



کمبود جریان اکولوژیکی شاخصی برای ارزیابی جریان های زیست محیطی

احمد ابریشم چی^۱، سینا ارجمند^۲

^۱استاد گروه مهندسی آب، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران abrisham@sharif.edu

^۲کارشناس ارشد مهندسی آب، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران sina.arjmand@alum.sharif.edu

چکیده

راهبرد مدیریت جامع منابع آب بر این تاکید دارد که مصارف مصرفی و غیر مصرفی آب در حوضه به گونه ای تنظیم شوند تا همواره جریانی انعطاف پذیر و متغیر در سال برای پایداری اکوسیستم آبی در رودخانه برقرار باشد. این جریانها، جریان زیست محیطی هستند. بزرگترین استفاده مصرفی در کشور، نیاز کشاورزی است؛ نیاز زیست محیطی هم به عنوان یک استفاده کننده بزرگ و غیرمصرفی در هر سیستم آبی مطرح است. در سیاست های بهره برداری از مخزن این دو نیاز در رقابت و تعامل با هم هستند. هدف مطالعه، پیشنهاد و بررسی روشی برای ارزیابی اثرات مصارف کشاورزی بر محیط زیست با تاکید بر پیروی از رژیم طبیعی جریان می باشد. در این راستا اعتمادپذیری (Reliability) تامین تقاضای کشاورزی و نیز مفهوم جدید کمبود جریان اکولوژیکی (Ecodeficit) برای ارزیابی عملکرد سیستم آبی تعریف شد. از مدل WEAP برای شبیه سازی زیر حوضه سیمره و تعریف سناریوها استفاده شد. این سناریوها بر اساس تعریف جریانی برای تامین نیاز زیست محیطی می باشد. نتایج نشان داد که مفهوم کمبود جریان اکولوژیکی می تواند به عنوان یک عملکرد کارآمد و ساده و به عنوان یک شاخص هیدرولوژیکی در بررسی سیاست های مدیریت منابع آب در سطح حوضه آبریز بکار برده شود. همچنین، در نظر گرفتن الزامات درون جریانی با هدف تطبیق با رژیم طبیعی می تواند نه تنها تقاضای کشت آبی را تامین کند، بلکه کمبود جریان زیست محیطی کمتری را در پی دارد.

کلمات کلیدی: جریان زیست محیطی، کمبود جریان اکولوژیکی، منحنی تداوم جریان، تقاضای آبیاری، WEAP

مقدمه

هر چند در دستور کار جهانی منابع آب حفاظت از محیط زیست آبی در مرتبه بالایی قرار گرفته است، لکن بیشتر کشورهای در حال توسعه به علت فقدان دانش علمی، تکنولوژیکی و نیز ظرفیت های سازمانی فاقد سیاست و رویکرد برای ارزیابی مسائل زیست محیطی می باشند. روشهای حال حاضر ارزیابی و تخصیص زیست محیطی اکثراً روشهای مختص به مطالعات موردی در زیر حوضه های مشخص می باشند و یا عموماً روشهایی نیازمند اطلاعات گسترده از حوضه آبریز رودخانه می باشند [۱]. بقای گونه ها و جانوران آبی، تحریک آنها برای تولید مثل و کوچ کردن گونه های دیگر، حفظ کردن شرایط کیفی و هیدرولیکی رودخانه و ترمیم زیستگاهها از اهداف اصلی مدیریت محیط زیست برای یک سیستم رودخانه می باشد [۲].



مصارف آب شامل استفاده های مصرفی (آبیاری، صنعت و شرب) و استفاده های غیرمصرفی (برق آبی، تفرجگاهها و زیست محیطی) می باشد. در کشورهای در حال توسعه از بین استفاده های مصرفی به طور متوسط حدود ۹۰ درصد را آبیاری شامل می شود. از طرفی دیگر، محیط زیست به عنوان یک کاربر بزرگ و غیرقابل انکار هر اکوسیستم آبی مطرح می گردد، که توسعه پایدار بدون توجه به آن برای هیچ کشوری امکان پذیر نخواهد بود. از این رو با وجود تنوع مصرف کنندگان و منابع محدود، یک رقابت برای اختصاص آب بوجود می آید. از طرفی، تخصیص برای مصرف کنندگان باعث تغییر رژیم و کمبود جریان برای مصارف درون جریانی نسبت به حالت طبیعی گشته و حتی مؤلفه های جریان نیز تغییر می کنند. برای رسیدن به یک عدالت اجتماعی و نیز پایداری اقتصادی و زیست محیطی لازم است که تمام تقاضاها و استفاده های غیرمصرفی و غیرمصرفی در سطح حوضه آبریز در کنار هم و در تعامل و اندرکنش با یکدیگر در نظر گرفته شود [۳].

هدف این تحقیق پیشنهاد و بررسی روشی برای ارزیابی آثار مصرف کشاورزی بر محیط زیست با تاکید بر شرایط هیدرولوژیکی مسأله می باشد. نیاز است که تصمیم گیران از پیامدها و آثار هرگونه سیاست در توسعه منابع، نگهداری و تخصیص و مدیریت تقاضا در سطح حوضه مطلع گردند و یک سیستم پشتیبانی برای تصمیم گیری و سیاست گذاری در آینده تعریف گردد. در این تحقیق نیز تلاش شده است که با استفاده از مفاهیم "اعتمادپذیری" تامین تقاضا و نیز "کمبود جریان زیست محیطی" برای ارزیابی عملکرد سیستم آبی، راهکاری به برنامه ریزان پیشنهاد داده شود. در این راستا عملکرد سیستم در دو سیاست، با تامین نیاز زیست محیطی به دو صورت جریانی غیر قابل انعطاف و قابل انعطاف بررسی شده است.

جریانهای زیست محیطی

برای رسیدن به تعادل بین تقاضاها و نیز پایداری محیط زیست، باید جریان رودخانه به گونه ای مناسب تعیین و تنظیم شود. "جریانهای زیست محیطی"^۱ جریانهایی هستند که در رودخانه ها و نهرها باید برقرار باشد تا اکوسیستم آبی پایدار بماند. از فواید شناسایی و ارزیابی جریانهای زیست محیطی حداقل کردن و یا تخفیف دادن اثرات سوء سیاستهای توسعه منابع آب، احیاء سیستم های متأثر از توسعه نامناسب، و ارزیابی خسارات و روشهای جبران این آثار می باشد [۲].

برای داشتن تغییرات طبیعی لازم است که مؤلفه های ویژه جریان طبیعی حفظ شود. هر چه این تغییرات بین جریان های پایه و سیلاب بیشتر و متنوع تر باشد، تنوع زیستی نیز بیشتر دیده می شد. مؤلفه های جریان طبیعی عبارتند از: جریان پایه، سیل های کوچک و بزرگتر، جریانهای با منظور خاص. جریان پایه بیشتر توسط آب زیر زمینی تأمین می گردد. سیل های کوچک و بزرگ که شکل بستر و دیواره کانال ها و نهرها را پایدار نگه می دارد، و جریانهای با منظور خاص برای یک نیاز خاص اکولوژیکی طراحی می شوند.

^۱ Environmental Flows



فعالیت هایی که عموماً باعث تغییر رژیم طبیعی رودخانه می گردند شامل برداشت در طول رودخانه برای رفع تقاضای کشاورزی و شرب، احداث سدهای بزرگ، انتقال بین حوضه ای و تولید انرژی برق آبی هستند. عموماً جریانهای زیست محیطی را می توان به دو صورت تامین نمود: آزاد کردن جریانهای مشخص و تنظیم شده از سرریز سدها، و تعیین الزامات درون جریانی با اهداف زیست محیطی [۲].

روشهای ارزیابی جریانهای زیست محیطی: طی ۲۰ سال گذشته روشهای زیادی برای تعیین و برقراری جریان زیست محیطی در اروپا، امریکا، استرالیا و افریقای جنوبی توسعه و گسترش یافته است. رویکردهای تعیین جریانهای زیست محیطی را می توان به دو دسته تقسیم کرد: ۱- رویکردهای تجویزی^۲ ۲- رویکردهای تعاملی^۳.

رویکردهای تجویزی معمولاً یک هدف مشخص را نشانه می گیرند و یک جریان یا مؤلفه واحد از رژیم جریان را پیشنهاد می دهند. این رویکرد برای مواردی که هدفها مشخص و بدون پیچیدگی است مناسب می باشد و اطلاعات ناقص، ناتوانی در جوابگویی به مساله را به دنبال خواهد داشت. از طرف دیگر رویکردهای تعاملی، بر پایه وابستگی بین تغییرات جریان و شرایط گوناگون رودخانه استوار شده است. روشهای مبتنی بر این رویکرد بسیار پیچیده تر و نیازمند اطلاعاتی گسترده هستند و بهتر است در یک روند مذاکره ای بکار گرفته شوند. این رویکرد یک بازه از رژیمهای جریان با شرایط خاص خود را تعیین می کند [۲].

رویکردهای تجویزی به چهار دسته تقسیم می شوند. روشهای شاخص هیدرولوژیکی، روشهای نسبت هیدرولیکی، پانل های تخصصی و رویکردهای کل نگر. روشهای شاخص هیدرولوژیکی یکی از روشهای قدیمی، معتبر، سریع و آسان است، که وابسته به رکوردهای تاریخی جریان هستند. در این روش توجه بسیار کمی به شرایط طبیعی و جانوری رودخانه می شود. از روشهای معتبر شاخص هیدرولوژیکی می توان به "تحلیل منحنی تداوم جریان" و روش "گستره تغییرات" و روش "تنانت" اشاره کرد. روشهای ارزیابی جریان در رویکردهای تعاملی به طور عمده به دو دسته تقسیم می گردند، شبیه سازی زیستگاه طبیعی و روش شناسی کل نگر. انتخاب روش ارزیابی جریان مبتنی بر عواملی چون ملاحظات فنی و کیفیت داده ها، قیدهای مالی و زمانی، و درجه اعتماد نتایج مورد انتظار می باشد [۲].

سوابق مطالعاتی

تحقیقات و مطالعات برجسته ای در مورد جریانهای زیست محیطی انجام شده است. Tennant سال ۱۹۷۶ روش "تنانت" را برای بقا و تولید مثل جمعیت ماهی ها مطرح کرد. در آن روش، سال به سه قسمت تقسیم و حداقل جریان پایه برای هر کدام در نظر گرفته شد [۴]. قبل از او Collings و همکاران در طی سالهای ۱۹۶۸ تا ۱۹۷۲ توسط روش "محیط تر" که روش نسبت هیدرولیکی است به مطالعه و بررسی گونه ای از ماهی قزل آلا در برابر شرایط هیدرولوژیکی چهار رودخانه از غرب واشنگتن پرداختند [۵]. King و Louw در سال ۱۹۹۸ از روش

² Prescriptive Approaches

³ Interactive Approaches



BBM^۴ در حوضه آبریزی در آفریقای جنوبی به بررسی آثار تخصیص جریانهای تنظیم شده بر وضعیت درون جریانی اکوسیستم استفاده کردند [۶]. در سال ۱۹۹۵ Stalnaker و Lamb روش شناسی IFIM را توسعه دادند [۷]. Harris و Swales در دهه ۹۰ از رویکرد پانل تخصصی برای ارزیابی و تعیین جریان زیست محیطی در تعدادی رودخانه استفاده کردند [۸]. Zalucki و Arthington در سال ۱۹۹۸ طی گزارشی روشهای ارزیابی جریان زیست محیطی را مقایسه کردند [۹]. Gustard و Dunbar به کمک همکاران در سال ۱۹۹۸ در مورد روش های تخصیص برای اهداف درون جریانی تحقیق و آنها را دسته بندی کردند [۱۰]. Tharme در سال ۱۹۹۶ به جمع آوری و مقایسه کردن روش های عمومی و جهانی ارزیابی کمی نیازهای درون جریانی پرداخت [۱۱]. Bergkamp و McCartney سال ۲۰۰۰ به ارزیابی آثار سدها بر اکولوژی منطقه پرداختند [۱۲].

در دهه ۹۰، اکولوژیست ها ایده ای با عنوان "رژیم جریان طبیعی" ارائه کردند که بسیار برای اکوسیستم سودمند به نظر می رسید. Ritcher در سال ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۸ در تحقیقات خود بر این موضوع تاکید کرد که جریان مورد نیاز درون رودخانه بسیار پیچیده تر از یک جریان پایه ثابت است. Ripa چارچوب "منحنی تداوم جریان سالانه" را پیشنهاد داد تا بتوان تعیین کرد چه مقدار آب می توان برای مصارف انسانی جدا کرد. Wu و Shiao با استفاده از روش RVA^۵ به بررسی تاثیر هیدرولوژیکی بندهای انحرافی در تایوان پرداختند [۱۳]. ادبیات گسترده ای در مورد روشهای تخصیص هر نیاز به طور جداگانه با سیاستهای مختلف رودخانه موجود است ولی در زمینه روشهای تلفیق این نیازها و سیاستها به نحوی که به یک حالت بهینه در زمینه بهره برداری مخزن برسیم بسیار کم و پراکنده انجام شده است. از صدها مطالعات بهینه سازی بهره برداری از مخزن، تنها سه مطالعه توسط Sale ۱۹۸۲، Snyder و Palmer ۱۹۸۲، Cardwell و Jager ۱۹۹۶ در زمینه تعاملات بهینه بین نیازهای انسانی و اکولوژیکی پرداخته اند. Homa و Vogel, Smith, Lee, Sieber توانستند در سال ۲۰۰۵ با بیان مفهوم "کمبود جریان اکولوژیکی" یک چارچوب برای ارزیابی تعاملات نیاز آبی انسان و رودخانه بسط و گسترش دهند [۱].

مفهوم جدید کمبود جریان اکولوژیکی

منحنی تداوم جریان^۶ یا FDC به طور گسترده در ارزیابی های جریان به کار برده می شود. آنها توصیف بسیار مناسب و جامعی از وضعیت هیدرولوژیکی سیستم رودخانه می دهند و می توانند در زمینه ارزیابی های زیست محیطی نیز سودمند باشند. در نمودارهای FDC محور عمودی، جریان و محور افقی، درصد احتمال تجاوز جریان ها از یک دبی مشخص می باشد. در شکل ۱ نمودار FDC برای دو حالت داده های تاریخی در یک ایستگاه در حالت طبیعی و نیز تنظیم شده رسم گردیده است [۱].

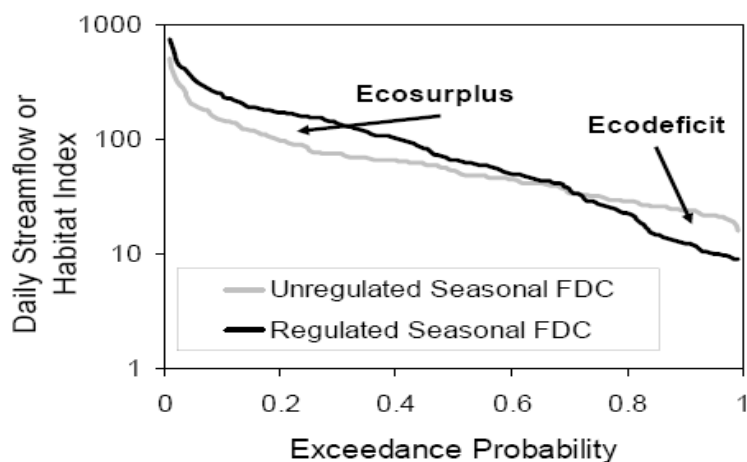
⁴ Building Block Method

⁵ Range of Variability Approach

⁶ Flow Duration Curve



در این شکل، نمودار FDC حالت تنظیم شده به رنگ سیاه و نمودار FDC تاریخی به رنگ خاکستری رسم شده است. مساحت پائین نمودار رکورد تاریخی و بالای حالت تنظیم شده را "کمبود جریان اکولوژیکی"^۷ نامیده‌اند. مساحت اکودفیسیت بیانگر حجم خالص آبی است که در حالت تنظیم شده برای نیازهای درون جریانی موجود نمی باشد. به طور مشابه می توان مفهوم دیگری به نام "مازاد اکولوژیکی"^۸ را تعریف کرد که در این حالت منحنی رکورد تاریخی پایین تر از منحنی تنظیم شده قرار می گیرد [۵]. برای اینکه بتوان کمبود جریان اکولوژیکی را به پارامتری برای بررسی عملکرد سیستم بیان کرد تفاوت آن را از صددرصد محاسبه و این مفهوم را 1-Ecodeficit می نامیم که بیانگر درصد جریان زیست محیطی تامین شده خواهد بود.



شکل ۱ - توصیف مفهوم کمبود جریان اکولوژیکی

اهمیت تامین رژیم مشابه رژیم طبیعی وابسته به بزرگی، مدت، فراوانی و فرکانس وقوع پارامترهای جریان است. هم کمبود، هم مازاد جریان اکولوژیکی می تواند بر اکوسیستم آبی حوضه آبریز تاثیر بگذارد. لازم است که مطالعات و بررسی های بیشتری با استفاده از این مفهوم جدید، ساده و در عین حال موثر انجام پذیرد تا نقاط قوت و ضعف استفاده از آن مشخص گردد [۱].

ابعاد مسأله

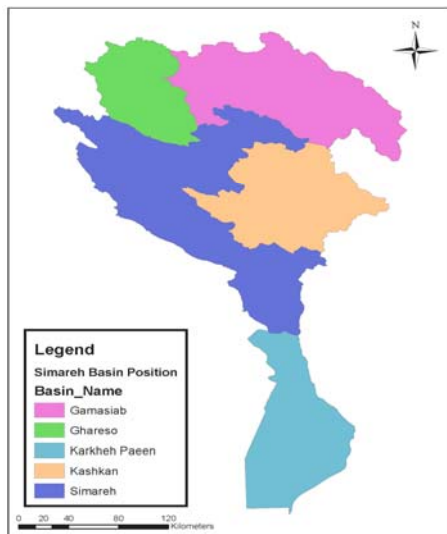
مورد مطالعاتی انتخاب شده زیرحوضه رودخانه سیمره در حوضه رودخانه کرخه است. علت در حال توسعه بودن بخش کشاورزی در حوضه است که مسائل و چالشهای بسیاری را مطرح می کند، مانند احداث سدها و انتقال آب بین زیر حوضه ها. رودخانه سیمره از اتصال رودخانه های گاماسیاب و قره‌سو، رودخانه جزمان و اتصال رودخانه چرداول و کشکان حاصل می شود. رژیم آبدهی رودخانه سیمره مشابه شاخه‌های اصلی تشکیل دهنده آن است.

⁷ Ecodeficit

⁸ Ecosurplus



افق زمانی میان مدت ۱۵ ساله برای بررسی مسأله مذکور انتخاب و از داده‌های آب و هوایی سالهای ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۰ میلادی استفاده شد تا تأثیر اقدامات و سناریوها تحت شرایط اقلیمی مختلف بررسی شود [۱۵].



شکل ۲ - موقعیت زیرحوضه‌های حوضه رودخانه کرخه

از ۲۰ واحد هیدرولوژیکی (دشت) منطقه مورد مطالعه، ۱۰ واحد آن برای شبیه سازی در مدل انتخاب شدند مبنای این انتخاب عبارتند از: دشتهایی که در سرآب و نقاط مرتفع تر حوضه قرار دارند بیشتر نیاز آبیاری خود را از آب زیرزمینی تامین می کنند. علت این امر به علت کمبود آب قابل استحصال سطحی می باشد.

جدول ۱- مشخصات واحدهای هیدرولوژیکی

| مساحت (هکتار) | واحدهای هیدرولوژیکی زیرحوضه |
|---------------|-----------------------------|
| ۲۶۴۴۰۰ | نورآباد |
| ۶۲۰۰۰ | هومیان دیالی |
| ۱۱۹۴۳۸ | هولیلان |
| ۶۲۹۰۳ | چرداول |
| ۲۴۳۲۰ | شیروان |
| ۱۳۹۷۰۱ | بدره |
| ۵۶۴۱۷ | رومیشگان |
| ۷۹۲۱۴ | دره شهر |
| ۳۹۹۴۶۸ | مولاب |
| ۸۷۱۱۲ | دشت عباس- اوان |

حوضه آبریز کرخه یکی از حوضه های پرآب کشور است که حوضه آبریز کاملاً کشاورزی محسوب می شود. منابع خاک در دشتهای حوضه کرخه فاقد محدودیت های کمی و کیفی است. براین اساس در هیچ یک از دشتهای کرخه کمی محدودیتی برای توسعه کشت آبی وجود ندارد و از نظر کیفی محدودیتها قابل کنترل و اصلاح می باشند. راندمانهای آبیاری در دشتهای و زیرحوضه‌های حوضه کرخه از ۲۸ تا ۳۶ درصد تغییر می کند؛ که به طور عمده مربوط به الگوی کشت و روشهای آبیاری است. در زیر حوضه‌ها ۴۸ درصد الگوی کشت به غلات اختصاص داده شده یافته است. در سال پایه در کل حوضه کرخه ۶۰/۲۴ درصد از نیاز آبی کشاورزی از آب سطحی و ۳۹/۷۶



درصد بقیه از آب زیرزمینی بوده است. اجرای برنامه های توسعه منابع آب و طرحهای مهار و ذخیره آبهای سطحی موجب خواهد شد که حدود ۹۰ درصد مصارف آب در بخش کشاورزی را افزایش دهد. اگر به پیش بینی افزایش راندمان آبیاری از ۳۳ درصد به حدود ۴۸ درصد نیز توجه شود امکانات حوضه مذکور از نظر منابع آب به خوبی مشهود است و سطح کشت آبی در حوضه های کرخه می تواند بیش از ۸۳ درصد افزوده شود [۱۵].

بستر سازی مدل

یکی از مهمترین قدمها در شناخت، ارزیابی و اعمال سیاستها در سطح حوضه آبریز مدل سازی صحیح آن به روش مناسب می باشد. انتخاب روش مدل کردن در نرم افزار باید با توجه به فرایندهای مهم سیستم، کیفیت، کمیت و نوع داده های در دست و نیز نوع مساله و نتایج مورد انتظار انجام گردد. برای ارزیابی سیاستهای مورد نظر از نرم افزار WEAP استفاده شد. در مدل، سناریوها نسبت به معیارهایی از قبیل کفایت آب برای تأمین تقاضا، مطابقت با اهداف زیست محیطی، و تخصیص آب جهت مراکز تقاضا و الزامات درونی جریان رودخانه^۹ حل می گردد. در مدل، دو هدف درون سیستم آبی باید تأمین شود: تقاضای کشاورزی و الزامات درون جریانی. الزامات درونی جریان بیان کننده حداقل جریان و رژیم لازم در رودخانه است. این نیاز در تقابل و تعامل با مصرف کننده دیگر حوضه یعنی نیاز کشاورزی قرار می گیرد. در هر نقطه مورد نظر در طول رودخانه، حالت تنظیم شده جریان با رکورد تاریخی آن مقایسه و با رسم منحنی های تداوم جریان، کمبود جریان اکولوژیکی به دست می آید.

تدوین و ارزیابی سناریوها

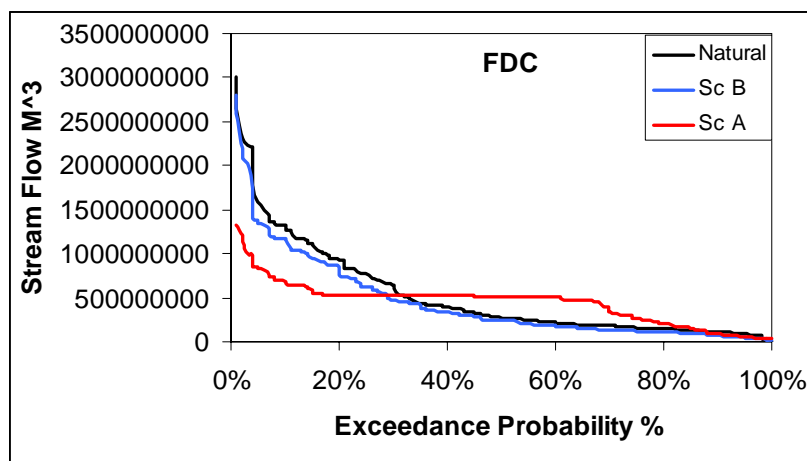
در تعریف سناریوهای توسعه، تخصیص و مدیریت در این مساله به پنج فاکتور اصلی توجه گردید: (۱) افزایش فعالیت های مصرفی آب (۲) توسعه منابع آب (۳) مدیریت تقاضا (۴) ارزیابی نیاز اکوسیستم (۵) انتقال آب به حوضه های مجاور. تغییر فعالیت های مصرفی آب به کمک افزایش سطح زیر کشت آبی و تغییر الگوی کشت محصولات در نظر گرفته می شود. توسعه منابع آب توسط احداث و بهره برداری از سدها و انتقال آب از زیر حوضه ها صورت می گیرد. برای مدیریت تقاضا افزایش راندمان، نوع الگو و ترکیب کشت محصولات لحاظ شده است. تغییر الگوی تخصیص را می توان به کمک بیان اولویت ها و ترجیحات اعمال نمود. نیاز اکوسیستم نیز به صورت قید الزام درون جریانی مطرح می شود.

به منظور ارزیابی آثار سیاست ها، از دو عملکرد سیستم استفاده شد: (۱) اعتماد پذیری تأمین صددرصد نیاز کشاورزی (۲) کمبود جریان اکولوژیکی (اکودفیسیت). ارزیابی تعامل دو نیاز کشاورزی و زیست محیطی را می توان با بررسی اعتماد پذیری هر تقاضا در برابر 1-Ecodeficit انجام داد.

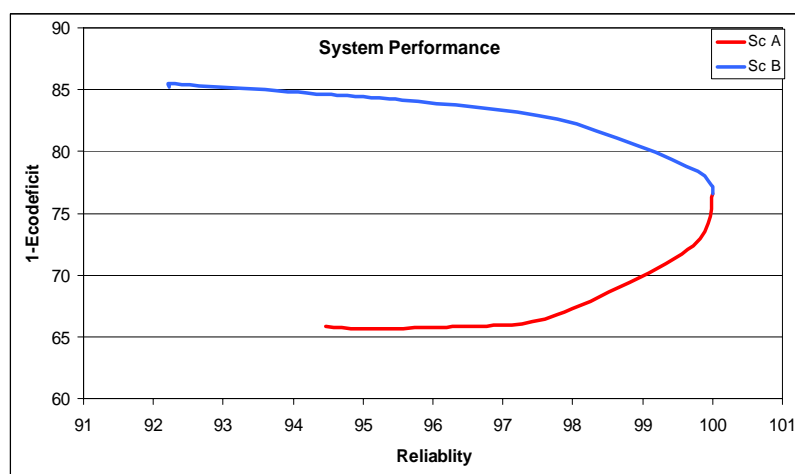
^۹ In-stream Flow Requirement



سناریوی A، هدف از تعریف این سناریو، تعیین حق آبه زیست محیطی بصورت حداقل جریان پایه ثابت در طی سال می باشد. سناریوی B، در این سناریو هدف پیروی هر چه بیشتر سیستم از رژیم طبیعی تاریخی می باشد. بررسی این حالت در برابر رژیم ثابت، می تواند به توانایی و مزایای این روش و نتایج حاصل از آن اشاره کند. در سناریوی A، سعی بر این است که درصدی از میانگین جریانی که در طی ۱۵ سال در هر ایستگاه ثبت شده است تامین گردد. این سناریو سیستم را ملزم به تامین حداقل جریان پایه ای ثابت و غیر قابل انعطاف می کند، جریانی که بر اساس نیاز زیست محیطی رودخانه طرح نشده است. بلکه تنها میانگینی از جریانهای ثبت شده است. در مقابل در سناریوی B، نیاز زیست محیطی بصورت قیدی انعطاف پذیر برای سیستم تعریف می شود و سیستم ملزم است که در هر زمان از سال درصدی از جریان تاریخی ثبت شده در آن زمان را تامین کند. لازم به ذکر است که در هر سناریو، سیستم برای تامین صفر تا ۱۰۰ درصد تامین قید زیست محیطی شبیه سازی می شود و نتایج دو سناریو بررسی می گردد. نتایج دو سناریوی A و B در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ مشاهده می شود. نتایج نشان داده شده برای ایستگاه پای پل در دشت عباس - اوان می باشد.



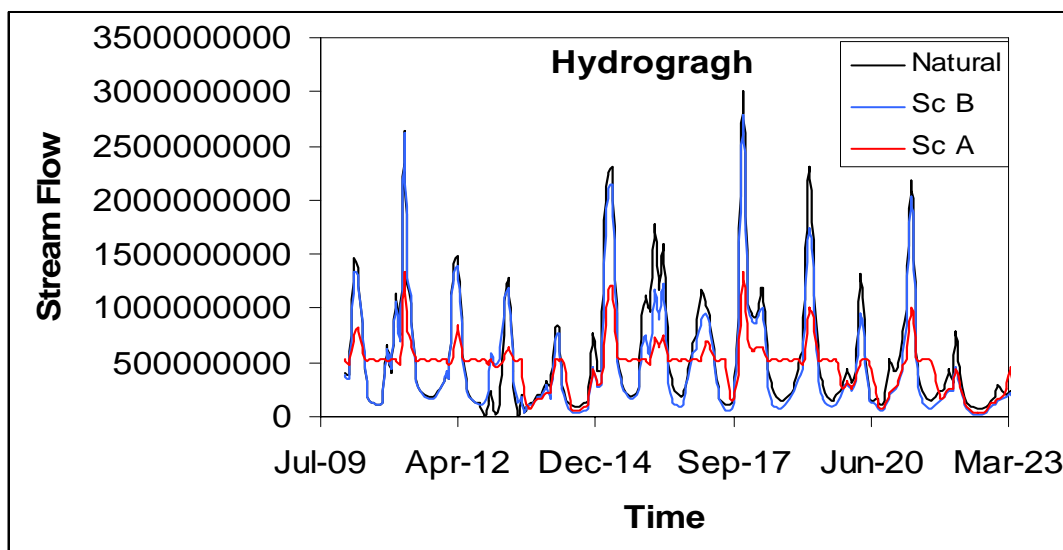
شکل ۳ - نمودار تداوم جریان برای ۹۵٪ الزام درون جریانی



شکل ۴ - اعتمادپذیری در برابر 1-Ecodeficit



در هر دو سناریوی A و B، اعتماد پذیری در محدوده ۷۰٪ الی ۱۰۰٪ رژیم طبیعی، حساسیت بیشتری به تغییرات الزامات درون جریانی دارد. تعیین حداقل دبی ثابت برای محیط زیست از روشهای قدیمی است که نتایج آن نشان دهنده کاهش قابل ملاحظه ای هم در مقادیر اعتماد پذیری تامین تقاضای کشاورزی و هم در تامین جریان زیست محیطی می باشد. جریان در سناریوی A در زمانهای کم آبی و پر آبی انعطاف پذیری بسیار کمی دارد. از طرفی چون اولویت تخصیص منابع به دو نیاز یکسان است، سیستم نمی تواند به طور کامل نیاز کشاورزی را تامین کند و اعتماد پذیری کاهش خواهد یافت. اختلاف شدید رژیم طبیعی و رژیم تنظیم شده، اختلاف کمبود و مازاد جریان زیست محیطی را نمایان تر می کند. همچنین مولفه های جریان زیست محیطی که شامل جریانهای پایه و سیلهای بزرگ و کوچک است تامین نمی شود.



شکل ۵ - هیدروگراف جریان

آنچه از نتایج سناریوها بدست می آید این است که در پی افزایش درصد الزام درون جریانی، کاهش اعتمادپذیری بوجود می آید. در سناریوی A مشاهده می شود که کاهش اعتمادپذیری تامین تقاضای کشاورزی، کاهش جریان زیست محیطی را در پی دارد. در صورتی که در سناریوی B کاهش اعتمادپذیری، افزایش جریان زیست محیطی را سبب شده است. مهمترین علت چنین رفتاری از سیستم در سناریوی B، پیروی هرچه بیشتر آن از رژیم طبیعی می باشد. در نتیجه نه تنها کمبود جریان اکولوژیکی کمتری ایجاد می کند، بلکه مؤلفه های جریان نیز بهتر بازسازی می شوند و این انعطاف پذیری جریان در تنظیم مناسب جریان برای تامین نیاز کشاورزی مؤثر بوده است.



نتیجه گیری

آنچه که از نتایج سناریوها و سیاست های مدل بدست آمده آن است که جوابهای بدست آمده، جوابهای کارآمد یا نامغلوب هستند. هر یک از این جوابها، نتیجه یک تصمیم گیری در سطح حوضه می باشد. برای تصمیم گیری بر اساس این نتایج نیاز به استفاده از روشهای تصمیم گیری چند معیاره هستیم. در این تحقیق از مفهوم جدید کمبود جریان اکولوژیکی استفاده شد. با تعریف 1-Ecodeficit به عنوان یک عملکرد سیستم به ارزیابی اثرات زیست محیطی هیدرولوژیکی تصمیمات و سیاستهای مطرح در حوضه پرداخته شد. این عملکرد جدید (1-Ecodeficit) نشان داد که می تواند به عنوان یک عملکرد مناسب، قابل درک، کارآمد مطرح شود و به عنوان یک شاخص هیدرولوژیکی در بررسی سناریوهای مختلف برنامه ریزی و مدیریت منابع آب در سطح حوضه آبریز به کار برده شود. مفهوم کمبود جریان اکولوژیکی در مقایسه با روشهایی که در آنها نیز از FDC استفاده می نمایند بسیار ساده تر خواهد بود. نتایج نشان می دهند در نظر گرفتن الزامات درون جریانی با هدف تطبیق با رژیم طبیعی می تواند نه تنها تقاضای کشت آبی را تامین کند، بلکه کمبود جریان زیست محیطی کمتری را در پی دارد. در حقیقت تخصیص جریانی انعطاف پذیر برای تامین جریان زیست محیطی نه تنها به بقای اکوسیستم می تواند کمک کند بلکه نیاز مصرفی کشاورزی را نیز با اعتمادپذیری بالاتری تامین می کند.

مراجع

1. E.S. Homa, R.M. Vogel, M.P. Smith, C.D. Apse, A. Huber-Lee and J. Sieber, "An Optimization Approach for Balancing Human and Ecological Flow Needs." Proceeding of the EWRI 2005 World Water and Environmental Resources Congress, ASCE, Anchorage, Alaska, 2005.
2. Richard Davis, Rafik Hirji, The World Bank Washington, D.C. 2003. Water Resources and Environment - Technical Note C.1: Environmental Flows Concept and Methods.
3. Richard Davis, Rafik Hirji, The World Bank Washington, D.C. 2003. Water Resources and Environment - Technical Note C.1: Environmental Flows Concept and Methods.
4. Tennant, D.L. (1976) Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. Fisheries 1(4): 6-10.
5. Callings, M.R., R.W. Smith, and G.T.Higgins. 1972. "The hydrology of four streams in western Washington as related to several Pacific salmon species." US Geological Service Water Paper 1968.
6. King, J. and Louw, D (1998) Instream flow assessments for regulated rivers in South Africa using Building Block Methodology. Aquatic Ecosystems Health and Management, 1: 109-124.
7. Stalnaker, C., B.L. Lamb, J. Henriksen, K. Bovee, and J. Bartholow. 1995. "The Instream Flow Incremental Methodology: A primer for IFIM." Biological Report 29, March 1995. Reston, VA: US Department of the Interior, National Biological Service.
8. Swales, S. and J. H. Harris. 1995, The Expert Panel Assessment Method (EPAM): A new tool for Determining Environmental Flows in Regulated Rivers. In Harper, D.M. and A.J.D. Ferguson, eds. The Ecological Basis for River Management. Chichester, UK: John Wiley and Sons, pp 125-134.
9. Arthington, A.H., S.E. Bunn, N.L. Poff, and R.J. Naiman. 2006. The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. Ecological Applications 16: 1311- 1318.
10. Dunbar, M.J., A. Gustard, M.C. Acreman, and C.R. Elliott. 1998. Overseas approaches to setting river flow objectives. Institute of Hydrology. Research and Development Technical Report W6-161. Oxon, England. 83 pp.
11. Tharme, R.E. (1996) Review of international methodologies for the quantification of the instream flow requirements of rivers. Water law review. Final Report for policy development. Commissioned by the



Department of Water Affairs and Forestry, Pretoria, Freshwater Research Unit. University of Cape Town, Cape Town , South Africa, 116 pp

12. Bergkamp,G., M. McCartney p. Dugan, J. McNeely and M. Acreman. 2000. Dams, ecosystem functions and environmental restoration. Contributing paper to World Commission on Dams Thematic Review. Environmental Issues II. New York: UNEP. Downloadable from www.dams.org.
13. Jian-Ping Suen, J. Wayland Ehaert, 2006, Reservoir Management to Balance Ecosystem and Human Needs: Incorporating the paradigm of the Ecological flow Regime, Water Resources Research, Vol. 42, W03417, doi:10.1029/2005WR004314, 2006.

۱۴. شرکت مهندسين مشاور جاماب. طرح جامع آب کشور، حوضه آبريز کرخه. ۱۳۷۸