

ارزیابی پایداری منابع آب ایران و حوزه قره‌قوم توسط شاخص‌های بین‌المللی تا افق ۱۴۰۴

عظیم شیردلی، استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه زنجان
azimshirdeli@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۲/۰۵/۲۴

پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۰۷

چکیده

به طور کلی پتانسیل منابع آبی هر کشور با رشد جمعیت و نیاز به غذا و شرب هر روز با فشار بیشتری مواجه می‌شود و از طرفی کشاورزی که بیشترین مصرف آب را دارد (۸۳٪) و ارتباط آن با خاک، آب و گیاه و اتمسفر و اثر اقلیم است با کاهش ظرفیت منابع آب تجدیدپذیری و افزایش مصرف در کشاورزی هر روز فشار بیشتری را تحمیل و پتانسیل آبی کشور را تهدید می‌کند. به هر حال، پارامترهای پتانسیل منابع آبی، کل جمعیت، میزان آب تقاضا و میزان آب عرضه شده، میزان آب سطحی قابل دسترس و میزان آب مورد استفاده در فصول آبیاری بهار و تابستان، از پارامترهای شاخص‌های ارزیابی وضعیت مدیریت منابع آب محسوب می‌شود. در این مقاله ابتدا به ارزیابی وضعیت مدیریت منابع آب در سطح ملی پرداخته شده و سپس یکی از حوزه‌های آب ریز اصلی، قره‌قوم مورد ارزیابی واقع گردیده است. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد بر طبق شاخص فالکن مارک در ایران، میزان آب قابل دسترس در سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۶۹ به ترتیب ۶۲۰۳ و ۲۰۲۵ مترمکعب و در سال پایه چشم‌انداز ۱۳۸۶ حدود ۱۰۰۰ متر مکعب به ازای نفر در سال و شاخص پایداری ۱/۱۲ است و در افق ۱۴۰۴ این مقدار به ۸۱۶ متر مکعب به ازای هر نفر در سال و شاخص پایداری ۰/۹۹ خواهد رسید و در حوزه قره‌قوم سرانه آب در سال ۱۳۸۶ و افق ۱۴۰۴ به ترتیب ۸۷۸ و ۸۶۱/۷ مترمکعب به ازای هر نفر در سال و شاخص پایداری به ترتیب ۰/۸۴ و ۰/۸۶ می‌باشد. در جامعه‌ی جهانی، شروع تنش آبی ۱۷۰۰ متر مکعب به ازای هر نفر در سال پذیرفته شده است و شاخص پایداری نباید بیش از ۰/۷ حتی در مناطق خشک باشد. از این رو، ایران و حوزه قره‌قوم در وضعیت تنش آبی شدید و ناپایدار قرار گرفته که نیازمند تغییر در نگرش مدیریت و استفاده از سناریوهای ترکیبی مدیریتی در ارتباط با روش‌های مدیریت منابع آب و مصرف در آینده خواهد بود.

واژگان کلیدی: شاخص، مدیریت منابع آب، فقر آبی، مدیریت عرضه آب، مدیریت تقاضا آب.

مقدمه

تأثیر آن را در ده‌ها یا صد کیلومتر آن طرف به خاطر رفتار دینامیک آن مشاهده می‌شود. آلودگی استعمال آب و منابع آب، درون سیستم و بالا دست حوزه را تغییر می‌دهد. اگر معقول فکر شود منابع آب باید به طور معقول و پایدار مصرف شود (Divrak, 2005). سازمان واحد، از حوزه یا زیر حوزه که در بر گیرنده پروژه‌های تولید شده برای هر حوزه است باید سازگاری داشته باشد و واحد هماهنگ کننده‌ی ملی باید سیستم ارزیابی پلان توسعه را تأسیس کند (Burak, 1997). از سال ۱۹۹۲ میلادی وابستگی متقابل محیطی و توسعه در

در دنیا تعدادی سازمان مرتبط به استفاده‌ی پایدار و حفظ آب در کشاورزی وجود دارد. ارزیابی منابع آب و مصرف در کشاورزی کمک به فرموله کردن سیاست‌های آب، هیدروکشت‌های آبی و راندمان مصرف آب و نوآوری مدیریتی، مدرنیزه کردن و اصلاحات نهادی می‌گردد (FAO, 2004). کمی بارندگی و عدم قطعیت وقوع بارندگی در فصل رشد در اغلب نقاط آبیاری نقش حیاتی در افزایش و پایداری تولیدات کشاورزی دارد (Kanber and Unlu 2004). آب ماده حیاتی و کمیاب است مسائل مرتبط با آب پیچیده و جذاب می‌باشد و استفاده بد از آب

های خاص، فرموله شده ایجاد شده، اجرا شده و ساخته شده را توسط موسسات عمومی و پاسخگو فراهم می‌کند.

سیاست‌های عمومی که توسط خانه قانون و نهادهای دموکراتیک و با مشارکت آن‌ها در پروسه‌ی قانون بیرون آمده است چون منشأ آن طبیعت و قانون است شهروندان وادار به انطباق می‌کند (Dye, 2009). برای مقابله با تنش‌های مدیریتی IWRM، مشارکت بر مبنای استراتژی انتخابات در تراز حوزه‌ی رودخانه که در بر گیرنده‌ی تجمیع اطلاعات مفید برای تصمیم‌گیری است، بهترین راه حل می‌باشد.

در جهت کمک به تصویب این مکانیسم ایجاد بانک اطلاعاتی مفید برای تصمیم‌گیری از ویژگی‌های اصلی استفاده از شاخص‌ها (Index) به عنوان عناصر اندازه‌گیری بهره‌وری حالت‌های سیستم است که در حالت مطلوب به سادگی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و قابل دسترس عموم باشد و این شاخص‌ها از وضعیت ایجاد شده اطلاع رسانی کند و همچنین ایده از روند یا پدیده‌ای که بی‌درنگ تشخیص داده نمی‌شود انتقال دهد (Hammond et al., 1995). این فاکتور فرآیند تصمیم‌گیری در سیاست‌های عمومی را به ارمغان می‌آورد و این مفهوم به طور گسترده باز یگران اجتماعی و سهام‌داران را در تصمیم‌گیری استفاده از منابع طبیعی در سطوح جهانی، منطقه‌ای و محلی به مشارکت و می‌دارد (Mota et al., 2008).

ارزیابی سیاست‌های عمومی مدیریت منابع آب بر مبنای توسعه‌ی پایدار می‌باشد. فرض اینست که سیاست‌های عمومی یک چرخه‌ی طبیعی دارای طرح، نظارت، اجرا و ارزیابی برای رسیدن به اهداف سازمانی است. در ادامه به بررسی منابع پرداخته می‌شود.

یکی از شاخص‌هایی که در قرن ۱۹ میلادی مطرح شد شاخص CPI یا شاخص ارزش مصرف کننده بود که بر مبنای ارزش سبد کالای مصرف کننده تعیین می‌شد که به دلیل اثر تغییرات زمانی امروزه استفاده نمی‌شود (Sullivan, 2002).

عموماً در ارزیابی و رده‌بندی کشورها از نظر آبی، کل پتانسیل آب و کل جمعیت در ارزیابی منابع آبی مشارکت دارد بر حسب متر مکعب برای هر نفر در سال می‌باشد

سطح وسیع تشخیص داده شده و راه‌های جامع در مدیریت منابع طبیعی بر اساس جریان‌های اصلی در ارتباط با آب شیرین مطرح شده است که در این راستا راه حل‌های زیر ارائه شده است:

۱- مدیریت جامع (IWRM) ۲- مدیریت جامع حوزه رودخانه ۳- مدیریت جامع سطوح آبرگیر (IRBM) ۴- مدیریت جامع اکوسیستم

مدیریت جامع منابع آب (IWRM) مدل مناسبی برای عدم تخریب اقلیمی و یا توسعه‌ی اقتصادی و اجتماعی است. امروزه، در سطح وسیعی از جهان پذیرفته شده است آب در منابع طبیعی بخشی از اکوسیستم از نظر کیفی و کمی است (Burak et al., 1997). در بیست سال گذشته روش‌های جدید و راه‌هایی برای حل مسائل پیچیده در مدیریت منابع آب توسعه یافته است. یکی از راه حل‌ها، مدیریت جامع بر مبنای مقیاس حوزه است. آب بر طبق مرزهای فیزیکی و هیدرولوژیکی در مقایسه با مرزهای اداری حرکت می‌کند. در نتیجه حوضه یا سطوح آبرگیر رودخانه بهترین مقیاس برای مدیریت جامع می‌باشد (Divrak 2005). و اوندرو و همکاران (2002) ارزیابی مدیریت منابع آب ترکیه را بر مبنای حوزه رودخانه انجام دادند.

ارزیابی سیستم مدیریت منابع سمت و سوی برنامه‌های اجرا شده و سیاست‌های اعمال شده و پایداری سیستم محیط زیست و امید به زندگی و توسعه‌ی اقتصادی و اجتماعی را نشان می‌دهد.

ارزیابی پایداری توسط نماگرها برای برنامه‌ریزی، مدیریت و اهداف آموزشی مفید است آن‌ها باید به راحت قابل کاربرد جامع نگر و عالم شمول باشند.

شاخص‌ها و پارامترها باید قابل دسترس و فهم و با ارزش، آشکار کننده و جامع باشد شاخص‌ها و پارامترهای کمی ترجیح داده می‌شود.

امروزه ارزیابی سیاست‌های عمومی در محیط زیست به ابزاری شناخته شده میدانی موسسات ارزیاب تبدیل شده است (Mickwitz, 2003). سازمان مدل یکی از امکاناتی است که ابزار سازگاری در جهت ارزیابی سیاست‌های عمومی و تصاویر از ارتباط بین نهادهای دولتی و سیاست-

شرب، آبیاری، حیوانات، صنعت، معدن، نیازهای عمومی و تلفات مورد تقاضا است.

HUC = تأمین آب زیرزمینی جریان برگشتی مصرف کنندگان + تأمین آب زیرزمینی - ET + بارش
این شاخص هم عرضه و هم تقاضا را در بر می‌گیرد و صرف نظر از تغییر آب و هوا می‌تواند تداوم خشکسالی مزمن را تأکید کند تغییر اقلیم می‌تواند سبب کاهش یا افزایش بی‌اندازه تنش شود.

شاخص پایداری حوزه که دینامیک است و باید هر ۵ سال اندازه‌گیری شود به صورت شاخص IHP-Help استفاده می‌شود.

شاخص فقر آبی یا WPI که توسط (Sullivan & Meigh, 2001) ارائه شده بیان کننده درجه بی‌نظمی بین رفا و آب قابل دسترس است و نشان می‌دهد که کمبود آب در جمعیت انسان چه تأثیری دارد و به طور کلی نشان دهنده کمبود آب در اثر عوامل فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی می‌باشد و امکان رتبه‌بندی کشورها و جوامع در کشورها را با در نظر گرفتن هر دو عامل فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی در اثر کمبود آب میسر می‌سازد.

شاخص عرضه ی آب (SWSI) این شاخص پیش‌بینی کننده‌ی کل آب سطحی قابل دسترس در داخل حوزه، به آب قابل استفاده در بهار و تابستان است. مقدار SWSI بین $4/1+$ تا $4/1-$ تغییر می‌کند. در حالت $4/1+$ فراوانی آب و در $4/1-$ بی‌نهایت خشک است و صفر حد متوسط در رابطه با تجزیه و تحلیل‌های تاریخی را نشان می‌دهد. این شاخص با ترکیب (pre-run off carry over) ذخیره‌ی مخزن با مقادیر پیش‌بینی در بهار و تابستان بر اساس ذوب برف و دیگر متغیرهای هیدرولوژی محاسبه می‌شود.

(Falken mark and Widstrand, 1992). شروع تنش آبی 1700 متر مکعب برای هر نفر در سال (wa) است. رشد سریع جمعیت، صنعت، استانداردهای زندگی، پتانسیل آبی تجدید پذیر هر نفر در سال را کاهش می‌دهد از این رو هشت تراز آبی قابل دسترس به ازای هر نفر در نظر گرفته می‌شود (جدول ۱).

یکی از شاخص‌ها، شاخص توسعه‌ی انسانی یا HDI است که اندازه‌ای از پیشرفت اجتماعی و اقتصادی سبب کسب درآمد ملی می‌شود و کشورها با آن مقایسه می‌شوند و نشان وضعیت حکومتی کشور در اجرای برنامه است (Svinviri vasan, 1994). از طرفی هیکز (Hick's, 1997) نامعادله HDI را به گونه‌ای ارائه کرد که مولفه‌های آن بر اساس ضریب جینی تصحیح شد.

شاخص دیگر که در خصوص وضعیت مدیریت منابع آبی کاربرد دارد شاخص تنش آبی از نظر تأمین و عرضه‌ی آب است. این شاخص که به صورت Wassi نمایش داده می‌شود اثرات ترکیب پوشش گیاهی، تغییر آب و هوا به عنوان پتانسیل موضعی از دست دادن آب زمینی و افزایش تقاضا برای منابع آب ملی است و برای کاهش خطر ابتلا به کمبود آب مزمن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. شاخص تنش (Wassi) مدل پیش‌بینی راست آزمایی و ذخیره‌ی آب آینده و نقشی که جنگل‌ها و مراتع می‌توانند در کاهش تنش داشته باشند را مورد ارزیابی قرار دهد چون این شاخص بر مبنای نسبت میزان آب تقاضا شده (D) به عرضه شده (HUC) سنجیده می‌شود از این رو لازم است میزان آب مورد تقاضا و عرضه را به صورت زیر تعریف کرد: $D =$ آبی که جهت استفاده در بخش حرارتی، تجارتي،

جدول ۱- معیارهای ارزیابی شاخص Falken mark

ردیف	وضعیت آبی	واحد	wa
۱	تنش آبی مطلق	$m^3/inhab/ year$	$wa < 100$
۲	تنش آبی مزمن	$m^3/inhab/ year$	$100 < wa < 500$
۳	تنش آبی شدید	$m^3/inhab/ year$	$500 < wa < 1000$
۴	تنش آبی نسبی	$m^3/inhab/ year$	$1000 < wa < 1700$
۵	وضعیت عادی یا نرمال منابع آبی	$m^3/inhab/ year$	$1700 < wa < 3400$
۶	وضعیت خوب منابع آبی	$m^3/inhab/ year$	$3400 < wa < 5100$
۷	وضعیت خیلی خوب منابع آبی	$m^3/inhab/ year$	$5100 < wa < 10000$
۸	وضعیت عالی یا ثروتمند منابع آبی	$m^3/inhab/ year$	$wa > 10000$

که در آن A مساحت (m^2)، α مصرف آب خانواده یا نفر، u مقدار آب نفوذ یافته به سفره‌ی زیرزمینی که با کسر تبخیر و تعرق و رواناب از بارندگی به دست می‌آید. از آنجائی که ارزیابی توسط شاخص‌ها و یا نماگر برای برنامه‌ریزی و مدیریتی مفید است تا کنون شاخص‌ها، مدل‌ها، نماگرها و پارامترهای زیادی جهت ارزیابی‌های مدیریت منابع آب، محیط زیست و پایداری سیستم استفاده شده است. در این راستا، شاخص‌های پایداری محیط زیست (ASCE) که توسط (Levy & Esty, 2005) ارائه شده است، شامل ۵ مولفه، ۲۱ نماگر و ۷۶ متغیر بود که به علت تراکم داده‌ها با حوزه سازگاری نداشت. شاخص پایداری ASCE در سال ۱۹۸۸ میلادی ارائه شده تابع اهداف، راندمان، قابلیت بررسی، قابلیت پایداری است ولی برآورد نماگرهای آن مشکل است. شاخص فقر توسط (Sullivan & Meigh, 2001) اطلاعات مربوط به منابع آب جهت ارزیابی آب قابل دسترس و محیط زیست را استفاده می‌کند ولی ارزیابی حوزه را به طور خاص بررسی نمی‌کند. شاخص پایداری دینامیک حوزه را هر ۵ سال اندازه‌گیری و از شاخص‌های IHP- Help را استفاده می‌کند.

مواد و روش‌ها

در این مطالعات از داده‌های اندازه‌گیری شده میدانی توسط سازمان‌های آب منطقه‌ای کشور و وزارت نیرو استفاده شده و همچنین مطالعات جامع آب حوزه‌های آبریز کشور، مطالعات چشم انداز در افق ۱۴۰۴ و مطالعات نظارت و ارزیابی صنعت آب کشور استفاده شده است که به دلیل طبقه‌بندی بودن داده‌ها و اطلاعات و به دلیل این که بیش از ۷۵٪ حوزه‌های آبریز کشور مرزی است و می‌تواند خروج این اطلاعات مشکلاتی را در ارتباط با کشورهای همسایه به وجود آورد و همچنین در حوزه‌ی داخلی سبب نزاع‌های محلی و منطقه‌ای گردد، قابل انتشار نمی‌باشد. از طرفی رشد سریع جمعیت، صنعت و استانداردهای زندگی پتانسیل آبی و سرانه‌ی آب شیرین کشور را کاهش داده و به تراز بحرانی شدید رسانده است و تغییر اقلیم و تأثیرات آن بر روی زندگی مردم و منابع

برای نشان دادن شاخص SWSI، دانشگاه یوتا بارش برف را انتخاب کرده است و با ساده‌ترین نرم افزار قابل محاسبه است و مقیاس آن را بین 1 تا 99 گرفته است. عدد ۱ برای حالت خشک‌ترین وضعیت ممکن و عدد ۹۹ برای شرایط حداکثر مرطوب ممکن است و عدد حدود ۵۰ شرایط متوسط را بیان می‌کند و عدد ۷۵ به معنی میزان آب عرضه شده بیش از ۷۵٪ رویدادهای تاریخی هیدرولوژی است و تنها ۲۵٪ وقایع تاریخی بزرگ‌تر در زمان، بیش از این حد ممکن است $SWSI=10$ به معنی این است که ۹۰٪ وقایع تاریخی بزرگ‌تر از آن است. شاخص پایداری حوضه (WSI) در مقیاس حوزه کاربرد دارد در پایداری حوزه رودخانه‌ها چندین پارامتر اثر گذار است. پارامتر زیست محیطی، زندگی و اقتصادی و اجتماعی به طور مجزا به جای رفتار پویا و یکپارچه با آنها رفتار می‌شود. این بین 0 تا 1 تغییر می‌کند و برای مساحت بیش از 2200 کیلومتر مربع کاربرد دارد. اگر $WSI > 0.8$ باشد پایداری حوزه بالاست و $0.6 < WSI < 0.8$ حد متوسط و برای حد پایین $WSI < 0.6$ است و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$WSI = (H + E + L + P) / 4 \quad (1)$$

که در این جا، H نماد هیدرولوژی، E نماد زیست محیطی، L نماد زندگی و P نماد سیاست است (Chaves, M.L., Henrique 2006). این شاخص تحت شرایط فشار -حالت و پاسخگو (P-S-R) سیستم را بررسی و آخرین اطلاعات قابل دسترس جهت نماگر در ۵ سال گذشته با متوسط دراز مدت مقایسه می‌شود. ماموریو تانی گاجی و همکاران (2006) شاخص تأمین آب نواحی مصرف را جهت ارزیابی تعادل آبی و خود کفایی از دیدگاه زیست محیطی با در نظر گرفتن میزان مصرف و شکل و مساحت قطعات تحت عنوان (WSFP) و بر اساس میزان نفوذ زیرزمینی معرفی کردند که شکل شاخص به فرم زیر است:

$$WSFP = (A/u) * \alpha \quad (2)$$

اجتناب ناپذیر می‌باشد و این عوامل فشارها را بر منابع آب بیشتر و نزاع‌های اجتماعی را موجب می‌شود.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

از شاخص‌هایی که برای ارزیابی حوزه‌ها و در سطوح ملی امروزه استفاده می‌شود می‌توان به شاخص‌های فقر آبی WPI، شاخص تنش آبی Wassi، شاخص پایداری حوزه هنریکو WSI و شاخص یوتا SWSI، شاخص توسعه‌ی انسانی HDI، شاخص پایداری محیط زیست

اشاره داشت، ولی بعضی از شاخص‌ها دارای نماگرهای متعددی هستند که صحت داده‌ها و پیچیدگی محاسبات آن‌ها شفافیت موضوع را کاهش می‌دهد و از طرفی همبستگی شاخص‌ها به دلیل فیزیک مسائل آنها ناچیز و یا در بعضی موارد همبستگی معکوس دارند فقط دو شاخص پایداری و فقر آبی همبستگی آنها ۰/۸۱ است جدول (۲) میزان هم بستگی نماگرها و شاخص‌ها را با هم نشان می‌دهد.

جدول ۲- ماتریس همبستگی شاخص و زیر شاخص فقر آبی با شاخص پایداری و فالکن مارک

پارامتر	منابع	دست‌یابی	ظرفیت	استفاده	محیط زیست	WPI	HDI	Falken Mark
منابع	۱							
دست‌یابی	۰/۰۵	۱						
ظرفیت	-۰/۰۶	۰/۸۲	۱					
استفاده	-۰/۰۱	-۰/۰۶	-۰/۱۱	۱				
محیط زیست	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۲۸	-۰/۲۸	۱			
WPI	۰/۰۳	۰/۸۷	۰/۹۴	-۰/۱۲	۰/۳۱	۱		
HDI	۰/۴۶	۰/۸۵	۰/۷۷	۰/۱۲	۰/۴۶	۰/۸۱	۱	
Falken Mark	۰/۵۸	۰/۱۴	۰/۱۱	-۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۳۵	۱

این نتایج ابران جزء کشورهای فقیر در منطقه از نظر منابع آبی است.

ارزیابی وضعیت منابع آبی در سطح ملی

یکی از شاخص‌های ارزیابی وضعیت منابع کشور شاخص تنش آبی (Falken Mark (wa می‌باشد. این شاخص سرانه آب کشور را در سال معیار قضاوت قرار می‌دهد (جدول ۴).

روندی که شاخص فالکن مارک نشان می‌دهد مصرف و تقاضا در مقابل منابع آبی تجدید پذیر در حال افزایش است و فشار تنش آبی وارده به منابع آبی در افق ۱۴۰۴ شدید است.

شاخص پایداری تأمین آب که از تقسیم آب مصرفی در بخش‌های مختلف بر کل آب تجدید پذیر قابل بهره‌برداری کشور به دست می‌آید. بر طبق توصیه‌های بین‌المللی این شاخص برای کشورها بایستی کمتر از ۶۰ درصد باشد و در کشورهای مناطق خشک و نیمه خشک جهان تا ۷۰٪ نیز قابل قبول است. با این وجود، این شاخص در ایران در

جهت نشان دادن وضعیت مدیریت آبی از شاخص‌هایی که در سطح ملی و بین‌المللی و شاخص‌های که در سطح حوزه قابل استفاده باشد متناسب با داده‌های موجود استفاده می‌گردد. در این راستا مقایسه‌ی شاخص فقر و نماگرهای زیر مجموعه‌ی آن با شاخص فالکن مارک و شاخص توسعه‌ی ایران از شاخص‌هایی است که می‌توان در ارزیابی از آنها استفاده کرد.

ارزیابی وضعیت منابع آبی ایران در سطح بین‌المللی

ابتدا ارزیابی وضعیت منابع آبی ایران با شاخص فقر آبی و نماگرهای زیر مجموعه‌ی آن و با شاخص تنش آبی فالکن مارک و شاخص توسعه‌ی ایران با برخی از کشورهای خاورمیانه و قفقاز و آمریکای شمالی در سال ۲۰۰۰ میلادی انجام شده است که نتایج در جدول (۳) ارائه شده است. شاخص فقر آبی به مفهوم این است که مردم که مردم آب کافی برای نیازهای اولیه خود به خاطر کمبود و یا آلودگی منابع آب و یا از نظر اقتصادی دسترسی به آب سالم ندارند (Sullivan, 2002). براساس

سال ۱۳۸۶ معادل ۱/۱۲ و در سال ۱۴۰۴ معادل ۰/۹۹ (۴) روند مدیریتی منابع آب کشور را در یک دوره مدیریتی ۲۰ ساله نشان می‌دهد. است که به تنهایی وضعیت ناپایدار را نشان می‌دهد.

جدول ۳- مقایسه‌ی شاخص فقر آبی و نماگرهای زیرمجموعه با شاخص تنش آبی فالکن مارک و شاخص توسعه‌ی، ایران با برخی از کشورها در سال ۲۰۰۰ میلادی

کشور	Resource (mm)	Access دست یابی	Capacity ظرفیت	Use استفاده	Environment محیط زیست	WPI	HDI	Falken Mark سال/نفر/هزارمترمکعب
ایران	۶/۸	۱۴/۸	۱۵/۵	۱۳/۵	۹/۸	۶۰/۳	۰/۷۱۴	۲
ترکیه	۷/۸	۱۴/۸	۱۳/۱	۱۰/۷	۱۰/۱	۵۶/۵	۰/۷۳۵	۳
کویت	۰	۱۸/۱	۱۷/۱	۱۰/۳	۸/۱	۵۳/۵	۰/۸۱۸	۰
سوریه	۶/۳	۱۱/۸	۱۴/۹	۱۴	۸/۱	۵۵/۲	۰/۷	۶/۱
فلسطین اشغالی	۰/۸	۱۶/۷	۱۶/۸	۱۰/۹	۸/۶	۵۳/۹	۰/۸۹۳	۰/۱
گرجستان	۱۱	۱۷/۵	۱۳/۱	۷/۶	۱۰/۹	۶۰	۰/۷۴۲	۱۲/۲
ارمنستان	۷/۶	۱۵/۱	۱۴/۲	۷/۱	۹/۸	۵۳/۸	۰/۷۴۵	۲/۸
آمریکا	۱۰/۳	۲۰	۱۶/۸	۷/۸	۱۵/۳	۵۶	۰/۹۳۴	۸/۹
کانادا	۱۵/۵	۲۰	۱۸/۷	۶/۹	۱۶/۵	۷۷/۷	۰/۹۳۶	۸۸/۸

جدول ۴- روند مدیریتی منابع آب کشور را در یک دوره مدیریتی ۲۰ ساله

سال	۱۳۳۵	۱۳۷۹	۱۳۸۶	۱۴۰۰	۱۴۰۴
سرانه آب کشور در سال (m ³)	۷۰۰۰	۲۰۰۰	۱۹۰۰	۱۲۸۶	۸۱۶
شاخص wa	خوب	نرمال	نرمال	تنش نسبی	تنش آبی شدید

دردوره ۲۸ ساله تا افق ۱۴۰۴ را نشان می‌دهد که نشان از روند وضعیت کاملاً ناپایدار به شرط تحقق اهداف به سمت بهبودی است که با اعمال تغییر روند مصرف و بهره‌برداری و تولید و اعمال قوانین و مقررات و اعمال قوانین و مقررات دمکراتیک و آگاهی و افزایش سطح فرهنگ از وقوع فاجعه ملی قابل جلوگیری است.

سهم آب شور کشور که شوری آن بیش از ۵۰۰۰ میکرو زیمنس است ۱/۷۲۸ میلیارد و منابع آب تجدیدپذیر آلوده ۲۹ میلیارد متر مکعب در سال ۸۶ بوده است و در افق ۱۴۰۴ برطبق برآورد به ۴۰ میلیارد مترمکعب در سال خواهد رسید که نشان از وضعیت بحرانی منابع آبی کشور به ویژه آب زیرزمینی از نظر آلاینده‌ی دارد. جدول (۵) روند پایداری منابع آب ایران را

جدول ۵- وضعیت عرضه و تقاضای و استحصال آب ایران در دوره ۲۸ ساله تا افق ۱۴۰۴

شاخص پایداری	حجم کل استحصال	پسابهای برگشتی از کشاورزی و شرب و صنعت	آب زیرزمینی	آب سطحی	بخش صنعت و محیط زیست	بخش شرب	بخش کشاورزی	کل آب‌های سطحی و زیرزمینی تجدیدپذیر قابل بهره‌برداری (سال)	منبع
۱/۲۲	۹۲/۲	-	۵۱	۴۲	۰/۹	۴/۵	۸۶/۸	۷۵	۱۳۷۶
۱/۱۲	۹۳/۱	۲۹	۵۱	۴۲	۱/۱	۶	۸۶	۸۳	۱۳۸۶
۰/۹۹	۱۱۷/۲	۴۰	۵۱	۴۲	۷/۴	۷/۸	۱۰۲	۱۱۸/۳	۱۴۰۴

ارزیابی در سطح حوزه اصلی قره قوم

میزان مصرف آب سطحی و زیرزمینی در این حوزه ۲۹۷۵ میلیون متر مکعب است که ۴۷۸ میلیون از آب‌های سطحی و ۲۴۹۷ میلیون از سفره‌ی زیرزمینی استحصال و مصرف می‌شود. حجم آب ورودی به حوزه ۱۰۹۴۲ میلیون

حوزه‌ی قره‌قوم یکی از حوزه‌های اصلی کشور است. میزان رواناب ورودی به دشت ۱۰۶۴ میلیون متر مکعب و تغذیه‌ی آبخوان ۲۴۶۵ میلیون متر مکعب است. از طرفی

ملی و حوزه قابل کاربرد است، ولی بعضی از شاخص‌ها دارای نماگرهای متعددی هستند که صحت داده‌ها و پیچیدگی محاسبات آن‌ها شفافیت موضوع را کاهش می‌دهد، و بعضی از شاخص‌ها به دلیل کمبود داده قابل استفاده نیست. تجزیه و تحلیل داده نشان می‌دهد برطبق فالکن مارک در ایران میزان آب قابل دسترس میزان آب قابل دسترس در سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۶۹ به ترتیب ۶۲۰۳ و ۲۰۲۵ مترمکعب و در سال پایه چشم انداز ۱۳۸۶ حدود ۱۰۰۰ متر مکعب به ازای نفر در سال و شاخص پایداری ۱/۱۲ است و در افق ۱۴۰۴ این مقدار به ۸۱۶ متر مکعب به ازای هر نفر در سال و شاخص پایداری ۰/۹۹ خواهد رسید و در حوزه قره‌قوم سرانه آب ۸۷۸ و ۸۶۱/۷ مترمکعب به ازای هر نفر در سال و در افق ۱۴۰۴ و شاخص پایداری ۰/۸۴ و ۰/۸۶ در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۴۰۴ به ترتیب می‌باشد. در جامعه‌ی جهانی شروع تنش آبی ۱۷۰۰ متر مکعب به ازای هر نفر در سال پذیرفته شده است و شاخص پایداری نباید بیش از ۰/۷ حتی در مناطق خشک باشد. از این رو، ایران در وضعیت تنش آبی شدید و ناپایدار قرار گرفته که نیازمند تغییر در نگرش مدیریت و استفاده از سناریوهای ترکیبی مدیریتی در ارتباط با روش‌های مدیریت منابع آب و مصرف در آینده خواهد بود.

کاربرد شاخص‌های پایداری و فالکن مارک در سطح ملی و حوزه‌ای نشان از وخامت منابع آبی کشور دارد. ولی آن چه که در مطالعات اخیر نیاز به شفافیت دارد ارزیابی وضعیت منابع آب از حوزه تا سطح ملی و آگاهی مردم از روند مدیریت عرضه و تقاضا و مصرف است که می‌تواند به سیستم مدیریتی فشار وارد کند تا در جهت اصلاح قوانین و شیوه‌های مدیریتی خود تجدید نظر نمایند.

و حجم آب خروجی از حوزه ۳۷۷/۵ میلیون که از این حجم خروجی آب زیرزمینی ۷۳/۵ و خروجی آب سطحی ۳۰۴ میلیون می‌باشد.

جمعیت شهر قره‌قوم ۲۸۱۷۳۵۹ نفر و نرخ متوسط رشد جمعیت ۲/۶٪ است.

جمعیت روستائی قره قوم ۸۸۵۹۵۷ نفر و نرخ رشد ۲/۱٪ می‌باشد.

جمعیت کل روستائی و شهر حوزه‌ی قره قوم ۴۰۱۹۰۰۰ نفر گزارش شده است.

حجم کل آب حوزه‌ی قره قوم ۱۴۰۹۳۳/۵ میلیون متر مکعب است. چون آب‌های ورودی به حوزه غیر قابل اطمینان است در محاسبات شاخص آبی به منابع حجم منابع داخلی آب بسنده می‌شود از این رو حجم کل تولید آب تجدیدپذیر حوزه ۳۵۲۹ میلیون متر مکعب خواهد بود. بر اساس شاخص فالکن مارک سرانه‌ی آب هر نفر ۸۷۸ متر مکعب در سال است، یعنی از نظر این شاخص دارای تنش شدید آبی است و از نظر پایداری شاخص آن ۰/۸۴ است که نشان از وضعیت ناپایدار حوزه دارد و در افق ۱۴۰۴ در این حوزه بر طبق شاخص فالکن مارک سرانه‌ی میزان آب ۸۶۱/۷ متر مکعب به ازای هر نفر در سال است که بیان‌گر بدتر شدن وضعیت آبی و شاخص پایداری ۰/۸۶ خواهد بود که در وضعیت هشدار دهنده می‌باشد.

جمع بندی

شاخص‌های متعددی جهت ارزیابی می‌توان معرفی کرد که از آن جمله به شاخص فقر آبی WPI، شاخص تنش آبی Wassi، شاخص پایداری حوزه هنریکو WSI و شاخص یوتا SWSI، شاخص توسعه‌ی انسانی، شاخص پایداری محیط زیست می‌توان اشاره داشت که در سطح

References

- [1] Barak, s., Duranyildiz, I., yetis, U., (1997). Management of Water Resources national Environment Action plan, Ankara.
 [2] Chaves Henrique & Suzana Alipaz (2005). Issues & Responses in Hydrology, Environment, Life, and Policy in the São Francisco Verdadeiro River Basin (Brazil)), Brazilian National Water Agency-ANA, presented at the 6th European Water

- Resources Association Conference (ERWA-2005), in Menton, France
 [3] Chaves, Henrique ML & Suzana Alipaz, (2006), Integrating Basin Hydrology, Environment, Life & Policy: the watershed sustainability Index, School of Technology, University of Brasilia, Brasilia
 [4] Divark, B. B., (2005). The New Approach on Management of Water Resource: Integrated

- River Basin Management. International Simphozyum: Water for Developing in the world, 7-11 September 2005, Istanbul-Turkiye. P: 247-256
- [5] Environmental Stewardship. New Haven, CT, 40 p.
- [6] Esty, D. & M. Levy (2005). Environmental Sustainability Index: Benchmarking National.
- [7] Falken Mark, M. and C. Widstrand (1992), Population and water Resources: A delicate Balance, Population Bulletin, Washington Population Reference Bureau
- [8] FAO, (2004). In available online, www.fao.org/landandwater/aglw/index.stm
- [9] Hamdy, A., (2002), Saline Irrigation Management for Sustainable Use. In Advances in soil salinity and drainage management to save water and protect the environment. Oct. 15-27, 2002.
- [10] Iranian innovative management (2008), Report No. 3, vision and valuables of power ministry in water, power ministry.
- [11] Juwana, I. , B. J. C. Perera and N. Muttill, (2009), Conceptual framework for the development of West Java water sustainability index, 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009, In available online:
- [12] Kanber, R., And Unlu, M., (2004), Field Irrigation in Turkey. Proseeding of RIHN. Japan.
- [13] Liburne, L, Watt, J. and Vincent, K. (1998), Prototype Dss to evaluate Irrigation management plans, Computers and Electronics in Agriculture 21, 195-205.
- [14] Mamoru Taniguchi, Takehito Ujihara , Hiroaki Furumai and Yoshiro Ono ,(2006), Development of Water Supply Foot Point Index to access the water balance for local- use planning, Japan Science and Technology Agency (CREST: Risk-based management of self-regulated urban water recycle and reuse system. Representative: Hiroaki Furumai, University of Tokyo)
- [15] Ministry of Agriculture- Algeria, Algeria. P: 253-304 <http://mssanz.org.au/modsim09>
- [16] Onder,S., Gumus, Z., Onder, D.,(2002), Evaluation of Turkey Water Resources on Peter Lawrence, Jeremy Meigh and Caroline
- [17] Sullivan (2002), The Water Poverty Index: an International Comparison, Department of Economics Keele University, Keele, Staffordshire, st5 5bg, uk, available for downloading from the Keele Economics website, via www.keele.ac.uk/depts/ec/kerp
- [18] Resegrant, M. W., Ringler, C., Mckinney, D. C., Cai, X, Keller, A. and Donoso, C. (2000), Integrated Economic - Hydrologic water Modeling at the basin scale: The Maipo River Basin Agricultural Economics 24, 33-40
- [19] Shirdeli, A., Daemi, A.R. & Fahmi, H. (2011). Evaluation of majoral politics in water management, Vol. 16, majme tashkhis maslahate nezam. (in Farsi).
- [20] Srinivasan, TN (1994), Human Development: A New Paradigm or Reinvention of the wheel? American Economic Review, 84,2: 238-243
- [21] the Basis of River, Conservation of Water, Soil Resources symposium. 18-20 September, 2002. Antakya.
- [22] Toos-Ab Engineering group (2013). Integrative plan for water resources of country with continuous management approach in Ghareghom watershed, power ministry.
- [23] UNDP (2001), Human Development Report 2001, New York: Oxford University Press.
- [24] United States Department of Agricultural Resources Conservation Service, (2009), Surface Water Supply Index (SWSI) Values,NRCS Agricultural Resources Conservation Service, In available online: <http://www.mt.nrcs.usda.gov>
- [25] World Bank, (2001), World Development Indicators, New York, Oxford University Press.
- [26] World Economic Forum, Yale center for Environment Low and Policy, and center for International earth Science Information Network and Columbia University, (2001), Environmental Sustainability Index, In available online: <http://www.ciesin.columbia.edu/indicators/ESI>.

Evaluation of the water resources sustainability in Iran and Ghareghom watershed by international indices in 1404 vision

A. Shirdeli, Department of Water Engineering, Zanjan University.
azimshirdeli@yahoo.com

Received: 14 Aug 2013

Accepted: 27 Apr 2014

Abstract

Generally, the water resources potential of each country is faced with greater pressure because of population growth and the need for food and water. Also the largest consumer of water is agriculture section with the water use of 83%. The relation of this part with soil, water and plant beside the climate change effects and decreasing the renewable water resources has threaten the country's water potential. However total population, water demand and water supply, the amount of available surface water and water used for irrigation during spring and summer are important parameters for water resource management evaluation index. In this research at first the water management status in the national level is studied then one of the main Ghareghom watersheds has been evaluated. The results showed that according to Falken Mark index in Iran, the available water during 1334, 1369 respectively were about 6203 and 2025 m³ per capita and in the base year of 1386 vision was about 1000 m³ per capita and the stability index reached to 1.12. In 1404 vision this amount will be 816 m³ per capita and the stability index will reach to 0.99. In Ghareghom also water per capita in 1386 and 1404 vision will be 878 and 861.7 m³ and the stability index will be 0.84 and 0.86 respectively. In global community vision, beginning of water stress is 1700 m³ per capita and the stability index must not increase more than 0.7 even in arid regions. Hence Iran and Ghareghom watershed are located in severe water stressed and unstable situation which is needed to have change in current management view and is forced to use combined management scenarios related to water resources and future water consumption.

Keywords: Index, Water resources management, Water stress, water demand and supply.