

مقدمه

امروزه با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و کمبود آب، تأمین آب در کشورهای درحال توسعه یک مسئله حیاتی است. بنابراین باید ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، مدیریت مناسب منابع آب نیز انجام گیرد. حتی کشورهایی که در آنها بین میزان تقاضای آب و دسترسی به آب تعادل خوبی وجود دارد، به دنبال گزینه‌هایی برای بهبود راندمان کاربرد آب هستند. از نظر کمیت، علاوه بر بهبود راندمان کاربرد آب، گزینه مدیریتی دیگر، یافتن منابع جایگزین است. استحصال آب باران یکی از بهترین منابع جایگزین آب است، زیرا آب باران به راحتی قابل جمع‌آوری بوده و بدون اصلاحات خاصی برای اهداف غیرشرب قابل استفاده است. استحصال آب باران روشی مناسب برای افزایش میزان آب قابل دسترسی است که ضمن کاهش اثرات نامطلوب خشکی، منجر به استفاده بهینه از رواناب ناشی از بارندگی برای مصارف مختلف خواهد شد. لذا تلاش‌های زیادی برای توسعه آن به عنوان راه حل مقابله با خشک‌سالی انجام می‌گیرد. از آنجاکه بارندگی کم‌ویش در همه جا اتفاق می‌افتد، قبل از تبدیل شدن به رواناب و آلوده شدن در مسیر خود، می‌تواند با روش‌های استحصال آب، جمع‌آوری شده و در بخش‌های مختلف زراعی و تأمین آب شرب و غیرشرب مورد استفاده قرار گیرد. آب مورد نیاز آبیاری عموماً از منابع آب‌های سطحی (رودخانه، مخزن، زیرزمینی و انتقال و توزیع با کانال‌های شبکه‌های آبیاری و زهکشی تأمین می‌شود اما این شبکه‌ها به صورت کامل آب مورد نیاز کشاورزی را تأمین نمی‌کنند. شبکه‌های آبیاری و زهکشی کشور ایران به خصوص در فصل‌های کشت زراعی فاریاب با بحران کم‌آبی روبه‌رو می‌باشند، به همین دلیل در هر منطقه با توجه به خصوصیات آب و هوایی، شرایط توپوگرافی و خاکشناسی، شیوه‌های خلاقانه و بهینه‌ای جهت بهره‌برداری از منابع آب به کار بسته شده است [۳] در استان‌های شمالی به علت بارش فراوان و پراکنش نامنظم آن‌ها امکان مهار صد در صد این پدیده وجود ندارد. راهکار مؤثر برای استفاده بهینه از این منابع آب، احداث آب‌بندان‌ها است. آب‌بندان‌ها که مخصوص شمال کشور هستند در واقع یک استخر خاکی ذخیره آب هستند که از گود کردن، خاک‌برداری یک محدوده، کوبیدن و ایجاد دیواره و حصار دور این محدوده ساخته [۶] و به دو صورت ثقلی و پمپاژ، از آب رودخانه‌ها و یا زهکش‌ها تغذیه می‌شوند [۷]. وجود آب‌بندان‌ها به زارعین امکان می‌دهد که مقداری از جریان آب‌های سطحی ناشی از رواناب بارندگی و آب رودخانه‌ها و انهار

افزایش ظرفیت آب‌بندان‌ها از طریق استحصال آب باران به منظور بهره‌برداری مناسب از رواناب ورودی

سونیا صادقی^۱ و علی شاهنظری^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۷

DOI: 10.22034/17.62.50

چکیده

آب‌بندان‌ها نقش مهمی در تأمین آب مورد نیاز بخش وسیعی از اراضی شالیزاری دارند. این سازه‌های بومی علاوه بر تأمین آب مصرفی، نقش مهمی در تغذیه آب زیرزمینی و جلوگیری از افت تراز سطح آب زیرزمینی ایفا می‌کنند، لذا حفظ و نگهداری و بازسازی آن‌ها بسیار مهم است. در تحقیق حاضر با مشاهده نقشه پراکندگی آب‌بندان‌های استان مازندران، محدوده‌ای از زیر حوزه آبخیز هراز با داشتن حدود ۴۱ آب‌بندان انتخاب گردید. برای این منظور ۲۰ آب‌بندان به عنوان تیمار مورد بررسی قرار گرفتند سپس رواناب حوزه آبخیز برای دوره‌های بازگشت مختلف با استفاده از مدل SWMM محاسبه و از نتایج به دست آمده برای کل آب‌بندان‌های محدوده طرح استفاده شد. بر مبنای نتایج به دست آمده، لایروبی و بهسازی کلیه آب‌بندان‌های منطقه از یک تا دو متر، سبب جمع‌آوری رواناب حاصل از بارش تا دوره بازگشت ۵۰ ساله و افزایش سطح زیر کشت اراضی شالیزاری و به تبع آن افزایش درآمد و سود اقتصادی خواهد شد. لذا می‌توان با جمع‌آوری رواناب در فصول غیر زراعی و استفاده از آن در فصول زراعی گام مهمی در استفاده بهینه از منابع آبی برداشت هم‌چنین میزان تولید محصولات غالب منطقه را افزایش داد که منجر به افزایش درآمد ناخالص کشاورزان نیز خواهد شد.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی سلامت آبخیز، تحلیل زمانی، خشک‌سالی، مدیریت حوزه‌های آبخیز

۱- پژوهشگر پسادکتری، گروه علوم و مهندسی آب (گرایش سازه‌های آبی) - دانشکده مهندسی زراعی - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۲- نویسنده مسئول و استاد گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
aliponh@yahoo.com
پست الکترونیک:

ستنی را در خارج از محل آبیاری و در زمان فراوانی آب، ذخیره نموده و در هنگام کم‌آبی و نیاز آبی حداکثر به مصرف برسانند، این کار موجب جلوگیری از هدر رفتن آب در فواصل مختلف و استفاده بهینه از منابع آب می‌شود. از طرفی با توجه به تصادفی و متغیر بودن پدیده بارش به علت شرایط مکانی و زمانی و وجود دوره‌های بازگشت مختلف بارش، امکان جمع‌آوری کلیه بارش‌ها توسط آب‌بندان امکان‌پذیر نیست. به‌طور مثال اگر آب‌بندانی فقط ظرفیت ذخیره حجم رواناب حاصل از بارش ۲ ساله را داشته باشد، در صورت وقوع بارش برای دوره‌های بازگشت بالاتر، امکان ذخیره رواناب حاصل از آن به دلیل کمبود ظرفیت آب‌بندان میسر نیست. لذا باید تدابیری اتخاذ نمود تا از این سازه‌ها به نحو مطلوبی استفاده شود و حتی‌الامکان ذخیره رواناب برای دوره‌های بازگشت مختلف بارش برای آب‌بندان‌ها فراهم باشد. از آنجایی که احداث آب‌بندان جدید با توجه به محدودیت‌های موجود عملی نیست لذا استفاده بهینه از آب‌بندان‌های موجود ضروری به نظر می‌رسد. عمق کم و حجم ذخیره بسیار پایین با وجود دارا بودن سطح وسیع، تراز نبودن دیواره و جاده محیطی آب‌بندان که موجب سرریز آب از روی دیواره می‌شود، نداشتن سیستم خروجی و تقسیم مناسب آب به علت عدم استفاده از سازه‌های فنی و انباشت رسوبات در بستر آب‌بندان که باعث کاهش حجم ذخیره آب‌بندان می‌شود در کنار پدیده بارش با دوره‌های بازگشت مختلف و عدم ظرفیت کافی آب‌بندان‌ها برای جمع‌آوری رواناب حاصل از آن‌ها، از جمله مشکلات فعلی اکثر آب‌بندان‌های موجود است که باید در جهت ترمیم و بازسازی آن تلاش کرد. علاوه بر ترمیم آب‌بندان‌ها، افزایش ارتفاع نیز یکی از روش‌های افزایش حجم ذخیره آن‌ها است. در تحقیق حاضر، افزایش ظرفیت آب‌بندان‌های موجود با افزایش ارتفاع دیواره‌های آن متناسب با رواناب حاصل از بارش در دوره‌های بازگشت مختلف ۲، ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ ساله موردبررسی قرار گرفت؛ به عبارت دیگر افزایش ظرفیت آب‌بندان‌ها متناسب با دوره‌های بازگشت مختلف و نه صرفاً یک دوره بازگشت، در نظر گرفته شد؛ زیرا در اکثر مطالعات مربوط به بارش - رواناب اینکه کدام دوره بازگشت انتخاب شود یکی از سؤالات اصلی اکثر محققان است که معمولاً به صورت تجربی انتخاب می‌شود؛ اما همان‌طور که اشاره شد انتخاب یک دوره بازگشت به صورت تجربی، امکان ذخیره رواناب سایر بارش‌ها با دوره‌های بازگشت بالاتر از دوره بازگشت انتخابی را فراهم نمی‌کند. لذا در تحقیق حاضر دوره‌های بازگشت مختلف در نظر گرفته شد و متناسب با آن‌ها اقدام به بهسازی و افزایش ارتفاع آب‌بندان‌ها گردید. در خصوص نقش و اهمیت آب‌بندان‌ها و همچنین استحصال آب باران تاکنون مطالعات بسیاری انجام گرفته که در ادامه به چند مورد از آن‌ها اشاره خواهد شد. محمود و همکاران [۵]، به مطالعه پتانسیل استحصال آب باران در شهر خارطوم سودان و استفاده از آن به عنوان ابزاری جهت مدیریت رواناب شهری پرداختند و نتیجه گرفتند که استحصال آب باران می‌تواند به عنوان یک منبع جایگزین

آب برای مقابله با پدیده خشک‌سالی مطرح باشد. اکتر و احمد [۲]، به ارزیابی امکان‌پذیری استفاده از سیستم‌های استحصال آب باران در شهر چیتاگانگ بنگلادش با متوسط بارش سالانه ۳۰۰۰ میلی‌متر پرداختند. این شهر در یک سال مشخص هم با کمبود آب و هم با سیلاب مواجه می‌شود. آن‌ها نتیجه گرفتند که استفاده از سیستم‌های استحصال آب باران می‌تواند سیلاب را تا ۲۶ درصد کاهش دهد و سالانه تا ۲۰ لیتر در روز برای هر نفر به تأمین آب شهری کمک کند. سیلوا و همکاران [۹]، به بررسی روش‌های مناسب در طراحی سیستم‌های جمع‌آوری آب باران در مقیاس خانگی برای دو ناحیه با الگوهای متفاوت بارندگی در کشور پرتغال پرداختند و نتیجه گرفتند که علیرغم تفاوت در متوسط بارندگی سالانه، برای یک مخزن بهینه جمع‌آوری آب باران، پتانسیل ذخیره آب دو ناحیه، مشابه یکدیگر است. در پژوهش انجام‌شده توسط (تيسان فانگ و همکاران) [۱۲]، نقش آب‌بندان‌های اطراف اراضی کشاورزی در استحصال باران‌های محلی را در سال‌های خشک بسیار با اهمیت دانستند. همچنین دو مدل بهینه‌سازی با تابع هدف کمینه کردن برداشت آب و بیشینه کردن سود اقتصادی ارائه کردند که نتایج به دست آمده وجود آب‌بندان‌ها را در بهینه کردن اهداف ذکر شده در دوره‌های خشک‌سالی بسیار پر اهمیت نشان داد. عسگری و همکاران [۱] در پژوهش خود به ارزیابی اقتصادی افزایش پتانسیل آبی منابع آب به وسیله لایروبی و بهسازی آب‌بندان‌ها در محدوده حوزه آبخیز سد البرز پرداختند. نتایج نشان داد که لایروبی و بهسازی ۱۱ آب‌بندان موجود با مساحت ۲۴۰ هکتار، حدود ۳۵۴۰۴۶ مترمکعب عملیات خاکی داشته که با این عمل ۲/۳ میلیون مترمکعب به ظرفیت آب‌بندان‌ها افزوده شده است. از طرفی با محاسبات انجام‌شده، افزایش هر مترمکعب آب به‌طور متوسط ۱۹۰ تومان هزینه در برداشته است که اگر درآمدهای حاصل از پرورش ماهی و یا تبدیل اراضی دیم به شالیزار در نظر گرفته شود، مزیت اقتصادی انجام پروژه‌های لایروبی و بهسازی آب‌بندان چشمگیر خواهد بود. طراج و همکاران [۱۱]، با توجه به نتایج بررسی‌های فنی، اجرایی و اقتصادی، هزینه طرح بهسازی آب‌بندان‌های استان مازندران حدود ۴۰۸۰ میلیارد ریال و درآمد خالص سالانه ناشی از بخش کشاورزی و پرورش ماهی حدود ۳۴۲۱ میلیارد ریال برآورد شده است که با استفاده از روابط مرسوم و با در نظر گرفتن سود بانکی ۱۴ درصد زمان استهلاک سرمایه کمتر از ۲ سال تخمین زده شده است و با در نظر گرفتن عمر ۱۰ سال برای طرح، بهای هر مترمکعب آب تأمین‌شده با اجرای طرح حدود ۴۲۵۰ ریال برآورد می‌شود. در تحقیقی اجاللی و همکاران [۴]، طی دو سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ با بررسی تصاویر ماهواره‌ای مربوط به استان مازندران و مشاهده نقشه پراکندگی آب‌بندان‌ها، محدوده‌ای از زیر حوزه آبخیز سجادرود با تعداد ۴۰ آب‌بندان انتخاب کردند. سپس عملکرد تولید و درآمد ناخالص اراضی شالیزاری که از آب‌بندان تغذیه می‌شوند برآورد کردند. با انتخاب ۴ آب‌بندان به عنوان تیمار، برای هر آب‌بندان سه کرت را موردبررسی قرار دادند و نتایج آن

را برای کل آب‌بندان‌های محدوده طرح استفاده کردند. نتایج نشان داد که لایروبی و بهسازی کلیه آب‌بندان‌های منطقه از ۱ تا ۲ متر میزان توسعه ۲۲۲ تا ۴۴۳ هکتار از اراضی شالیزار را خواهد داشت. همچنین این افزایش منجر به تولید ۱۸۴۳ تا ۳۶۸۶ تن شلتوک و افزایش درآمد ناخالص از ۱۸۵۶۷ تا ۳۷۱۳۴ میلیون ریال خواهد شد. در تحقیقات قبلی صورت گرفته افزایش ظرفیت آب‌بندان‌ها بدون توجه به دوره بازگشت‌های مختلف انجام شده و همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد انتخاب یک دوره بازگشت به صورت تجربی، امکان ذخیره رواناب سایر بارش‌ها با دوره‌های بازگشت بالاتر از دوره بازگشت انتخابی را فراهم نمی‌کند. لذا در تحقیق حاضر دوره‌های بازگشت مختلف در نظر گرفته شد و متناسب با آن‌ها اقدام به بهسازی و افزایش ارتفاع آب‌بندان‌ها گردید. با توجه به تحقیقات صورت گرفته در مورد مرمت و بهسازی آب‌بندان‌ها، در این پژوهش سعی شد با انتخاب آب‌بندان‌های حوزه آبخیز هراز واقع در شهرستان آمل، وضعیت ورودی و خروجی (بیان آب‌بندان) آن بررسی، سپس تغییر ابعاد آن متناسب با رواناب حاصل از بارش بررسی شود. از فواید بازسازی و نوسازی آب‌بندان‌ها می‌توان به افزایش ظرفیت آب‌بندان برای ذخیره آب و ازدیاد اراضی زیر کشت آب‌بندان اشاره نمود. همچنین بهسازی آب‌بندان و بهره‌برداری و نگهداری آن در مقایسه با سد هزینه کمتری داشته و آب‌بندان بر خلاف سد، بارش در دشت‌ها را جمع‌آوری می‌نماید. هدف از تحقیق حاضر افزایش حجم آب تنظیمی آب‌بندان از طریق افزایش ارتفاع دیواره و بهره‌برداری بهینه از آن و افزایش سطح زیر کشت اراضی آبخیز آب‌بندان است.

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر با مشاهده نقشه پراکندگی آب‌بندان‌های استان مازندران، محدوده‌ای از زیر حوزه آبخیز هراز با داشتن حدود ۴۱ آب‌بندان انتخاب گردید. برای این منظور ۲۰ آب‌بندان به عنوان تیمار مورد بررسی قرار گرفتند سپس رواناب حوزه آبخیز با استفاده از مدل SWMM محاسبه شد و از نتایج به دست آمده برای کل آب‌بندان‌های محدوده طرح استفاده شد. برای انجام محاسبات بارش - رواناب در مدل و تعیین الگوی مناسب بارش در محدوده مطالعاتی، از منحنی‌های شدت - مدت - فراوانی حوزه هراز و روش بلوک‌های متناوب، استفاده شده است، به این ترتیب که با استفاده از منحنی‌های مذکور، در یک بارش با تداوم ۲۴ ساعت، میزان بارندگی در تداوم‌های ۱۰ دقیقه تا ۲۴ ساعت تعیین و میزان بارش در هر گام زمانی منتخب با بلوک‌های بارش محاسبه می‌گردد. سپس بزرگ‌ترین بلوک بارندگی در ساعت ۱۲ (وسط تداوم بارش) قرار داده شده، بلوک‌های بعدی به ترتیب بزرگی ابتدا در سمت راست و سپس در سمت چپ بزرگ‌ترین بلوک قرار داده می‌شوند.

منطقه مورد مطالعه

حوضه رودخانه هراز از شمال، به دریای خزر، از غرب به حوضه

رودخانه چالوس، از جنوب به کوهپایه‌های شمالی سلسله جبال البرز و از شرق به حوضه رودخانه بابل‌رود منتهی می‌گردد و از نظر جغرافیایی در محدوده‌ای بین طول‌های ۲۶ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی و عرض‌های ۴۵ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۴۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی واقع گردیده است.

وضعیت آب‌بندان‌های منطقه مطالعاتی

با توجه به اطلاعات و نقشه کاملی که از آب‌بندان تهیه شد و همچنین با پیمایش میدانی، مساحت و حجم آب‌بندان‌ها و همچنین مساحت آبخیز آن‌ها تعیین شد. در جدول (۱) اطلاعات مذکور ارائه شده است.

معرفی مدل شبیه‌سازی (SWMM)

از جمله قابلیت‌های فنی این مدل می‌توان به مواردی شامل، قابلیت‌های شبیه‌سازی وضعیت هیدرولوژیک - هیدرولیک و کیفیت آب در مناطق شهری و غیرشهری، امکان برآورد دبی اوج سیلاب در بارش‌های متفاوت، امکان ارزیابی تأثیرات مخازن تأخیری - ذخیره‌ای در شدت طغیان‌ها و سطح آب معادل آن‌ها در قسمت‌های پایاب، قابلیت شبیه‌سازی تأثیر پل‌ها، زیرگذرها، سرریزها، مقسم‌ها، پمپ‌ها و سایر سازه‌های هیدرولیکی مرتبط، امکان حل معادلات در حالت ماندگار و غیر ماندگار، امکان برآورد حجم و طول مدت آب‌گرفتگی در صورتی که شدت سیلاب از ظرفیت سیلاب تجاوز کند و قابلیت شبیه‌سازی وضعیت جریان در سیلاب‌رو در حالت آزاد و شرایط غرقاب شدگی، اشاره کرد. این مدل یک واقعه رگبار را بر اساس هایتوگراف بارندگی، داده‌های ورودی هواشناسی، سیستم حوضه و شبکه زهکشی جهت تولید هیدروگراف خروجی، شبیه‌سازی می‌کند [۷]. در این مدل هر حوزه آبخیز به زیر حوضه‌های کوچک‌تر تقسیم شده و به عنوان مخزن غیرخطی شبیه‌سازی می‌شود. در این روش جریان‌های ورودی از بارش و یا زیر حوضه‌های بالادست ناشی می‌شود. خروجی‌ها عبارت‌اند از تبخیر، نفوذ و رواناب سطحی. ظرفیت این مخزن برابر حداکثر ذخیره چالابی است که شامل حداکثر ذخیره سطحی ایجاد شده توسط گودال‌ها، رطوبت سطحی و برگاب می‌باشد. هنگامی که عمق آب در مخزن از حداکثر ذخیره چالابی بیشتر شود، رواناب سطحی شکل می‌گیرد که جریان خروجی را تشکیل می‌دهد. این جریان به وسیله معادله مانینگ به دست می‌آید. عمق آب روی سطح زیر حوضه (d) نسبت به زمان با حل عددی دیفرانسیلی معادله بیان آب روی زیر حوضه به دست می‌آید. به علت آنکه نقش عواملی مثل تبخیر و تعرق و سایر موارد در تشکیل سیل محدود و قابل صرف‌نظر است، از اثر تبخیر در مدل‌سازی فرایند بارش - رواناب صرف‌نظر شده است. در این مدل از روش هورتن برای نفوذ آب در خاک استفاده می‌شود. پارامترهای معادله نفوذ هورتن با استفاده از اطلاعات نفوذپذیری خاک منطقه و جداول مربوط از راهنمای نرم‌افزار SWMM به دست آمد. جهت اطلاعات بیشتر در خصوص مدل SWMM به مرجع [۸] رجوع شود.

جدول ۱- مشخصات کلی آب‌بندان‌ها منطقه مطالعاتی

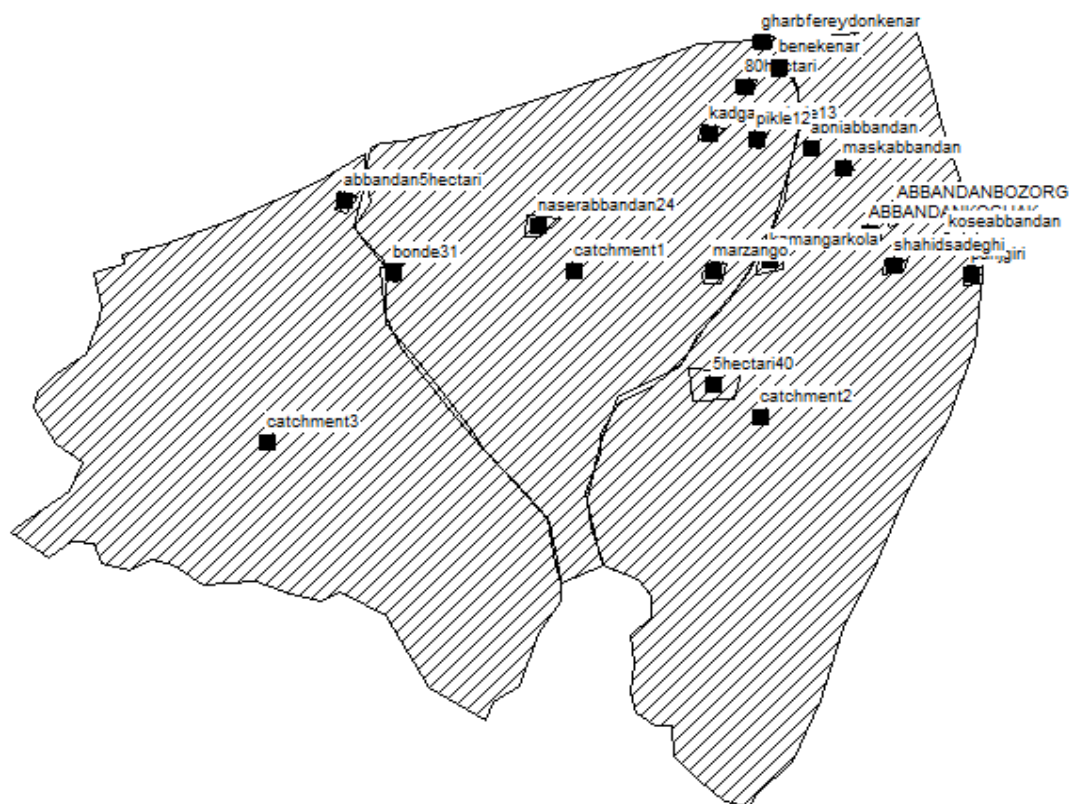
Table 1. General characteristics of water ponds in the study area

The name of water ponds نام آب‌بندان‌ها	The volume of water ponds(m ³) حجم آب‌بندان (m ³)	The area of water ponds(Ha) مساحت آب‌بندان (هکتار)	Area under cultivation (Ha) مساحت تحت کشت (هکتار)	Area of the catchment (Ha) مساحت حوزه (هکتار)
18 hectari ۱۸ هکتاری	171251	18	150	6.9
5hectari ۵ هکتاری	73476	5	25	1.1
80hectari ۸۰ هکتاری	792712	80	225	10.3
Ab bandan 5 hectari آب‌بندان ۵ هکتاری	73476	5	15	0.7
Ab bandan bozorg آب‌بندان بزرگ	368018	10	90	4.1
Ab bandan kochak آب‌بندان کوچک	108620	6	75	3.4
Ab ni ab bandan آب نی آب‌بندان	71824	5	25	1.1
Bene کنار Bonde	116285	8	40	1.8
Chemagh endon چماق اندون	900741.2	45	120	2.3
Gharb fereydonkenar غرب فریدونکنار	39557	5	50	5.5
Kadgar mahale کادگر محله	540566	33	200	9.2
Kamangar kola کمانگر کلا	99631	6	100	4.6
Kose ab abandon کوسه آب‌بندان	150659	10	50	2.3
Marzango مرزنگو	3636473	230	780	35.7
Mask ab bandan مسک آب‌بندان	267437	34	300	13.7
Naser ab bandan ناصر آب‌بندان	101637	6	30	1.4
Panjgiri پنجگیری	35044	3.5	80	3.7
Pikle پیکله	83592	5	25	1.1
Shahid Sadeghi شهید صادقی	42622	3	20	0.9
	135848	8	80	3.7

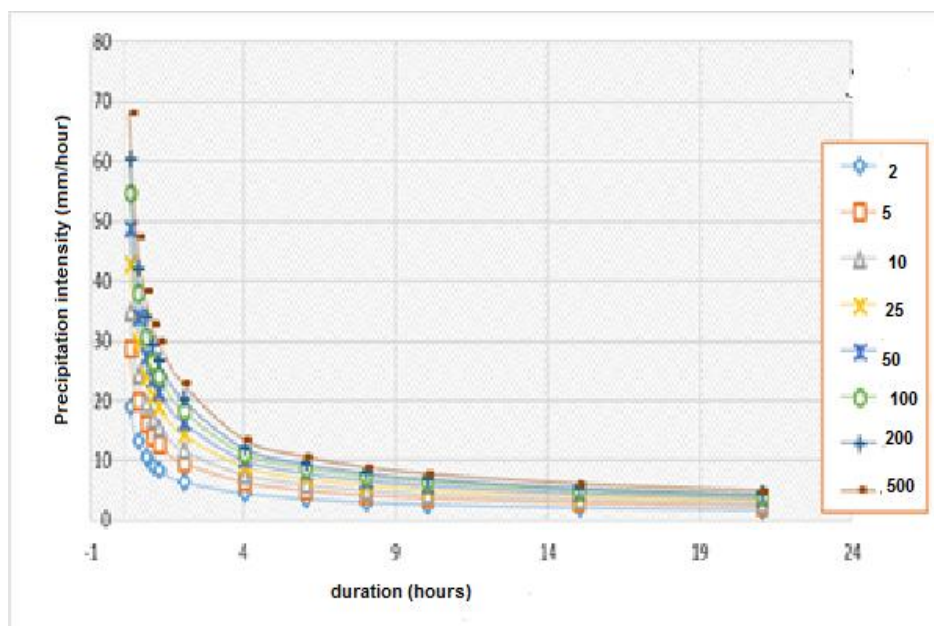
شبیه‌سازی منطقه مورد مطالعه در مدل

به انتخاب کاربر می‌تواند تغییر کند. یکی از آن‌ها، انتخاب شرایط مرزی به صورت آزاد است که مراحل خروج آب از خروجی شبکه توسط حداقل عمق بحرانی جریان و عمق نرمال در مجرا تعیین می‌شود. هم‌چنین در محاسبه رواناب از شاخص عمق میانگین رواناب استفاده می‌شود. با توجه به کوچک بودن زیر حوضه‌ها فرض عمق میانگین رواناب منطقی است.

برای تعیین زیرحوضه‌ها از نقشه کاربری اراضی و شیب‌بندی آن‌ها استفاده و مرز زیرحوضه‌ها تعیین شد. در شکل ۱ محدوده زیر حوضه‌های منطقه در مدل SWMM نشان داده شده است. شرایط مرزی در خروجی شبکه، به صورت آزاد فرض شده است؛ زیرا در مدل SWMM انواع مختلفی از شرایطی مرزی وجود دارد که بسته



شکل ۱- محدوده منطقه مطالعاتی در مدل SWMM
Fig 1. Scope of the study area in the SWMM model



شکل ۲- منحنی شدت-مدت-فراوانی رگبارهای کوتاه‌مدت به روش دکتر قهرمان در حوضه هراز
Fig 2. Intensity-duration-frequency curve of short-term storm by Dr. Ghahraman's method in Haraz basin

مکانی بارش، هر زیرحوضه به یک باران‌سنج ارتباط داده می‌شود، که داده‌های مربوط به توزیع زمانی و مقدار بارش از آن، برداشت می‌شود. برای تهیه هیدروگراف‌های سیلاب طراحی از منحنی‌های

محاسبه مقادیر بارش و هیدروگراف سیلاب طراحی بارندگی اصلی‌ترین مؤلفه در شبیه‌سازی کمی بارش - رواناب است. حجم و شدت رواناب ارتباط مستقیم به بزرگی رگبار و توزیع زمانی و مکانی آن دارد. در مدل SWMM برای رعایت توزیع

بارش در هر گام زمانی منتخب با بلوک‌های بارش محاسبه می‌گردد. سپس بزرگ‌ترین بلوک بارندگی در ساعت ۱۲ (وسط تداوم بارش) قرار داده شده، بلوک‌های بعدی به ترتیب بزرگی ابتدا در سمت راست و سپس در سمت چپ بزرگ‌ترین بلوک قرار داده می‌شوند. برای نمونه هایتوگراف بارندگی برای دوره بازگشت ۲ ساله در شکل ۳ نشان داده شده است.

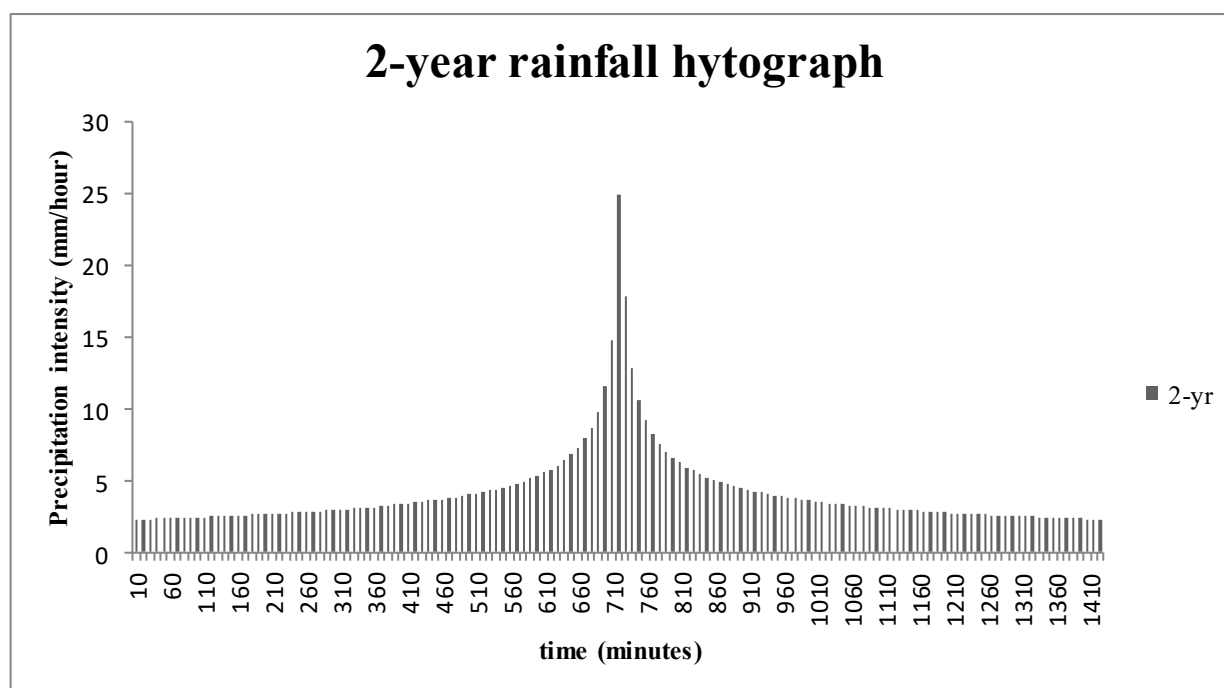
نتایج

با توجه به مطالب مطرح شده اطلاعات مورد نیاز برای شبیه‌سازی به مدل SWMM وارد شده و مدل برای بارش‌های با دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ ساله و در حالت غیرماندگار اجرا و هیدروگراف رواناب برای هر آب‌بندان و هم‌چنین حجم رواناب باقی‌مانده بر روی هر زیرحوضه برای دوره‌های بازگشت مذکور محاسبه شد. در شکل ۴ یک نمونه از این هیدروگراف برای ۳ آب‌بندان (آب‌بندان بزرگ، آب‌بندان کوچک و آب نی آب‌بندان) برای دوره بازگشت ۲۵ ساله نشان داده شده است. حجم کل رواناب باقی‌مانده بر روی هر زیرحوضه برای دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ ساله در جدول (۲) نشان داده شده است.

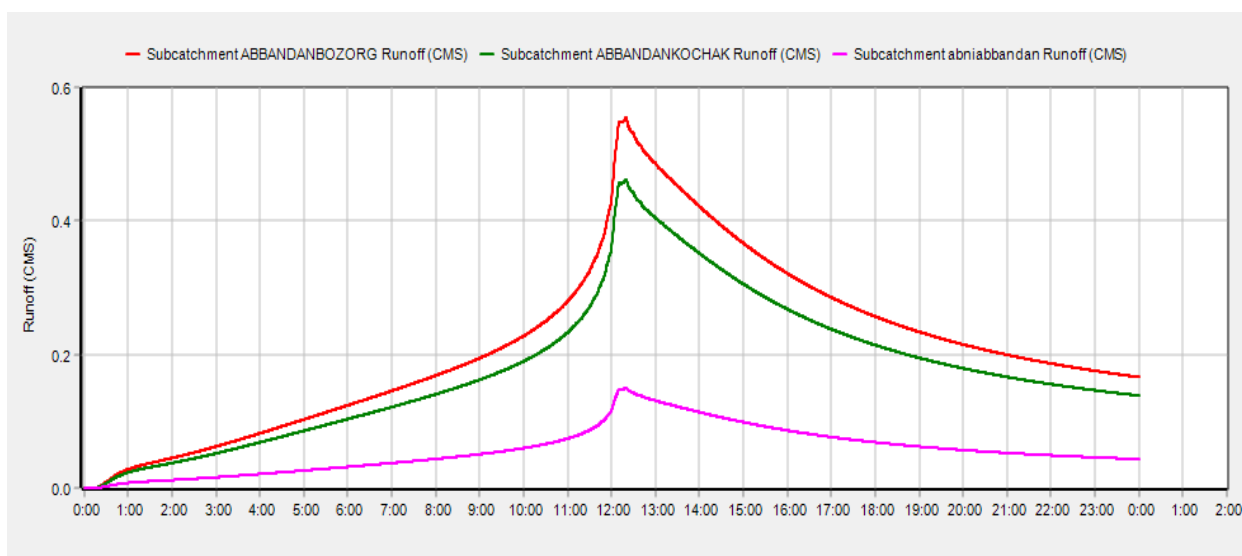
شدت- مدت- دوره بازگشت نزدیک‌ترین ایستگاه مجاور منطقه مورد مطالعه که در شکل ۲ نشان داده شده است، استفاده شد. در ادامه با استفاده از شبیه‌سازی هیدرولوژیک زیرحوضه‌ها در مدل SWMM هیدروگراف سیلاب طراحی به ازای بارش طراحی در خروجی هر زیر حوضه تعیین شد.

توزیع زمانی بارش یا نحوه تغییر شدت بارندگی در طول مدت بارش یکی از اطلاعات مهم و ضروری است که برای تهیه هیدروگراف جریان‌های سطحی حوضه‌های آبریز و یا کاربرد مدل‌های ریاضی برای تبدیل بارش به رواناب سطحی حوضه‌ها حتماً باید محاسبه و تعیین گردد. از آنجاکه تأثیر توزیع زمانی بارش در حداکثر آبدهی سیلاب و شکل هیدروگراف مربوطه قابل توجه است، تعیین الگوی مناسب اهمیت بسزایی دارد.

روش‌های مختلفی برای تعیین الگوی توزیع زمانی بارش به وجود آمده است که با توجه به داده‌های در دسترس، برای انجام محاسبات بارش- رواناب در مدل و تعیین الگوی مناسب بارش در محدوده مطالعاتی، از منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی حوضه هراز و روش بلوک‌های متناوب، استفاده شده است، به این ترتیب که با استفاده از منحنی‌های مذکور، در یک بارش با تداوم ۲۴ ساعت، میزان بارندگی در تداوم‌های ۱۰ دقیقه تا ۲۴ ساعت تعیین و میزان



شکل ۳- هایتوگراف بارش با دوره بازگشت ۲ ساله
Fig 3. Rainfall hyetograph with a 2-year return period



شکل ۴- هیدروگراف رواناب برای ۳ آب‌بندان در دوره بازگشت ۲۵ ساله
Fig 4. Runoff hydrograph for 3 water ponds in the 25-year return period

جدول ۲- حجم رواناب باقی‌مانده روی زیرحوضه محدوده هر آب‌بندان
Table 2. Volume of residual runoff on the sub-basin of each water ponds

Num شماره	The name of water ponds نام آب‌بندان‌ها	runoff volume(m3) حجم رواناب (مترمکعب)				
		2- YR	5-YR	10-YR	25-YR	50-yr
1	18 hectari ۱۸ هکتاری	870	15940	20200	25490	29400
2	5hectari ۵ هکتاری	150	2660	3370	4250	4900
3	80hectari ۸۰ هکتاری	1310	23910	30300	38230	44100
4	Ab bandan 5 hectari آب‌بندان ۵ هکتاری	90	1590	2020	2550	2940
5	Ab bandan bozorg آب‌بندان بزرگ	840	10410	12980	16160	18510
6	Ab bandan kochak آب‌بندان کوچک	700	8670	10820	13470	15430
7	Ab ni ab bandan آب نی آب‌بندان	150	2660	3370	4250	4900
8	Bene کنار Bene کنار	380	4630	5770	7180	8230
9	Bonde بونده	700	12750	16160	20390	23520
10	Chemagh endon چماق اندون	470	5780	7210	8980	10290
11	Gharb fereydonkenar غرب فریدونکنار	1160	21250	26930	33980	39200
12	Kadgar mahale کادگر محله	580	10630	13470	16990	19600
13	Kamangar kola کمانگر کلا	290	5310	6730	8500	9800

14	Kose ab abandon کوسه آب‌بندان	4540	82890	105040	132540	152870
15	Marzango مرزنگو	1740	31880	40400	50980	58800
16	Mask ab bandan مسک آب‌بندان	170	3190	4040	5100	5880
17	Naser ab bandan ناصر آب‌بندان	470	8500	10770	13590	15680
18	Panjgiri پنجگیری	150	2660	3370	4250	4900
19	Pikle پیکله	120	2130	2690	3400	3920
20	Shahid Sadeghi شهید صادقی	470	8500	10770	13590	15680

دلیل عدم ظرفیت کافی آب‌بندان، حجم رواناب حاصل از بارش‌های با دوره بازگشت بیشتر از دوره بازگشت انتخابی به هدر خواهد رفت و بلااستفاده می‌ماند. لذا میانگین حجم رواناب در دوره‌های بازگشت مختلف در نظر گرفته شد تا حد امکان هر دو هدف باهم در نظر گرفته شود یعنی هم هزینه‌های بهسازی و بازسازی کاهش یابد و هم کلیه رواناب‌ها در دوره‌های بازگشت مختلف جمع‌آوری گردد. در آخر نیز متناسب با حجم محاسبه شده نهایی آب‌بندان‌ها و مساحت آن‌ها، میزان افزایش ارتفاع هر آب‌بندان محاسبه شد. لازم به ذکر است که افزایش حجم آب‌بندان‌ها حداقل تا عمق متداول ۲ متر لایروبی و بهسازی در نظر گرفته شد، زیرا در نظر گرفتن عمق‌های بیشتر منوط به بررسی بیشتر در خصوص ارتفاع رقوم آبگیرهای خروجی نسبت به اراضی آبخور هر آب‌بندان و در صورت نیاز مطالعات مربوط به احداث ایستگاه پمپاژ است. جدول (۳) افزایش مورد انتظار حجم و عمق آب‌بندان‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۳ میزان افزایش ارتفاع آب‌بندان‌های منطقه مطالعاتی و به تبع آن میزان افزایش ظرفیت آن‌ها را نشان می‌دهد. با افزایش حجم ذخیره آب آب‌بندان‌ها، نیاز به استفاده از آب زیرزمینی و پمپاژ آن نیز کاسته شده و هزینه تولید کاهش می‌یابد و هم‌چنین از کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی جلوگیری می‌شود. با انجام عملیات بهسازی به‌طور متوسط حدود ۲۴۴۲۸ مترمکعب آب به حجم آب‌بندان‌ها اضافه خواهد شد. این افزایش حجم، مصارف دیگری را نیز در پی دارد. اغلب آب‌بندان‌های کشور در فصول زراعی و غیر زراعی جهت پرورش ماهی به کار می‌روند که پس از بهسازی و مرمت آب‌بندان می‌توان پرورش ماهی را توسعه داد.

ضمناً مطالعات کارشناسان ژاپنی [۴] در مرکز توسعه ترویج و تکنولوژی هراز، متوسط نیاز آب مصرفی برای رقم برنج طارم که کشت غالب در منطقه مورد مطالعه نیز هست را ۷۶۰ میلی‌متر برآورد نمودند. در پژوهش حاضر نیز این مقدار در محاسبات لحاظ شد. بر این اساس مقدار قابلیت توسعه سطح زیر کشت برنج محاسبه گردید که در جدول (۴) ارائه شده است.

با توجه به جدول (۲)، در دوره‌های بازگشت مختلف با توجه به کمبود ظرفیت آب‌بندان‌ها حجم زیادی از رواناب روی سطح زیرحوضه‌های محدوده آب‌بندان‌ها باقی‌مانده و بلااستفاده خواهند ماند؛ بنابراین لزوم توجه به مرمت و بازسازی آب‌بندان‌ها و جمع‌آوری رواناب‌ها و هرزآب‌های سطحی به‌صورت منبع آب مطمئن، می‌تواند به پایداری این سازه‌های بومی کمک نماید و از طرفی با توجه به بحران شدید آب با بازسازی آب‌بندان‌ها و افزایش ظرفیت آن‌ها، می‌توان رواناب‌ها را در فصول غیر زراعی ذخیره و در فصول زراعی از آن‌ها استفاده نمود. با توجه به موارد مطرح شده، در تحقیق حاضر اقدام به بازسازی دیواره آب‌بندان و افزایش ظرفیت آن‌ها متناسب با حجم رواناب شد. بدین‌صورت که ابتدا حجم رواناب در دوره‌های بازگشت مختلف محاسبه شد. دلیل انتخاب چندین دوره بازگشت مختلف همان‌طور که اشاره شد به دلیل تصادفی و متغیر بودن پدیده بارش است که به علت شرایط مکانی و زمانی و وجود دوره‌های بازگشت مختلف بارش، امکان جمع‌آوری کلیه بارش‌ها توسط آب‌بندان امکان‌پذیر نیست. به‌طور مثال اگر آب‌بندانی فقط ظرفیت ذخیره حجم رواناب حاصل از بارش ۲ ساله را داشته باشد، در صورت وقوع بارش برای دوره‌های بازگشت بالاتر، امکان ذخیره رواناب حاصل از آن به دلیل کمبود ظرفیت آب‌بندان میسر نیست. لذا باید تدابیری اتخاذ نمود تا از این سازه‌ها به نحو مطلوبی استفاده شود و حتی‌الامکان ذخیره رواناب برای دوره‌های بازگشت مختلف بارش برای آب‌بندان‌ها فراهم باشد. لذا با توجه به مطالب مطرح شده حجم رواناب در دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ ساله در محدوده هر آب‌بندان محاسبه شد، سپس تفاوت حجم اولیه آب‌بندان و میانگین حجم رواناب در دوره‌های بازگشت مختلف به‌عنوان کمبود ظرفیت آب‌بندان‌ها در محاسبات لحاظ گردید و این میزان تفاوت مبنای افزایش حجم آب‌بندان‌ها در نظر گرفته شد. دلیل در نظر گرفتن میانگین حجم رواناب این است که اگر حجم رواناب در بیشترین دوره بازگشت یعنی ۵۰ ساله در نظر گرفته شود هزینه‌های بازسازی و بهسازی افزایش خواهد یافت که مقرون به‌صرفه نخواهد بود و اگر دوره‌های بازگشت پایین‌تر در نظر گرفته شود، به

جدول ۳- میزان افزایش حجم و ارتفاع آب‌بندان‌ها متناسب با حجم رواناب

Table 3. The amount of increase in volume and height of water ponds in proportion to the volume of runoff

Num شماره	The name of water ponds نام آب‌بندان	Initial volume(m ³) حجم اولیه (مترمکعب)	Secondary volume after increase(m ³) حجم ثانویه پس از افزایش (مترمکعب)	Percentage increase in volume درصد افزایش حجم	Height increase(m) افزایش ارتفاع (متر)
1	18 hectari ۱۸ هکتاری	171251	200651	17.2	1.11
2	5hectari ۵ هکتاری	73476	78376	6.7	1.57
3	80hectari ۸۰ هکتاری	792712	836812	5.6	1.05
4	Ab bandan 5 hectari آب‌بندان ۵ هکتاری	73476	76416	4.0	1.53
5	Ab bandan bozorg آب‌بندان بزرگ	368018	386528	5.0	3.87
6	Ab bandan kochak آب‌بندان کوچک	108620	124050	14.2	2.00
7	Ab ni ab bandan آب نی آب‌بندان	71824	76724	6.8	1.53
8	Bene کنار بنه کنار	116285	124515	7.1	1.56
9	Bonde بونده	900741.2	924261.2	2.6	2.05
10	Chemagh endon چماق اندون	39557	49847	26.0	1.00
11	Gharb fereydonkenar غرب فریدونکنار	540566	579766	7.3	1.76
12	Kadgar mahale کادگر محله	99631	119231	19.7	1.99
13	Kamangar kola کمانگر کلا	150659	160459	6.5	1.60
14	Kose ab abandon کوسه آب‌بندان	3636473	3789343	4.2	1.65
15	Marzango مرزنگو	267437	326237	22.0	1.00
16	Mask ab bandan مسک آب‌بندان	101637	107517	5.8	1.79
17	Naser ab bandan ناصر آب‌بندان	35044	50724	44.7	1.45
18	Panjgiri پنجگیری	83592	88492	5.9	1.77
19	Pikle پیکله	42622	46542	9.2	1.55
20	Shahid Sadeghi شهید صادقی	135848	151528	11.5	1.89

جدول ۴- توسعه اراضی شالیزاری با افزایش ارتفاع و حجم آب‌بندان

Table 4. Development of paddy fields by increasing the height and volume of water ponds

Num	The name of water ponds	Height increase(m)	(Ha) Development of cultivated area
شماره	نام آب‌بندان	افزایش ارتفاع (متر)	توسعه اراضی تحت کشت (هکتار)
1	18 hectari	1.11	123.6
2	۱۸ هکتاری 5hectari	1.57	9.6
3	۵ هکتاری 80hectari	1.05	114.9
4	۸۰ هکتاری Ab bandan 5 hectari	1.53	4.9
5	آب‌بندان ۵ هکتاری Ab bandan bozorg	3.87	39.1
6	آب‌بندان بزرگ Ab bandan kochak	2.00	58.7
7	آب‌بندان کوچک Ab ni ab bandan	1.53	14.9
8	آب نی آب‌بندان Bene کنار	1.56	23.6
9	بنه کنار Bonde	2.05	1.6
10	بونده Chemagh endon	1.00	43.4
11	چماق اندون Gharb fereydonkenar	1.76	123.7
12	غرب فریدونکنار Kadgar mahale	1.99	84.3
13	کادگر محله Kamangar kola	1.60	28.9
14	کمانگر کلا Kose ab abandon	1.65	281.4
15	کوسه آب‌بندان Marzango	1.00	257.1
16	مرزنگو Mask ab bandan	1.79	15.9
17	مسک آب‌بندان Naser ab bandan	1.45	73.3
18	ناصر آب‌بندان Panjgiri	1.77	13.4
19	پنجگیری Pikle	1.55	13.9
20	پیکله Shahid Sadeghi	1.89	60.1
	شهید صادقی		

کشت بیشتر و افزایش آب تخصیصی برای همان اراضی شالیزاری موجود خواهد شد؛ که به تبع آن موجب افزایش سود اقتصادی و درآمد بیشتر کشاورزان منطقه نیز خواهد شد. از طرف دیگر به دلیل افزایش قیمت برنج و توجه‌پذیر بودن شرایط اقتصادی در سال‌های

نتایج به دست آمده در جدول ۴ نشان می‌دهد که با شرایط موجود مدیریت مزرعه، افزایش حجم آب موجب توسعه سطح شالیزار خواهد شد. حال آنکه پتانسیل ظرفیت حجم آب‌بندان‌ها با لایروبی و بهسازی در عمق‌های بالاتر بیشتر بوده و باعث افزایش سطح زیر

ایجاد می‌نماید. موارد مطرح شده سبب افزایش درآمد می‌شود، لذا بهسازی آب‌بندان‌ها کاملاً به لحاظ اقتصادی به‌صرفه است.

منابع

1. Asgari, A., Gholami, Sh., Ajzali, F. and Khanali, A. 2014. Technical report of the economic evaluation of increasing the water potential of Alborz dam watershed resources (case study: dredging and improvement of dams). Iran Watershed Science and Engineering, 9 (28), 57-61(In Persian)
2. Akter, A. and Sh. Ahmed. 2015. Potentiality of rainwater harvesting for an urban community in Bangladesh. Journal of Hydrology, 528: 84-93.
3. Diehol, M. 2014. Management of integrated exploitation of canals and dams in irrigation of paddy fields. Master's thesis in the field of irrigation and drainage. Tehran University, Agriculture and Natural Resources Campus. 96 pages.(In Persian)
4. Ejlali, F., Asgari, A. Darzi Naftchali, A. Dehghani, M. 2016. The effect of increasing the capacity of dams on the amount of rice production and gross income in paddy fields. Wetland Ecobiology Research Quarterly - Islamic Azad University, Ahvaz Branch, 9(34), 35-44.(In Persian)
5. Mahmoud, W. H., N. A. Elagib, H. Gaese and J. Heinrich. 2014. Rainfall conditions and rainwater harvesting potential in the urban area of Khartoum. Resources, Conservation and Recycling, 91: 89-99.
6. Moradi, J., H. Shahnazari and M. Nemati Kutnai 1389. The role of seals in groundwater recharge. The first national conference on water resources management of coastal lands. 10 p. Sari. Iran. (In Persian)
7. Pourmohammadi, Y. 1390. Integrated management of water resources, a case study of the Alborz dam basin. Master's thesis in the field of irrigation and drainage. (In Persian)
8. Sadeghi, S. 2021. Optimization of storm sewer networks based on risk analyses approach and damage estimates. Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Water structure. Department of water structure, Faculty of Agriculture Tarbiat Modares University. (In Persian)
9. Silva, C. M., V. Sousa and N. V. Carvalho. 2015. Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences. Resources, Conservation and Recycling, 94: 21-34.
10. Sin, J. Jun, C. Zhu, J.H. and Yoo, C. 2014. Evaluation of Flood Runoff Reduction Effect of LID (Low Impact Development) based on the Decrease in CN: Case Studies from Gimcheon

اخیر، انجام کشت دوم به دلیل افزایش سطح درآمد کشاورزان منطقه موردتوجه قرار گرفته است. با به زیر کشت بردن اراضی برای بار دوم، می‌توان ضریب کشت منطقه را نیز بالا برد. با توجه به استفاده فراوان از چاه‌های شخصی در کشت شالی بخصوص در کشت دوم که بسیار در منطقه رواج دارد، مهم‌ترین مزیت آب‌بندان موجود و افزایش حجمی که بعد مرمت و بهسازی آب‌بندان نوایی محله اتفاق خواهد افتاد، کم کردن برداشت از آب‌های زیرزمینی بوده که علاوه بر حفظ منابع آب زیرزمینی از کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌کاهد و همچنین هزینه تولید نیز کاهش می‌یابد. همچنین وجود آب‌بندان‌ها با ظرفیت کافی سبب افزایش در تغذیه آب زیرزمینی در محدوده اطراف آب‌بندان خواهد شد.

بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر با مشاهده نقشه پراکندگی آب‌بندان‌ها، محدوده‌ای از زیر حوزه آبخیز هراز با داشتن حدود ۴۱ آب‌بندان انتخاب گردید. برای این منظور ۲۰ آب‌بندان به‌عنوان تیمار موردبررسی قرار گرفتند سپس رواناب حوزه آبخیز با استفاده از مدل SWMM محاسبه شد و از نتایج به‌دست‌آمده برای کل آب‌بندان‌های محدوده طرح استفاده شد. بر مبنای نتایج به‌دست‌آمده، لایروبی و بهسازی کلیه آب‌بندان‌های منطقه از یک تا دو متر، سبب جمع‌آوری رواناب حاصل از بارش تا دوره بازگشت ۵۰ ساله و افزایش سطح زیر کشت اراضی شالیزاری و به‌تبع آن افزایش درآمد و سود اقتصادی خواهد شد؛ بنابراین اجرای طرح بهسازی این آب‌بندان‌ها جهت ذخیره‌سازی بیشتر آب و همچنین ذخیره بارش منطقه در فصول غیر زراعی، علاوه بر اینکه موجب استفاده بهینه از منابع آبی خواهد شد، موجب افزایش سطح زیر کشت اراضی شالیزاری می‌شود که یک منبع درآمد بسیار مناسب برای کشاورزان خواهد بود همچنین موجب اشتغال‌زایی در منطقه نیز می‌شود. در مواقع خشک‌سالی این امکان وجود دارد که برخی از اراضی در روستاهای پایین‌دست دچار کمبود و تنش آب گردند. افزایش حجم ذخیره آب‌بندان این امکان را فراهم می‌سازد که بخشی از آب ذخیره شده در آب‌بندان جهت جبران کمبود آب به اراضی روستاهای پایین‌دست انتقال یابد. بنابراین کاملاً توجیه اقتصادی دارد. هدف اصلی از احداث و بکارگیری آب‌بندان، تأمین منابع موردنیاز کشاورزی است، تأمین آب مطمئن و کافی برای بخش کشاورزی و برنامه‌ریزی برای افزایش حجم ذخیره و تأمین آب می‌تواند تضمین‌کننده استفاده‌های دیگر از آن از جمله پرورش آبی باشد. لذا آبی‌پروری یکی از گزینه‌های پیشنهادی برای استفاده از حجم مازاد آب آب‌بندان خواهد بود. با توجه به درآمد سالانه بهره‌برداران از اجاره دهی مخزن آب‌بندان، می‌توان انتظار داشت که هزینه جاری سالانه برای آب‌بندان تأمین شود. با احیا آب‌بندان و استفاده از پتانسیل پرورش آبی، میزان اشتغال افراد نیز افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش حجم ذخیره آب‌بندان موجبات اجرای طرح گردشگری در آب‌بندان را در صورت فراهم بودن شرایط آن

12. Tsun Fang, W., C. Pin Chien. and S. Chen Chen. 2012. Study on agricultural benefits by increasing capacity of water ponds: a case study at Taoyuan paddy fields, Paddy Water Environ 10(1): 231-250.

Pyeonghwa District, Korea, Procedia Engineering, 70, 1531-1538.

11. Taraj, A.G., A.H. Ebrahimian., S. Gray. 2016. The role of dams in sustainable agricultural development. The second national conference on water resource management in coastal areas. 8 p. Sari. Iran. (In Persian)

Increasing the Capacity of Abbandan Through Harvesting Rainwater in Order to Properly Utilize the Incoming Runoff

S. Sadeghi¹ and A. Shahnazari²

Received: 30-05-2018 Accepted: 10-10-2018

Abstract

Water ponds play an important role in providing water needed for a large part of paddy lands. In addition to providing drinking water, these native structures play an important role in feeding underground water and preventing the drop of the underground water level, so their preservation is very important. In this research, by observing the distribution map of water ponds in Mazandaran province, a range of Haraz catchment with about 41 water ponds was selected. For this purpose, 20 water ponds were examined, then the catchment runoff was calculated for different return periods using the SWMM model, and the obtained results used for all the water ponds in the project area. Based on the obtained results, improvement of all water ponds in the region from one to two meters will collect the runoff from rainfall up to the return period of 50 years and increase the cultivated area of paddy fields. Therefore, by collecting runoff in non-agricultural seasons and using it in agricultural seasons, an important step can be taken in the optimal use of water resources, as well as increasing the amount of production of the dominant crops in the region.

Keywords: *Water ponds, Mazandaran province, Improvement, Ru*

1. Post-doctoral researcher in water sciences and engineering (water structures) - Faculty of Agricultural Engineering - Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

2. Corresponding author and Professor of Water Engineering Department, Faculty of Agricultural Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran. Email: aliponh@yahoo.com