

## ارزیابی چندمعیاره تغییرات مکانی شاخص فقر آب در تعدادی از حوضه‌های آبخیز استان اردبیل

رقیه آسیابی‌هیر<sup>۱</sup>، رئوف مصطفی‌زاده<sup>۲\*</sup>، مجید رئوف<sup>۳</sup>، اباذر اسمعیلی عوری<sup>۴</sup>

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲. استادیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۳. دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۴. دانشیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۱۱/۲۶؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۶/۰۳/۳۰)

### چکیده

منابع آب وجه مشترک اهداف و چالش‌های توسعه پایدار است و کمبود آن یکی از معضلات بزرگ چندبعدی قرن حاضر است که می‌تواند سرمنشأ بسیاری از تحولات مثبت و منفی جهان قرار گیرد. اخیراً لزوم ارائه شاخص‌های جامع و چندبعدی برای ارزیابی وضعیت موجود و پیش‌بینی وضعیت آینده منابع آب سطحی اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. به این منظور، شاخص فقر آب برای ارزیابی دسترسی به منابع آب ارائه شده است. در این پژوهش مقدار شاخص فقر آب با در نظر گرفتن معیارهای منابع، دسترسی، مصارف، محیط زیست و ظرفیت اجتماعی - اقتصادی در مقیاس زیرحوضه در استان اردبیل محاسبه شد. در ادامه، با رویکردهای مختلف وزن‌دهی (وزن یکسان به معیارها و هر بار تأکید بر یکی از معیارها در وزن‌دهی) مقدار شاخص فقر آب ارزیابی شد. سپس، حوضه‌های مختلف بر اساس وزن‌دهی‌های مختلف از نظر شاخص فقر آب اولویت‌بندی شدند. نتایج نشان داد محدوده تغییرات مقادیر شاخص فقر آب، در حالت‌های مختلف وزن‌دهی بین ۲۲ تا ۶۵ در حوضه‌های مطالعه شده متغیر است. در وزن‌دهی یکسان به معیارهای شاخص فقر آب، حوضه شمس‌آباد با مقدار ۲۹ فقر آبی بیشتر و حوضه پل‌سلطان با مقدار ۵۸ فقر آبی کمتری در مقایسه با دیگر حوضه‌های مطالعه شده در استان دارند. مقدار متوسط شاخص فقر آب برای کل حوضه‌های مطالعه شده در استان اردبیل ۴۳ به دست آمد که طبق طبقه‌بندی مرکز اکولوژی و هیدرولوژی والینگفورد، فقر آبی شدیدی دارد. شاخص فقر آب نشان‌دهنده تأثیر ترکیبی عوامل مؤثر بر کمبود و تنش منابع آبی است که امکان اولویت‌بندی و تدوین نسخه‌های مدیریتی برای مناطق مختلف را فراهم می‌کند. باید توجه داشت که تعیین و تحلیل شدت کمبود و تنش منابع آب در مناطق مختلف بر اساس شرایط منابع آب منطقه بررسی شده، قابلیت محاسبه شاخص، وجود داده‌ها و نوع معیارهای انتخابی متفاوت خواهد بود.

**کلیدواژگان:** اولویت‌بندی، تغییرات مکانی، شاخص فقر آب، کمبود آب، وزن‌دهی چندمعیاره.

## مقدمه

دسترسی مطمئن به آب، شرط اولیه و اساسی توسعه اجتماعی، اقتصاد و پایداری فرهنگ و تمدن بوده است. بر اساس اظهار نظر کارشناسان منابع آب، دیگر آب یک کالای فراوان و فاقد ارزش اقتصادی نیست، بلکه یک کالای بدون جایگزین و با ارزش اقتصادی زیاد در همه زمینه‌های مصرف است. پژوهش‌های صورت گرفته در جهان نشان می‌دهد تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۱۵ درصد مردم جهان، که اغلبشان در خاورمیانه و افریقا هستند، بحران و کمبود شدید آب را تجربه خواهند کرد [۱]. محدودیت منابع آب شیرین در بسیاری از کشورها یک معضل جدی به‌شمار می‌آید که رشد و توسعه کشورها را تحت تأثیر قرار داده است. کمبود طبیعی، توزیع نامتوازن و اهمیت منابع آب در کنار مسائلی نظیر افزایش بی‌رویه جمعیت و مصارف آبی در کشورهای خاورمیانه، اقتصاد متکی بر کشاورزی، سوء مدیریت و فقدان قوانین بین‌المللی حاکم بر آب‌های مشترک، از جمله عوامل تشدیدکننده این بحران هستند که آن را به یک منبع عمده ایجاد چالش تبدیل کرده‌اند. شاخص‌های سنجش بحران آب در کشورهای مختلف (شاخص فالکن‌مارک، شاخص سازمان ملل و شاخص مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب) نشان می‌دهند ایران در وضعیت بحرانی شدید و در آستانه تنش کمبود آب قرار دارد. در ایران به دلیل رشد جمعیت، فعالیت‌های کشاورزی و گسترش شهرنشینی، برداشت از منابع آب زیرزمینی و سطحی در بیشتر مناطق از حد مجاز فراتر رفته است [۲]. در این شرایط منابع آبی کشور به شیوه‌های مختلف در معرض آلودگی قرار می‌گیرند و کیفیت آن‌ها نیز در سطح بسیار پایین قرار دارند. از بین شاخص‌های گوناگون معرفی شده در این زمینه، شاخص فقر آب<sup>۱</sup> جامعیت بیشتری دارد. سالیوان و همکارانش [۳] کاربردهایی از شاخص فقر آب را در مقیاس‌های مختلف در سطح جامعه، منطقه و حوضه آبخیز بیان کردند و بر اهمیت مقیاس‌های مختلف در مدیریت منابع آب تأکید کردند و نیز اظهار داشتند که اطلاعات یک مقیاس مشخص، لزوماً نمی‌تواند نشان‌دهنده شرایط مشابه در مقیاس دیگر باشد.

این شاخص به‌عنوان یک ابزار کاربردی در مدیریت منابع آب، می‌تواند در تعیین اولویت‌ها و پایش تغییرات وضعیت

منابع آب استفاده شود. شاخص فقر آب درک بهتری از روابط بین میزان آب در دسترس، سهولت برداشت آن و سطح رفاه جامعه فراهم می‌کند. از مهم‌ترین مزایای شاخص فقر آب در نظر گرفتن ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی جوامع به همراه تغییرپذیری ابعاد مختلف منابع آب سطحی است که می‌تواند در مقیاس‌های مختلف مکانی استفاده شود. در شاخص فقر آب بر خلاف شاخص‌های قبلی، ابعاد مختلف تأثیرگذار بر مدیریت و توسعه منابع آبی در نظر گرفته شده و ابزاری مؤثر و جامع برای تحلیل موجودیت منابع آب سطحی و ارتباط آن با نیازهای انسان و محیط زیست است [۴]. طی سال‌های گذشته، شاخص‌های متعددی در مطالعات مختلف در داخل و خارج از کشور، برای ارزیابی آسیب‌پذیری منابع آب بررسی شده‌اند. برون و متلاک (۲۰۱۱) وجود شاخص‌های مهم و یکسان برای مصرف آب، موجودیت و فقر آب را مشکل اساسی بحران آب بیان کردند و به مطالعه شاخص‌های فقر آب اولیه و روش‌های ارزیابی منابع آب پرداختند [۵]. مانندهار و همکارانش (۲۰۱۲) شاخص فقر آب را برای ارزیابی منابع آبی در حوضه آبخیز رودخانه کالی‌گاندکی در کشور نپال محاسبه کردند. در مطالعه یادشده ۱۰ شاخص و ۱۲ متغیر تعریف شد. نتایج نشان داد مقادیر شاخص فقر آب بین ۳۷/۱ تا ۵۶/۵ در داخل حوضه مطالعه شده تغییر می‌کند. تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های شاخص فقر آب نشان داد شاخص‌های دسترسی و منابع در سطح حوضه آبخیز و شاخص‌های مصارف، محیط زیست و ظرفیت در زیرحوضه‌های آبخیز تغییرات بیشتری دارند [۶]. شاکیا (۲۰۱۲) در حوضه آبخیز رودخانه ایندراواتی در منطقه مرکزی نپال، شاخص فقر آب را محاسبه و نقشه فقر آب در مقیاس‌های کم، متوسط و زیاد را رسم کرد. متوسط شاخص فقر آب برای کل حوضه آبخیز ۵۲/۵ (فقر آبی متوسط) به‌دست آمد و مقادیر محاسباتی شاخص‌های موجودیت منابع آب و ظرفیت در بخش‌های بالادست و پایین‌دست متفاوت گزارش شد. در مطالعه ایشان مشخص شد که خشک‌شدن منابع آب، دسترسی ناچیز، جنگل‌زدایی و کودهای شیمیایی از عوامل مهم فقر آب در حوضه آبخیز مطالعه شده بوده است [۷]. چو و اگوانگ (۲۰۱۴) در مطالعه خود در کانادا بیان کردند که شاخص فقر آب یک ابزار مبتنی بر داده‌های کمی به‌منظور اندازه‌گیری درجه فقر آب در یک جامعه، منطقه یا کشور است و استفاده از این روش در مناطق مختلف نیاز به

1. Water Poverty Index (WPI)

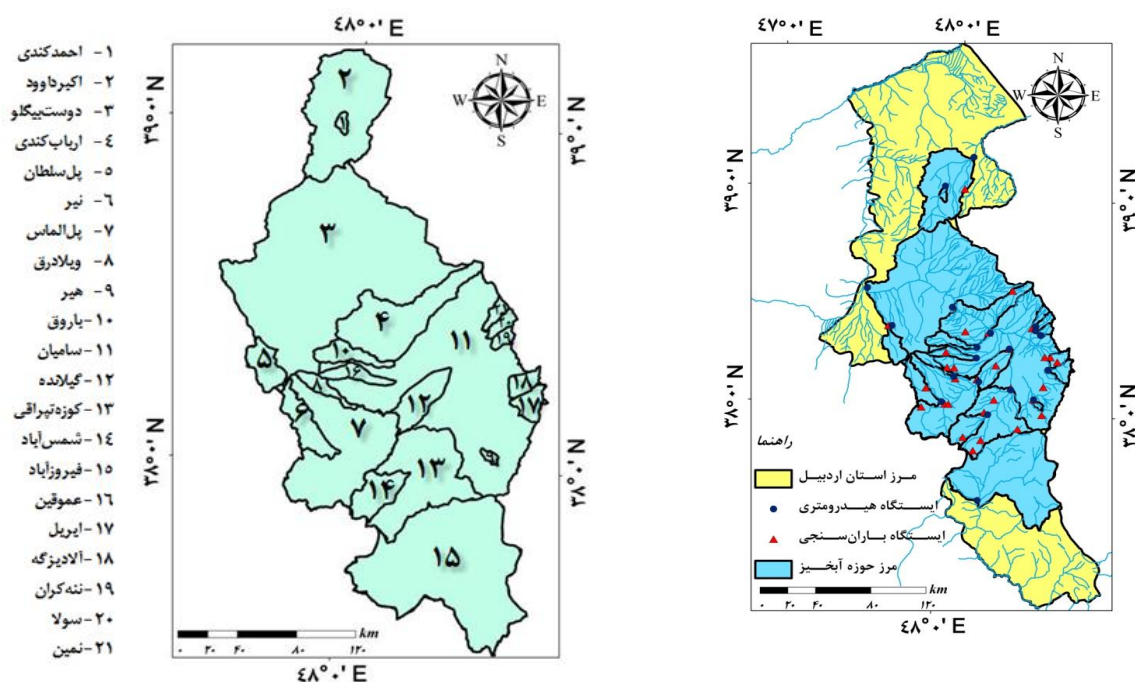
بررسی وضعیت آب در هر مقیاسی، استفاده از شاخص‌های مناسب ضروری است [۱۲]. در تحقیق حاضر زیرمعیارهای شاخص فقر آب متناسب با دسترسی و شرایط وجود داده در کشور انتخاب شده است. علاوه بر این، از شاخص‌های جریان پایه و Q95 در ارزیابی جریان زیست‌محیطی رودخانه‌ها استفاده شده است. همچنین مطالعه شاخص فقر آب در مقیاس سطح استان در کشور انجام شده است، در حالی که تحقیق حاضر در سطح زیرحوضه‌ها و با جزئیات در دسترس، مد نظر قرار گرفته است. هدف از این پژوهش، محاسبه شاخص فقر آب با در نظر گرفتن عوامل مؤثر بر کمبود منابع آب است. همچنین، در ادامه از رویکردهای مختلف وزن‌دهی برای برآورد وضعیت فقر منابع آب و اولویت‌بندی حوضه‌های استان اردبیل استفاده شده است.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مطالعه شده

استان اردبیل در شمال غرب کشور و بین نصف‌النهارهای ۴۷ درجه و ۱۵ دقیقه و ۴۸ درجه و ۵۶ دقیقه طول شرقی و مدارهای ۳۷ درجه و ۹ دقیقه و ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است و از غرب به استان آذربایجان شرقی، از شمال و شمال شرق به کشور جمهوری آذربایجان، از شرق و جنوب شرق به استان گیلان و از جنوب به استان زنجان محدود است. مساحت استان اردبیل ۱۷۹۵۳ کیلومتر مربع است و تغییرات ارتفاعی آن از ۴۰ تا ۴۸۱۱ متر متغیر است. متوسط بارش سالیانه در غرب استان اردبیل بین ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر، مناطق جنوبی استان ۳۵۰ میلی‌متر و مناطق شمالی استان ۲۱۰ تا ۲۴۰ میلی‌متر است. قسمت اعظم استان اردبیل را مناطق مرتفع و کوهستانی تشکیل داده است که رودخانه‌های متعدد در آن جریان دارند. کاهش کمیّت و کیفیت منابع آب در بخش‌های مختلف استان، تحلیل وضعیت منابع آب برای تدوین راهکارهای مدیریتی را ضروری کرده است. در پژوهش حاضر وضعیت آسیب‌پذیری منابع آب سطحی در ۲۱ حوضه آبخیز استان اردبیل در یک دوره ۲۳ ساله در فاصله ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۰ بررسی شد. موقعیت حوضه‌های آبخیز، ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری مطالعه‌شده در شکل ۱ ارائه شده است.

اصلاحات بیشتری دارد [۸]. تاکور و همکارانش (۲۰۱۷) شاخص فقر آب در حوضه بالادست رودخانه باگماتی در نپال را ارزیابی کردند و نتیجه گرفتند که شاخص فقر آب می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر در مدیریت یکپارچه منابع آب و طرح جامع بهره‌برداری از آب به‌منظور دستیابی به اهداف توسعه پایدار استفاده شود [۹]. رجبی هاشجین و عرب (۲۰۰۶) شاخص فقر آب را ابزاری کارآمد برای ارزیابی وضعیت منابع آبی جهان معرفی کردند و گفتند که نتایج به‌دست‌آمده از چنین مطالعاتی می‌تواند در امر سیاست‌گذاری‌ها و تصمیم‌سازی مدیریت و توسعه منابع آبی در نقاط مختلف کشور مؤثر باشد [۱۰]. جابرزاده (۲۰۱۴) با محاسبه شاخص فقر آب استان‌های کشور و در نظر گرفتن زیرمعیارهای مختلف منابع آب، دسترسی، ظرفیت، مصارف و محیط زیست و وزن‌دهی آن‌ها به این نتیجه رسید که استان ایلام بیشترین رتبه (۵۴/۷۵، فقر آبی کم) و استان سیستان کمترین رتبه (۲۸/۹۵، فقر آبی زیاد) را دارد [۱۱]. ثابتی و همکارانش (۲۰۱۵) با استفاده از شاخص فقر آب، وضعیت آب را در حوضه آبریز کارون بزرگ و استان‌های این محدوده را بررسی کردند. مطالعات در این حوضه نشان داد شاخص‌های ظرفیت و مصرف شرایط نامطلوبی دارد. همچنین نتایج مقایسه پنج استانی که در این حوضه قرار گرفته‌اند، نشان داد استان چهارمحال و بختیاری با امتیاز ۳۹/۵ شرایط بهتری دارد و استان خوزستان با امتیاز ۳۵/۶ دارای فقر آبی زیاد است [۱۲]. مسائل مربوط به یکپارچه‌شدن مدیریت منابع آب که شامل منابع آب و تقاضا، کاهش فقر و افزایش توان امرار معاش، استفاده از زمین‌های کشاورزی و مسائل مربوط به محیط زیست مانند فرسایش و حفظ جنگل‌ها می‌شود، مواردی ضروری هستند که می‌توان از آن‌ها به‌عنوان پایه‌ای برای توسعه برنامه‌های بهبود منابع آب استفاده کرد و چگونگی تأثیر این مسائل را برای نسل حاضر و آینده توضیح داد. در حوضه‌های آبخیز استان اردبیل نیز تنوع هیدرواقليمی از عوامل اصلی تغییرپذیری منابع آب سطحی در دسترس است. به همین دلیل انتخاب رویکرد مناسب و تأثیرگذار و در عین حال کارشناسی، برای مشکلات و معضلات پیش روی مدیریت منابع آب، ضرورت پیدا کرده است و به‌کارگیری نگرشی واحد با عنوان مدیریت جامع منابع آب در این زمینه می‌تواند مفید باشد. برای نیل به اهداف یادشده و نظارت بر



شکل ۱. موقعیت حوزه‌های آبخیز، ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری مطالعه‌شده در استان اردبیل

به محاسبه تغییرپذیری بین سال‌ها و فصلی است و توسط دو معیار موجودیت و تغییرپذیری ارزیابی می‌شود.

۱.۱. زیرمعیار موجودیت ( $R_1$ ): کاهش موجودیت منابع آب سبب درگیری روی مصرف منابع خواهد بود، بنابراین دسترسی، فشار جمعیت روی منابع آب موجود را نشان می‌دهد [۱۳]. همان‌طور که در معادله ۱ نشان داده شده است. این معیار با سرانه منابع آب سالانه اندازه‌گیری شده و با استفاده از روش حداکثر، نرمال‌سازی شد.

$$R_1 = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \times 100 \quad (1)$$

که در آن،  $X_i$ : مقدار سرانه منابع آب (مترمکعب)،  $X_{\min}$  و  $X_{\max}$ : کمترین و بیشترین مقادیر مربوط به سرانه منابع آب است. با استفاده از معادله ۱ برای هر منطقه رقمی بین صفر تا صد به دست می‌آید.

۲.۱. زیرمعیار تغییرپذیری ( $R_2$ ): برای تخمین این معیار از ضریب تغییرات<sup>۳</sup> بارندگی استفاده شده است. در این معیار هرچه میزان تغییرات بارندگی بیشتر باشد، اطمینان موجودیت منابع آب در زمان و مکان کمتر است. اطمینان

## روش پژوهش

مدیریت و برنامه‌ریزی ویژه منابع آب بدون ارزیابی مناسب از وضعیت آن، سبب ازدست‌دادن منابع آب می‌شود. با توجه به اینکه برای مسائل فقر آب و شاخص‌های نشان‌دهنده آن در مقیاس‌های مختلف مکانی هیچ روند مشخصی وجود ندارد، دقت در انتخاب شاخص‌ها و در دسترس بودن داده برای به‌کاربردن شاخص فقر آب ضروری است [۶]. شاخص‌های متعددی برای ارزیابی آسیب‌پذیری منابع آب بررسی می‌شود. در این پژوهش میزان کمبود منابع آب سطحی در استان اردبیل با استفاده از شاخص فقر آب ارزیابی می‌شود. شاخص فقر آب از پنج معیار تشکیل شده است که هر یک چندین زیرمجموعه دارد. در تحقیق حاضر انتخاب معیارها و زیرمعیارها به‌گونه‌ای صورت گرفته است که با شرایط داده‌های موجود در کشور قابل محاسبه است، علاوه بر این تحقیق حاضر بر مبنای واحدهای هیدرولوژیک با جزئیات دقیق انجام شده است. معیارهای این شاخص عبارت‌اند از:

۱. معیار منابع ( $R$ ): این معیار دسترسی طبیعی به منابع آب، در منطقه مطالعه‌شده را ارزیابی می‌کند. مقادیر بیش از این معیار نشان‌دهنده قابلیت استفاده فراوان نسبت

2. Availability  
3. Variability  
4. Coefficient of Variation

1. Resources

روزانه (پخت‌وپز، مصارف بهداشتی و شست‌وشو) و پیش‌بینی‌های آینده آن است [۱۸]. این شاخص به‌وسیله سرانه مصرف آب خانگی روزانه اندازه‌گیری شده و با استفاده از روش حداکثر نرمال‌سازی شده است (معادله ۴).

$$U_1 = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \times 100 \quad (4)$$

که در آن،  $X_i$ : مصرف آب خانگی،  $X_{min}$ : کمترین آب مورد نیاز برای بهداشت خانگی، سرانه آب روزانه هر نفر ۲۰ لیتر در نظر گرفته خواهد شد [۱۹]،  $X_{max}$ : بیشترین آبی که همه نیازهای آب خانگی را برآورده می‌کند، سرانه آب روزانه هر نفر ۱۰۰ لیتر در نظر گرفته می‌شود [۲۰].

**۲.۳. زیرمعیار مصرف آب کشاورزی ( $U_2$ ):** این زیرمعیار امکانات آبیاری موجود در یک منطقه را نشان می‌دهد. توسعه کشاورزی آبی محرک بزرگی برای رشد اقتصادی است و کاهش فقر، ناشی از آن سهم زیادی در بهبود معیشت دارد [۲۱]. برای ارزیابی مصرف آب کشاورزی، از نسبت زمین‌های آبی به کل زمین‌های کشت‌شده (معادله ۵) استفاده می‌شود [۲۲].

$$U_2 = \frac{X_i}{X} \times 100 \quad (5)$$

که در آن  $X_i$ : زمین‌های آبی،  $X$ : کل زمین‌های کشت‌شده است.

**۴. معیار محیط زیست ( $E$ ):** حفظ کیفیت محیطی و سلامت اکوسیستم برای رسیدن به مصرف پایدار منابع آب، اهمیت زیادی دارد. با توجه به افزایش بهره‌برداری از منابع آب سطحی و نیز نگرانی‌های جدی در خصوص آسیب به اکوسیستم‌های رودخانه‌ای، ارزیابی تغییرات هیدرولوژیک رودخانه از مواردی است که در شرایط ایران بسیار اهمیت دارد [۲۳]. این معیار به‌وسیله سه زیرمعیار ارزیابی می‌شود.

**۱.۴. جریان پایه ( $E_1$ ):** جریان پایه جزئی از جریان رودخانه است که نسبت به بارندگی واکنش نشان می‌دهد و به طور معمول با آب تخلیه‌شده از ذخیره آب زیر زمینی مرتبط است. کمیت و کیفیت جریان پایه در رودخانه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک تأثیر بسیاری در زیست‌بوم‌ها و

کمتر، خطرات ناشی از تغییر اقلیم و آسیب‌پذیری منابع را نشان می‌دهد [۱۴]. برای محاسبه، ابتدا مقادیر بارش ماهانه به ثبت رسیده در ۳۰ ایستگاه باران‌سنجی استان اردبیل، طی دوره آماری ۱۳۶۸-۱۳۹۰ مرتب شد، سپس برای محاسبه ضریب تغییرات بارندگی ایستگاه‌های باران‌سنجی، متوسط بارش سالانه و انحراف معیار برای هر یک از ایستگاه‌ها به‌دست آمد. ضریب تغییرات مساوی یا بیشتر از ۳۰ درصد، آسیب‌پذیرترین وضعیت را نشان می‌دهد [۱۵]. با استفاده از معادله ۲ مقادیر معیار یادشده نرمال‌سازی شد [۱۶].

$$R_r = \frac{X_i}{0.3} \times 100 \quad (2)$$

که در آن،  $X_i$ : ضریب تغییرات بارندگی مربوط به هر منطقه است و در صورتی که  $0.3 \leq X_i$  باشد  $R_2$  برابر ۱۰۰ می‌شود.

**۲. معیار دسترسی ( $A$ ):** دسترسی کافی به منابع آب و امکانات بهداشتی به مراعات اصول بهداشتی بهتر تشویق می‌کند، که برای رهایی از فقر شدید لازم است [۱۷]. در این معیار جمعیت با دسترسی مناسب به مقدار کافی از آب آشامیدنی سالم و بهداشت، برای سلامتی بیشتر و رفاه نشان داده می‌شود [۱۴]. دسترسی کافی به آب، به سرعت دسترسی به آب منجر می‌شود، که می‌تواند برای فعالیت‌های اقتصادی و تولیدی استفاده شود. این معیار با زیرمعیار دسترسی به بهداشت ( $A_1$ ) محاسبه می‌شود، که در معادله ۳ نشان داده شده است.

$$A_1 = \frac{X_s}{X} \times 100 \quad (3)$$

که در آن  $X_s$ : جمعیت با امکانات بهداشتی،  $X$  کل جمعیت هستند.

**۳. معیار مصارف ( $U$ ):** در زمینه بخش مصرف، مصرف آب برای اهداف مختلف مد نظر است و میزان مصرف آب و نوع بهره‌برداری از منابع آبی را بررسی می‌کند. مصارف اصلی آب، مصرف خانگی و کشاورزی در نظر گرفته می‌شود.

**۱.۳. زیرمعیار مصرف آب خانگی ( $U_1$ ):** نشان‌دهنده وضعیت فعلی مصرف منابع آب در فعالیت‌های خانگی

درصد در منحنی تداوم جریان است. این زیرمعیار با استفاده از فرمول زیر استانداردسازی شد (معادله ۸).

$$E_r = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (8)$$

که در آن  $X_i$ : مقدار شاخص جریان Q95 در هر حوضه،  $X_{min}$  و  $X_{max}$ : مقادیر کمترین و بیشترین شاخص جریان Q95 در هر حوضه است.

**۵. ظرفیت (C):** این معیار اثربخشی توانایی مردم برای مدیریت آب را نمایش می‌دهد. با ارتباط نزدیک بین جامعه و مدیریت آب، اهمیت ظرفیت‌های اجتماعی و اقتصادی برای مدیریت آب به رسمیت شناخته شده است [۲۹]. از دو زیرمعیار ظرفیت اجتماعی و ظرفیت اقتصادی برای ارزیابی این بخش استفاده می‌شود.

**۱.۵. ظرفیت اجتماعی (C<sub>i</sub>):** برای ارزیابی شاخص ظرفیت اجتماعی از دو زیرشاخص نرخ سواد (C<sub>ii</sub>)<sup>۴</sup> و جمعیت فعال اقتصادی (C<sub>iii</sub>)<sup>۵</sup> می‌توان استفاده کرد. شاخص نرخ سواد به‌عنوان درصدی از جمعیت باسواد با سن ۱۵ سال و بیشتر تعریف شده است.

مقادیر بیش از این شاخص نشان‌دهنده افراد باسوادتر است که توانایی خواندن، دسترسی به اطلاعات، درک مسائل مربوط به آب و در برخی موارد توانایی انجام دادن اقداماتی برای مدیریت آب را دارند [۳۰]. محاسبات بر مبنای معادله ۹ انجام شده است و در آن  $X_i$ : جمعیت باسواد،  $X$ : کل جمعیت است.

$$C_{vi} = \frac{X_i}{X} \times 100 \quad (9)$$

جمعیت فعال اقتصادی به‌عنوان درصدی از جمعیت ۱۰-۶۰ ساله با قدرت فیزیکی مقابله با فقر و تنش آب تعریف می‌شود و مقادیر بیشتر، نشان‌دهنده ظرفیت بیشتر افراد برای مقابله با تغییرات آب است [۲۶]. محاسبات با استفاده از معادله ۱۰ انجام شده است که در آن  $X_i$ : جمعیت با سن ۱۰-۶۰ سال،  $X$ : کل جمعیت است.

$$C_{vii} = \frac{X_i}{X} \times 100 \quad (10)$$

تنوع اکولوژیکی دارد. جداسازی اجزای جریان پایه از طریق تجزیه و تحلیل هیدروگراف جریان، اطلاعاتی درباره ویژگی ذخایر طبیعی که رودخانه را تغذیه می‌کند، در اختیار قرار می‌دهد. ویژگی‌های جریان پایه در ارزیابی کیفیت آب و کمیت جریان مفید است و می‌تواند برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل‌های هیدرولوژی به‌کار رود [۲۴]. در این تحقیق از روش الگوریتم یک‌پارامتره استفاده شد که جزء روش‌های فیلتر عددی برگشتی محسوب می‌شود. فیلتر یک‌پارامتره فقط نیاز به تعیین پارامتر ثابت بازگشت (K) دارد که در این تحقیق با استفاده از تحلیل شاخه فروکش جریان (معادله ۶) محاسبه شده است [۲۵].

$$q_{b(i)} = \frac{k}{2-k} q_{b(i-1)} + \frac{1-k}{2-k} \quad (6)$$

که در آن K: پارامتر ثابت بازگشت و  $q_b$ : مقادیر دبی است.

**۲.۴. پوشش گیاهی (E<sub>2</sub>):** دلایل از بین رفتن پوشش گیاهی شیوه‌های ناپایدار استفاده از اراضی، تغییر کاربری، چرای بیش از حد، قطع غیرقانونی درختان است که نشان‌دهنده درجه انحراف محیط زیست از حالت طبیعی است [۲۶]. کاهش پوشش گیاهی نشان‌دهنده اختلال اکوسیستم طبیعی، اختلال چرخه هیدرولوژیکی، احتمال افزایش فرسایش خاک و رسوب‌گذاری رودخانه است [۱۴]، بنابراین آسیب‌پذیری منابع آب و اکوسیستم افزایش می‌یابد (معادله ۷).

$$E_r = \frac{X_i}{X} \times 100 \quad (7)$$

که در آن  $X_i$ : مقدار پوشش گیاهی و  $X$ : کل منطقه شامل پوشش گیاهی و دیگر کاربری‌های اراضی است.

**۳.۴. شاخص جریان Q95 (E<sub>3</sub>):** پیش‌بینی دقیق جریان در رودخانه‌ها یکی از ارکان مهم در مدیریت منابع آب‌های سطحی به‌ویژه به‌کارگیری تدابیر مناسب در مواقع سیلاب و بروز خشکسالی‌هاست [۲۷]. در مجموع، کاهش جریان زیست‌محیطی در آبراهه در یک دوره طولانی در درازمدت سبب بروز تأثیرات منفی بر جوامع گیاهی و جانوری در حاشیه رودخانه‌ها و بدنه‌های آبی خواهد شد [۲۸]. شاخص جریان Q95 برابر دبی با احتمال وقوع بیشتر از ۹۵

2. Capacity  
3. Social capacity  
4. Literacy rate  
5. Economically active population

1. Vegetation coverage

#### ۷. تجزیه و تحلیل

پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر اساس معیارهای مختلف، با استفاده از نرم‌افزار ArcMap نقشه‌ی مقادیر شاخص فقر آب در زیرحوضه‌های مختلف مکانی تهیه شد. همچنین، مقادیر شاخص فقر آب در زیرحوضه‌های مختلف منطقه‌ی مطالعه‌شده، مقایسه شد و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر اساس مقادیر شاخص فقر آب انجام شد.

#### نتایج

نتایج تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های شاخص فقر آب، به تفکیک حوضه‌های آبخیز مطالعه‌شده در استان اردبیل در جدول ۲ ارائه شده است. معیار منابع در حوضه‌ی شمس‌آباد کمترین و در دو حوضه‌ی نیر و هیر بیشترین مقدار را دارد. حوضه‌های سولا، نمین، ننه‌کران، آلاذیزگه، ایریل و اکبرداوود کمترین مقدار معیار محیط زیست و حوضه‌های نیر و پل الماس بیشترین مقدار این معیار را دارند. مقادیر معیار ظرفیت در دو حوضه‌ی شمس‌آباد و پل سلطانی کمترین و در حوضه‌ی ننه‌کران بیشترین مقدار را دارد. معیار دسترسی به منابع آب آشامیدنی سالم و بهداشتی در حوضه‌های شمس‌آباد و نیر با مقادیر صفر و ۲ کمترین و در حوضه‌های احمدکندی و اکبرداوود با مقادیر ۱۰۰ و ۹۴ بیشترین سطح دسترسی به آب آشامیدنی سالم را دارند. معیار مصارف در حوضه‌های شمس‌آباد و نیر کمترین مقدار و در حوضه‌های سولا، آلاذیزگه، ایریل، نمین و ننه‌کران بیشترین مقدار را دارند.

پس از در نظر گرفتن وزن‌های یکسان برای همه‌ی اجزای شاخص فقر آب و در مرحله‌ی بعد، در نظر گرفتن وزن بیشتر برای یک معیار نسبت به معیارهای دیگر، شاخص فقر آب در هر یک از حوضه‌های آبخیز استان اردبیل اولویت‌بندی شد. ترکیب وزن‌دهی‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شده است که در هر حالت بر یکی از معیارهای ارزیابی شده تأکید شود. در روش یادشده هم وزن‌دهی یکسان و هم تأکید بر معیارهای مختلف اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها انجام شده است. با توجه به جدول ۳ در شرایطی که تأثیرگذاری معیارهای شاخص فقر آب یکسان در نظر گرفته شد، حوضه‌ی شمس‌آباد با مقدار ۲۹ فقیرترین و حوضه‌ی پل سلطانی با مقدار ۵۸ دارای کمترین فقر آب است.

#### ۲.۵. ظرفیت اقتصادی (C<sub>2</sub>): برای ارزیابی این زیرمعیار

از اطلاعات اشتغال در بخش غیر کشاورزی (C<sub>2ii</sub>)<sup>۲</sup> استفاده می‌شود. گوناگونی استمرار معاش در بخش غیر کشاورزی، قابلیت اطمینان از درآمد و در نتیجه ظرفیت اقتصادی توسط مردم برای مشکلات مربوط به مدیریت آب را افزایش می‌دهد [۳۰]. محاسبات در معادله ۱۱ ارائه شده است.

$$C_{2ii} = \frac{X_i}{X} \times 100 \quad (11)$$

که در آن X: کل جمعیت، X<sub>i</sub>: جمعیت شاغل در بخش غیر کشاورزی است.

#### ۶. محاسبه شاخص فقر آب و رویکردهای مختلف وزن‌دهی

پس از اینکه معیارهای شاخص فقر آب مشخص شد، بر اساس معادله ۱۲ با هم‌دیگر ادغام شد و در نهایت شاخص کلی فقر آب برای هر حوضه آبخیز محاسبه شد.

$$WPI = \sum_{i=1}^n [(\sum_{j=1}^m X_{ij} \times W_{ij}) \times W_i] \quad (12)$$

که در آن n: تعداد اجزای شاخص فقر آب، m<sub>j</sub>: تعداد شاخص‌ها در معیار i<sub>ام</sub>، X<sub>ij</sub>: مقدار شاخص i<sub>ام</sub> در معیار j<sub>ام</sub>، W<sub>ij</sub>: وزن داده‌شده به شاخص i<sub>ام</sub> در معیار j<sub>ام</sub>، W<sub>i</sub>: وزن داده‌شده به معیار i<sub>ام</sub> است. وزن‌دهی مؤلفه‌های شاخص فقر آب براساس جدول ۱ انجام شد [۳۱-۳۳]. برای مقایسه نتایج اولویت‌بندی با سایر وضعیت‌های وزن‌دهی از تخصیص وزن‌های یکسان استفاده شده است. علاوه بر این، در مواردی معیارهای مؤثر در تعیین شاخص فقر آب اهمیت یکسانی دارند و یا ممکن است مدیر یا کارشناس بخواهد بدون تأکید بر یک معیار خاص، زیرحوضه‌ها را بر اساس همه‌ی معیارها ارزیابی کند، در این حالت وزن‌دهی یکسان می‌تواند در نتایج اولویت‌بندی مد نظر قرار گیرد و نیز به دلیل امکان تعمیم رویکرد به‌کار گرفته‌شده در تحقیق حاضر در سایر مناطق، سعی شده است دامنه‌ای از وزن‌دهی‌ها به‌گونه‌ای در نظر گرفته شود که همه‌ی وضعیت‌های ممکن را در بر گیرد. به‌بیانی، استفاده از شیوه‌های مختلف، امکان ارزیابی شاخص فقر آب را با تأکید بر معیارهای مختلف فراهم کرده است.

1. Economic capacity  
2. Non agricultural employment

جدول ۱. شیوه‌های وزن‌دهی به معیارهای مختلف در محاسبه شاخص فقر آب

منابع	محیط زیست	ظرفیت	مصارف	دسترسی	
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	وزن یکسان
۴۰	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	تأکید بر شاخص منابع
۱۵	۴۰	۱۵	۱۵	۱۵	تأکید بر شاخص محیط زیست
۱۵	۱۵	۴۰	۱۵	۱۵	تأکید بر شاخص ظرفیت
۱۵	۱۵	۱۵	۴۰	۱۵	تأکید بر شاخص مصارف
۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۴۰	تأکید بر شاخص دسترسی

جدول ۲. مقادیر معیارهای محاسبه‌شده شاخص فقر آب در حوضه‌های آبخیز استان اردبیل

حوضه آبخیز	منابع	محیط زیست	ظرفیت	دسترسی	مصارف
کوزه‌تپراقی	۳۴	۲۱	۲۲	۹	۱۸
فیروزآباد	۳۷	۵۲	۴۲	۳۴	۱۷
عموقین	۵۴	۱۶	۴۶	۴۸	۵۰
شمس‌آباد	۱۶	۲۲	۱۷	۰	۱۱
سولا	۶۰	۷	۴۵	۴۷	۶۹
سامیان	۳۵	۴۰	۴۱	۳۳	۴۲
دوست‌بیگلو	۳۷	۵۴	۴۰	۴۶	۳۴
احمدکندی	۳۵	۱۳	۳۵	۱۰۰	۲۴
پل‌سلطانی	۸۸	۲۹	۱۷	۶۸	۱۴
پل‌الماس	۴۰	۵۸	۷۷	۱۴	۲۲
باروق	۵۱	۱۶	۴۲	۴۸	۵۰
آلادیزگه	۴۱	۸	۳۱	۴۷	۶۹
ایریل	۴۷	۸	۲۶	۴۷	۶۹
اکبرداوود	۵۰	۸	۳۰	۹۴	۲۷
هیر	۹۳	۱۹	۴۱	۴۸	۵۰
ویلادرق	۶۱	۱۷	۳۸	۴۸	۵۰
گیلانده	۳۲	۲۹	۴۳	۲۰	۲۷
نمین	۵۱	۷	۴۳	۴۷	۶۹
نیر	۹۰	۶۰	۲۲	۲	۱۲
ننه‌کران	۵۲	۷	۵۶	۴۷	۶۹
ارباب‌کندی	۳۵	۲۸	۴۱	۳۵	۴۳

دارد و از طرفی ظرفیت اجتماعی و اقتصادی افراد ساکن در این حوضه به‌منظور مدیریت منابع آب در وضعیت نابسامانی قرار دارد. با تأکید بر معیار محیط زیست و مصارف مشخص شد که حوضه آلادیزگه در اولویت ۲۱ قرار گرفت به‌دلیل اینکه معیارهای محیط زیست و مصارف در حوضه آلادیزگه در شرایط بدتری نسبت به حوضه شمس‌آباد قرار دارند. اولویت بیش از حوضه آلادیزگه از لحاظ مصارف و محیط زیست زمانی اهمیت می‌یابد که این حوضه از نظر دیگر

با تأکید بر هر یک از معیارهای شاخص فقر آب نتایج اولویت‌بندی این شاخص در حوضه‌های مطالعه‌شده متفاوت بود. زمانی که میزان اثرگذاری معیارهای منابع، ظرفیت و دسترسی روی شاخص فقر آب نسبت به معیارهای دیگر بیشتر در نظر گرفته شد، حوضه شمس‌آباد در اولویت ۲۱ و با کمترین مقدار شاخص فقر آب و فقر آبی شدید قرار گرفت. حوضه شمس‌آباد از لحاظ میزان معیار منابع و دسترسی به آب آشامیدنی سالم در پایین‌ترین سطح قرار

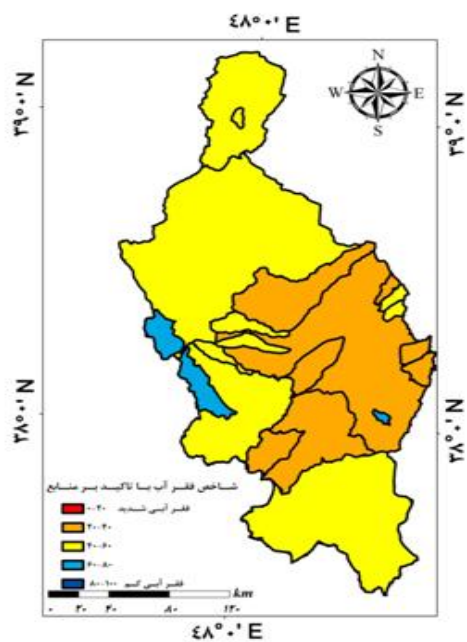


معیار دسترسی، با مقدار شاخص فقر آب ۶۴، کمترین فقر آب را نسبت به دیگر حوضه‌های مطالعه شده دارد. در شکل‌های ۲ تا ۷ نقشه‌های مقادیر شاخص فقر آب در زیرحوضه‌های مختلف و با تأکید بر وزن‌های مختلف بر هر یک از معیارها قابل مشاهده است. بر اساس نتایج ارائه شده با تغییر وزن مربوط به معیارها در مواردی، کلاس شاخص فقر آب در بین زیرحوضه‌ها متفاوت خواهد بود. بر این اساس، می‌توان با توجه به اهمیت هر یک از معیارها در منطقه مطالعه شده به شیوه وزن‌دهی مربوط به آن مراجعه و بر اساس آن، کلاس فقر آب در زیرحوضه یا زیرحوضه‌های یادشده مشخص خواهد شد. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که در حوضه‌های مجاور، مقادیر شاخص فقر آب به دلیل مشابهت شرایط اقلیمی و اقتصادی-اجتماعی به هم نزدیک است.

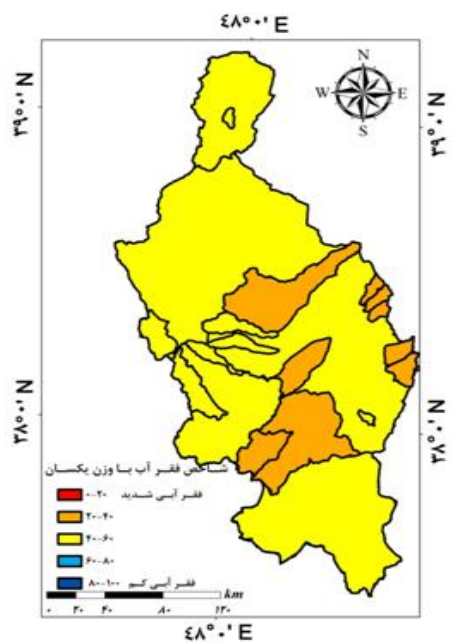
معیارها شامل منابع آب، دسترسی و ظرفیت نیز در شرایط مناسبی قرار ندارد و به ترتیب در اولویت ۱۹، ۱۸ و ۱۸ قرار گرفته است. به بیانی، زمانی که در یک حوضه حجم منابع آب کم، مصارف زیاد و ظرفیت مدیریتی نیز کم باشد، شرایط بسیار حاد خواهد بود. اولویت‌بندی حوضه‌ها با تأکید بر معیارهای منابع و مصارف نشان داد حوضه پل سلطان در رتبه اول و کمترین فقر آب قرار می‌گیرد که می‌تواند به دلیل شرایط مطلوب منابع و مصارف در این حوضه باشد. با تأکید بر معیارهای محیط زیست و ظرفیت حوضه پل الماس به دلیل داشتن مقادیر زیاد این معیارها نسبت به حوضه پل سلطان در اولویت نخست قرار می‌گیرد و بیشترین مقدار شاخص فقر آب و مناسب‌ترین شرایط را دارد و با تأکید بر معیار دسترسی حوضه احمدکندی با داشتن بیشترین مقدار

جدول ۳. نتایج اولویت‌بندی زیرحوضه‌های استان اردبیل با تأکید بر معیارهای مختلف شاخص فقر آب

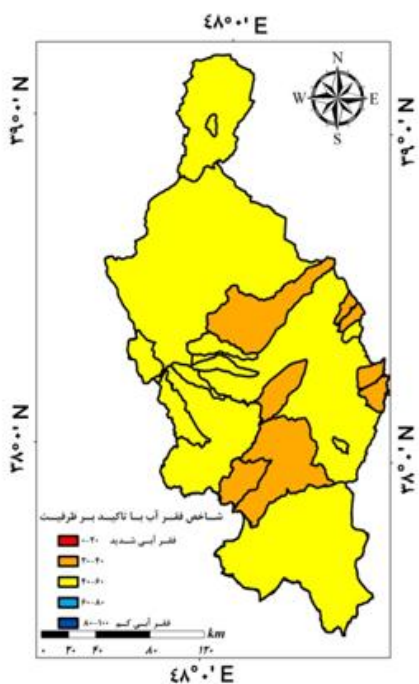
حوضه‌ها	وزن یکسان	اولویت‌بندی	تأکید بر شاخص منابع	اولویت‌بندی	تأکید بر شاخص محیط زیست	اولویت‌بندی	تأکید بر شاخص ظرفیت	اولویت‌بندی	تأکید بر شاخص مصارف	اولویت‌بندی	تأکید بر شاخص دسترسی	اولویت‌بندی
کوزه تپراقی	۳۴	۱۸	۳۴	۲۰	۳۱	۱۶	۳۱	۱۹	۴۶	۱۰	۲۷	۲۰
فیروزآباد	۵۰	۷	۴۷	۸	۵۰	۳	۴۸	۲	۵۸	۴	۴۶	۶
عموقین	۴۳	۱۰	۴۶	۱۰	۳۶	۱۳	۴۴	۹	۴۵	۱۳	۴۴	۸
شمس‌آباد	۲۹	۲۱	۲۶	۲۱	۲۷	۱۹	۲۶	۲۱	۴۴	۱۴	۲۲	۲۱
سولا	۳۸	۱۶	۴۳	۱۲	۳۰	۱۷	۴۰	۱۵	۳۶	۱۸	۴۰	۱۲
سامیان	۴۱	۱۲	۴۰	۱۵	۴۱	۸	۴۱	۱۳	۴۶	۱۱	۳۹	۱۴
دوست‌بیگلو	۴۹	۸	۴۶	۹	۵۰	۵	۴۶	۶	۵۳	۷	۴۸	۵
احمدکندی	۵۲	۴	۴۸	۶	۴۲	۷	۴۷	۵	۵۸	۵	۶۴	۱
پل سلطانی	۵۸	۱	۶۵	۱	۵۰	۴	۴۸	۴	۶۵	۱	۶۰	۳
پل الماس	۵۳	۲	۵۰	۵	۵۵	۱	۵۹	۱	۵۹	۳	۴۴	۹
باروق	۴۱	۱۱	۴۴	۱۱	۳۵	۱۴	۴۲	۱۱	۴۴	۱۵	۴۳	۱۰
آلادیزگه	۳۲	۲۰	۳۴	۱۹	۲۶	۲۱	۳۲	۱۸	۳۲	۲۱	۳۶	۱۸
ایریل	۳۲	۱۹	۳۶	۱۸	۲۶	۲۰	۳۱	۲۰	۳۲	۲۰	۳۶	۱۷
اکبرداوود	۵۱	۵	۵۱	۴	۴۰	۹	۴۶	۷	۵۶	۶	۶۲	۲
هیر	۵۰	۶	۶۱	۳	۴۲	۶	۴۸	۲	۵۰	۸	۴۹	۴
ویلادرق	۴۳	۹	۴۷	۷	۳۶	۱۱	۴۱	۱۲	۴۵	۱۲	۴۴	۷
گیلان‌ده	۴۰	۱۳	۳۸	۱۷	۳۷	۱۰	۴۰	۱۴	۴۸	۹	۳۵	۱۹
نمین	۳۶	۱۷	۴۰	۱۴	۲۹	۱۸	۳۸	۱۷	۳۵	۱۹	۳۹	۱۵
نیر	۵۲	۳	۶۲	۲	۵۴	۲	۴۵	۸	۶۱	۲	۴۰	۱۳
ننه‌کران	۳۹	۱۵	۴۲	۱۳	۳۱	۱۵	۴۳	۱۰	۳۷	۱۷	۴۱	۱۱
ارباب‌کندی	۳۹	۱۴	۳۸	۱۶	۳۶	۱۲	۳۹	۱۶	۴۳	۱۶	۳۸	۱۶



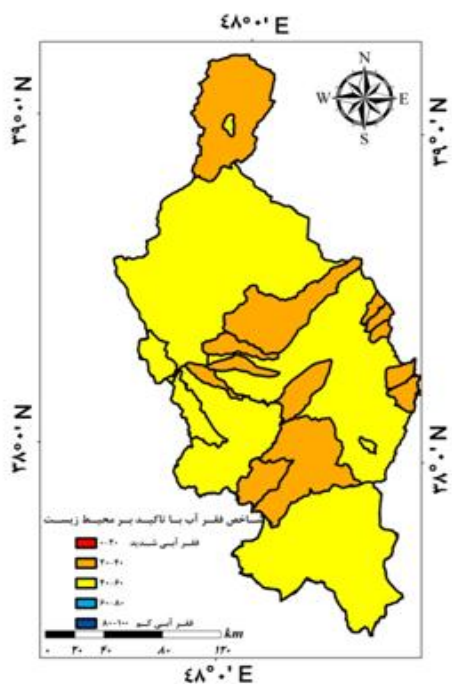
شکل ۳. شاخص فقر آب با تأکید بر معیار منابع در حوضه‌های آبخیز استان اردبیل



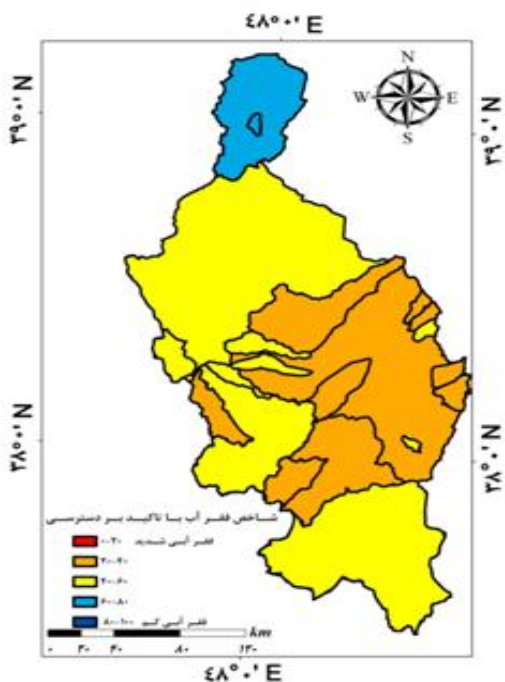
شکل ۲. شاخص فقر آب با وزن یکسان به همه معیارها در حوضه‌های آبخیز استان اردبیل



شکل ۵. شاخص فقر آب با تأکید بر معیار ظرفیت در حوضه‌های آبخیز استان اردبیل



شکل ۴. شاخص فقر آب با تأکید بر معیار محیط زیست در حوضه‌های آبخیز استان اردبیل



شکل ۷. شاخص فقر آب با تأکید بر معیار دسترسی در حوضه‌های آبخیز استان اردبیل



شکل ۶. شاخص فقر آب با تأکید بر معیار مصارف در حوضه‌های آبخیز استان اردبیل

معرفی شد و نیز حوضه پل‌سلطانی در روش وزن‌دهی یکسان و وزن‌دهی با تأکید بر معیارهای منابع و مصارف در اولویت نخست قرار گرفت در نتیجه کمترین فقر آب را دارد. تفاوت معیارهای استفاده‌شده در محاسبه شاخص فقر آب در مطالعات مختلف می‌تواند به دلیل تنوع داده‌های دسترس در مقیاس‌های متفاوت مکانی باشد. نتایج نشان داد مقادیر شاخص فقر آب بین ۲۲ تا ۶۵ در حوضه‌های آبخیز مطالعه‌شده تغییر می‌کند که با نتایج تحقیق ماندگار و همکارانش مطابقت دارد. بر اساس نتایج تحقیق حاضر تفاوت در مقادیر معیارهای شاخص فقر آب در حوضه‌های بالادست و پایین‌دست با نتایج تحقیق شاکیا هم‌خوانی دارد. متوسط شاخص فقر آب حوضه‌های مطالعه‌شده در استان اردبیل ۴۳ به دست آمد که با نتایج جابریزاده و همکارانش که مقدار شاخص فقر آب ۴۸/۶ برای استان اردبیل به دست آوردند، هم‌خوانی ندارد و این تفاوت کم می‌تواند به دلیل تفاوت معیارهای استفاده‌شده و مقیاس مکانی پژوهش باشد. از مهم‌ترین مزایای شاخص فقر آب، در نظر گرفتن ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی جوامع به همراه تغییرپذیری ابعاد مختلف منابع آب سطحی است که

### بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر مقادیر شاخص فقر آب در زیرحوضه‌های استان اردبیل با در نظر گرفتن معیارهای مؤثر بر آن شامل (منابع، دسترسی، ظرفیت، محیط زیست و مصارف) محاسبه شد. در شاخص فقر آب، ابعاد مختلف تأثیرگذار بر مدیریت منابع آبی در نظر گرفته شده است و ابزاری مؤثر و جامع برای تحلیل موجودیت منابع آب سطحی و ارتباط آن با نیازهای انسان و محیط زیست است. به دلیل نبود الگوی مصرف مناسب و هدفمند، آشنایی با الگوهای مدیریتی و مصرفی به‌روز و نو در سطح جهان و البته واسنجی‌شده با شرایط متفاوت اقلیمی، اقتصادی و اجتماعی کشور ما می‌تواند در چپه‌ای متفاوت و مناسب در زمینه مدیریت آب نسبت به گذشته، به روی مسئولان بگشاید. در مجموع، می‌توان گفت که شاخص فقر آب به‌عنوان یک ابزار کاربردی در مدیریت منابع آب، می‌تواند در تعیین اولویت‌ها و پایش تغییرات وضعیت منابع آب استفاده شود. حوضه شمس‌آباد با قرار گرفتن در اولویت ۲۱، در روش وزن‌دهی یکسان و وزن‌دهی با تأکید بر معیارهای منابع، ظرفیت و دسترسی فقیرترین حوضه

- different scales: A cautionary Tale. International water resources association, 2006; 31(3), Page 412- 426.
- [4]. Asiyabi-hir R, Mostafazadeh R, Raoof M, Esmali-ouri A. The importance of Water Poverty Index in water resources management. Extension and Development of Watershed Management. 2016; 3(11). [In Persian]
- [5]. Brown A, Matlock MD. A review of water scarcity indices and methodologies. The Sustainability Consortium, University of Arkansas. 2011;106pp.
- [6]. Manandhar S, Pandey v, Kazama F. Application of water poverty index in Nepales context: A case study of Kali Gandaki River Basin (KGRB). Water Resources Management, 2012;26: 89- 107.
- [7]. Shakya, B. Analysis and mapping water poverty of Indrawati Basin. World Wide Fund for Nature Nepal Report, 2012;70 Pages.
- [8]. Cho DL, Ogwang T. Water Poverty Index. In Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research, Springer Netherlands. 2014; 7003-7008.
- [9]. Thakur JK, Neupane M, Mohanan AA. Water poverty in upper Bagmati River Basin in Nepal. Water Science. 2017. 16 pages.
- [10]. Rajabi-Hashjin M, Arab DR. Water poverty index, an effective tools for assessment of world's waterresources. 2nd Conference on WaterResources Management, Isfahan Technical University, Isfahan, Iran.2006; [In Persian]
- [11]. Jaberzadeh, M. Estimation of water poverty index of Iran provinces. 7th National Conference and Expert Exhibition of Environmen Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. 2014; [In Persian]
- [12]. Sabeti M, Jamali S, Ghiyasvand Gh. The use of water poverty index in local scale, case study: Karoun Basin. 10<sup>th</sup> International Congress on Civil Engineering. University of Tabriz. 2015; [In Persian]
- [13]. Alessa L, Kliskey A, Lammers R, Ar, C, White D, Hinzman L, Busey R. The arctic water resource vulnerability index: an integrated assessment tool for community resilience and vulnerability with respect to freshwater. Environmental Management, 2008;42: 523- 541.
- [14]. Hamoud, M.A, NourEl-Din M.M, Moursy F.I. Vulnerability assessment of water resources systems in the Eastern Nile Basin. Water Resources Management, 2009;23: 2697- 2725.

می‌تواند در مقیاس‌های مختلف مکانی استفاده شود. ممکن است معیار میزان آبدهی در استان اردبیل نسبت به سایر استان‌های خشک بیشتر باشد اما میزان مصارف، دسترسی، محیط زیست و ظرفیت به‌گونه‌ای باشد که وضعیت آب را در شرایط فقیر قرار داده است. از طرفی، طبقه‌بندی ارائه‌شده توسط مرکز اکولوژی و هیدرولوژی والینگفورد در سال ۲۰۰۳ به‌صورت زیر است:

۱. بین ۶۸ تا ۷۸ (فقر آبی کم)، ۲. بین ۶۲ تا ۶۷/۹ (فقر آبی کم تا متوسط)، ۳. بین ۵۶ تا ۶۱/۹ (فقر آبی متوسط)، ۴. بین ۴۸ تا ۵۵/۹ (فقر آبی زیاد)، ۵. بین ۳۵ تا ۴۷/۹ (فقر آبی شدید). این در حالی است که طبقات ارائه‌شده می‌توانستند جزئی‌تر باشند که شرایط بینابینی در ارزیابی فقر آب را با دقت بیشتری ارزیابی کنند. با توجه به جامعیت شاخص‌هایی مانند فقر آبی و تطابق زیاد آن با واقعیت‌های موجود در ایران و نیز دیدگاه جدید وزارت نیرو که مبتنی بر مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب است، پیشنهاد می‌شود این شاخص در مقیاس‌های زمانی و مکانی کوچک‌تری محاسبه شود. نتایج به‌دست‌آمده از چنین مطالعاتی می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با مدیریت و توسعه منابع آبی در مناطق مختلف کشور تأثیر بسزایی داشته باشد. در مجموع، می‌توان گفت که شاخص فقر آب به‌عنوان یک ابزار کاربردی در مدیریت منابع آب، می‌تواند در تعیین اولویت‌ها و پایش تغییرات وضعیت منابع آب استفاده شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، بیشتر حوضه‌های مطالعه‌شده در استان اردبیل در شرایط بحرانی قرار دارند، بنابراین انتظار می‌رود که مدیران و نهادهای ذی‌ربط به فکر راهکارها و برنامه‌های مدیریتی مناسب با توجه به شرایط موجود در حوضه، به‌منظور بهبود شرایط کنونی باشند.

#### منابع

- [1]. Rezayan A, Rezayan AH. Future studies of water crisis in Iran based on processing scenario. Journal of Ecohydrology. 2016; 3(1). 1-17. [In Persian]
- [2]. Shahedi M, Talebi F. Introducing some indices to evaluate the balance of water resources and sustainable development, Case study: Qareh-Qum basin in Iran. Journal of Water and Sustainable Development. 2014; 1(1). 73-79p. [In Persian]
- [3]. Sullivan C.A, Meigh, J.R, Lawrence R. Application of the water poverty index at

- [15]. Babel MS, Wahid SM. Freshwater under threat: South Asia. Vulnerability assessment of freshwater resources to environmental change. United Nations Environment Programme and Asian Institute of Technology, Bangkok. 2009.
- [16]. Ty TV, Sunada K, Ichikawa Y, Oishi S. Evaluation of the state of water resources using modified water poverty index: a case study in the Srepok river basin, Vietnam-Cambodia. *International Journal of River Basin Management*, 2010;8(3-4): 305- 317.
- [17]. Curtis V, Cairncross S, Yonli R. Review: domestic hygiene and diarrhea-pinpointing the problem. *Tropical Medicine and International Health*, 2000; 5(1): 22-32.
- [18]. Cullis J, Oregan D. Targeting the water-poor through water poverty mapping. *Water Policy*, 2004;6: 397- 411.
- [19]. World Health Organization/United Nations Childrens Fund (WHO/UNICEF). Joint monitoring programme for water supply and sanitation. *Global Water Supply and Sanitation Assessment Report*. 2000.
- [20]. Howard G, Bartram J. Domestic water quantity, level and health. *World Health Organization*. 2003.
- [21]. Han H, Zhao L. Rural income poverty in Western China is water poverty. *China and World Economy*, 2005;13(5): 76- 88.
- [22]. Sullivan CA, Meigh JR, Giacomello AM. The water poverty index: development and application at the community scale. *Natural Resources Forum*, 2003;27: 189- 199.
- [23]. Khorushi S, Mostafazadeh R, Esmali-Ouri A, Raouf M. Spatiotemporal Assessing the Hydrologic River Health Index Variations in Ardabil Province Watersheds. *Journal of Ecohydrology*. 2017; 4(2). 379-393. [In Persian]
- [24]. Hasani M, Malekiyan A, Rahimi M, Samiei M, Khamoushi M. Study of efficiency of various base flow separation methods in arid and semi-arid rivers (Case study: Hablehroud basin). 2012; 2(2). 10-22 p. [In Persian]
- [25]. Eckhardt, K. A comparison of base flow indices which were calculated with seven different base flow separation methods. *Journal of Hydrology*, 2008;352, pp 168-173.
- [26]. Pandey VP, Babel M.S, Shrestha S, Kazam, F. A framework to assess adaptive capacity of the water resources system in Nepalese river basins. *Ecological Indicators*, 2011;11(2): 480- 488.
- [27]. Zeynali MJ, Hashemi SR. Compare Learning Function in Neural Networks for River Runoff Modeling, *Journal of Ecohydrology*, 2016;3(4). 659-667. [In persian]
- [28]. Smakhtin, VU. Low flow hydrology: a review. *Journal of Hydrology*. 2001;240: 147- 186.
- [29]. Appelgren B, Klohn W. Management of Water Scarcity: a focus on social capacities and options. *Physics and Chemistry of the Earth*. 1999;24(4): 361- 373.
- [30]. Brooks N, Adger WN, Kelly PM. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change-Human And Policy Dimensions*, 2005;15: 151- 163.
- [31]. Sadoddin A, Sheikh V, Mostafazadeh R and Halili M.Gh. Analysis of vegetation-based management scenarios using MCDM in the Ramian watershed, Golestan, Iran. *International Journal of Plant Production*. 2010; 4 (1): 51-62.
- [32]. E-Costa CAB, Da Silva PA and Correia FN. Multicriteria Evaluation of Flood Control Measures: The Case of Ribeira do Livramento. *Water Resources Management*. 2004; 18(3): 263-283.
- [33]. Sharifi A, Hervijnen MV and Toorn WVD. Spatial Decision Support Systems. *International Institute for Geo-Information Science and Earth observation*. (ITC). 153p.