نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۱۲، مهر - آبان ۱۳۹۷، ص. ۷۹۷-۷۸۸

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 12, Oct.-Nov. 2018, p. 788-797

تعیین حجم ذخیره آب‌بندان حوضه آبیاری و زهکشی البرز با استفاده از MIKEBASIN

محمد داودی[۱]، علی شاهنظری[۲*]، مجتبی خوش روش[۳] و سیده فاطمه هاشمی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۲۹

چکیده

دسترسی به آب کافی برای آبیاری در فصل کشت برنج که معمولا کم باران است، یکی از مشکلات کشاورزان در اراضی شالیزاری در شمال کشور است. برای برون‌رفت از این مشکل بایستی راهکارهای کنترل و بهره‌برداری از بارش‌های نابهنگام را با گسترش سازه‌های تنظیم و ذخیره‌سازی رواناب‌های جاری اصلاح نمود. در این پژوهش که در حوضه آبیاری و زهکشی البرز با وسعت ۹۰۵۲۰ هکتار انجام پذیرفت به‌ضرورت احداث آب‌بندان و تعیین حجم ذخیره آن با نرم‌افزار MIKEBASIN پرداخته شد. برای شناسایی تشکل‌های دارای کمبود از کل ۲۰ تشکل موجود، حوضه را با مدل MIKEBASIN شبیه‌سازی نموده و تشکل‌های دارای کمبود مشخص شدند. نقشه رواناب با استفاده از فرمول جاستین به‌دست آمد. پس از شبیه‌سازی حوضه مشخص شد که آب‌های بهنگام جاری در این حوضه کافی نبوده و تشکل‌های BMC2، B3-2، HATKI3، C25-3 و C25-4 علی‌رغم استفاده از تمامی منابع آبی که در محدوده طرح وجود داشت، قادر به تامین تمامی نیازهای خود نیستند. میزان کمبود سالانه برابر با ۱۳/۳۵ میلیون مترمکعب برآورد شد. مساحت حوضه‌ها برای تشکل‌های C25-4، HATKI3، C25-3، B3-2 و BMC-2 به‌ترتیب برابر ۱۴۷۹/۴۹، ۲۸۱۴/۴۸، ۲۵۹۲/۴۲، ۲۵۲۹/۲۴ و ۲۲۴۵/۱۵ هکتار به‌دست آمد. مقدار رواناب قابل‌کنترل جدید برای تشکل‌های C25-4، HATKI3، C25-3، B3-2 و BMC-2 به‌ترتیب برابر ۲/۵۷، ۹/۱۹، ۴/۵۶، ۵/۶۲ و ۷/۴۳ میلیون مترمکعب برآورد شد. برای تشکل C25-4 علی‌رغم استفاده از رواناب کنترل‌شده جدید، بازهم کمبود آن جبران نشد. برای حل این مشکل باید از تشکل‌های اطراف که مشکل کمبود ندارند استفاده نمود و یا آب بیش‌تری از شبکه و سد تخصیص داد. همچنین پیشنهاد می‌شود که سیستم تشکل‌های آب‌بران تقویت شده و آموزش لازم برای بهبود راندمان صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: شبکه، تشکل آب‌بران، رواناب، کمبود سالانه

مقدمه

یکی از تنگناهای اساسی که مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه کشور ایران با آن مواجه است، کافی نبودن آب برای مصارف متفاوت، اعم از شرب، صنعت، کشاورزی و نیازهای محیط طبیعی است. فراموش کردن این حقیقت، استفاده نادرست و بدون برنامه از منابع آب موجود یکی از مهم‌ترین عوامل بازدارنده توسعه پایدار است و این مساله با افزایش جمعیت حادتر می‌شود (سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۸). تامین انواع نیازهای زیست‌محیطی و اکوسیستم، شهری، کشاورزی، برقابی و تفریحی با توجه به کیفیت آب در کنار محدودیت منابع آب، بر پیچیدگی‌های مساله افزوده است (Gabriel et al., 2000). نظر به اینکه عرضه آب به‌دلیل محدودیت بودجه‌ای، افزایش هزینه‌های تهیه عرضه آن و حرکت به سمت منابع غیر سنتی، با محدودیت روبه‌رو است. تاکیدها جهت بهره‌برداری از منابع آب به‌سمت مدیریت تقاضا و مصرف آب در حال تغییر است. در مدیریت تقاضای آب استفاده کارا از منابع آب قابل‌دسترس مورد توجه است (Johansson et al., 2002). این در حالی است که ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب، سرمایه‌گذاری بسیار سنگینی را طلب کرده و مدیریت کلان تامین، تخصیص و مصرف این منبع پر ارزش پیوسته پیچیده‌تر می‌شود. با توجه به پیچیدگی‌های این موضوع، مدل‌های ریاضی این فرصت را فراهم می‌کنند که با پیاده‌سازی ساختار شماتیکی از یک حوضه واقعی، فرآیندهای طبیعی و هیدرولوژیکی مرتبط با سیستم منابع آب و نحوه حصول به اهداف مدیریت منابع آب را با این رویکرد ارزیابی نمایند (داودی و همکاران، ۱۳۹۳). مدیریت منابع آب با نگرشی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، آبیاری و زهکشی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴- دانشجوی دکتری، آبیاری و زهکشی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: (Email: aliponh@yahoo.com

سیستمی و جامع، بهره‌برداری و تخصیص کمی آب از مخازن، همچنین اولویت‌بندی طرح‌های توسعه امروزه بسیار مورد توجه محققین، صاحب‌نظران و سیاست‌گذاران بخش آب بوده است. آب بندان که مختص منطقه شمال کشور است در واقع یک استخر خاکی ذخیره آب است که از خاک‌برداری یک محدوده، کوبیدن و ایجاد دیواره و حصار در این محدوده به‌وجود می‌آید (پورمحمد و همکاران، ۱۳۸۹). دسترسی به آب کافی برای آبیاری در فصل کشت برنج که معمولا کم باران است، یکی از مشکلات کشاورزان در اراضی شالیزاری در شمال کشور است. این استخر ذخیره آب به‌عنوان یکی از پشتوانه‌های اصلی منابع آب شالیزارهای مناطق شمالی کشور از دیرباز موردتوجه بوده به‌طوری‌که حتی احداث سد و شبکه آبیاری نیز قادر به تضعیف نقش این منابع نبوده است. در حقیقت بقای بخش وسیعی از اراضی شالیزاری این مناطق مرهون وجود این منابع تامین آب است (مرادی و همکاران، ۱۳۸۹). آب رودخانه‌ها و رواناب ناشی از بارندگی در فصول غیر زراعی از طریق کانال‌ها و پمپ‌ها به آب‌بندان‌ها هدایت شده و در فصول بهار و تابستان به‌منظور آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد (پورمحمد و همکاران، ۱۳۹۰). از آن‌جا که سد البرز در بالادست حوضه آبریز واقع است، فقط بخش کوچکی از کل آب قابل‌دسترس در سیستم رودخانه‌ای را کنترل می‌کند (Nespak., 2009)؛ این امر باعث شده است میزان قابل‌توجهی از جریان رودخانه‌های عمده شبکه البرز با وجود داشتن کمبود در برخی از تشکل‌ها بدون استفاده به دریا بریزد. همان‌طور که گفته شد آب قابل-دسترس برای تامین نیازهای منطقه کافی نبوده و بنابراین ذخیره منابع آب سطحی و رواناب ناشی از بارندگی، امری ضروری است. عموما در کل فصل آبیاری و به‌خصوص در دوره‌های کم‌آبی، که شبکه آبیاری قادر به تامین نیاز آبی اراضی شالیزاری نیست، آب بندان ها نقش اساسی در تامین نیاز آبیاری اراضی تحت پوشش خود دارند. مدیریت برداشت آب از آب‌بندان با لحاظ کردن بیلان آبی در بازه‌های زمانی و سری زمانی تغذیه (بارندگی)، منجر به استفاده بهینه از آن در کل فصل آبیاری (نه‌تنها در دوره‌های کم‌آبی) می‌شود. امروزه مدل‌های ریاضی فرصتی فراهم می‌کند که شبیه‌سازی و نحوه حصول به اهداف مدیریت منابع آب ارزیابی شود (کارآموز، ۱۳۷۸). مدل‌های موسوم به مدل‌های مهندسی با به‌کارگیری تکنیک‌های ریاضی از قبیل روش‌های شبیه‌سازی، بهینه‌سازی و یا ترکیبی از هر دو روش ما را قادر به تحلیل مسایل موجود می‌نمایند. مدل MIKEBASINیک سیستم مدل‌سازی هیدرولوژیکی است که می‌تواند در طراحی سناریوها و مدیریت منابع آب مورد استفاده قرار گیرد. به طورکلی، این مدل نمایانگر روابط ریاضی بین اجزای مختلف سیستم منابع آب شامل ساختار رودخانه اصلی و سرشاخه‌های آن، هیدرولوژی حوضه آبریز و مصارف آبی موجود و بالقوه منطقه است. این مدل قادر است توزیع آب را بر اساس اولویت زمانی مصرف‌کنندگان شبیه‌سازی کند و بسیاری از اجزای سیستم منابع آب مانند آب‌های زیرزمینی، بهره‌برداری از مخازن سدها و نیروگاه‌های برق‌آبی و غیره را در نظر بگیرد (Ireson et al., 2006). در این مدل، رودخانه‌ها و سرشاخه‌های آن با شبکه‌ای از خطوط و گره‌ها نمایش داده می‌شوند. در این سیستم می‌توان مصارف آبی مختلف را برای هر یک از نقاط تامین آب تعریف نمود. به‌طورکلی می‌توان گفت مدل MIKEBASIN مدلی کامل در شبیه‌سازی سیستم‌های منابع آب می‌باشد. ارشادی و همکاران دست‌یابی به مدیریت یکپارچه منابع آب در حوضه رودخانه کابل را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که برای نیل به این هدف باید منابع موجود آب و میزان مصرف آتی آن در سطح حوضه تعیین شود. لذا در این پژوهش ترکیبی از سنجش از دور و MIKEBASIN استفاده شد. سنجش از دور برای آماده‌سازی داده-های بارش پایه، پوشش برف، کاربری اراضی و اطلاعات توپوگرافی و MIKEBASIN نیز به‌منظور گردآوری داده‌های نیاز آبی و دبی مشاهده شده در طی سال ۷۸-۱۹۶۱ به کار گرفته شد. بدین ترتیب بر اساس این اطلاعات و برآورد مصرف آب در طی دوره مذکور میزان آب موجود و جریان طبیعی آن در حوضه تعیین شد (Ershadi et al., 2005). باقری هارونی و همکاران (۱۳۹۱) با هدف تخصیص کارآمد در مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب، توانایی دو مدل MIKEBASIN و WEAP را در بخشی از رودخانه تالوار از سرشاخه‌های قزل‌اوزن مورد ارزیابی قراردادند. آن‌ها ابتدا قابلیت‌ها و امکانات شبیه‌سازی و بهینه‌سازی را بر اساس شاخص اطمینان‌پذیری اجرا و نتایج را تحلیل نمودند و درنهایت چنین نتیجه گرفتند که شبیه‌سازی توسط MIKEBASIN نسبت به مدل WEAP با توجه به دسترس گذاشتن آب به گره‌های بالاتر با واقعیت تطابق بیش‌تری دارد؛ اما در زمینه بهینه‌سازی و توزیع یکسان کمبودهای بین گره‌ها، مدل WEAP بهتر عمل کرده است. جاویدی و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از نرم‌افزار MIKEBASIN در رودخانه اترک در استان گلستان، مدل تولید رواناب سطحی و مصرف آب در بخش‌های مختلف حوضه را اجرا و با استفاده از اطلاعات موجود ایستگاه‌های آب‌سنجی در دوره شاخص واسنجی کردند. ارزیابی وضع موجود تولید رواناب، تامین نیازهای آبی و برآورد کمبودهای احتمالی در شرایط موجود گام بعدی بوده که با استفاده از این مدل و اطلاعات موجود از مصارف و نیازهای آبی انجام گرفته است. در نهایت نتایج حاصل از مدل‌سازی پس از واسنجی به‌گونه‌ای ارایه شد که بتوان بر اساس آن تامین نیازها و تعیین کمبودها در وضعیت حال و آینده را اجرا نمود. هاشمی و همکاران (۱۳۹۳) با به‌کارگیری سیستم تصمیم‌گیری در پروژه مدیریت یکپارچه آب و خاک شبکه آبیاری سد البرز با مدل MIKEBASIN دریافتند که مجموع آب‌های سطحی که می‌تواند جوابگوی تقاضای تشکل‌ها باشد، برابر با ۲۷۷/۰۲ میلیون مترمکعب (۵۵٪) و میزان تامین از آب‌بندان‌ها و آب زیرزمینی به ترتیب برابر با ۱/۹۲ میلیون مترمکعب و

۱۳۱/۰۱ میلیون مترمکعب بوده است که میزان کمبودهای برآورد شده با توجه به معیار ۸۵ درصد تامین، ۱۳/۵ میلیون مترمکعب است.

پورمحمد و همکاران (۱۳۸۹)، با بررسی وضعیت آب‌بندان‌ها در محدوده پروژه البرز دریافتند با اینکه آب‌بندان‌ها در محدوده مازندران حدود ۵/۲ درصد از مساحت کل استان را اشغال کرده است، بازهم نیاز به آب‌بندان احساس می‌شود. به ازای هر هکتار آب‌بندان حدودا پنج هکتار از مزارع شالیزار آبیاری می‌شود. مبیلینیا و همکاران برای شناسایی محل‌های دارای پتانسیل برای جمع‌آوری آب باران، از سیستم تصمیم‌گیری بر پایه سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند. برای این منظور لایه‌های اطلاعات بارش، شیب، بافت خاک، عمق خاک، شبکه زهکشی و کاربری اراضی وارد سیستم تصمیم‌گیری بر پایه GIS شد. خروجی حاصل نقشه محل‌های دارای پتانسیل برای جمع‌آوری و ذخیره آب را نشان داد. آنان در این مطالعه قابلیت کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در شناسایی مکان‌های مستعد برای کاربرد سیستم‌های جمع‌آوری آب باران را نشان دادند (Mbilinyi et al., 2007). کریکبی در بررسی اثر ویژگی‌های میزان خاک (شیب، پوشش گیاهی و بافت خاک) در تولید رواناب در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف نتیجه گرفت که ویژگی‌های میزان خاک مانند پستی و بلندی، بافت و ساختمان خاک در میزان و الگوی مکانی رواناب موثر هستند (Kirkby, 2001). صاحبی وایقان و همکاران (۱۳۹۱)، با شبیه‌سازی مدل منطقه‌ای رواناب سالانه با تاکید بر نقش پراکنش زمانی بارندگی و میزان مصارف آب در زیر حوضه‌های رودخانه قزل‌اوزن نشان دادند که عامل‌های مربوط به شرایط زمین‌شناسی و کاربری اراضی، مساحت، نوع توزیع بارندگی در طول سال، دما و شیب در برآورد رواناب سالانه حوضه‌های منطقه مطالعاتی تاثیرگذار است.

به‌طورکلی هدف از این پژوهش بررسی ضرورت بهسازی آب‌بندان و کنترل رواناب در شبکه آبیاری و زهکشی البرز به‌خصوص مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند، می‌باشد.

مواد و روش‌ها

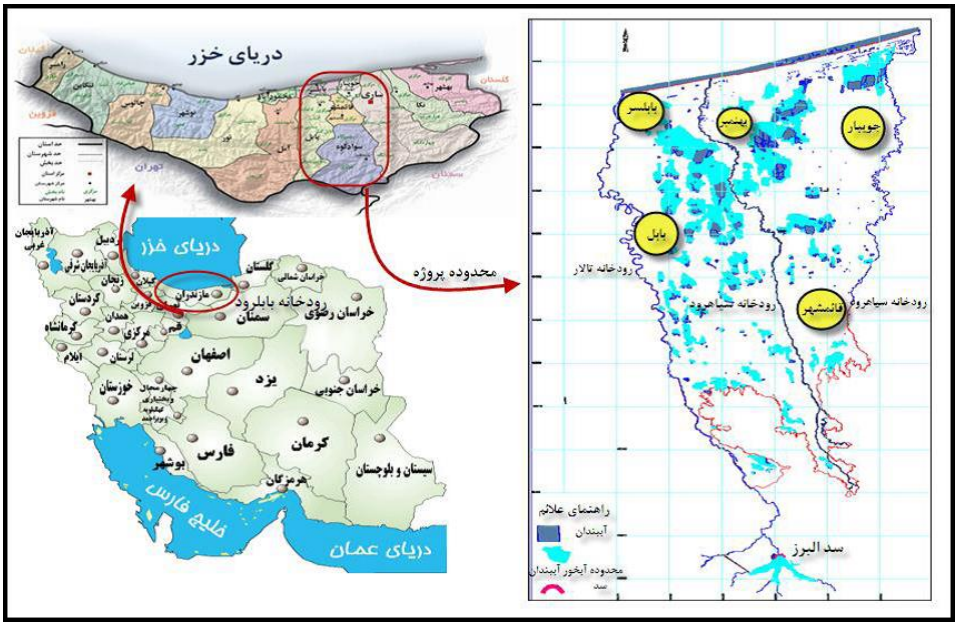
منطقه موردمطالعه از نظر تقسیمات کشوری در شهرستان‌های بابل، قائمشهر، کیاکلا، جویبار، امیرکلا و بابلسر در استان مازندران واقع شده است. این منطقه از شمال به دریای مازندران، از جنوب به سلسله جبال البرز، از شرق به رودخانه سیاهرود و از غرب به رودخانه بابل محدود می‌شود. به‌طورکلی منطقه مورد مطالعه در ناحیه عرض جغرافیایی ´ ۱۵-۳۶ تا ´ ۴۶-۳۶ شمالی و طول جغرافیایی ´ ۳۵-۵۲ تا ´ ۰۰-۵۳ شرقی قرار گرفته است. متوسط میزان بارندگی سالانه برابر ۷۷۸ میلی‌متر و متوسط دما برابر ۱۷/۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. وسعت محدوده مطالعات محدوده‌های آبخور انهار ۹۰۵۲۰ هکتار بوده که موقعیت آن در شکل ۱ ارایه شده است.

منابع آب حوضه مورد مطالعه، مجموعه‌ای از منابع آب سطحی و زیرزمینی است. منابع آب سطحی منطقه با حجم آورد سالانه حدود ۷۴۰ میلیون مترمکعب شامل رودخانه بابل، بابلک، تالار، کلیسیان، آب تجون، آب توجی، سیاهرود و آب‌های مازاد رودخانه‌های جنوبی دشت هراز (شامل گرمرود، متالون، کلارود و بزرود که توسط خرون‌رود به رودخانه بابل تخلیه می‌شوند) بوده که در تامین نیاز آبی تشکل‌ها اولویت اول را دارند. منابع آب سطحی محدوده دشت البرز شامل ۳ رودخانه بابل‌رود، تالار و سیاهرود است که از ارتفاعات سلسله جبال البرز در جنوب دشت سرچشمه می‌گیرند. باید توجه داشت که منابع آب سطحی در منطقه به‌تنهایی برای تامین کل نیازهای منطقه کافی نبوده و کشاورزان از آب زیرزمینی و آب‌های ذخیره‌شده توسط آب‌بندان‌ها نیز استفاده می‌کنند.

مدل MIKEBASIN توزیع آب را بر اساس معادله بیلان جرمی آب شبیه‌سازی می‌نماید و منابع آب حوضه را در قالب چارچوب‌های مکان و زمان و به‌صورت مجموعه‌ای از گره رابط در نظر می‌گیرد. این مدل قادر است توزیع آب را بر اساس اولویت مکانی مصرف‌کنندگان شبیه‌سازی نماید که در قالب حل معادلات جرمی آب و بر اساس برنامه‌ریزی خطی خواهد بود. این مدل عددی از یک موازنه جرم در وضعیت شبه دایمی برای مدل‌سازی حرکت آب استفاده می‌کند و توانایی روندیابی جریان به‌روش ماسکینگام و مخزن خطی را دارد.

برای آماده‌سازی داده‌ها روش‌های متعددی وجود دارد که در این پژوهش از روش‌های پاک‌سازی داده‌ها، یکپارچه‌سازی داده‌ها (تلفیق چندین پایگاه داده) و نرمال‌سازی استفاده شد. روش پاک‌سازی داده‌ها شامل پر کردن داده‌های گم‌شده، شناخت و حذف داده‌های پرت و برطرف کردن ناسازگاری‌ها است. نرمال‌سازی، تغییر مقدار داده‌ها به‌گونه‌ای است که در دامنه محدود و مشخصی قرار گیرند. هدف از نرمال‌سازی حذف افزونگی داده و باقی نگه‌داشتن وابستگی بین داده‌های مرتبط است. بدین منظور در نرم‌افزار SPSS با آزمون کلموگروف-اسمیرنوف توزیع نرمال داده‌ها به دست آمد.

سری زمانی، مهم‌ترین ورودی‌های مدل MIKEBASIN هستند. کلیه گره‌ها و اجزای به‌کار رفته در مدل ترسیمی، توسط همین سری‌های زمانی به مدل شناسانده می‌شوند که از آن‌ها می‌توان به سری‌های زمانی رواناب حوضه، نیاز آبی گره‌های مصرف و سری زمانی مربوط به قوانین بهره‌برداری در مخزن و غیره اشاره کرد. به‌همراه مدل MIKEBASIN، منویی با نام تحلیل‌گر زمانی، به‌طور مجزا نصب و فعال شد که وظیفه ساخت سری زمانی جدید، واردکردن مقادیر موجود آن‌ها، آنالیز و ترسیم سری را بر عهده دارد.



شکل ۱- محدوده پروژه شبکه آبیاری و زهکشی البرز

داده‌های ورودی موردنیاز مدل

ورود اطلاعات به مدل بر اساس الگوی گره-رابط است به این معنی که داده‌های ورودی تنها در قالب دو مجموعه گره و حوضه‌های آبریز با توجه به روابط هیدرولوژیکی شبکه آبیاری و زهکشی، به مدل وارد شدند. برای اولین قدم شبیه‌سازی اطلاعات و آمار موردنیاز شامل اطلاعات هیدرولوژی (سری زمانی ماهانه آبدهی رودخانه‌ها)، کلیه تقاضاهای تشکل‌های آب‌بران، اطلاعات مخزن سد البرز، اطلاعات آب‌بندان‌ها و اطلاعات منابع آب زیرزمینی وارد مدل شدند. میانگین ۲۸ ساله جریانات ورودی رودخانه‌های بابل، تالار و سیاهرود و سرشاخه‌های آن در قالب جریان مربوط به حوضه‌ها به‌صورت سری زمانی دبی ماهانه و بر اساس اطلاعات اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های هیدرومتری، جمع‌آوری و به مدل وارد شد. سپس سری زمانی تقاضای تشکل‌های آب‌بران بر اساس الگوی کشت در قالب دبی برحسب مترمکعب بر ثانیه به مدل وارد شد.

در این حوضه آبیاری، یک سد مخزنی و ۱۶ مخزن آب‌بندان، ۲۰ گره مصرف کشاورزی، ۲۰ منبع آب زیرزمینی و ۵۶ کانال انتقال وجود دارد. ترتیب اولویت تامین آب در هر یک از تشکل‌ها به‌صورت تلفیقی و به‌ترتیب از سه منبع آب بهنگام رودها و سد، آب‌بندان و چاه تغذیه می‌شوند. در سیستم مورد مطالعه، یک سد مخزنی (سد خاکی البرز) با حجم مفید ۱۲۹ میلیون مترمکعب و ارتفاع تاج ۳۰۶ متر و میزان تبخیر سالانه معادل ۱۰۷۱/۵ میلی‌متر از سطح دریاچه سد البرز بر روی رودخانه بابل احداث شده که آب را در فصول غیر زراعی ذخیره و در فصل زراعی رها می‌سازد. اطلاعات مخزن برحسب داده‌های هندسی آن در قالب منحنی حجم-سطح-ارتفاع و به‌صورت گره پیش‌فرض مدل تعریف شد. خصوصیات سری زمانی تراز آب در مخزن نیز به مدل وارد که بر اساس قوانین شامل رقوم کف، رقوم حجم مرده و تراز تاج سد است. باید توجه نمود که جریانات رواناب مربوط به هرکدام از زیر حوضه‌ها به‌اضافه رهاسازی از سد البرز، منابع سطحی تامین‌کننده تقاضای تشکل‌های آب‌بران است و در شبیه‌سازی مدل، میزان رهاسازی از سد البرز همراه با جریان بهنگام رودخانه فرض شد و اولویت اول را دارد. همچنین آب‌بندان‌ها در مرحله بعدی شبیه‌سازی به‌صورت گره مخزن به مدل وارد شد، با این تفاوت که دستور بهره‌برداری آن استخر تخصیص است. مساحت آب‌بندان‌ها از تصاویر ماهواره‌ای به‌دست‌آمده و متوسط عمق آن‌ها دو متر به‌منظور تامین مصارف کشاورزی در نظر گرفته شد (Nespak., 2009). در این مطالعات، ۰/۹ متر از عمق هر آب‌بندان برای پرورش ماهی در نظر گرفته و آب قابل‌دسترس در بقیه عمق آب‌بندان برای مصارف کشاورزی در نظر گرفته شد که فرض شد اولویت دوم در تامین مصارف تشکل‌ها را دارد.

پمپاژ از آب زیرزمینی مکمل منابع آب سطحی محدوده پروژه است و فرض شد که اولویت سوم را دارد. بر اساس اطلاعات آبخوان، مشخصات آن در مدل تعریف شد. بدین ترتیب که ابتدا برای هر تشکل میزان پمپاژ تعین شده و سپس منبع آب زیرزمینی هر تشکل در قالب حوضه آبریز و با مقادیر K (ثابت زمانی)، h (تراز آب زیرزمینی) و D (ضخامت آبخوان) به مدل وارد و شبیه‌سازی آن انجام شد. برای معرفی بندهای انحرافی رئیس‌کلا و گنج افروز از دستور

گره‌های انشعاب در مدل استفاده شد. داده‌های این گره بر اساس دبی رودخانه اصلی و مقادیر مجاز قابل انتقال تعریف شد. سیستم کانال رئیس‌کلا شامل کانال اصلی رئیس‌کلا RE-C با دبی ۱/۲ مترمکعب بر ثانیه و سیستم کانال گنج افروز شامل کانال اصلی (MCC) با ظرفیت ۲۳/۳ مترمکعب و کانال‌های C24 و C25 است که به‌ترتیب دارای دبی ۶/۳ و ۱۴ مترمکعب بر ثانیه است. در جدول ۱ خلاصه‌ای از مشخصات و اطلاعات تشکل‌ها آورده شده است.

با مطالعاتی که انجام شد، بهترین مدل مناسب برای برآورد رواناب حوضه آبیاری و زهکشی البرز، مدل تجربی جاستین انتخاب شد. زیرا این روش کلیه پارامترهای اقلیمی و غیر اقلیمی (فیزیوگرافی) و ضریب منطقه‌ای را در برآورد میانگین آبدهی سالانه در نظر می‌گیرد. روش جاستین با در نظر گرفتن سه پارامتر بارندگی، درجه حرارت متوسط سالانه و شیب متوسط حوضه، مقدار رواناب را برآورد می‌نماید.

$$R = 0.284 * Sh^{0.155} * \frac{P^2}{(1.8*T+32)} \quad (۱)$$

$$Sh = \frac{\Delta H}{A^{0.5}} \quad (۲)$$

که در رابطه‌های فوق، P: بارندگی بر حسب سانتی‌متر، R: رواناب سالانه بر حسب سانتی‌متر، T: دما بر حسب سانتی‌گراد، Sh: شیب حوضه، ΔH: حداکثر اختلاف ارتفاع حوضه بر حسب متر و A: مساحت حوضه بر حسب مترمربع می‌باشد. ۷۰ درصد داده‌ها برای واسنجی و مابقی برای صحت‌سنجی استفاده شد.

نتایج و بحث

میزان کمبود بر اساس الگوریتم شبیه‌سازی مدل همچنین قوانین حاکم بر گره‌های مصرف، محاسبه شده است. در جدول ۲ نتایج شبیه‌سازی مدل نشان داده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود در تشکل‌های BMC2، B3-2، HATKI3، C25-3 و C25-4 علی‌رغم استفاده از تمامی منابع آبی که در محدوده طرح وجود داشت، قادر به تامین تمامی نیازهای خود نیستند. میزان کمبود سالانه برابر با ۱۳/۳۵ میلیون مترمکعب است. اعداد صفر در جدول ۲ نشان‌دهنده این مطلب است که آب بهنگام رودخانه‌های بابل، تالار و سیاهرود برای تامین مصارف تشکل‌های آب‌بران کافی بوده است که با نتایج پورمحمد (۱۳۹۰) و نسپاک (Nespak., 2009) مطابقت دارد.

با ارزیابی خروجی‌های مدل مشخص شد که کمبودهای فراوانی در تشکل‌ها مشاهده می‌شود. از ۲۰ تشکل موجود در محدوده شبکه البرز، ۵ تشکل BMC2، B3-2، HATKI3، C25-3 و C25-4 قادر به تامین نیازهای خود نیستند که ضرورت استفاده از آب‌بندان را ایجاب می‌کند. میزان تامین سالانه از آب‌بندان‌ها به‌طور متوسط ۱/۹۲ میلیون مترمکعب است. در شکل ۲ موقعیت مکانی تشکل‌های آبیاری دارای کمبود مشخص شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، تشکل‌هایی که در قسمت پایین‌دست حوضه قرار گرفتند، به‌ناچار نتوانسته‌اند نیاز خود را با آب بهنگام حوضه و همچنین سد تامین کنند. به‌همین دلیل این تشکل‌ها وابستگی بیش‌تری به آب آب‌بندان و منابع آب زیرزمینی دارند.

برای ۵ تشکل دارای کمبود، مساحت ۱۱۶۶۰/۷۸ هکتار برای جمع‌آوری رواناب در نظر گرفته شد. شکل ۳ موقعیت کل حوضه‌های آبگیر شناسایی شده برای پنج تشکل دارای کمبود را نشان می‌دهد. در جدول ۳ مساحت کل حوضه‌های آبگیر جدید برای هر تشکل آورده شده است.

با توجه به فرمول جاستین و داشتن نقشه بارندگی سالانه و نقشه دمای سالانه در محیط GIS، نقشه رواناب سالانه به‌دست آمد (شکل ۴). همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، بیش‌ترین مقدار رواناب در محدوده ایستگاه بابلسر رخ می‌دهد که این امر به‌دلیل بالا بودن بارندگی در این منطقه است. با داشتن مقدار رواناب سالانه، شکل و مساحت حوضه آبگیر جدید شناسایی شده برای تشکل‌های دارای کمبود، حجم رواناب قابل کنترل در محیط GIS محاسبه شد. جدول ۴ حجم رواناب برای هر تشکل را نشان می‌دهد. با توجه به جدول مشخص است که تشکل C25-4 با وجود کنترل حجم رواناب جدید، کمبود آن جبران نشده است. ولی در چهار تشکل دیگر، حجم کنترل رواناب محاسبه شده بیش‌تر از کمبود تشکل‌ها است.

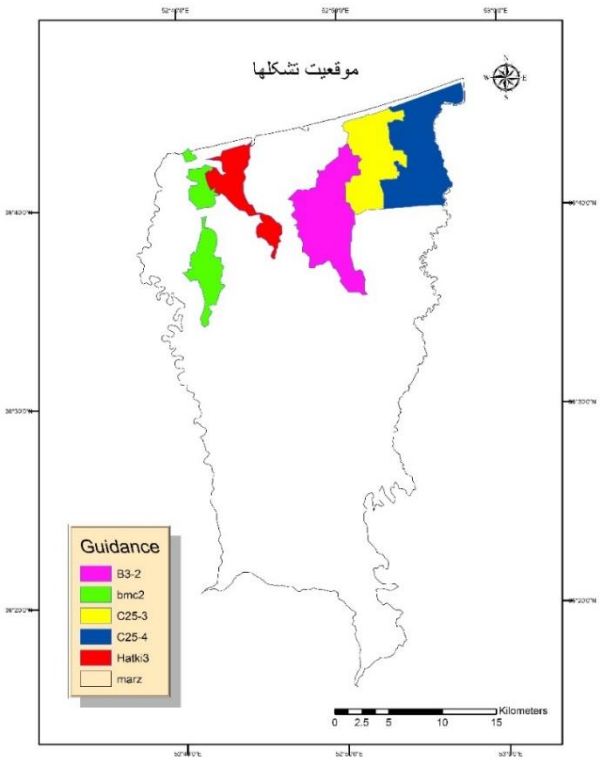
برای وارد کردن داده‌های آب‌بندان به مدل مطابق با قانون استخر تخصیص نیازمند داشتن منحنی حجم–سطح–ارتفاع است. جدول ۵ اطلاعات منحنی حجم–سطح–ارتفاع فعلی و بعد از شبیه‌سازی و مشخص شدن حجم آب کنترلی جدید را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

نتایج شبیه‌سازی مدل نشان داد از ۲۰ تشکل موجود در محدوده شبکه البرز، تشکل‌های BMC2، B3-2، HATKI3، C25-3 و C25-4 علی‌رغم استفاده از تمامی منابع آبی که در محدوده طرح وجود داشت، قادر به تامین تمامی نیازهای خود نیستند. میزان کمبود سالانه برابر با ۱۳/۳۵ میلیون مترمکعب است. با توجه به کاربری اراضی و موقعیت حوضه‌های آبگیر موجود و شناسایی تشکل‌های دارای کمبود، حوضه‌های آبگیر جدید شناسایی شدند که مساحت کلی به‌دست‌آمده برابر ۱۱۶۶۰/۷۸ هکتار برای ۵ تشکل دارای کمبود آب است. حجم جدید آب‌بندان برای کل تشکل‌ها نیز برابر ۵۵/۶۷ میلیون مترمکعب برآورد شد. سطح موردنیاز برای بهسازی آبندان‌ها برابر ۲۷۲۰ هکتار می‌باشد. بنابراین برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه برداشت آب از آب‌بندان به‌منظور کاهش فشار بر شبکه تامین آب آبیاری (کانال) در کل فصل آبیاری و به‌ویژه در دوره‌های کم‌آبی بایستی مدنظر قرار گیرد.

جدول ۱- معرفی خصوصیات و مشخصات تشکل‌ها

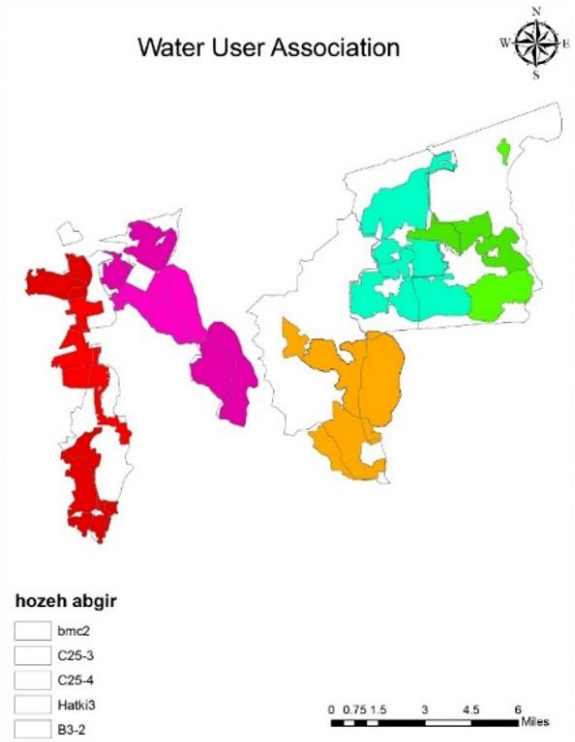
تشکل‌ها	تقاضا (MCM)	مشخصات آبخوان تحت هر تشکل			مشخصات آب‌بندان تحت هر تشکل		
		ضخامت (m)	هدایت هیدرولیکی (m/day)	سطح آب (m)	سطح (ha)	حجم مفید (MCM)
B1-1	۳۹/۳	۳۲	۲/۹۵	۷/۵	۴	۰/۱
B3-1-1	۲۷/۳	۴۰	۷/۰۵	۲۰	۱۰۸	۲/۱
B3-1-2	۲۲/۵	۷۲	۸/۳۳	۲۲/۵	۱۹۹	۳/۱
B3-2	۳۰/۱	۴۰	۲/۳۶	۵	۷۸۴	۱۰/۹
BMC1	۱۹/۵	۸۵	۷/۰۶	۳۲/۵	۱۳۸	۱/۹
BMC2	۲۲/۲	۳۱	۲/۰۸	۷/۵	۲۱۹	۳/۹
BMC3	۲۱/۹	۴۰	۱/۶۱	۱۵	۳۳۹	۴/۳
C24-1	۱۰/۶	۷۲	۳/۵۳	۱۲/۵	–	–
C24-2	۲۸/۷	۵/۵	۶۸/۳۳	۲/۵	۴۶	۲/۸
C25-1	۳۸/۴	۶۵	۱۱/۹۱	۲۲/۵	۳	۰/۱
C25-2	۱۸/۶	۵۸	۰/۳۹	۱۲/۵	–	–
C25-3	۲۴/۱	۱۲	۱/۸۸	۲/۵	۳۲۷	۵/۱
C25-4	۲۶/۲	۱۲	۱/۸۸	۵	–	–
HATKI1	۳۴/۱	۷۲	۱/۷۶	۲۷/۵	۳۷۲	۵/۹
HATKI2	۱۲/۷	۷۲	۱/۷۶	۱۰	۳۶۳	۳/۸
HATKI3	۱۵/۷	۵/۵	۱۱/۷۳	۲/۵	–	–
Halidasht	۱۳/۴	۵۸/۵	۲۳/۸۸	۵۰	۶	۰/۱
Raiskola	۱۰/۱	۵۸/۵	۲۳/۸۸	۵۰	۲۳	۰/۲
TMC1	۳۵/۲	۷۲	۱۹/۴	۲۲/۵	۵۹	۱/۲
TMC2	۱۴/۱	۷۲	۱۹/۴	۲۰	۱۴۵	۲/۴



شکل ۲- موقعیت تشکل‌های دارای کمبود

جدول ۲- نتایج شبیه‌سازی مدل برای تشکل‌ها

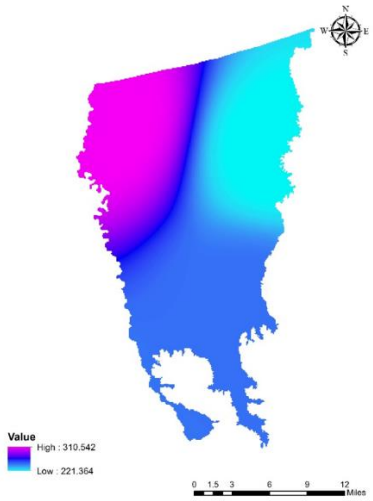
تشکل‌ها	تقاضا (MCM)	منابع آب سطحی (MCM)	آب زیرزمینی (MCM)	آب‌بندان (MCM)	کمبود (MCM)
B1-1	۳۹/۳	۱۷/۳۲	۱۴/۹۳	۰/۰۰	۰/۰۰
B3-1-1	۲۷/۳	۲۶/۸۳	۰/۶۶	۰/۰۷	۰/۰۰
B3-1-2	۲۲/۵	۷/۹۳	۱۳/۵۴	۰/۱۰	۰/۰۰
B3-2	۳۰/۱	۷/۹۳	۱۶/۳۱	۰/۳۵	۲/۹۶
BMC1	۱۹/۵	۱۲/۷۵	۲/۱۵	۰/۱۱	۰/۰۰
BMC2	۲۲/۲	۱۳/۰۹	۵/۲۷	۰/۱۳	۱/۰۳
BMC3	۲۱/۹	۱۱/۶۸	۹/۳۳	۰/۱۴	۰/۰۰
C24-1	۱۰/۶	۱۰/۲۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
C24-2	۲۸/۷	۲۶/۵۸	۱/۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰
C25-1	۳۸/۴	۲۷/۳۹	۹/۶۳	۰/۰۰	۰/۰۰
C25-2	۱۸/۶	۱۰/۷۱	۰/۶۶	۰/۰۰	۰/۰۰
C25-3	۲۴/۱	۱۰/۰۸	۱/۶۱	۰/۱۷	۱/۶۷
C25-4	۲۶/۲	۱۳/۳۱	۶/۳۶	۰/۰۰	۴/۱۶
HATKI1	۳۴/۱	۱۹/۰۲	۱۳/۵۱	۰/۱۹	۰/۰۰
HATKI2	۱۲/۷	۵/۵۲	۶/۵۱	۰/۱۳	۰/۰۰
HATKI3	۱۵/۷	۴/۲۲	۷/۳۱	۰/۰۰	۳/۵۳
Halidasht	۱۳/۴	۵/۱۱	۷/۸۴	۰/۰۰	۰/۰۰
Raiskola	۱۰/۱	۹/۲	۰/۳۶	۰/۰۱	۰/۰۰
TMC1	۳۵/۲	۲۸/۲۰	۵/۶۹	۰/۰۵	۰/۰۰
TMC2	۱۴/۱	۴/۸۱	۸/۶۰	۰/۰۸	۰/۰۰



شکل ۳- موقعیت حوضه‌های آبگیر جدید تشکل‌ها

جدول ۳- مساحت کلی حوضه‌های آبگیر جدید برای هر تشکل

تشکل‌ها	مساحت (هکتار)
HATKI-3	۲۸۱۴/۴۸
C25-4	۱۴۷۹/۴۹
C25-3	۲۵۹۲/۴۲
BMC-2	۲۲۴۵/۱۴۹
B3-2	۲۵۲۹/۲۴
SUM	۱۱۶۶۰/۷۸



شکل ٤- نقشه پتانسیل رواناب

جدول ٤- حجم رواناب برای هر تشکل

تشکل‌ها	کمبود	مساحت (ha)	متوسط عمق رواناب (cm)	حجم رواناب (MCM)
C25-4	۴/۱۶	۲۸۱۴/۴۸	۱۷/۳۷	۲/۵۷
HATKI-3	۳/۵۳	۱۴۷۹/۴۹	۳۲/۶۷	۹/۱۹
C25-3	۱/۶۷	۲۵۹۲/۴۲	۱۷/۵۹	۴/۵۶
B3-2	۲/۹۶	۲۲۴۵/۱۴۹	۲۲/۲۴	۵/۶۲
BMC-2	۱/۰۳	۲۵۲۹/۲۴	۳۳/۱	۷/۴۳

جدول ۵- منحنی حجم-سطح-ارتفاع آب‌بندان تشکل‌ها

تشکل‌ها	حجم (MCM)	سطح (ha)	ارتفاع (m)	حجم جدید (MCM)	سطح جدید (ha)	ارتفاع جدید (m)
BMC-2	۳/۹	۲۱۹	۱/۷۸	۱۱/۳۳	۴۱۳	۲/۷۵
HATKI-3	۳/۶	۲۸۶	۱/۲۵	۱۲/۷۹	۴۸۶	۲/۶۱
B3-2	۱۰/۹	۷۸۴	۱/۳۹	۱۶/۵۲	۸۱۵	۲/۰۴
C25-3	۵/۱	۳۲۷	۱/۵۵	۹/۶۶	۴۲۴	۲/۲۸
C25-4	۲/۸	۲۰۱	۱/۳۹	۵/۳۷	۲۴۳	۲/۲

منابع

باقری هارونی،م.ح.، مرید،س. ۱۳۹۱. مقایسه مدل های WEAP و MIKE BASIN در تخصیص منابع آب (مطالعه موردی: رودخانه تالوار). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک۱. ۲۰: ۱۶۷-۱۵۱

پورمحمدی،ی.، شاهنظری،ع.، پروین،ر و آقاجانی،ق. ۱۳۸۹. بررسی

وضعیت آب‌بندان‌ها در محدوده پروژه البرز، اولین همایش ملی مدیریت منابع آب اراضی ساحلی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

پورمحمدی،ی.، شاهنظری،ع.، عمادی،ع.ر و ضیاءتبار احمدی،م.خ. ۱۳۹۰. اثر لایروبی آب‌بندان‌ها بر تغییرات تخصیص آب در حوضه سد البرز با استفاده از مدل WEAP. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. ۲. ۴: ۵۶-۴۴.

جاویدی،ر.، شریفی،م.ب و میان‌آبادی،ح. ۱۳۸۸. مدل‌سازی منابع و مصارف آب در حوضه‌های آبریز به‌کمک نرم‌افزار MIKEBASIN منطقه مطالعاتی حوضه آبریز اترک استان گلستان. اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت منابع آب، شاهرود، دانشگاه صنعتی شاهرود.

داودی،م.، شاهنظری،ع.، خوش‌روش،م و هاشمی،س. ۱۳۹۳. ارزیابی سیستم منابع و مصارف آب در حوضه رودخانه‌های شبکه البرز توسط مدل MIKEBASIN. اولین کنفرانس ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار ایران.

صاحبی وایقان،ف.، عباسی،ف و بازرگان،ج. ۱۳۹۱. مدل منطقه‌ای رواناب سالانه با تاکید بر نقش پراکنش زمانی بارندگی و میزان مصارف آب در زیر حوزه‌های رودخانه قزلاوزن. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۶. ۱۸: ۵۰-۳۹.

کارآموز،م. ۱۳۷۸. کاربرد تئوری مجموعه‌های فازی در مدیریت منابع آب یکی از حوزه‌های آبریز کشور. سازمان مدیریت منابع آب ایران.

مرادی،ج.، شاهنظری،ع. ۱۳۸۹. نقش لایروبی و بهسازی آب‌بندان در مدیریت منابع آبی. اولین همایش ملی مدیریت منابع آب اراضی ساحلی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

هاشمی،ف.، شاهنظری،ع.، نوابیان،م. ۱۳۹۳. به‌کارگیری سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در پروژه مدیریت یکپارچه آب‌وخاک شبکه آبیاری سد البرز (مدل MIKEBASIN). مجله تحقیقات منابع آب ایران. ۱۰. ۲: ۶۸-۵۶.

Ershadi,A., Khiabani,H and Lorup,J.K. 2005. Applications of remote sensing, GIS and river basin modelling in integrated water resource management of Kabul river basin. ICDI 21st European Regional Conference.

Gabriel. 2000. Integration of Water Quantity and Quality in Strategic River Basin Planning. Water Recourses Planning and Management. 126. 2. 85-97

Ireson,A., Makropoulos,C and Maksimovic,C. 2006. Water resources modelling under data scarcity: coupling MIKE BASIN and ASM groundwater model. Water Resources Management. 20: 567–590.

Johansson,R., Tsur,C.Y., Roe,T.L and Doukkali,R. 2002. Pricing irrigation water: a review of theory and practice. Water Policy. 4: 173–199.

Kirkby, M. 2001. Modeling the Interactions between Soil Surface Properties and Water. Elsevier. Catenna, pp: 89-102 (www.elsevier.com /locate/catena)

Mbilinyi,B.P., Tumbo,S.D., Mahoo,H.F., Senkondo,E.M and Hatibu,N. 2007. Indigenous knowledge as decision support tool in rainwater harvesting. Physics and Chemistry of the Earth. 30: 792–798.

Nespak. 2009. Water balance analysis and system operation, Alborze Integrated Land and Water Management Project. IWREMS Consultants, National Engineering Services Pakistan and Tarh Tadbir Engineering Company.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 12, Oct.-Nov. 2018, p. 788-797

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۱۲، مهر - آبان ۱۳۹۷، ص. ۷۹۷-۷۸۸

Determination of Abbandan Storage Volume in Irrigation and Drainage of Alborz Basin using MIKEBASIN

M. Davodi[1], A. Shahnazari[2*], M. Khoshravesh[3], S. F. Hashemi[4]
Recived: Nov.09, 2017 Accepted: May.19, 2018

Abstract

Access to enough water for irrigation in rice growing season is usually a problem for farmers in paddy fields of the north of Iran. To solve this problem it is necessary to find strategies to control of untimely rainfall with expansion of regulated structures and storage of current runoff. In this research, investigated the necessity of construction of abbandan and determination of storage volume in irrigation and drainage of Alborz basin using MIKEBASIN. For identifying of water user association (WUA) with water shortages, the basin was simulated with MIKEBASIN model and WUA with water shortages were determined. Runoff map was obtained using the Justin Formula. Simulation of the basin shown that in this basin was not enough water for WUA of BMC2, B3-2, HATKI3, C25-3 and C25-4 despite the use of all water resources that there was in around the plan. The amount of the annual shortage was estimated equal to 13.35 MCM. New basin area for WUA of C25-4, HATKI3, C25-3, B3-2 and BMC-2 was obtained 1479.49, 2814.48, 2592.42, 2529.24 and 2245.15 hectare, respectively. The amount of new controllable runoff for WUA of C25-4, HATKI3, C25-3, B3-2 and BMC-2, was estimated 2.57, 9.19, 4.56, 5.62 and 7.43 MCM, respectively. For C25-4 WUA despite the use of new control runoff, the lack of it could not be compensated. To solve this problem, it is necessary to supply water from WUA which have not water shortage problem, or assign more water from irrigation and drainage network and dam. It is recommended that the WUAs need to be trained and help by water company and other regional organizations for improve the water use efficiency.

Keywords: Network, Water User Association, Runoff, Annual shortage

1- MSc Student of Irrigation and Drainage, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Associate Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
3- Assistant Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
4- Ph.D. Student of Irrigation and Drainage, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(*- Corresponding Author Email: aliponh@yahoo.com)