذیری آمایش سرزمین (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی). فصلنامه آمایش سرزمین، ۱۰(۱)، ۹۱-۶۵.

۱۹.نظم فر، ح.، محمدی حمیدی، س.، یزدانی، م.ح.، و رضایان قیه باشی، ا. (۱۳۹۸). بررسی و تحلیل اثرات کاهش سطح آب دریاچه ارومیه بر سطوح توسعه شهرستان های پیرامون. فصلنامه آمایش سرزمین، ۱۱(۲)، ۳۰۹-۲۸۵.

20. Basel, B., Goby, G., & Johnson, J. (2020). Community -based adaptation to climate change in villages of Western Province, Solomon Islands. Marine Pollution Bulletin, 156, 111266.
21. Choden, K., Keenan, R. J., & Nitschke, C. R. (2020). An approach for assessing adaptive capacity to climate change in resource dependent communities in the Nikachu watershed, Bhutan. Ecological Indicators, 114, 106293.
22. Gasper, R., Blohm, A. and Ruth, M. (2021) Social and economic impacts of climate change on the urban environment. Journal of Current Opinion in Environmental Sustainability, 3(3), 150-157.
23. Hsieh, T.Y., Lu, S.T. and Tzeng, G.H., 2004. Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings. International journal of project management, 22(7), 573-584.
24. Masson, V., Lemonsu, A., Hidalgo, J., & Voogt, J. (2020). Urban Climates and Climate Change. Annual Review of Environment and Resources, 411-444.
25. Sharifi, Gh. & Zarei, A. (2022). Regional Development Leveling in Iran (Application of the Combined Indicator Approach). Journal of Urban and Regional Studies and Research, 4 (13). 41-62.
26. Spinoni, Jonathan, Naumann, Gustavo, Vogt. Jürgen, Paulo Barbosa., 2019. European drought climatologies and trends based on a multi - indicator approach, Global and Planetary Change. Vol 127, 50 –57.

Journal of Meteorology and Atmospheric Sciences *Volume 8, Issue 1, Spring And Summer 2025*

Analyzing the effects of the drying up of Lake Urmia and climate change on the sustainability of human settlements from the perspective of land planning

Alireza Jamshidi [*] [1], ***Sahand Azar*** [2]

[1] *Assistant Professor, Department of Geography, Urmia University, Urmia, Iran*

[2] *PhD Student, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Urmia University, Urmia, Iran*

*Corresponding Author Email: *al.jamshidi@urmia.ac.ir*

Received: 13 December 2025, Accepted: 15 February 2026

ABSTRACT

The drying up of Lake Urmia, one of Iran's most severe environmental disasters, has had profound consequences for the sustainability of human settlements in the region, particularly from a land use planning perspective. This phenomenon, intensified by climate change and the mismanagement of water resources, has led to increased dust storms, the salinization of agricultural lands, and a sharp decline in available water. Consequently, local livelihoods have been jeopardized, prompting widespread migration and the disruption of the region's social and economic structures. From a land use planning standpoint, this crisis reveals a fundamental imbalance between the region's biological capacity and human activities. This underscores the urgent need for a critical reassessment of development models, resource management, and spatial planning to ensure the long-term sustainability of settlements and to prevent similar crises in the future. The aim of this study is to analyze the effects of the desiccation of Lake Urmia and climate change on the sustainability of human settlements through the lens of land use planning. This research is applied-theoretical in terms of its objective and descriptive-analytical in its methodology. The required data were collected through library research. The Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Fuzzy AHP) was employed to identify and prioritize multiple criteria affecting settlement sustainability. These criteria encompass environmental dimensions (e.g., increased dust and soil salinization), economic factors (e.g., loss of agricultural and tourism-related jobs), social aspects (e.g., migration and shifts in population structure), and physical parameters (e.g., land use change and land subsidence). The results highlight the critical and multifaceted impacts of this phenomenon on various aspects of life in the region. This further emphasizes the necessity for comprehensive and integrated land use planning to address future challenges and ensure the resilience of human communities. This study can assist policymakers and planners in making informed decisions to manage similar crises and progress toward sustainable development.

Keywords: Drying of Lake Urmia, Climate Change, Sustainability, Human Settlements, Land Use Planning, Fuzzy AHP Model

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Jamshidi, A. and Azar, S. (2026). Analyzing the effects of the drying up of Lake Urmia and climate change on the sustainability of human settlements from the perspective of land planning. Journal of Meteorology and Atmospheric Science., 8(1): 14- 28. Doi: 10.22034/jmas.2026.565874.1257

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal.
This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).