

اولویت‌بندی مناطق بحرانی و گامی موثر در برنامه‌ریزی استفاده‌ی بهینه از منابع آب باشد. شاخص فقر آب نشان‌دهنده تاثیر ترکیبی عوامل عوامل موثر بر کمبود و تنش منابع آبی است که امکان اولویت‌بندی و تدوین نسخه‌های مدیریتی برای مناطق مختلف را فراهم می‌نماید. باید توجه داشت که تعیین و تحلیل شدت کمبود و تنش منابع آب در مناطق مختلف بر اساس شرایط منابع آب منطقه مورد بررسی، قابلیت محاسبه شاخص و وجود داده‌ها و نوع معیارهای انتخابی متفاوت خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: کمبود آب، تغییرات مکانی، تغییرات جریان، ظرفیت اجتماعی-اقتصادی

مقدمه

آب به عنوان عنصر اساسی حیات و وجه مشترک اهداف و چالش‌های توسعه پایدار می‌باشد و کمبود آب یکی از بزرگترین چالش‌های قرن حاضر و بحران چند وجهی نیم‌قرن آینده است که می‌تواند سرمنشأ بسیاری از تحولات مثبت و منفی جهان قرار گیرد. اهمیت مباحث کمیت و کیفیت آب برای زندگی حیاتی است و تأمین آب کافی یک پیش‌نیاز بنیادی برای توسعه پایدار اقتصادی-اجتماعی جوامع انسانی می‌باشد [۱]. در حال حاضر مدیریت مناسب و کارآمد منابع آبی تبدیل به یک موضوع فراتخصصی شده است و حصول اهداف بنیادی توسعه مانند ریشه‌کنی فقر، توسعه عادلانه و حفاظت از محیط زیست بدون پرداختن دقیق و چند بعدی به مسأله مدیریت منابع آبی امری غیر ممکن به نظر می‌رسد. هم‌چنین خشکسالی بعنوان یک خطر طبیعی، تهدیدی است که روی جوامع انسانی و محیط زیست اثرات منفی بر جای خواهد گذاشت، که با افزایش تقاضای آب تشدید خواهد شد [۴، ۱۱، ۱۲]. ادامه روند نامطلوب وضعیت منابع آبی در سطح جهان و پیش‌بینی تشدید وضعیت بحرانی در سال‌های آینده باعث شده است که محققین و نهادهای مختلف بین‌المللی شاخص‌های متفاوتی را برای سنجش وضعیت کمی و کیفی منابع آبی نقاط مختلف دنیا پیشنهاد کنند [۱۹، ۲۰]. در اکثر این شاخص‌ها بر روی منابع آبی موجود کشورها و مناطق مختلف دنیا تأکید شده است و از معیارهایی مانند سرانه آب و یا درصد تجدیدپذیر سالانه برای ارزیابی وضعیت کنونی و پیش‌بینی وضعیت آتی استفاده شده است. با توجه به وجود عوامل موثر بر وضعیت منابع آبی یک کشور یا منطقه و یا یک حوزه

شاخص فقر آب و اهمیت آن در مدیریت منابع آب

رقیه آسیابی هیر^۱، رئوف مصطفی‌زاده^۲، مجید رئوف^۳

و اباذر اسمعیلی عوری^۴

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۰۳

چکیده

تشدید بحران آب در سال‌های آینده با توجه به افزایش جمعیت، افزایش آلودگی‌ها، تخریب پوشش گیاهی، تغییر اقلیم و بروز خشکسالی‌ها اجتناب ناپذیر خواهد بود. حل بحران آب نیازمند همکاری و اراده جهانی است و آینده‌نگری و برنامه‌ریزی برای منابع آبی در جهان امری ضروری به نظر می‌رسد. در سال‌های اخیر لزوم تدوین و ارائه شاخص‌های جدید جامع و چند بعدی برای ارزیابی وضعیت موجود و پیش‌بینی روند آتی منابع آب سطحی و زیرزمینی از اهمیت بالایی برخوردار شده است. در همین راستا شاخص چندبعدی تحت عنوان شاخص فقر آب به منظور ارزیابی دسترسی به منابع آب ارائه گردیده است. در این مقاله به معرفی شاخص فقر آب، مطالعات انجام شده در کشورهای مختلف و چگونگی محاسبه‌ی آن پرداخته شده است. بر اساس نتایج، شاخص فقر آب بر اساس ترکیب وزنی پنج مولفه اصلی محاسبه می‌شود. مولفه‌های اصلی شاخص فقر آب شامل منابع (دسترسی، تغییرات فصلی و سالانه کمیت و کیفیت آب)، دسترسی (قابلیت دسترسی آب برای استفاده موثر)، ظرفیت (عوامل اقتصادی-اجتماعی در مدیریت منابع آب)، استفاده (میزان استفاده در بخش‌های مختلف) و محیط زیست (اثرات مدیریت آب بر یکپارچگی اکولوژیک) می‌باشند.

با توجه به ماهیت چندبعدی شاخص فقر آب و در نظر گرفتن تمامی عوامل موثر بر دسترسی یا کمبود منابع آب و نیز ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی می‌تواند ابزار مفیدی در

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی roghaye.asiabi@gmail.com
- ۲- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی (نویسنده مسئول) raofmostafazadeh@yahoo.com
- ۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی majidraoof2000@gmail.com
- ۴- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی esmaliouri@uma.ac.ir

و هم‌چنین با توجه به حساسیت خاص مدیریت و توسعه منابع آبی، هر کدام از شاخص‌های موجودیت یا فقر آب دارای نقاط قوت و ضعف خاص خود می‌باشند [۱۵]. از طرفی تأثیرات تغییر اقلیم بر روی منابع آب را به هیچ وجه نمی‌توان نادیده گرفت، بالا رفتن درجه حرارت منجر به افزایش تقاضا برای آب کشاورزی به جهت تبخیر و تعرق فراوان می‌باشد، افزایش درجه حرارت و مقدار تبخیر و تعرق و هم‌چنین کاهش بارندگی باعث افزایش پدیده بیابانزایی و شوری خاک می‌گردد. کاهش تغذیه آب‌های زیرزمینی و منابع آب‌های سطحی از جمله پیامدهای تغییر اقلیم می‌باشد. آسیب‌پذیری منابع آب و حساسیت آن‌ها در برابر تغییر اقلیم از جمله چالش‌های مهمی است که در سال‌های اخیر نظر مدیران، تصمیم‌گیران و پژوهشگران علوم آب را در جهت مدیریت بهتر منابع آبی به خود جلب نموده است [۲۳]. افزایش جمعیت همراه با توسعه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، چالش‌های فرعی در زمینه مدیریت منابع آب را تغییر می‌دهد [۸]. با افزایش سطح اطلاعات موجود و ارتباطات جهانی، روش‌ها و هم‌چنین سطح کمی و کیفی اطلاعات مورد استفاده شاخص‌های جامع‌تر و دقیق‌تری تعریف و ارائه می‌شود، که ارزیابی وضعیت منابع آب جهانی نیز از این قاعده مستثنی نیست. در رابطه با شاخص‌های مهم در زمینه ارزیابی منابع آبی می‌توان به شاخص فقر آب^۱ اشاره نمود [۹]. علاوه بر بحث کمیت و کیفیت منابع آبی، مسئله نحوه مدیریت منابع آبی نیز از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد، به‌طوری‌که در کنفرانس جهانی آب در کیوتو (۲۰۰۳) نیز تأکید گردید، مهمترین مشکل آب در دنیا مسئله مدیریت منابع آب می‌باشد. لذا برای بهبود و ارتقاء وضعیت موجود مدیریت منابع آب لازم است که از شاخص‌های مناسب‌تر و جامع‌تری برای بیان وضعیت واقعی منابع و مصارف آب استفاده گردد، که شاخص فقر آبی می‌تواند نمونه مناسبی از آن‌ها باشد. هدف این مقاله معرفی شاخص فقر آب، اهمیت، کاربردها و زیرشاخص‌های مهم محاسبه‌ی آن می‌باشد.

برخی مطالعات انجام شده در زمینه‌ی شاخص فقر آب

رجبی هاشم‌جین و عرب [۱۵]، شاخص فقر آب را ابزاری کارآمد برای ارزیابی وضعیت منابع آبی جهان معرفی کرده و بیان کردند که نتایج حاصل از چنین مطالعاتی می‌تواند در امر سیاست‌گذاری‌ها و تصمیم‌سازی مدیریت و توسعه منابع آبی در نقاط مختلف کشور موثر باشد. جابریزاده [۷]، با محاسبه‌ی 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 رسیدند که استان ایلام بالاترین رتبه (۵۴/۷۵، فقر آبی کم) و استان سیستان کمترین رتبه (۲۸/۹۵، فقر آبی زیاد) را دارند. سولیوان و همکاران [۱۹]، کاربردهایی از شاخص فقر آب را در مقیاس‌های مختلف در سطح جامعه، منطقه و حوزه آبخیز بیان کردند و بر

1- Water Poverty Index (WPI)

اهمیت مقیاس‌های مختلف در مدیریت منابع آب تأکید نمودند و نیز اظهار داشتند که اطلاعات یک مقیاس مشخص، لزوماً نمی‌تواند نشان‌دهنده‌ی شرایط مشابه در مقیاس دیگر باشد. مانادار و همکاران [۱۰]، شاخص فقر آب را جهت ارزیابی منابع آبی در حوزه آبخیز رودخانه‌ی کالی‌گاندکی^۲ در نپال مورد محاسبه قرار داد. در این مطالعه ۱۰ شاخص و ۱۲ متغیر تعریف شد، نتایج نشان داد که مقادیر شاخص فقر آب در گستره‌ی ۳۷/۱ تا ۵۶/۵ در داخل حوزه‌ی مورد مطالعه تغییر می‌کند. تجزیه و تحلیل مولفه‌های شاخص فقر آب نشان داد که شاخص‌های دسترسی و منابع در سطح حوزه آبخیز و شاخص‌های مصارف، محیط زیست و ظرفیت در زیرواحدهای حوزه آبخیز دارای تغییرات بیشتری هستند. شاکیا [۱۷]، در حوزه آبخیز رودخانه‌ی اندراواتی^۳ در منطقه‌ی مرکزی نپال، شاخص فقر آب را محاسبه کرد و نقشه فقر آب در مقیاس‌های کم، متوسط و زیاد رسم نمود، متوسط شاخص فقر آب برای کل حوزه آبخیز ۵۲/۵ (فقر آبی متوسط) بدست آمد. مقادیر محاسباتی شاخص‌های موجودیت منابع آب و ظرفیت در بخش‌های بالادست و پایین‌دست متفاوت گزارش شد. ویور و همکاران [۲۲]، در منطقه‌ی وال‌ترینگل^۴ در جنوب آفریقا پژوهشی با هدف تعیین تفاوت مقدار شاخص فقر آب، هنگام محاسبه با تابع افزایشی نسبت به تابع ضربی انجام دادند. پس از محاسبه شاخص‌ها برای سه شهر در منطقه‌ی مورد مطالعه به این نتیجه رسیدند که مقادیر شاخص‌های محاسباتی دارای اختلاف اندکی بوده و هم‌چنین بیان نمودند که تحقیقات آینده باید بر اساس تصحیح و توسعه‌ی تابع‌های موجود برای محاسبه شاخص فقر آب باشد.

مفهوم شاخص فقر آب

مناطق خشک جهان از جمله کشور ما دارای منابع آب برگشت‌پذیر بسیار محدودی هستند که در کنار این محدودیت باید مشکلات دیگر از جمله افزایش روز افزون جمعیت و به تبع آن افزایش مصارف و نیز عدم سازگاری الگوی استقرار جمعیت با پراکنش زمانی و مکانی منابع آب را افزود. در کشور ما متأسفانه به دلیل نبود یک الگوی مصرف مناسب و هم‌چنین دیدگاه انحصاری اکثر مردم و حتی بخش صنعتی کشور در مصرف آب، آسیب‌های غیر قابل جبران را به منابع آب وارد نموده است. در همین راستا شاخصی با عنوان شاخص فقر آب ارائه گردیده است [۱۸]. شاخص فقر آب بر اساس نتایج تحقیق سن [۱۶] توسط سولیوان [۱۹]، ۲۰ ارائه شده است.

شاخص فقر آب یک معیار سنجش میان رشته‌ای است که بیان‌کننده روابط رفاه جوامع و دسترسی به آب و میزان تأثیرات کمبود آب بر روی جوامع انسانی می‌باشد. چنین شاخصی این امکان را به وجود می‌آورد که مناطق و یا حوزه‌ها و زیرحوزه‌های مختلف را از لحاظ فاکتورهای فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی مرتبط با کمبود آب

2 - Kali Gandaki

3- Indrawati

4- Vaal Triangle

را مشخص می‌کند. مقادیر بالای این معیار نشان‌دهنده قابلیت استفاده فراوان نسبت به محاسبه تغییرپذیری سالانه داخلی و فصلی است که توسط دو معیار دسترسی و تغییرپذیری ارزیابی می‌شود.

۱-۱ دسترسی^۳ (R1): کاهش موجودیت منابع آب باعث درگیری بر روی مصرف منابع خواهد بود، بنابراین دسترسی، فشار جمعیت بر روی منابع آب موجود را نشان می‌دهد [۱]. 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 خواهد 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 (متر مکعب)، X_{max} و X_{min} : پایین‌ترین و بالاترین مقادیر مربوط به سرانه منابع آب می‌باشد. با استفاده از معادله (۱) برای هر منطقه رقمی بین صفر تا یک بدست می‌آید. مقدار صفر به فقیرترین سطح یعنی بالاترین درجه از فقر آب و یک به شرایط مطلوب اختصاص می‌یابد.

۲-۱ تغییرپذیری^۴ (R2): به عنوان مثال می‌توان از ضریب تغییرات بارندگی استفاده نمود. در این شاخص هرچه میزان تغییرات بارندگی بالاتر باشد، اطمینان موجودیت منابع آب در زمان و مکان کمتر است. اطمینان کمتر، خطرات ناشی از تغییر اقلیم و آسیب‌پذیری منابع را نشان می‌دهد [۶]. ضریب تغییرات مساوی یا بیشتر از ۳۰٪، آسیب‌پذیرترین وضعیت را نشان می‌دهد.

تی و همکاران [۲۱]، با استفاده از معادله (۲) آن را نرمال‌سازی کرد. که در آن، X_i : ضریب تغییرات بارندگی مربوط به هر منطقه است.

$$R_2 = \frac{X_i}{0.3} \times 100 \quad (2)$$

۲- دسترسی^۵ (A)

دسترسی کافی به منابع آب و امکانات بهداشتی، جامعه را به مراعات اصول بهداشتی بهتر تشویق می‌کند. این شاخص جمعیتی را با دسترسی مناسب به مقدار کافی از آب آشامیدنی سالم و بهداشت، جهت سلامتی بیشتر و رفاه نشان می‌دهد [۶]. دسترسی کافی به آب، منجر به فقدان زمان در جمع‌آوری آب می‌شود، که می‌تواند برای فعالیت‌های اقتصادی و تولیدی استفاده شود. این جزء با دو معیار دسترسی به منبع آب (A1) و دسترسی به بهداشت (A2) محاسبه می‌شود، که در معادله (۳) نشان داده شده است.

$$A_1 = \frac{X_w}{X} \times 100 \quad A_2 = \frac{X_s}{0.3} \times 100 \quad (3)$$

که در آن X_w و X_s : به ترتیب جمعیت با امکانات بهداشتی و جمعیت با موجودی آب هستند، X : کل جمعیت در واحد مورد مطالعه می‌باشد.

رتبه‌بندی کرد. تنوع جغرافیایی در رابطه با آب و میزان دسترسی به آن از اهمیت بالایی برخوردار است، به نحوی که بین مناطق مختلف از لحاظ میزان دسترسی به آب تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد، این تغییرات گاهی به قدری شدید است که بین جوامع، روستاها و حتی حوزه‌های هم‌جوار نیز مشهود است [۲۰]. مردم ممکن است به دلیل عدم دسترسی به منابع آب کافی دچار فقر آبی شوند، یا ممکن است مجبور باشند برای بدست آوردن آب، مسافت طولانی را طی کنند. حتی ممکن است منابع آبی به میزان کافی در نزدیکی آن‌ها وجود داشته باشد، اما به دلایل گوناگون از جمله عدم تأمین بودجه کافی برای سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مورد نیاز برای ذخیره، انتقال و توزیع آب و یا عدم توان مالی آن‌ها برای پرداخت قیمت‌های بالای آب، آن‌ها فقیر آبی محسوب شوند. البته در بعضی موارد ممکن است عکس این مطلب نیز صادق باشد و مناطقی وجود داشته باشند که علیرغم عدم وجود منابع کافی در دسترس، چندان از لحاظ تأمین آب مورد نیاز خود دچار مشکل نباشند [۹].

اهمیت شاخص فقر آب در ایران

بر مبنای طبقه‌بندی مرکز اکولوژی و هیدرولوژی والینگفورد^۱ در سال ۲۰۰۳، ایران جزء کشورهای قرار می‌گیرد که از لحاظ فقر آبی در حد متوسط می‌باشد. مقدار شاخص فقر آب برای کل کشور محاسبه شده و با توجه به وضعیت ناعادلانه توزیع مکانی منابع آب و همچنین سایر معیارهای مرتبط در نقاط مختلف کشور، مقدار این شاخص نمی‌تواند برای همه نقاط کشور نماینده مناسبی باشد. اهمیت شاخص فقر آب در ایران به دلیل تغییرپذیری زمانی و مکانی دسترسی به منابع آب است و شاخص‌های ساده‌ای که در آن‌ها منابع آب در دسترس بر تعداد جمعیت تقسیم می‌شود، چندان نشان‌دهنده واقعیت‌های موجود در زمینه وضعیت منابع آبی مناطق مختلف نیستند.

محاسبه شاخص فقر آب

مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب بدون ارزیابی مناسب از وضعیت آن، باعث از دست دادن منابع آب می‌شود. با توجه به اینکه برای مسائل فقر آب و شاخص‌های نشان‌دهنده آن در مقیاس‌های مختلف مکانی هیچ معیار مشخصی وجود ندارد، انتخاب دقیق شاخص‌ها و در دسترس بودن داده برای به کار بردن شاخص فقر آب ضروری می‌باشد [۱۰]. شاخص فقر آب از پنج جزء منابع، دسترسی، مصارف، محیط زیست و ظرفیت تشکیل شده است که هر کدام دارای چندین زیرمجموعه هستند که در زیر ارائه شده است.

۱- منابع^۲ (R)

این معیار دسترسی طبیعی به منابع آب، در منطقه‌ی مورد مطالعه

3- Availability
4- Variability
5- Access

1- Wallingford Center of Ecology and Hydrology
2- Resources

۳- مصارف^۱ (U)

در ارتباط با بخش مصرف، مصرف آب برای اهداف مختلف مدنظر بوده 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 مصرف آب خانگی (U1): نشان‌دهنده وضعیت فعلی مصرف منابع آب در فعالیت‌های خانگی روزانه و پیش‌بینی‌های آینده آن است [۵]. این معیار به وسیله سرانه مصرف آب خانگی روزانه اندازه‌گیری شده و نرمال‌سازی خواهد شد (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} : حداقل آب مورد نیاز برای بهداشت خانگی، سرانه آب روزانه هر نفر ۲۰ لیتر در نظر گرفته خواهد شد، X_{max} : حداکثر آبی که همگی نیازهای آب خانگی را برآورده می‌کند، سرانه آب روزانه هر نفر ۱۰۰ لیتر در نظر گرفته می‌شود.

۲-۳ مصرف آب کشاورزی (U2): این شاخص امکانات آبیاری موجود در یک منطقه را نشان می‌دهد. توسعه کشاورزی آبی محرک بزرگی برای رشد اقتصادی است. برای ارزیابی مصرف آب کشاورزی، از نسبت زمین‌های آبی به کل زمین‌های کشت شده استفاده می‌شود [۲۰]. مقادیر بالای این معیار، نشان‌دهنده فراوانی مصرف آب برای آبیاری است که تولیدات کشاورزی، افزایش فرصت‌های شغلی، تثبیت درآمد و برآورده شدن نیازهای مختلف خانواده را بهبود می‌بخشد (معادله ۵).

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

که در آن X_i : زمین‌های آبی، X : کل زمین‌های کشت شده می‌باشد.

۴- محیط زیست^۲ (E)

حفظ کیفیت محیطی و سلامت اکوسیستم برای رسیدن به مصرف پایدار منابع آب، اهمیت زیادی دارد. این جزء به وسیله دو شاخص زیر ارزیابی می‌شود.

۱-۴ تنش زیست‌محیطی (E1): مقدار کودهای شیمیایی استفاده شده، تنش زیست‌محیطی یا فشار اعمال شده به اکوسیستم را نشان می‌دهد. بعضی از کشاورزان به دلیل فقدان دانش کافی، از کودهای شیمیایی بیش از اندازه استفاده می‌کنند، که این صرفاً اتلاف هزینه است تا بهبود تولید و محیط زیست. چنین مواردی باعث انتقال مواد شیمیایی به داخل آبراهه‌ها شده و موجب آلودگی آب می‌شود [۱۴]. این معیار با استفاده از روش حداکثر نرمال‌سازی شده و در معادله (۶) نشان داده شده است.

$$E_1 = \frac{X_{max} - X_i}{X_{max} - X_{min}} \quad (6)$$

X_i : مقدار کودهای شیمیایی استفاده شده در هر هکتار از زمین (کیلوگرم)، X_{min} و X_{max} : مقادیر حداقل و حداکثر کودهای استفاده شده است.

۲-۴ پوشش گیاهی (E2): دلایل از بین رفتن پوشش گیاهی شیوه‌های ناپایدار مانند تغییر کاربری، چرای بیش از حد، قطع غیرقانونی درختان و کشت غیر علمی بوده که نشان‌دهنده درجهی انحراف محیط زیست از حالت طبیعی است [۱۳]. کاهش پوشش گیاهی نشان‌دهنده اختلال اکوسیستم طبیعی، اختلال چرخه‌ی هیدرولوژیکی، احتمال افزایش فرسایش خاک و رسوبگذاری رودخانه است. بنابراین آسیب‌پذیری منابع آب و اکوسیستم افزایش می‌یابد (معادله ۷).

$$E_2 = \frac{X_i}{X} \times 100 \quad (7)$$

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

۵- ظرفیت^۳ (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. از دو معیار ظرفیت اجتماعی و ظرفیت اقتصادی برای ارزیابی ظرفیت استفاده می‌شود.

۱-۵ ظرفیت اجتماعی (C1): برای ارزیابی شاخص ظرفیت اجتماعی از دو معیار نرخ سواد (C_{1i}) و جمعیت فعال اقتصادی (C_{1ii}) می‌توان استفاده نمود. معیار نرخ سواد به عنوان درصدی از جمعیت باسواد ۱۵ ساله و بالاتر تعریف شده است و مقادیر بالای این معیار نشان‌دهنده افراد باسوادتر بوده که توانایی خواندن، دسترسی به اطلاعات، درک مسائل مربوط به آب و در برخی موارد فکر کردن و انجام دادن اقداماتی برای مدیریت آب را دارند [۳]. محاسبات بر مبنای معادله (۸) انجام می‌شود و در آن X_i : جمعیت باسواد، X : کل جمعیت است.

$$C_{1i} = \frac{X_i}{X} \times 100 \quad (8)$$

جمعیت فعال اقتصادی به عنوان درصدی از جمعیت ۶۰-۱۰ ساله با قدرت فیزیکی مقابله با فقر و تنش آب تعریف می‌شود و مقادیر بالاتر، نشان‌دهنده ظرفیت بالاتر افراد برای مقابله با تغییرات آب است [۱۳]. محاسبات با استفاده از معادله (۹) انجام می‌شود.

$$C_{1ii} = \frac{X_i}{X} \times 100 \quad (9)$$

X_i : جمعیت ۶۰-۱۰ ساله، X : کل جمعیت می‌باشد.

۲-۵ ظرفیت اقتصادی (C2)

برای ارزیابی این معیار از دو زیر شاخص تولید خانگی انبوه^۴

3 - Capacity

4 - Gross Domestic Product (GDP)

1- Use

2- Environment

توجهی به آن نمی‌شود، بلکه روند تخریب آن توسط منابع آلاینده شهری، صنعتی و کشاورزی نیز به شدت در حال گسترش می‌باشد و لذا نیازمند توجه فزاینده در فرآیند توسعه و مدیریت منابع آبی می‌باشد [۱۵]. در مجموع می‌توان گفت که شاخص فقر آب به عنوان یک ابزار کاربردی در مدیریت منابع آب، می‌تواند در تعیین اولویت‌ها و پایش تغییرات وضعیت منابع آب مورد استفاده قرار گیرد. 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 مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

- 1- Alessa, L., Kliskey, A., Lammers, R., Arp, C., White, D., Hinzman, L., and Busey, R. 2008. The arctic water resource vulnerability index: an integrated assessment tool for community resilience and vulnerability with respect to freshwater. *Environmental Management*, 42:523-541.
- 2- Azarmdel, H., Mostafazadeh, R., and Ghasemi, A. 2010. Assessment of water quality monitoring stations in Gorgan-Roud River, Golestan Province. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 4(10): 57-61. (in Persian)
- 3- Brooks, N., Adger, W.N., and Kelly, P.M. 2005. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*, 15:151-163.
- 4- Brown, A., and Matlock, M. 2011. A review of water scarcity indices and methodologies. The Sustainability Consortium, University of Arkansas.
- 5- Cullis, J., and Oregan, D. 2004. Targeting the water-poor through water poverty mapping. *Water Policy*, 6: 397- 411.
- 6- Hamouda, M.A., Nour El-Din, M.M., and Moursy, F.I. 2009. Vulnerability assessment of water resources systems in the Eastern Nile Basin. *Water Resource Manage*, 23:2697-2725.
- 7- Jaberzadeh, M. 2014. Estimation of water poverty index of Iran provinces. 7th National Conference and Expert Exhibition of Environment Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. (in Persian)

(C2_{ii}) و اشتغال در بخش غیر کشاورزی (C2_{ii}) استفاده می‌شود. مقادیر بالای این معیار به معنی ظرفیت اقتصادی بالای منابع و تکنولوژی موجود، برای سازگاری با تنش‌های مرتبط با آب است. که در یک محدوده قابل مقایسه از ۱۰۰-۰ نرمال‌سازی خواهد شد.

$$GDP\ Index(\%) = \frac{\log(per\ capita\ income) - \log(\min)}{\log(\max) - \log(\min)} \times 100 \quad (10)$$

که در آن، per-capita-income: سرانه درآمد هر نفر، min و max: حداقل و حداکثر درآمد می‌باشد.

گوناگونی وسایل معاش در بخش غیرکشاورزی، قابلیت اطمینان از درآمد و در نتیجه ظرفیت اقتصادی توسط مردم برای مشکلات مربوط به مدیریت آب را افزایش می‌دهد [۳]، که محاسبات در معادله (۱۱) آورده شده است.

$$C2_{ii} = \frac{X_i}{X} \times 100 \quad (11)$$

X: کل جمعیت، X_i: جمعیت مشغول در بخش غیر کشاورزی است.

ادغام و وزن‌دهی

پس از اینکه معیارهای شاخص فقر آب مشخص شد، همانطور که در معادله (۱۲) نشان داده شده است معیارها با همدیگر ادغام می‌شوند و در نهایت شاخص کلی فقر آب برای هر حوضه محاسبه خواهد 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 اجزاء شاخص فقر آب، m: تعداد معیارها در جزء iام، X_{ij}: مقدار معیار iام در جزء jام، W_{ij}: وزن داده شده به معیار iام در جزء jام، W_i: وزن داده شده به معیار iام می‌باشد [۱۹]، [۲۰].

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

در شاخص فقر آب برخلاف شاخص‌های قبلی، ابعاد مختلف تأثیرگذار بر مدیریت و توسعه منابع آبی در نظر گرفته شده و ابزاری موثر و جامع برای تحلیل موجودیت منابع آب سطحی و ارتباط آن با نیازهای انسان و محیط زیست می‌باشد. به دلیل عدم وجود الگوی مصرف مناسب و هدفمند، آشنایی با الگوهای مدیریتی و مصرفی بروز و نو در سطح جهان و البته کالیبره شده با شرایط متفاوت اقلیمی، اقتصادی و اجتماعی کشور ما می‌تواند دریچه‌ای متفاوت و مناسب در زمینه مدیریت آب نسبت به گذشته، به روی مسئولین و مردم کشور بگشاید. واقعیت‌های موجود در رابطه با وضعیت منابع و مصارف منابع آبی در ایران بیانگر ضرورت تدوین و محاسبه معیارهای به مراتب جامع‌تر نسبت به شاخص‌های معمول می‌باشد. از جمله می‌توان به توزیع نامناسب منابع آبی از لحاظ جغرافیایی در ایران اشاره نمود. از طرف دیگر مسئله کیفیت منابع آبی موضوع بسیار مهمی است که نه تنها در بررسی وضعیت منابع آبی چندان

- 16- Sen, A. 1999. Development as freedom. Anchor Books, A Division of Random House, Inc, New York.
- 17- Shakya, B. 2012. Analysis and mapping water poverty of Indrawati Basin. World Wide Fund for Nature Nepal Report, 70p.
- 18- Sullivan, C.A. 2002. Calculating a Water Poverty Index. World Development, 30(7):1195-1210.
- 19- Sullivan, C.A., Meigh, J.R., and Lawrence, P. 2006. Application of the water poverty index at different scales: A cautionary tale. International Water Resources Association, 31(3):412-426.
- 20- Sullivan, C.A., Meigh, J.R., Giacomello, A.M., Fediw, T., Lawrence, P., and Samad, M. 2003. The water poverty index: development and application at the community scale. Natural Resources Forum, 27:189-199.
- 21- Ty, T.V., Sunada, K., Ichikawa, Y., and Oishi, S. 2010. 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, 8(3-4):305-317.
- 22- Vyver, C. 2013. Water Poverty Index Calculation: Additive or Multiplicative Function?. Journal of South African Business Research, Article ID 615770, 11p.
- 23- Zahraie, A. 2011. Effects of climate change of Iran's water resources with a focus on rainfall components and drought periods. 1st regional
- 8- Kujiri, T. 2008. Importance and necessity of integrated river basin management. Physics and Chemistry of the Earth, 33:278-283.
- 9- Lawrence, p., Meigh, J.R., and Sullivan, C.A. 2003. The Water Poverty Index: An international comparison. Keel Economic Research Papers 2003/18 and Center for Ecology and Hydrology (CEH), Wallingford.
- 10- Manandhar, S., Pandey, V., and Kazama, F. 2012. Application of water poverty index in Nepales context: A case study of Kali Gandaki River Basin (KGRB). Water Resources Management, 26:89-107.
- 11- Mishra, A.K., and Singh, V.P. 2010, A review of drought concepts. Journal of Hydrology 391:202-216.
- 12- Mostafazadeh, R., Shahabi, M., and Zabihi, M. 2015. Analysis of meteorological drought using Triple Diagram Model in the Kurdistan Province, Iran. Journal of Geographical Planning of Space. 17:1-12. (in Persian)
- 13- Pandey, V.P., Babel, M.S., Shrestha, S., and Kazama, F. 2011. A framework to assess adaptive capacity of the water resources system in Nepalese river basins. Ecological Indicators, 11(2):480-488.
- 14- Qu, F., Kuyvenhoven, A., Shi, X., and Heerink, N. 2010. Sustainable natural resource use in rural china: recent trends and policies. China Economic Review, 22(4):444-460.
- 15- Rajabi-Hashjin, M., and Arab, D.R. 2006. Water poverty index, an effective tools for assessment of world's water resources. 2nd Conference on Water Resources Management, Isfahan Technical University, Isfahan, Iran. (in Persian)

*Abstract***Water Poverty Index and its importance in water resources management**R. Asiabi-Hir¹, R. Mostafazadeh^{*2}, M. Raof³ and A. Esmali-Ouri⁴

Received: 2015/12/06 Accepted: 2016/02/22

It is predicted that the water scarcity will rise in the coming years due to a population growth, increased pollution sources, climate change and occurrence of droughts can ultimately affect the amount of available water resources. A global cooperation and foresight and joint planning of water resources is necessary to resolve the water crisis. In recent years, development and designing new multidimensional and comprehensive indices seems to be the most important issue for assessment of the current condition and predicting the future trend of surface and ground water resources changes. Towards this attempt, the Water Poverty Index (WPI) is recommended as a multi-dimensional indicator to assess the availability of surface water resources. Some applications of the WPI is highlighted at different countries and also its calculation steps is demonstrated through different criteria. According to the results, the WPI is derived based on the weighted combination of five components in different studies. Main WPI components are: resources (availability, seasonal and inter-annual variability and water quality), access (accessibility of water for effective use), capacity (managing water resources based on socio-economic variables), use (level of water use by different sectors), and environment (environmental impact of water management on ecological integrity). According to multidimensional nature of Water Poverty Index along with considering all affecting factors on water scarcity and availability behind social and economic characteristics can be a useful tool in prioritizing critical areas can be considered as an effective step in optimal planning of water resources. Water Poverty Index is a combination of influencing factors on water stress and scarcity, which provide a basis to prioritize and specifying management options for different watersheds. It should be noted that determination and analysis of water scarcity in different areas is depend on the condition of water resources, data availability and the employed sub-criteria in the calculation of water poverty index.

Keywords: *Water Scarcity, Spatial variability, Flow variations, Socio-Economic Capacity*

1. M.Sc student in Watershed Management, Dept. of Watershed Management, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2* Assistant Professor, Dept. of Range and Watershed Management, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, *(Corresponding Author Email: raofmostafazadeh@yahoo.com)

3. Associate Professor, Dept. of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

4. Associate Professor, Dept. of Range and Watershed Management, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran