Archive of SID

مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد ۳ شماره ۱ صفحه‌های ۲۷ تا ۴۲ (۱۳۹۷)

بررسی اثرهای انتقال آب بین حوضه‌ای بر منابع آب ایران[1]

محمدرضا رحیمی‌زاده[2] و امید بزرگ‌حداد[3]

چکیده

امروزه بحران فزاینده در تأمین آب به‌ویژه در مناطق خشک به یک معضل جدی بدل شده است. یکی از راه‌های معمول برای مقابله با مشکل های تأمین آب در مناطق پرجمعیت، انتقال آب بین حوضه‌ای است. انتقال آب از منطقه‌ای به منطقه دیگر می‌تواند موجب برطرف شدن مشکل تأمین آب، افزایش رشد اقتصادی و بهبود رفاه اجتماعی در حوضه مقصد شود. با وجود این، اثرهای اقتصادی-اجتماعی، زیست‌محیطی و زیست‌بومی در حوضه مبدأ نیز باید درنظر گرفته شود. در این پژوهش، سعی شده با یک نگاه کمی حوضه‌ای و استانی، پتانسیل طرح‌های انتقال آب ایران بررسی شود. پس از یک مرور کلی بر طرح‌های در حال بهره برداری یا ساخت، تغییرهای ذخیره‌های آبی به تفکیک حوضه و استان به کمک داده‌های ماهواره‌ای محاسبه شدند. بررسی وضعیت کمبود آب در استان‌های ایران نشان داد که استان‌های غربی ایران درآینده دچار تخلیه ذخیره های آبی خواهند شد. سپس زمان تقریبی شروع به استفاده از منابع اضافه بر میزان بارش در هر استان مشخص گردید. در نهایت مقایسه‌ای بین وجود و نبود طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای در کشور به منظور درک ابعاد تأثیر طرح‌های انتقال آب بر روی ذخیره‌های آبی انجام گرفت. نتایج نشان داد که طرح‌های انتقال آب، مشکل های تأمین آب را از استان‌های مرکزی و شرقی به سمت استان‌های غربی و شمالی تشدید می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: استان، استفاده پایدار، انتقال آب بین حوضه‌ای، حوضه، ماهواره گریس[4].

مقدمه

افزایش تقاضا برای آب در برخی از منطقه‌ها، گاه موجب توجیه انتقال آب از یک حوضه دوردست به حوضه‌ای دیگر می‌گردد. مصرف آب در شهرهای پرجمعیت، شهرک‌های صنعتی عظیم و کشاورزی یک ارزش اقتصادی تولید می‌کند که هزینه تجهیزات و سازه‌های گرانقیمت انتقال آب مانند کانال‌های انتقال، خطوط لوله، ایستگاه‌های پمپاژ و سدها را توجیه می‌کنند. در این شرایط، آب یک منطقه که تقاضای زیادی برای آن وجود ندارد برای استفاده به حوضه دیگر انتقال داده می‌شود. مثال بارز این موضوع شهرهای غربی پرجمعیت ایالات متحده آمریکا است که آب را از کشاورزان محلی شمال کالیفرنیا خریداری کرده تا بتوانند نیازهای در حال گسترش خود را در جنوب کالیفرنیا تأمین کنند. این موضوع موجب شده تا زمین‌های آبی شمال کالیفرنیا به مرور خشک و استفاده‌ناپذیر شوند (۴).

همواره شهروندان ساکن در حوضه مبدأ، در مقابل چنین طرح‌هایی مقاومت می‌کنند. زیرا تاثیرهای اقتصادی و زیست‌محیطی طرح‌های انتقال آب در حوضه مبدأ اجتناب‌ناپذیر است. در ایالات متحده، اقدام‌های قانونی متعددی به منظور کاهش تأثیر وارده بر این مناطق، بدون آن‌که طرح‌های انتقال متوقف شوند صورت گرفته است. این اقدام‌ها سعی در کاهش اثرهای ممکن در حوضه مبدأ دارند.

۱- تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۲۶

۲- نویسنده‌ی مسئول، پست الکترونیک: rahimizadeh@ut.ac.ir

۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد دانشگاه تهران.

4. Gravity recovery and climate experiment (GRACE)

www.SID.ir

Archive of SID

اگرچه این اقدام‌ها از نظر تأثیر در جهت حل مشکل در هر ایالت متفاوت هستند، هیچ ایالتی به خوبی نتوانسته است رویکردی جامع‌نگرانه برای این مشکل‌ها ارائه دهد.

دستیابی به یک تعادل برای تأمین تقاضاهای حوضه‌های مبدأ و مقصد کاری دشوار است. به طور معمول، نفوذ و قدرت سیاسی حوضه مقصد بیشتر است، زیرا حوضه مبدأ به طور معمول روند رشد اقتصادی کندتری دارد. از این‌رو، حوضه مبدأ به طور معمول قدرت سیاسی لازم را برای جلوگیری یا تغییر برنامه‌های طرح‌های انتقال آب ندارد (۱۳). بنابراین، ضرورت یافتن راه حلی برای ایجاد تعادل در تأمین تقاضاهای حوضه‌های مبدأ و مقصد ضروری به نظر می‌رسد.

بررسی اثرها و پیامدهای طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای همواره مورد توجه پژوهشگران بوده است و پژوهشی‌های بسیاری پیرامون آن صورت پذیرفته است. این مطالعه‌ها به طور کلی به بررسی اثرهای زیست‌محیطی و اقتصادی-اجتماعی طرح‌های انتقال آب پرداخته‌اند. بهاتارای[1] و همکاران (۲۰۰۵) ضمن ارزیابی اثرهای اقتصادی و هیدرولوژیکی طرح انتقال آب ملامکی[2] در کشور نپال، پذیرفته‌اند که صنایع ثانویه (مانند کارخانه‌های تولید ماشین‌های کشاورزی) از این طرح انتقال آب زیان دیده‌اند، درحالی‌که تنها به کشاورزان محلی حوضه مبدأ غرامت پرداخت شده است (۳). کاراموز[3] و همکاران (۲۰۰۹) یک مدل بهینه‌سازی با تابع هدف بیشینه کردن سود حاصل از طرح‌های انتقال آب کارون با درنظر گرفتن اثرهای زیست‌محیطی آن طرح ارائه کردند (۹). کاراکایا[4] و همکاران (۲۰۱۴) اثرهای اقتصادی- اجتماعی طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای را در کشور ترکیه بررسی کردند (۸). ژوانگ[5] (۲۰۱۶) نیز به مرور اثرهای منفی و مثبت در حوضه‌های مبدأ و مقصد طرح انتقال آب بین حوضه‌ای جنوب به شمال چین و ارائه راه حل‌های جایگزین انتقال بین حوضه‌ای پرداخت (۲۱).

یکی از مهمترین نگرانی‌ها در طرح‌های انتقال آب، که کمتر به آن پرداخته شده است، اثر آن بر منابع آب و استفاده پایدار از منابع حوضه مبدأ است. همچنین به دلیل تداخل منافع اقتصادی و اجتماعی بین استان‌ها، افزون بر مطالعه اثرهای طرح‌های انتقال آب بر حوضه‌ها، باید به مرزهای سیاسی استان‌ها نیز توجه کرد. از این‌رو در این مطالعه ضمن تحلیل کمی اثرهای طرح‌های انتقال آب بر ذخیره‌های آبی حوضه‌ها و استان‌های ایران، به بررسی استان‌ها در استفاده پایدار از منابع آبی پرداخته و راهکاری نیز به منظور ایجاد تعادل آبی بین استان‌ها ارائه گردید. هدف از این پژوهش، بررسی پیامدهای مثبت و منفی طرح‌های انتقال آب ایران و نیز تحلیل ارتباط بین ذخیره‌های آبی حوضه‌ها و استان‌های ایران با طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای است.

مروری بر طرح‌های انتقال آب در ایران

در ایران طرح‌های انتقال آب از قدیم مورد توجه بهره‌برداران از آب بوده است. نخستین بار در دوران حکومت شاه عباس صفوی و در سال ۹۹۸ هجری شمسی، بحث انتقال آب کارون به زاینده رود مطرح شد و او جهانگیرخان بهرامسری را مأمور بررسی این موضوع کرد. هرچند که طرح اندکی جلو رفت و گردنه کوهرنگ به چلگرد نیز شکافته شد، با مرگ شاه عباس این طرح ناتمام باقی ماند. در نهایت این طرح در سال ۱۳۳۲ هجری شمسی با نام طرح کوهرنگ ۱ به بهره‌برداری رسید.

هرسال طرح‌های انتقال آب زیادی با پشتوانه قدرت و نفوذ سیاسی از سوی نمایندگان استان‌های خشک و نیمه خشک به دولت ارائه می‌شود. این طرح‌ها به طور کلی در شرایطی بیان می‌شوند که در صورت مصرف صحیح از آب در دسترس در استان‌های مقصد نیاز به انتقال آب کاهش می‌یابد. گرچه راه حل انتقال آب، می‌تواند روشی برای کاهش اثرهای کمبود آب در استان‌های مقصد باشد، اما به طور معمول جامع‌نگری در اجرای این گونه طرح‌ها مورد غفلت قرار می‌گیرد. در این بخش به بررسی و بحث پیرامون طرح‌های انتقال آب در ایران پرداخته می‌شود. جدول ۱ مهمترین طرح‌های انتقال آب در ایران را نشان می‌دهد. تعدادی از این طرح‌ها در حال بهره‌برداری بوده و سایر طرح‌ها نیز در حال مطالعه یا ساخت هستند.

1. Bhattarai 2. Melamchi 3. Karamouz 4. Karakaya 5. Zhuang

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مهمترین طرح‌های انتقال آب در ایران (۲).

طرح	حوضه/منطقه مبدأ	حوضه/منطقه مقصد	طول انتقال (کیلومتر)	ظرفیت انتقال (میلیون متر مکعب در سال)	مصرف†	سال بهره‌برداری
بهشت آباد	چهارمحال و بختیاری	اصفهان، یزد، کرمان	۶۵	۸۰۰	ش – ک	در حال ساخت
تبریز	میاندوآب	تبریز	۲۳	۲۰۰	ش	۱۳۷۸
چالوس	گیلان	مازندران	۱۱۱	۲۸۰	ک	---
چشمه لنگان	دز	زاینده رود	۱۵	۲۰۰	ش – ص – ک	۱۳۸۴
زاهدان	هیرمند	زاهدان	۱۰	۴۵۰	ش	---
سولقان	کارون	رفسنجان	۴۳۸	۲۰۰	ک	---
طالقان	سفید رود	تهران و قزوین	۱۸۰	۱۵۰	ش – ک	---
قمرود	دز	قمرود	۲۳۰	۳۴۰	ش	۱۳۹۰
کاشان	زاینده رود	کاشان	۱۹۵	۴۲	ش	---
کوهرنگ ۱	کارون	زاینده رود	۲/۸	۳۰۰	ش – ص – ک	۱۳۳۲
کوهرنگ ۲	کارون	زاینده رود	۲/۸	۱۶۰	ش – ص – ک	۱۳۶۴
کوهرنگ ۳	کارون	زاینده رود	۲۳/۴	۲۶۰	ش – ص – ک	در دست ساخت
لار	هراز	تهران	۲۰۰	۳۰	ش	۱۳۶۳
مازندران	مازندران	گلستان	۴۵۰	۹۵۰	ک	---
محرم	کارون	شهرهای جنوبی	۷۴۴	۱۸۲	ش	---
هلیل رود	هلیل رود	کرمان	۹۵	۷۵	ش	در دست ساخت
یزد	زاینده رود	یزد	۳۳۵	۹۰	ش	۱۳۷۸

† ش: شرب، ک: کشاورزی، ص: صنعت

اثرهای طرح‌های انتقال آب و ارزیابی آن‌ها

به طور طبیعی، انحراف آب از حوضه مبدأ و انتقال آن به حوضه مقصد می‌تواند اثرهای منفی اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی برجای گذارد. هنگامی که آب از منطقه‌ای خارج می‌گردد، فعالیت‌های جدید اقتصادی و تولیدی که نیازمند آب هستند کاهش می‌یابد و فعالیت‌های قبلی نیز تهدید خواهند شد. در این صورت روند رشد اقتصادی منطقه کند خواهد شد. افزون بر این، به طور حتم برای ساکنان منطقه مبدأ این موضوع سنگین خواهد بود که آب در دسترس آن‌ها که می‌تواند برای آبادانی و رونق اقتصاد منطقه آن‌ها به کار رود، برای رشد اقتصادی منطقه دیگر به کار گرفته شود.

گرچه در طرح‌های انتقال آب، فروشنده حقابه (برای مثال، کشاورزان) به میزان مطلوبی از جبران خسارت‌های وارده برخوردار می‌شوند، اما سایر صنایع وابسته به کشاورزی مانند تأمین کنندگان ماشین‌ها و تجهیزات کشاورزی آسیب خواهند دید. در نتیجه درآمد حاصل از مالیات در آن منطقه کاسته شده و تأمین هزینه‌های جاری برای فراهم کردن خدمات شهری و روستایی به شهروندان دچار مشکل خواهد شد (۴).

مسئله اساسی پیرامون انتقال آب از حوضه‌های آبریز، دشواری‌های زیست‌محیطی حاصل از این انتقال است. هنگام انحراف آب از یک آبراهه، جریان اصلی آن کاهش یافته و به دلیل کاهش جریان آب، زندگی آبزیان دچار اختلال می‌شود. همچنین به دلیل تأمین نشدن نیاز زیست‌محیطی تالاب‌ها، این منابع ارزشمند نیز از بین رفته و موجب بروز پدیده‌هایی مانند ریزگردها خواهد شد. به دنبال آن، پدیده ریزگردها می‌تواند در اثر خشک شدن زمین‌های کشاورزی که پیش از انتقال آب زیر کشت بودند، تشدید شود. سپس به دلیل نبود پوشش گیاهی، خاک حاصلخیز دچار فرسایش شده و قابلیت کشاورزی منطقه از بین می‌رود.

www.SID.ir

Archive of SID

افزون بر این، مشکل‌های زیست‌محیطی خود می‌توانند روی اقتصاد منطقه نیز مؤثر باشند. برای مثال، تأثیر خشک شدن رودخانه‌ها بر گردشگری منطقه موجب کاهش درآمد اقتصادی می‌گردد. از این رو، دگربار درآمد سایر صنایع و خدمات وابسته مانند خدمات اسکان و غیره رو به کاهش خواهد گذاشت.

مثال بارز اثرهای منفی انتقال آب بین حوضه‌ای را می‌توان در رودخانه کلرادو جستجو کرد. به تقریب تمام آب این رودخانه به سایر حوضه‌های خشک و در حال توسعه آمریکا منتقل می‌شود. در نتیجه این انتقال‌ها، مشکل‌های فراوانی در حوضه آبریز رودخانه کلرادو رخ داده است. به تقریب تمامی گونه‌های آبزیان بومی آن رودخانه منقرض شده یا در خطر انقراض قرار گرفته‌اند. به دلیل کاهش شدید جریان، نمک‌ها تجمع یافته و شور شدن آب رودخانه موجب از بین رفتن گیاهان شده است. همچنین دلتای این رودخانه به تقریب تمامی گونه‌های طبیعی پرندگان و آبزیان خود را از دست داده و تالاب‌های آن نیز در خطر خشک شدن قرار گرفته است. این موارد تنها بخشی از اثرهای زیست‌محیطی محتمل انتقال آب از حوضه‌ای به حوضه دیگر است. بسیاری از اثرهای زیست‌محیطی نیز در طولانی مدت نمایان می‌شوند، هنگامی که دیگر جلوگیری از چنین مشکل هایی ناممکن است (۴). بنابراین معیارهای اصلی که در هر طرح انتقال آب باید درنظر گرفته شود به شرح زیر هستند:

اثرهای اقتصادی- اجتماعی- حوضه مقصد باید با مشکل های جدی فعلی یا آتی در تأمین آب روبه‌رو باشد که به وسیله راه‌حل‌های جایگزین یا اقدام‌های منطقی دیگر حل نشود. همچنین توسعه اقتصادی و اجتماعی حوضه مبدأ نیز نباید به شکل جدی زیر تأثیر کاهش آب قرار گیرد. سود حاصل از طرح‌های انتقال آب باید به طور مساوی بین حوضه مبدأ و مقصد تقسیم شود.

اثرهای زیست‌محیطی- اثرهای زیست‌محیطی[1] به صورت جامع باید در منطقه ارزیابی شود تا بتوان با اطمینان نشان داد که طرح انتقال آب پیشنهاد شده پایدار است و موجب تنزل کیفیت زیست‌محیطی منطقه نمی‌شود.

اثرهای زیست‌بومی- اثرهای محتمل زیست‌بومی که ممکن است موجب انقراض موجودهای یک زیست‌بوم مانند دریاچه شوند باید بررسی و کنترل شوند.

ارزیابی اثرهای اقتصادی-اجتماعی[2]

به طور کلی بررسی‌های مربوط به اثرهای اقتصادی طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای به ۴ دسته اصلی تقسیم می‌شوند. دسته نخست، بررسی هایی هستند که سود خالص طرح‌های انتقال آب را در حوضه مقصد ارزیابی می‌کنند. دسته دوم، اثرهای اقتصادی غیرمستقیم تغییر در مقدار استفاده از آب در حوضه مقصد را نیز در نظر می‌گیرند. دسته سوم، منافع خالص خارجی را در حوضه مبدأ می‌سنجند و در نهایت دسته چهارم، بررسی‌ها بیانگر منافع مستقیم و غیرمستقیم طرح‌های انتقال آب در حوضه مبدأ و مقصد هستند (۱۲).

از آب انتقال یافته در طرح‌های انتقال بین حوضه‌ای به دو صورت استفاده می‌شود: در مسیر جریان[3] و خارج از مسیر جریان[4]. از آب در مسیر جریان به منظور تولید انرژی برقابی، پرورش ماهی، مقاصد تفریحی و غیره استفاده می‌شود. آب خارج از مسیر جریان نیز به منظور تأمین آب آشامیدنی، صنعت، کشاورزی و غیره استفاده می‌شود.

مدل‌سازی‌های اقتصادی بسیاری به منظور ارزیابی اثرهای اجتماعی- اقتصادی طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای به کار رفته‌اند. از جمله آن‌ها می‌توان به مدل‌های مبتنی بر ورودی- خروجی[5]، ماتریس حسابداری اجتماعی[6] و تعادل عمومی محاسبه‌پذیر[7] اشاره کرد. این مدل‌ها متکی بر داده‌های اقتصاد کلان کشورها هستند و برای مصرف های خارج از مسیر جریان به کار می‌روند (۱۲). از میان این مدل‌ها، به تشریح مدل ماتریس حسابداری اجتماعی به دلیل مناسب‌تر بودن آن جهت تحلیل اثرهای اجتماعی- اقتصادی طرح‌های انتقال آب پرداخته می‌شود.

هدف استفاده از ماتریس حسابداری اجتماعی، بیان ارتباط‌های متقابل بین بخش آب و سایر بخش‌ها است. برای تشکیل این ماتریس، حساب‌های کالا، فعالیت، عامل‌ها ، هزینه معاملاتی، نهادها، مالیات و سرمایه در سطر و ستون اول ماتریس که به ترتیب بیانگر

1. Environmental impact issessment (EIA) 2. Socio-economic 3. Instream 4. Offstream
5. Input output (I-O) 6. Social accounting matrix (SAM) 7. Computable general equilibrium (CGE)

www.SID.ir

Archive of SID

پرداخت‌ها و دریافت‌ها است، وارد می‌گردد. سپس دریافت‌ها و پرداخت‌ها در قالب سرمایه‌گذاری، مالیات بردرآمد، ارزش افزوده و غیره وارد ماتریس شده و ماتریس نهایی تشکیل می‌گردد. درنتیجه به کمک آن می‌توان ارزیابی اثرهای اقتصادی-اجتماعی را بر بخش‌های مختلف انجام داد.

مدل‌های برپایه ماتریس حسابداری اجتماعی در تحلیل مسائل اجتماعی-اقتصادی کارآمد و قوی هستند، زیرا بخش تقاضا را با ساختار حساب‌های درون‌زا[1] ترکیب کرده و نشان می‌دهند که چگونه در اقتصاد، درآمد به‌دست آمده و توزیع می‌گردد. بنابراین مدل‌های برپایه ماتریس حسابداری اجتماعی شامل ارتباط بین تولید، توزیع و مصرف درآمد هستند. همچنین این مدل‌ها توانایی تحلیل مسائل اجتماعی مانند پیامدهای رفاهی تغییر در میزان درآمد و مخارج را دارا هستند، زیرا مبدأ و نحوه توزیع درآمدها و مخارج را درنظر می‌گیرند. در طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای، همواره درآمدها و مخارج حوضه‌های مبدأ و مقصد تغییر می‌کند. از این‌رو، این مدل‌ها مناسبترین مدل برای طرح‌های انتقال آب در نظر گرفته می‌شوند (۱۲).

ارزیابی اثرهای زیست‌محیطی

ارزیابی زیست‌محیطی[2] فرآیند تحلیل، تشخیص، پیش‌بینی و سنجش اثرهای محتمل زیستی، اجتماعی و بهداشتی اجزای یک طرح انتقال آب است. هریک از اجزای یک طرح انتقال آب شامل سدها، شبکه‌های آبیاری و زهکشی و تأسیسات برقابی باید بررسی شوند.

احداث سدهای بزرگ موجب تغییرهای بازگشت‌ناپذیر زیست‌محیطی در مقیاس‌های جغرافیایی وسیع می‌گردد. تاثیرهای یک سد از محل احداث آن شروع شده و تا فاصله طولانی از پایین‌دست آن ادامه دارد. در واقع مهمترین تأثیر سدهای بزرگ تغییر در رژیم جریان پایین‌دست است. این موضوع موجب تأثیر مستقیم بر خاک، رویش گیاهان، حیات وحش، ماهی‌گیری و انسان‌های پایین‌دست می‌شود (۴).

احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی به طور معمول جزء هدف های یک طرح انتقال آب است. با وجود این بیشتر طرح‌های آبیاری و زهکشی روی منطقه تأثیرهای منفی احتمالی خواهند گذاشت. این تغییرهای شامل غرقاب شدن و شوری زمین‌ها، فرسایش، آلودگی در اثر کودهای شیمیایی و کاهش کیفیت آب است.

تأسیسات برقابی به طور معمول منافع بسیاری برای صنایع وابسته و نیز شهرهای مجاور دربر دارد. اثرهای زیست‌محیطی منفی آن به طور کلی در طول ساخت این تاسیسات به وجود می‌آید. این تأثیرها عبارتند از آلودگی آب و هوا در فرآیند ساخت، فرسایش خاک و نابود شدن زندگی گیاهی.

ارزیابی اثرهای زیست‌بومی

ارزیابی اثرهای زیست‌بومی فرآیند تشخیص، کمی‌سازی و ارزیابی اثرهای محتمل طرح‌های توسعه یا سایر اقدام‌های پیشنهادی روی زیستگاه‌ها، گونه‌ها و زیست‌بوم‌ها است. این فرآیند می‌تواند برای ارزیابی طرح‌ها در هر مقیاسی به کار رود. در ادامه به بررسی یکی از روش‌های رایج ارزیابی زیست‌بومی پرداخته خواهد شد.

یورگنسون[3] (۱۹۹۵) روشی را به منظور ارزیابی سلامت زیست‌بوم بر پایه نمایه‌های اکسرجی (ایی-اکس)[4]، (اکس‌اس‌تی) اکسرجی ساختاری[5] و ظرفیت بافر[6] پیشنهاد کرد (۷). پارامتر اکسرجی[7] برابر با بیشینه مقدار کاری است که یک سیستم می‌تواند با محیط اطرافش حین تعادل ترمودینامیکی انجام دهد. برای یک زیست‌بوم، ماده آلی می‌تواند در نقش سوخت موجودهای زنده درنظر گرفته شود و مصرف آن توسط موجودهای زنده موجب به‌وجود آمدن کار می‌شود. بنابراین، اکسرجی بیانگر مقدار زیست‌توده سامانه بوده و اطلاعات آن را به همراه دارد.

1. Computable general equilibrium (CGE)
2. Environmental assessment (EA)
3. Jørgensen
4. Exergy (Ex)
5. Structural exergy (Exst)
6. Buffer capacity
7. Exergy

www.SID.ir

Archive of SID

اکسرجی ساختاری، به اکسرجی تقسیم شده به کل زیست‌توده تعریف می‌شود. این شاخص بیانگر غالب بودن موجودهای زنده پیچیده‌تر است. هرچه پیچیدگی یک شبکه و نقش هر موجود زنده در محیط خود بیشتر باشد، اکسرجی ساختاری بالاتری حاصل می‌گردد.

ظرفیت بافر نیز نسبت غلظت موجودهای زنده مانند فیتوپلانکتون‌ها به غلظت مواد محلول مانند فسفر است. فیتوپلانکتون‌ها به دلیل این‌که تولید کننده اصلی زیست‌بوم دریاچه‌ها هستند، نقش بسیار مهمی ایفا می‌کنند و به طور معمول شاخص نشان دهنده دریاچه‌های درحال مرگ در نظر گرفته می‌شوند.

از شاخص‌های اکسرجی ، اکسرجی ساختاری و ظرفیت بافر برای ارزیابی زیست‌بوم‌ها مانند ارزیابی سلامتی زیست‌بوم دریاچه‌ها استفاده می‌شود. همچنین، می‌توان از این سه نمایه برای ارزیابی زیست‌بومی اثرهای طرح‌های انتقال آب استفاده کرد. با توجه به تعریف این نمایه‌ها، یک زیست‌بوم با اکسرجی ، اکسرجی ساختاری و ظرفیت‌های بافر بالا به منزله زیست‌بوم سالم در نظر گرفته می‌شود.

تحلیل ذخیره‌های آبی ایران

روش تعیین تغییرهای ذخیره‌های آبی ایران

آب به شکل‌های مختلفی در طبیعت وجود دارد. مجموع کل آب‌های موجود در زمین به شکل آب سطحی، آب زیرزمینی، آب منطقه غیر اشباع خاک، برف و یخچال‌های طبیعی کل ذخیره های آبی[1] یک منطقه را تشکیل می‌دهند. به منظور تشخیص و پیش‌بینی بحران‌های آبی و بررسی امکان اجرای طرح‌های انتقال آب در استان‌های کشور، باید کل ذخیره های آبی هر استان را محاسبه کرد. با این حال امکان اندازه‌گیری کل ذخیره های آبی برای یک منطقه به‌دلیل وسعت، امکان‌ناپذیری یا دشوار بودن اندازه‌گیری شکل‌های مختلف آب وجود ندارد. اما می‌توان تغییرهای کل ذخیره‌های آبی را برای یک منطقه از طریق معادله بیلان محاسبه کرد. در این صورت یک درک کلی در مورد روند تغییرهای ذخیره های آبی یک منطقه حاصل می‌گردد. از آن‌جاکه مقدار کل ذخیره‌های آبی نامعلوم است، باید یک مرجع مقایسه وجود داشته باشد تا بتوان تغییرهای ذخیره‌های آبی را در طول زمان در مقایسه با آن نشان داد. از این رو پس از اندازه‌گیری تغییرهای ذخیره های آبی در هر منطقه، با درنظر گرفتن یک مرجع مقایسه از میان داده‌های اندازه گیری شده، نقشه‌های ناهنجاری[2] حاصل می‌گردد. نقشه‌های ناهنجاری آب[3] نشان‌دهنده افزایش یا کاهش کل ذخیره‌های آب در مقایسه با مقدار میانگین اندازه‌گیری شده هستند.

با این همه، محاسبه تغییرهای ذخیره های آب از طریق بیلان آب نیز به سادگی ممکن نخواهد بود، زیرا محاسبه بیشتر مؤلفه‌های بیلان آب دشوار بوده و برخی از آن مؤلفه‌ها نیز باید از طریق آزمایش‌های صحرایی اندازه‌گیری شوند (۲۰). این مشکل در مقیاس‌های بزرگ تشدید خواهد شد. از این رو باید راه حلی ارائه کرد تا مشکل های یاد شده برطرف گردد (۵). استفاده از داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند به حل این مشکل ها کمک کند. در این مطالعه از اطلاعات ماهواره پژوهشی گریس در ارزیابی ذخیره‌های آبی حوضه‌های آبریز و استان‌های ایران استفاده شده است.

مأموریت ماهواره گریس در سال ۲۰۰۲ به طور مشترک توسط سازمان ملی هوانوردی و فضایی[4] آمریکا (ناسا) و مرکز هوافضای آلمان[5] آغاز شد. این پروژه مشتمل بر دو ماهواره است که پشت سر یکدیگر در مدار کره زمین حرکت می‌کنند. این ماهواره‌ها قادر هستند مقدار تغییرهای ناچیز در میدان گرانشی زمین را اندازه‌گیری کنند (۱۰). این تغییرها به طور مستقیم متناسب با تغییر در جرم مواد در نزدیکی پوسته زمین است که می‌توان این تغییرهای جرم را برابر با تغییرها در ضخامت لایه آب گسترده درلایه های نزدیک زمین فرض

1. Total water storage (TWS)
2. Anomaly maps
3. Equivalent anomaly maps
4. National aeronautics and space administration (NASA)
5. German aerospace center

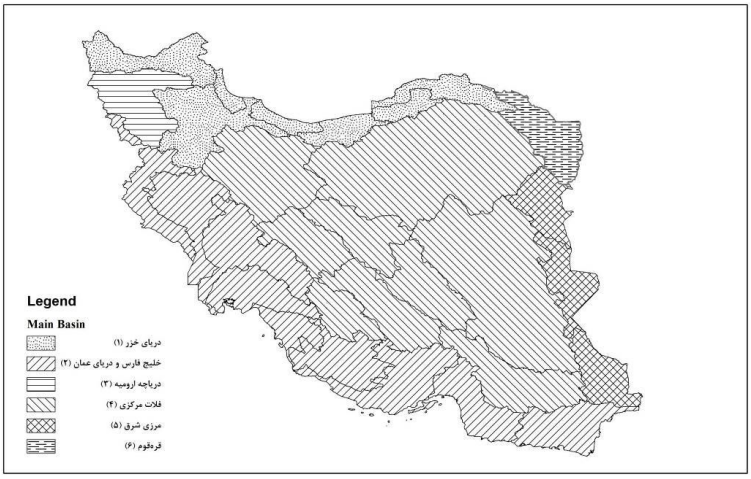
www.SID.ir

Archive of SID

کرد. در واقع بسیاری از تغییرهای به‌وجود آمده در میدان گرانش زمین به دلیل تغییر در ذخیره‌های آبی موجود در سطح یا زیر زمین است که حاصل فرآیندهای طبیعی یا انسانی است. این آب‌ها می‌تواند به شکل یخچال طبیعی، آب سطحی، آب زیرزمینی، آب منطقه غیر اشباع خاک و برف باشد (۱۶). در نهایت نتیجه حاصل مجموع ارتفاع کل ذخیره های آبی بر حسب سانتیمتر خواهد بود (۱۹). البته برخی تغییرها در گرانش زمین ممکن است توسط عامل‌هایی مانند زلزله‌های بزرگ به وجود آید. در این شرایط، عمق معادل آب دیگر معنی‌دار نخواهد بود، حتی اگر بتوان مقدار آن را محاسبه کرد.

بررسی‌های بسیاری به صحت سنجی داده‌های خروجی از ماهواره گریس پرداخته‌اند. رامیلین[1] و همکاران (۱۴) نشان دادند که از داده‌های ماهواره گریس می‌توان برای پایش سامانه‌های هیدرولوژیکی استفاده کرد. برخی پژوهشگران نیز از داده‌های ماهواره گریس برای یافتن مؤلفه‌های بیلان آب، مانند تبخیر- تعرق استفاده کرده‌اند (۱۵). سوونسن[2] و همکاران (۲۰۰۶) (۱۷) نیز در مطالعه‌ای به مقایسه داده‌های این ماهواره و اندازه‌گیری‌های صحرایی در ایالت ایلینویز آمریکا پرداختند. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده صحت بالای داده‌های خروجی ماهواره گریس بود.

کشور ایران با مساحت ۱۶۴۸۱۹۵کیلومتر مربع و حدود ۸۰ میلیون نفر جمعیت، در خاورمیانه و در منطقه‌ای به نسبت خشک قرار گرفته است. ایران به ۳۱ استان مستقل و شش حوضه آبریز درجه ۱ تقسیم شده است. در شکل ۱ نقشه حوضه‌های آبریز درجه ۱ و ۲ ایران ارایه شده است. این کشور از نظر اقلیمی بیشتر در اقلیم خشک و نیمه خشک قرار می‌گیرد. میانگین بارندگی بلند مدت ایران (۵۰ ساله) حدود ۲۴۵ میلی‌متر در سال که حدود یک سوم میانگین جهانی بارندگی است، گواهی بر این مسئله است.



شکل ۱- نقشه حوضه‌های آبریز درجه ۱ و ۲ در ایران.

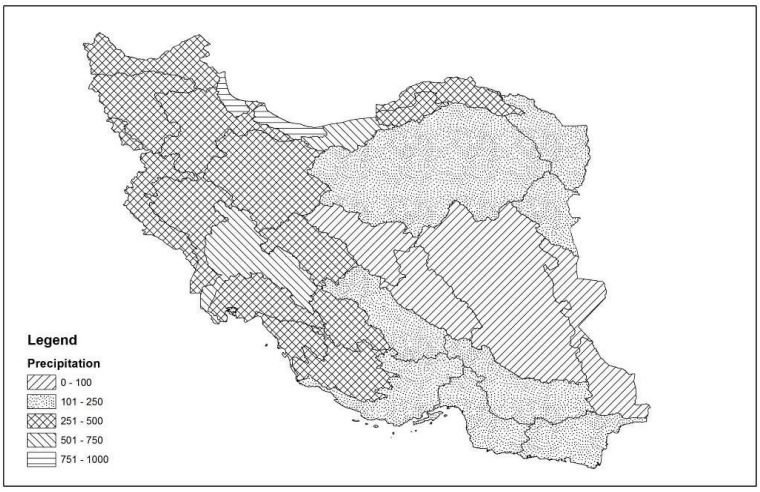
میزان بارندگی در نقاط مختلف ایران بسیار متغیر است. از بین مرکزهای استان‌ها، بارندگی رشت برابر با ۱۳۶۰ میلی‌متر در سال و یزد ۶۰ میلی‌متر در سال است. این درحالی است که در مناطق کویری ایران بارندگی ۱۵ میلی‌متر در سال نیز ثبت شده است. در بیشتر مناطق ایران، میزان بارندگی از ۲۵۰ میلی‌متر فراتر نمی‌رود. بنابراین، کم آبی یکی از مسائل جدی پیش روی ایران است. حوضه فلات مرکزی و مرزی شرق ایران با میانگین زیر ۲۰۰ میلی‌متر بارندگی در سال، خشکترین حوضه‌های درجه ۱ ایران هستند. این در حالی است که حوضه دریای خزر با میانگین ۴۲۰ میلی‌متر بارندگی در سال، پرآبترین حوضه آبریز درجه ۱ ایران است. به این دلیل، مقصد بسیاری از طرح‌های انتقال بین حوضه‌ای، شهرهای پرجمعیت واقع در حوضه‌های فلات مرکزی و مرزی شرق ایران است. نقشه میانگین سالانه بارندگی براساس میانگین ۴۸ ساله بارندگی، در سال‌های ۱۳۴۷ تا ۱۳۹۵، به تفکیک حوضه‌های درجه ۲ در شکل ۲ ارایه شده است. داده‌های خروجی ماهواره گریس به شکل گره‌هایی به فاصله ۰/۵ در ۰/۵ درجه و به شکل ماهانه تولید می‌شوند. ابتدا ماهواره گریس میانگین وزن هر گره را از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ (میانگین پنج ساله) محاسبه می‌کند. این دوره پنج ساله در حکم دوره مرجع مقایسه تعیین می‌گردد. از این رو، اعداد ارائه شده برای هر گره در هر دوره برابر با تغییرهای عمق معادل آب در مقایسه با مرجع مقایسه تعریف شده است. بنابراین، می‌توان تغییرهای ماهانه عمق معادل آب را محاسبه کرد و نرخ افزایش یا کاهش ذخیره های آبی را در

1. Ramillien
2. Swensen

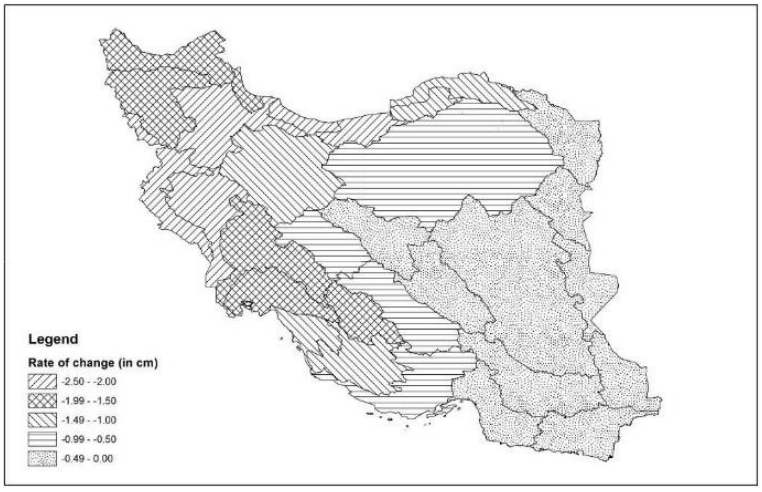
www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه با دوره مرجع به دست آورد. به منظور تحلیل وضعیت حوضه‌ها، ابتدا نقشه ناهنجاری عمق معادل آب نسبت به دوره مرجع مقایسه برای حوضه‌های درجه ۲ ایران استخراج شد. در شکل ۳ این نقشه نشان داده شده است. از دیدگاه حوضه‌های آبی، طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶، حوضه خلیج فارس و دریای عمان بیلان منفی شدیدی را تجربه می‌کنند. این مسئله در حالی است که (مقصد) بیشتر انتقال‌های بین حوضه‌ای در کشور منطقه‌های واقع در این حوضه است.



شکل ۲- نقشه میانگین بارندگی سالانه بر حسب میلیمتر به تفکیک حوضه‌های درجه ۲.



شکل ۳- نرخ کاهش کل ذخیره‌های آبی هر حوضه بر حسب سانتیمتر بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶.

به طور معمول برای مطالعه طرح‌های انتقال بین حوضه‌ای اطلاعات حوضه‌ای در نظر گرفته می‌شود، اما به دلیل تداخل منافع اقتصادی، اجتماعی و نفوذ سیاسی استان‌ها، مرزهای سیاسی به طور حتم باید در نظر گرفته شوند. بنابراین در این مطالعه، برای طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای افزون بر ملاحظه‌ها و مطالعه‌های حوضه‌ای، مرزهای سیاسی بین استان‌ها نیز در نظر گرفته می‌شوند. هدف از تحلیل کل ذخیره های آبی در این مطالعه، بررسی استفاده پایدار از منابع آبی هر استان، ایجاد عدالت آبی بین آن‌ها از طریق انتقال بین حوضه‌ای و بررسی تأثیر کمی انتقال بین حوضه‌ای در استان‌ها از طریق بررسی بیلان آب است.

برای محاسبه تغییرهای کل ذخیره های آبی هر استان، داده‌های ماهانه تغییرهای گرانش در طول سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶ تهیه و به تغییرهای ارتفاع آب در مقایسه با دوره مرجع مقایسه تبدیل شد. سپس، میزان تغییرهای کل ذخیره‌های آبی هریک از حوضه‌ها و استان‌های ایران با محاسبه میانگین مقادیر گره‌ها در آن حوضه و استان و در هر ماه به دست آمد. برای واکاوی داده‌ها، نرخ تغییرهای ذخیره‌های آبی در سه بازه زمانی محاسبه شد. این سه بازه زمانی سه سال اول (۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴)، سه سال آخر (۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶) و در طول کل مأموریت این ماهواره (۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶) در نظر گرفته شد. این تحلیل به این دلیل صورت می‌گیرد که شدت مصرف

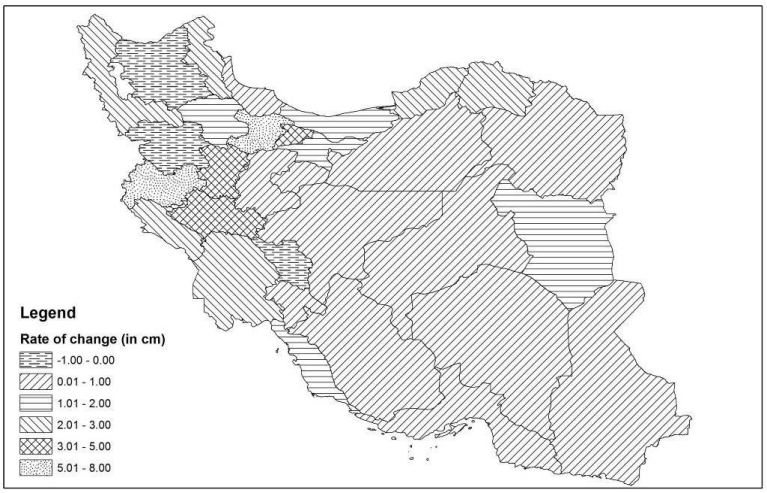
www.SID.ir

Archive of SID

ذخیره‌های آبی هر استان در طول زمان به دست آید. در شکل‌های ۴ تا ۶ نقشه نرخ تغییرهای کل ذخیره های آبی بر حسب سانتیمتر به تفکیک هر استان در بازه‌های زمانی (مربوطه)، ارایه شده است.

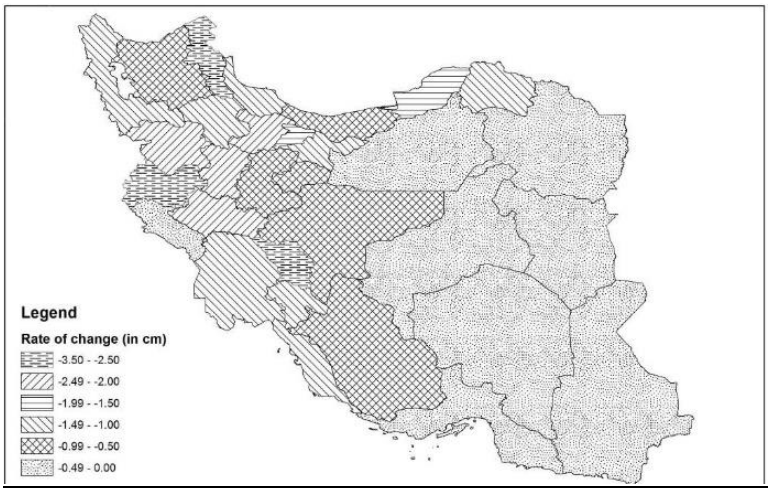
بیلان آبی ایران در بازه‌های مختلف زمانی

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، در بیشتر استان‌های کشور بیلان آب در بازه ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴ مثبت بوده و تنها در سه استان چهارمحال و بختیاری، کردستان و آذربایجان شرقی بیلان منفی مشاهده می‌شود و شدت تخلیه ذخیره های آبی این استان‌ها کمتر از یک سانتیمتر در سال است.



شکل ۴- نرخ کاهش کل ذخیره های آبی هر استان بر حسب سانتیمتر بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴.

استان‌های غربی کشور که واقع در حوضه خلیج فارس و دریای عمان هستند، بیشتر با بیلان مثبت به نسبت خوبی روبه‌رو هستند. به‌طوری‌که استان‌های کرمانشاه، همدان، لرستان، ایلام و خوزستان بیلان مثبت بیش از دو سانتیمتر در سال دارند. استان‌های مرکزی و شرقی کشور که بیشتر در حوضه فلات مرکزی و مرزی شرقی قرار گرفته‌اند نیز دارای بیلان مثبت هستند، اما این بیلان مثبت کمتر از یک سانتیمتر در سال است، اما وضعیت ذخیره های آبی استان‌های کشور در سال‌های بین ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ متفاوت است. شکل ۵ نشان می‌دهد که تمامی استان‌های کشور با بیلان منفی ذخیره های آبی روبه‌رو هستند. استان‌های کرمانشاه، لرستان، همدان و خوزستان که دارای بیلان آبی مثبت خوبی در سال‌های اولیه بررسی بودند، دچار بیلان کامل منفی شده‌اند.



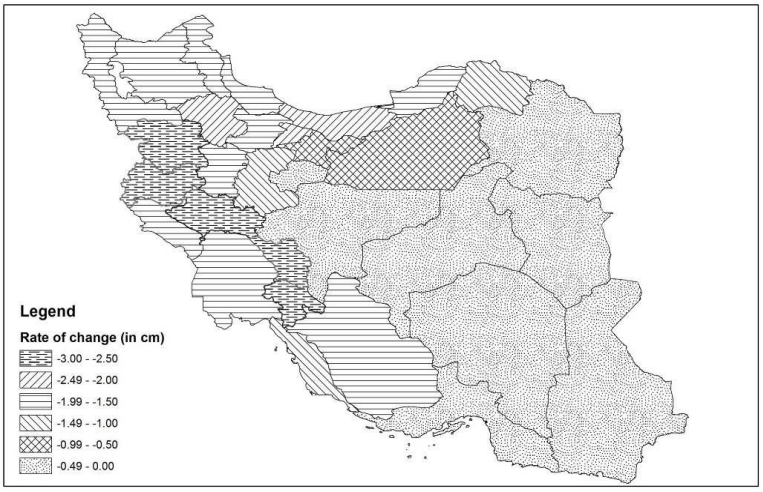
شکل ۵- نرخ کاهش کل ذخیره‌های آبی هر استان بر حسب سانتیمتر بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶.

www.SID.ir

Archive of SID

استان کردستان روند بیلان منفی شدیدتری به خود گرفته و استان اردبیل نیز روند بیلان مثبت خود را از دست داده است. به طور کلی، استان‌های واقع در حوضه خلیج فارس و دریای عمان در این سال‌ها در وضعیت بدتری قرار گرفته و دچار بیلان منفی به نسبت شدیدی هستند. این در حالی است که این حوضه دومین حوضه پربارش درجه ۱ در ایران است.

شکل ۶، نشان دهنده وضعیت کل کشور به تفکیک استان در طول سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶ است. وضعیت کاهش کل ذخیره های آبی در استان‌های غربی و شمالی شدیدتر از جنوب و شرق کشور است. این مسئله نمایانگر آن است که با وجود بیشتر بودن منابع آب این مناطق در مقایسه با مناطق جنوبی و شرقی کشور، ذخیره های آبی این استان‌ها با نرخ شدیدتری در حال کاهش است.



شکل ۶- نرخ کاهش کل ذخیره‌های آبی هر استان بر حسب سانتیمتر بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶.

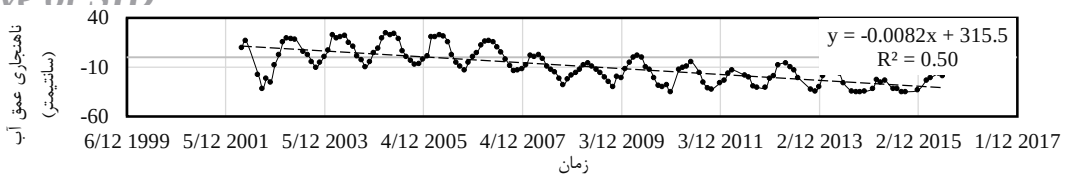
برای بررسی وضعیت تغییرهای ذخیره‌های آبی در استان‌های کشور در طول زمان، سری زمانی روند ناهنجاری عمق معادل آب برای استان‌های کردستان و یزد که به ترتیب دارای بیشترین و کمترین ناهنجاری بودند و همچنین برای کل کشور محاسبه شد و نتایج آن در شکل ۷ نشان داده شده است. با وجود پربارش‌تر بودن استان کردستان در مقایسه با یزد، شیب نزولی روند تغییرهای عمق معادل آب در کردستان در مقایسه با استان یزد بیشتر است. دلیل آن به این موضوع بازمی‌گردد که استان کردستان، افزون بر مصرف یا انتقال آب بارش به مناطق دیگر (از طریق فرآیندهای طبیعی یا انسانی)، در حال استفاده از ذخیره‌های آبی خود (مانند سفره‌های آب زیرزمینی) است. حال آن‌که استان یزد ذخیره‌های آبی خود را به تقریب مصرف کرده و هرمقدار که آب دریافت می‌کند، آن را مصرف می‌کند. از این رو، میزان کاهش ذخیره‌های آبی استان یزد چشمگیر نبوده و شیب حاصل کمتر خواهد بود. همچنین سری زمانی ناهنجاری‌های عمق معادل آب برای کل کشور از طریق میانگین گیری مقادیر گره‌ها استخراج شده است. مقدار تغییرهای کل ذخیره های آبی کشور از روی شیب این نمودار برابر با ۰/۹۳- سانتیمتر محاسبه شد.

خاتمه زمان استفاده پایدار از منابع آبی

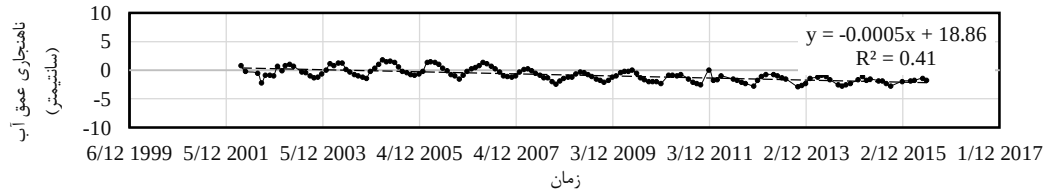
حال به منظور بررسی استفاده پایدار از منابع آبی هر استان، روند تغییرهای بیلان آبی، هر استان در طول سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶ بررسی می‌گردد. در صورت تداوم استفاده مازاد بر منابع آب تجدیدپذیر هر استان مانند بارندگی و سفره‌های آب زیرزمینی با نرخ تغذیه بالا، برداشت از منابع آب تجدیدناپذیر مانند سفره‌های عمیق آب زیرزمینی صورت می‌گیرد. نرخ تغذیه این منابع در مقیاس زمانی بشر، ناچیز است (۱۱). درصورتی‌که تغییرهای عمق معادل آب در هر استان روند نزولی طولانی مدتی به خود بگیرد و نرخ آن منفی شود، بدان معناست که آن استان بارش دریافتی خود را مصرف کرده و درحال استفاده بیش از مقدار بارش دریافتی خود است. درصورت ادامه این روند، استحصال منابع آب تجدیدناپذیر و استفاده ناپایدار از منابع رخ خواهد داد. بدین منظور، روند تغییرهای ذخیره‌های آبی هر استان محاسبه و سال شروع استفاده مازاد بر بارش دریافتی به‌دست می‌آید. در جدول ۲ نتایج این تحلیل ارایه شده است. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در بیشتر استان‌های کشور در سال ۲۰۰۶ استفاده مازاد بر میزان بارندگی آغاز شده است.

www.SID.ir

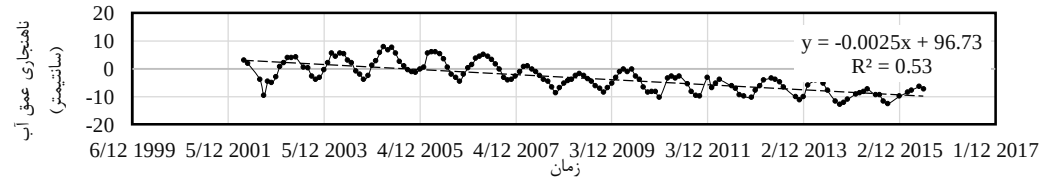
Archive of SID



(الف)



(ب)



(پ)

شکل ۷- سری زمانی ناهنجاری عمق آب بر حسب سانتیمتر برای (الف) استان کردستان؛ (ب) استان یزد و (پ) کل کشور

جدول ۲- سال شروع استفاده استان‌ها بیش از بارش دریافتی.

نام استان	سال	نام استان	سال
اردبیل	۲۰۰۶	فارس	۲۰۰۶
اصفهان	۲۰۰۷	قزوین	۲۰۰۶
البرز	۲۰۰۶	قم	۲۰۰۶
ایلام	۲۰۰۷	کردستان	۲۰۰۶
آذربایجان شرقی	۲۰۰۶	کرمان	۲۰۰۷
آذربایجان غربی	۲۰۰۶	کرمانشاه	۲۰۰۶
بوشهر	۲۰۰۶	کهگیلویه و بویراحمد	۲۰۰۶
تهران	۲۰۰۶	گلستان	۲۰۰۶
چهارمحال و بختیاری	۲۰۰۷	گیلان	۲۰۰۶
خراسان جنوبی	۲۰۰۷	لرستان	۲۰۰۷
خراسان رضوی	۲۰۰۶	مازندران	۲۰۰۶
خراسان شمالی	۲۰۰۶	مرکزی	۲۰۰۶
خوزستان	۲۰۰۷	همدان	۲۰۰۶
زنجان	۲۰۰۶	هرمزگان	۲۰۰۶
سمنان	۲۰۰۵	یزد	۲۰۰۵
سیستان و بلوچستان	۲۰۰۸	-----	-----

www.SID.ir

Archive of SID

امکان انتقال بین حوضه‌ای

در ادامه این مطالعه، ایجاد تعادل آبی بین استان‌ها از طریق انتقال آب بین حوضه‌ای بررسی شد . ایجاد این تعادل آبی موجب می‌گردد تا نرخ کاهش ذخیره‌های آبی استان‌ها با یکدیگر برابر شود. بنابراین بین نرخ کاهش ذخیره‌های آبی استان‌های مجاور یکدیگر، میانگین‌گیری وزنی انجام شد. بدین منظور، مقادیر نرخ کاهش عمق معادل آب برای استان‌های واقع در هر حوضه درجه ۱ در مساحت آن ضرب و تقسیم بر مساحت کل استان‌های آن حوضه شد. دلیل درنظر گرفتن استان‌ها در حوضه‌های درجه ۱، نبود امکان فنی برای اجرای طرح‌های انتقال آب بین استان‌هاست. برای مثال، نمی‌توان آب را از آذربایجان غربی به سیستان و بلوچستان انتقال داد. همچنین، به دلیل ویژگی‌های هیدرولوژیکی متفاوت حوضه‌های مختلف، تمام استان‌ها نمی‌توانند نرخ کاهش برابری با یکدیگر داشته باشند. از این‌رو، با انجام محاسبه‌ها میان استان‌های واقع در حوضه‌های مختلف، میزان آب انتقال‌پذیر برای ایجاد تعادل در نرخ تخلیه ذخیره‌های آبی بین استان‌های مختلف محاسبه شد. در صورتی‌که مقادیر آورده شده در جدول ۳ بین استان‌ها انتقال داده شود، تمامی استان‌ها نرخ کاهش ذخیره های آبی برابری خواهند داشت. مقادیر مثبت و منفی به ترتیب بدان معناست که آن استان مقصد یا مبدأ طرح انتقال آب است. همچنین، نرخ تغییرهایی که استان‌ها پس از تعادل به آن مقدار می‌رسند در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- میزان آب انتقال‌پذیر برای ایجاد تعادل و عدالت آبی بین استان‌ها.

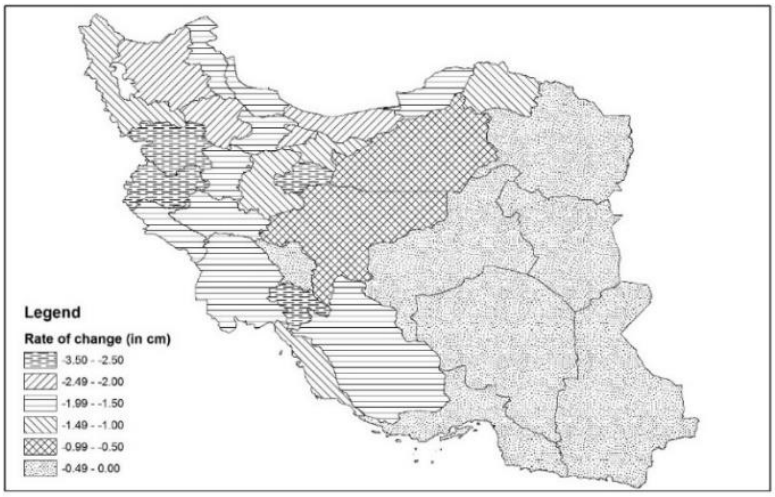
نام استان	آب انتقال‌پذیر (م.م. مکعب)	نرخ تعادلی (سانتیمتر)	نام استان	آب انتقال‌پذیر (م.م. مکعب)	نرخ تعادلی (سانتیمتر)
اردبیل	۲۰۲	-۱/۵۷	فارس	-۱۹۱	-۱/۶۹
اصفهان	۱۰۲	-۰/۳۴	قزوین	۵۸	-۱/۵۷
البرز	۳۸	-۱/۵۷	قم	۱۲	-۰/۳۴
ایلام	۷	-۱/۶۹	کردستان	۱۵۳	-۱/۵۷
آذربایجان شرقی	-۷۴	-۰/۹۶	کرمان	-۴۴	-۰/۳۴
آذربایجان غربی	۷۴	-۰/۹۶	کرمانشاه	۳۲۴	-۱/۶۹
بوشهر	-۱۲۰	-۱/۶۹	کهگیلویه و بویراحمد	۱۴۸	-۱/۶۹
تهران	-۸۳	-۱/۵۷	گلستان	۷۴	-۱/۵۷
چهارمحال و بختیاری	۱۶۲	-۱/۶۹	گیلان	-۲۷	-۱/۵۷
خراسان جنوبی	-۴	-۰/۳۴	لرستان	۳۱۰	-۱/۶۹
خراسان رضوی	۱۷۳	-۰/۳۴	مازندران	-۲۲۸	-۱/۵۷
خراسان شمالی	-۲۷	-۱/۵۷	مرکزی	۲۱۴	-۱/۵۷
خوزستان	-۴۹	-۱/۶۹	همدان	۲۵۵	-۱/۵۷
زنجان	-۳۴	-۱/۵۷	هرمزگان	-۹۱	-۱/۶۹
سمنان	۱۸۱	-۰/۳۴	یزد	-۲۱	-۰/۳۴
سیستان و بلوچستان	-۲۰۸	-۰/۳۴	-----	-----	-----

در نهایت به منظور سنجش اثر طرح‌های انتقال آب برروی بیلان آبی استان‌های کشور، مقایسه‌ای بین وجود و نبود طرح‌های انتقال آب صورت گرفت. در حالت اول فرض شد که هیچ یک از پروژه‌های انتقال آب موجود در کشور اجرا نشود. این در حالی است که هم اکنون، تعدادی از پروژه‌های جدول ۱ احداث شده‌اند. بدین منظور آب انتقال یافته این طرح‌ها از استان مبدا کسر و به استان مقصد

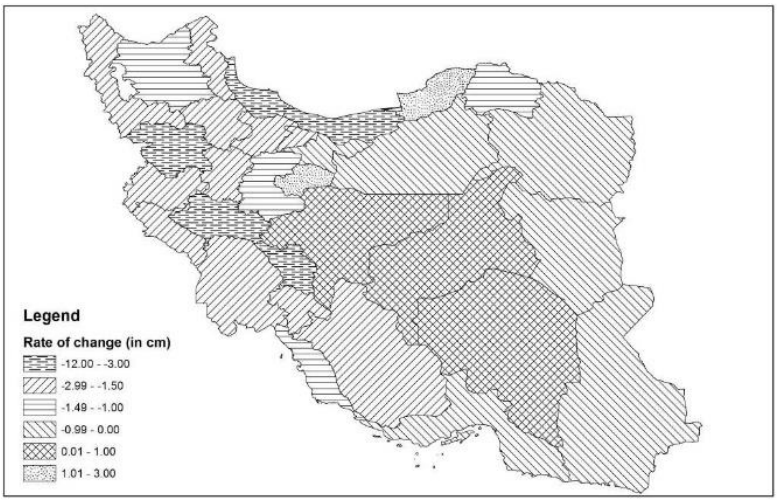
www.SID.ir

Archive of SID

اضافه شد. در حالت دوم فرض شد که تمامی طرح‌های انتقال موجود در جدول ۱ احداث و اجرا شوند. در ادامه، بیلان آبی هر استان محاسبه و سپس نقشه ناهنجاری عمق معادل ذخیره‌های آبی برای این دو حالت ترسیم شد. در شکل ۸ این نقشه‌ها ارایه شده است.



(الف)



(ب)

شکل ۸- مقایسه نرخ کاهش ذخیره های آبی استان‌های ایران، (الف) هیچ طرح انتقالی وجود نداشته باشد و (ب) تمام طرح‌های انتقال اجرا شوند.

همانطور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، در صورت اجرای طرح‌های انتقال آب، کاهش ذخیره‌های آبی از استان‌های مرکزی و شرقی به استان‌های غربی و شمالی کشور منتقل می‌گردد. انحراف معیار وزنی نرخ تغییرهای کل ذخیره های آبی استان‌ها در این حالت برابر با ۲/۸۲ سانتیمتر است. در صورت فرض اجرا نشدن پروژه‌های انتقال آب، وضعیت کاهش ذخیره های آبی کشور با تعادل بهتری روبرو خواهد بود، زیرا انحراف معیار وزنی حاصل برابر با ۰/۶۰ سانتیمتر است. این مسئله بدان معناست که در این حالت، نرخ تغییرهای کل ذخیره‌های آبی بین استان‌ها در مقایسه با حالت اول به میانگین نرخ‌ها نزدیکتر است. درنتیجه در حالت اول برخی استان‌ها در وضعیت خوبی قرار گرفته و برخی نیز در وضعیت بدی قرار دارند. اما در حالت دوم، استان‌ها در شرایط برابر اما متوسط قرار گرفته‌اند. میانگین وزنی نرخ تغییرهای بین استان‌ها برابر با ۰/۹۴ سانتیمتر و در حالت دوم برابر با ۰/۹۳ سانتیمتر است.

در پایان به منظور تطبیق نتایج حاصل از ماهواره گریس، اطلاعات مطالعه‌های مختلف پیرامون ذخیره های آبی استان‌های کشور بررسی شد. برای مثال، حجتی و بوستانی (۱) نشان دادند که سطح آبخوان دشت خیر در استهبان (استان فارس) بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ به طور میانگین سالانه ۲/۰۸ متر افت داشته است. جمشیدزاده و میرباقری (۶) نشان دادند که آب‌های زیرزمینی در

www.SID.ir

Archive of SID

کاشان از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۷ به طور میانگین ۰/۶ متر در سال افت داشته است. همچنین، بررسی‌های وُس[1] و همکاران (۱۸) به کمک ماهواره گریس در منطقه دجله و فرات و غرب ایران نشان داد که غرب ایران با روند هشداردهنده‌ای در حال از دست دادن ذخیره های آب با میانگین ۲۷/۲ میلی‌متر در سال در سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۹ است.

نتیجه گیری

مطابق نتایج ارائه شده، ذخیره های آبی استان‌های شمالی، غربی و جنوب غربی ایران که بیشتر در حوضه‌های دریای خزر و خلیج فارس و دریای عمان قرار گرفته‌اند، در سال‌های اخیر با روند شدیدی تخلیه شده و با حفظ روند فعلی، این استان‌ها وارد بحران در تأمین و عرضه آب خواهند شد. بدیهی است در آینده، افزایش جمعیت و گسترش کاربری‌های مختلف آب موجب افزایش تقاضا خواهد شد. در حال حاضر، طرح‌های انتقال آب بسیاری از استان‌های لرستان، چهارمحال و بختیاری و خوزستان در حال بهره‌برداری هستند و این استان‌ها اکنون مبدأ طرح‌های انتقال آب هستند. این احتمال می‌رود که در آینده با توجه به روند تخلیه ذخیره‌های آبی، نه تنها طرح‌های انتقال آب این استان‌ها متوقف شوند، بلکه ممکن است مقصد طرح‌های انتقال آب نیز باشند.

با توجه به ظرفیت طرح‌های انتقال آب حاضر در ایران که به ندرت از ۵۰۰ میلیون مترمکعب تجاوز می‌کنند، به نظر نمی‌رسد که راهکار انتقال آب با حجم‌های فعلی توانایی جلوگیری از کمبودهای آینده را داشته باشد. از این رو، در صورت انتخاب طرح‌های انتقال آب برای پاسخ به کمبود تأمین و افزایش تقاضا، باید طرح‌های با حجم بالاتر مدنظر قرار گیرند. این مسئله خود نیازمند بررسی‌ها و ارزیابی اقتصادی- اجتماعی، زیست‌محیطی و زیست‌بومی به مراتب پیشرفته‌تر از طرح‌های فعلی است. بنابراین لازم است که به راهکارهای دیگری مانند استفاده از آب شیرین‌کن‌ها، سیستم‌های خانگی جمع‌آوری آب باران، افزایش بهره‌وری آب کشاورزی و غیره نیز پیش از ارائه طرح‌های انتقال‌های بین حوضه‌ای نیز توجه شود.

مسئله دیگری که باید به حساب آورده شود این است که استان‌های یاد شده به طور کلی با استان‌هایی همجوار هستند که خود با بحران آب و خشکسالی دست و پنجه نرم می‌کنند. از این رو، به منظور ایجاد تعادل آبی انتقال آب از استان‌های دورتر نیز باید بررسی شوند، هرچند که چنین طرح‌هایی به طور کلی توجیه اقتصادی نداشته و در برخی موارد از نظر فنی عملی نخواهند بود.

منابع

۱. حجتی، س. م.ح. و بوستانی، ف. ۱۳۸۸. مدیریت پایدار آبخوان دشت خیر استهبان با استفاده از بیلان آب زیر زمینی. فصل نامه جغرافیای طبیعی ۷۲-۵۷:(۶)۲.

2. Abrishamchi, A. and M. Tajrishi. 2005. Interbasin water transfer in Iran. Paper presented at the Water Conservation, Reuse, and Recycling: Proc. of an Iranian-American Workshop.
3. Bhattarai, M., D. Pant and D. Molden. 2005. Socio-economics and hydrological impacts of melamchi intersectoral and interbasin water transfer project, Nepal. Water Policy 7(2):163-180.
4. Getches, D.H. 2005. Interbasin Water Transfers in the Western United States: Issues and Lessons. Paper presented at the Water Conservation, Reuse, and Recycling: Proc. of an Iranian-American Workshop.
5. Harrop, D.O. and J. A. Nixon. 1999. Environmental assessment in practice. Psychology Press, London, UK.
6. Jamshidzadeh, Z. and S. Mirbagheri. 2011. Evaluation of groundwater quantity and quality in the Kashan Basin, Central Iran. Desalination 270(1):23-30.
7. Jørgensen, S.E. 1995. The application of ecological indicators to assess the ecological condition of a lake. Lake Reserv. Manag. 1(3):177–182.
8. Karakaya, N., F. Evrendilek and E. Gonenc. 2014. Interbasin Water Transfer Practices in Turkey. J. Ecosys. Ecograph. 4(2): 149.
9. Karamouz, M., S. A. Mojahedi and A. Ahmadi. 2010. Interbasin Water Transfer: Economic Water Quality-Based Model. J. Irrig. Drain. Eng. 136(2):90-98.
10. Long, D., X. Chen, B.R. Scanlon, Y. Wada, Y. Hong, V.P. Singh and W. Yang. 2016. Have GRACE satellites overestimated groundwater depletion in the Northwest India Aquifer? Sci. Rep. 6:24698.

1. Voss

www.SID.ir

Archive of SID
11. Maliva, R. and T. Missimer. 2012. Non-Renewable Groundwater Resources Arid Lands Water Evaluation and Management. Springer Belrin Heidelberg, Berlin, Germany.
12. Matete, M.E. 2006. The ecological economics of inter-basin water transfers: The Case of the Lesotho Highlands Water Project. Ph.D. Diss, Univ. of Pretoria, Pretoria, SA.
13. National Research Council. 1992. Water transfers in the West: Efficiency, equity, and the environment. Natl. Academies Press, Washington D.C., US.
14. Ramillien, G., J.S. Famiglietti and J. Wahr. 2008. Detection of Continental Hydrology and Glaciology Signals from GRACE: A Review. Surv. Geophys. 29:361-374, doi:10.1007/s10712-008-9048-9.
15. Ramillien, G., F. Frappart, A. Güntner, T. Ngo-Duc, A. Cazenave and K. Laval. 2006. Time variations of the regional evapotranspiration rate from Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) satellite gravimetry. Water. Resour. Res. 42(10).
16. Rodell, M., J. Chen. H. Kato, J.S. Famiglietti, J. Nigro and C.R. Wilson. 2007. Estimating groundwater storage changes in the Mississippi River basin (USA) using GRACE. Hydrogeol. J. 15(1):159-166.
17. Swenson, S., P.J.F. Yeh, J. Wahr and J. Famiglietti. 2006. A comparison of terrestrial water storage variations from GRACE with in situ measurements from Illinois. Geophys. Res. Lett. 33(16).
18. Voss, K.A., J.S. Famiglietti, M. Lo, C. Linage, M. Rodell and S.C. Swenson. 2013. Ground water depletion in the Middle East from GRACE with implications for transboundary water management in the Tigris-Euphrates-Western Iran region. Water. Resour. Res. 49(2): 904-914.
19. Yi, H. and L.Wen. 2016. Satellite gravity measurement monitoring terrestrial water storage change and drought in the continental United States. Sci. Rep. 6.
20. Young, K.L. and M. K. Woo. 2004. Queen Elizabeth Islands: problems associated with water balance research. IAHS Publications-Series Proc. Rep. 290: 237-248.
21. Zhuang, W. 2016. Eco-environmental impact of inter-basin water transfer projects: A review. Environ. Sci. Pollut. Res. 23(13):12867-12879.

www.SID.ir

Archive of SID
Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 3(1): 27-42 (2018)

Effects of Interbasin Water Transfer Projects on Iran's Water Resources

M.R. Rahimizadeh[1, 2] and O.B. Haddad[3]

Increasing water shortage has become a serious issue nowadays, especially in arid regions. One of the solutions to cope with water shortage in populated areas is interbasin water transfer (IBWT). Transferring water from an area to another may solve the water shortage problem, increase economic growth and improve social welfare. However, socio-economic, environmental and ecological impacts should also be taken into account. In this study, the impacts of interbasin water transfer projects on the water quantity of Iranian basins and provinces were investigated. After an overview on operated and under construction IBWT projects in Iran, the rate of change in total water storage (TWS) of basins and provinces was calculated using the remote sensing data. The analysis of water shortage in Iran's provinces demonstrates that the western provinces of Iran will suffer a serious water depletion in the future. Then, the estimated starting date of water resource usage above the precipitation amount was calculated for each province. Finally, a comparison was made between two states of implementing and not implementing IBWT projects and without these project in Iran was done in order to assess the impact of IBWT projects on TWS of provinces. The results showed that IBWT projects will shift water supply problems from central and eastern provinces to western and northern provinces.

Key words: Basin, GRACE Satellite, IBWT, Province, Sustainable use.

1. Corresponding author, Email: rahimizadeh@ut.ac.ir
2. M.S. Student and Professor of Tehran University, respectively.

www.SID.ir