Archive of SID

نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال پنجم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۴

ISSN 2251-7480

بهره‌برداری بهینه از آب‌بندان در آبیاری اراضی شالیزاری استان گیلان

مونا دیهول [۱]، حمیده نوری [۲*]، فرهاد میرزایی [۳] و محمدرضا یزدانی [٤]

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی؛ گروه آبیاری و آبادانی؛ پردیس کشاورزی و منابع طبیعی؛ دانشگاه تهران؛ تهران؛ ایران

۲) استادیار؛ گروه آبیاری و آبادانی؛ پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران؛ تهران؛ ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: hnoory@ut.ac.ir

۳) دانشیار؛ گروه آبیاری و آبادانی؛ پردیس کشاورزی و منابع طبیعی؛ دانشگاه تهران؛ تهران؛ ایران

٤) استادیار پژوهشی؛ موسسه تحقیقات برنج کشور؛ سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی؛ گیلان؛ ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۱۰/۲٤

چکیده

بهره‌برداری بهینه از منابع محلی می‌تواند در حفظ منابع آب اراضی شالیزاری و توزیع عادلانه آب مؤثر باشد. در این تحقیق برای بررسی نقش آب‌بندان‌ها در ذخیره آب محلی و استفاده بهینه از آن برای تأمین نیاز آبیاری اراضی شالیزاری، مدل شبیه‌سازی-بهینه‌سازی بهره‌برداری از آب‌بندان توسعه داده شده است. تبخیرتعرق، نیاز آبیاری، دور آبیاری و بیلان آب‌بندان توسط مدل شبیه‌سازی می‌شود و سپس با استفاده از الگوریتم ژنتیک باینری تعداد روزهای پمپاژ از کانال به آب‌بندان با توجه به حجم آب درون آب‌بندان در هر روز و حجم آب سرریز شده از آن بهینه می‌شود. مدل توسعه داده شده برای آب‌بندان فشتام در شهرستان سنگر استان گیلان و اراضی شالیزاری آبخور آن اجرا شده است. نتایج اجرای مدل نشان داد که در سال آبی نرمال مورد بررسی ۵۴ درصد از نیاز آبیاری اراضی شالیزاری مورد مطالعه از آب ذخیره شده باران و رواناب در آب‌بندان فشتام تأمین شده است و نسبت آب سرریز شده از آب‌بندان به حجم بیشینه آن ۷۴ درصد است. اجرای مدل برای سناریوی توسعه آب‌بندان به اندازه دو برابر حجم موجود نشان داد سهم آب‌بندان در تأمین نیاز آبیاری اراضی شالیزاری مورد مطالعه می‌تواند به ۹۱ درصد افزایش یابد.

کلید واژه‌ها: گیلان؛ تخصیص بهینه؛ استحصال آب باران؛ مدل شبیه‌سازی- بهینه‌سازی

مقدمه

جمعیت جهان به سرعت رو به افزایش است و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰ از ۷ میلیاردنفر به مرز ۹/۵ میلیارد نفر برسد (United Nations, 2011). بر این اساس تولید محصول کشاورزی تا سال ۲۰۵۰ باید حدود ۳۳ درصد افزایش یابد تا جمعیت جهان از نظر تغذیه مشکلی نداشته باشند(Singh, 2012). با توجه به اینکه کشور ایران در آستانه فقر آبی قرار دارد (United Nations, 2011)، مدیریت آبیاری در کشاورزی ایران اهمیت زیادی دارد.

بخش عمده آب آبیاری مورد نیاز در اراضی شالیزاری استان گیلان توسط سد سفیدرود تامین می‌گردد. این سد اگرچه ده‌ها سال بی‌دغدغه آب بخش زیادی ازشالیزارهای گیلان را تامین کرده است، لیکن کاهش تدریجی توان ذخیره‌سازی آن در کنار افزایش پلکانی مصرف آب کشاورزی، باعث شده این سازه دیگر به تنهایی قادر به تامین نیازمندی‌های آب استان نباشد. ظرفیت اسمی سد سفیدرود در سالهای اخیر به دلیل رسوب‌گذاری‌های مداوم رودخانه‌های قزل‌اوزن و شاهرود و لایروبی نشدن به موقع

www.SID.ir

Archive of SID

این سد، حدود ٤٥ درصد ظرفیت مفید آن غیر قابل استفاده شده است (نجفی، ۱۳۸۱). علاوه بر این اطمینان‌پذیری تامین آب سد سفیدرود به دلیل طرح‌های متعدد استحصال آب (در مرحله ساخت یا طراحی) درحوضه آبریز قزل‌اوزن – سفیدرود کاهش خواهد یافت (زارع‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱). بارندگی سالانه در استان گیلان نسبت به حوضه آبریز قزل‌اوزن–سفیدرود به مراتب بیشتر است لیکن به دلیل عدم وجود سدهای ذخیره‌ای کافی در این استان بخش قابل توجه بارندگی سالانه به صورت رواناب به دریا تخلیه می‌شود.

در استان گیلان قبل از احداث شبکه سفیدرود، مخزن‌های خاکی به نام آب‌بندان برای ذخیره آب محلی حاصل از استحصال بارندگی و رواناب‌ها وجود داشته است. با احداث کانال‌های مدرن، تعداد، سطح و حجم آب‌بندان‌ها به مرور زمان کاسته و تخریب شدند. با توجه به کم شدن ظرفیت ذخیره‌ای سد سفیدرود و بهره‌برداری از سدهای در حال ساخت واقع در بالادست آن در آینده، همچنین خطر خشکسالی‌های فصلی سالانه در استان گیلان و احتمال وقوع خشکسالی‌ها در حوضه بالادست سد سفیدرود، تلاش برای حفظ و توسعه، مدیریت و بهره‌برداری بهینه از آب‌بندان‌ها به عنوان منابع محلی تامین کننده آب آبیاری، اهمیت زیادی دارد.

در استان گیلان آب‌بندان‌ها به سه دسته کلی تقسیم می‌گردند: دسته اول آب‌بندان‌هایی هستند که در مناطقی که شبکه آبیاری مدرن توسعه نیافته است قرار دارند. این آب‌بندان‌ها منبع اصلی تامین آب آبیاری مزارع آبخور خود به شمار می‌آیند و منابع تامین کننده آب این آب‌بندان‌ها باران، رواناب حاصل از باران و یا آبیاری اراضی بالادست خود، چاه و چشمه است. دسته دوم آب‌بندان‌ها در مناطقی واقع هستند که شبکه آبیاری فرعی مدرن توسعه نیافته است و امکان انتقال حق‌آبه از شبکه آبیاری سفیدرورد به اراضی به صورت مستقیم وجود ندارد. این آب‌بندان‌ها علاوه بر منابع تامین کننده آب ذکر شده در دسته اول، توسط یک کانال اصلی و یا درجه دو نیز تغذیه می‌شود. دسته سوم آب‌بندان‌هایی هستند که در مناطقی که شبکه آبیاری فرعی مدرن توسعه یافته واقع هستند و به موازات کانال بخشی از آب آبیاری اراضی را تامین می‌نمایند.

در برخی کشورهای جنوب شرقی آسیا که شرایطی مشابه با استانهای شمالی ایران دارند مطالعاتی در زمینه نقش و اهمیت آب‌بندان‌ها انجام شده است. Mushtaq و همکاران (۲۰۰٦) در مطالعه‌ای به اهمیت آب‌بندان‌ها در صرفه‌جویی آب، افزایش محصول و حفظ محیط زیست در کشور چین پرداختند و به همکاری بیشتر کشاورزان در سیستم‌های مدیریت آب در صورت وجود این آب‌بندان‌ها اشاره کردند. Tsun Fang و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی نقش آب‌بندان‌های اطراف اراضی کشاورزی در استحصال باران‌های محلی را در سال‌های خشک بسیار مهم دانستند. همچنین دو مدل بهینه‌سازی با تابع هدف کمینه کردن برداشت آب و بیشینه کردن سود اقتصادی ارائه کردند که نتایج بدست آمده وجود آب‌بندان‌ها را در بهینه کردن اهداف ذکر شده در دوره‌های خشکسالی بسیار پر اهمیت نشان داد. در ایران نیز بخت‌فیروز و همکاران (۱۳۸۹) به اهمیت بهسازی و مرمت آب‌بندان با هدف ذخیره رواناب بالادست و تغذیه آب زیرزمینی در مزرعه عمرانلو اراضی روستایی در استان مازندران پرداختند و نقش آب‌بندان‌ها در تغذیه آب زیرزمینی و جلوگیری از نشت آب شور دریا به سفره زیرزمینی را بسیار پراهمیت دانستند. مهربان (۱۳۸۹) در تحقیقی با مقایسه آمار بارندگی و منابع آبی در گیلان با ایران و جهان نشان داد که مدیریت جامع منابع آب و استفاده از همه ابزارهای موجود و امکانات بالقوه می‌تواند خطر هر ساله خشکسالی در استان گیلان را کاهش دهد. هاشم‌زاده و باباپور (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای به نقش مفید و موثر آب‌بندان در مدیریت کم‌آبی در استان گیلان اشاره کردند.

استفاده از روش‌های سنتی بهره‌برداری و عدم به‌کارگیری روشهای موثرتر بهره‌برداری از آب‌بندان و بهینه

www.SID.ir

Archive of SID

کردن آن در بسیاری از مناطق استان‌های شمالی ایران، منجر به عدم استفاده از کل توانمندی ظرفیت آب‌های محلی (استحصال رواناب‌ها و بارندگی) و ایجاد سرریزهای کنترل نشده، نارضایتی کشاورزان به دلیل عدم تامین آب آبیاری مورد نیاز، ایجاد مشکلات اکولوژیکی و محیط زیستی برای گیاهان و جانوران ساکن در آب‌بندان و ترک-خوردگی خاک کف و دیواره‌های آب‌بندان به دلیل عدم حفظ حداقل ذخیره آبی در مخزن آب‌بندان، شده است. صفاییان و شکری (۱۳۸۱) در تحقیقی به توسعه بی‌رویه اراضی، تخلیه پساب‌های کشاورزی به آب‌بندان‌ها و برداشت بی رویه آب از آب‌بندان که نتیجه آن تخریب آب‌بندان‌ها در استان مازندران است پرداختند.

استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی در مطالعات مدیریت بهره‌برداری از آب‌بندان‌ها و بررسی تاثیرگذاری سناریوهای مدیریتی بسیار موثر است (پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹٤؛ لاله‌زاری و همکاران، ۱۳۹٤).

Xie و Cui (۲۰۱۱) مدل SWAT را با لحاظ کردن منابع آبی جدید مثل آب‌بندان‌ها و حوضچه های محلی به منظور تامین آب به موقع در اراضی شالیزاری توسعه دادند. Huang و Wu (۲۰۱۱) تاثیر تامین نیاز آب آبیاری در مزارع برنج از منابع مختلف از جمله آب کانال، آب سرریز شده از مزارع بالادست و آب‌بندان بر افزایش محصول در اراضی کشاورزی تایوان را با توسعه یک برنامه آبیاری تلفیقی با استفاده از مدل Vensim بررسی کردند. نتایج بدست‌آمده تاثیر مثبت آب‌بندان در مزارع برنج روی افزایش محصول به خصوص در دوره‌هایی که بارندگی کافی نیست را نشان داده است.

هدف از این تحقیق بهینه کردن نقش آب‌بندان‌ها در ذخیره آب محلی و تامین آب آبیاری مورد نیاز اراضی شالیزاری است. در این راستا، مدلی برای بهره‌برداری بهینه از آب‌بندان با در نظر گرفتن ملاحظات تامین آب محصول، بیلان آبی اراضی شالیزاری و ملاحظات محیط زیستی مربوط به آب‌بندان ارائه شده است. به دلیل اینکه بسیاری از آب‌بندان‌های بزرگ و مهم استان گیلان جزء دسته دوم هستند در این تحقیق به بهره‌برداری بهینه از آنها پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

روستای فشتام از توابع بخش سنگر شهرستان رشت در استان گیلان است. این روستا دارای یک آب‌بندان به مساحت ۲۲ هکتار و ۹۰ هکتار اراضی شالیزار تحت مالکیت٦۰ مالک است. تامین آب آبیاری مزارع توسط آب‌بندان صورت می‌گیرد به طوری‌که در دو طرف آب‌بندان دو دریچه کشویی به سمت اراضی وجود دارد و با باز کردن این دریچه‌ها آب به مزارع توسط کانال‌های خاکی سنتی به صورت ثقلی جریان می‌یابد. در بالادست آب‌بندان جنگل سراوان قرار دارد که تقریبا ۲۰۰ هکتار از مساحت آن شیبی در جهت آب‌بندان دارد (شکل ۱). آب‌بندان فشتام جزء دسته دوم آب‌بندان‌های استان گیلان است و منابع تغذیه کننده آن شامل رواناب حاصل از باران در جنگل سراوان به همراه باران مستقیم و آب پمپاژ شده از کانال چپ لاکان است. رواناب جنگل توسط نهرهای خاکی که در جنگل ساخته شده است به آب‌بندان هدایت می‌شود. شیب متوسط جنگل با استفاده از Google Earth، ۱۳ درصد محاسبه شده است. از کانال چپ سنگر تعداد ۲٦ دریچه آمیل که دارای دبی یک مترمکعب بر ثانیه هستند آب را به کانال چپ لاکان هدایت می‌کنند و آب دریافتی به مصارف کشاورزی، شرب و صنعت و شیلات تخصیص می‌یابد.

وظیفه بهره‌برداری از آب‌بندان و آبگیری از کانال چپ لاکان به آب‌بندان توسط پمپاژ بر عهده دهداری فشتام است. از ایستگاه پمپاژ تا آب‌بندان توسط لوله‌گذاری (لوله رانش) آب انتقال داده می‌شود. لازم به ذکر است در ایستگاه پمپاژ دو عدد پمپ با دبی ۳۸۰ مترمکعب در ساعت قرار دارد که در هر بار آبگیری فقط یکی از پمپ‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

روشن می‌شود و در هر روز حداکثر زمانی که می‌تواند روشن باشد ۲۰ ساعت است. با توجه به اینکه هزینه مربوط به پمپاژ (استهلاک، نیروی انسانی و انرژی) بر عهده کشاورزان است، لذا استفاده کمتر از پمپ‌ها و استفاده بیشتر از آب محلی حاصل از استحصال باران و رواناب از نظر اقتصادی برای کشاورزان اهمیت دارد.

شکل ۱. موقعیت اراضی کشاورزی و آب‌بندان واقع در روستای فشتام و اراضی جنگلی بالادست

شرایط هیدرولوژیکی آب‌بندان‌های دسته دوم

با توجه به موقعیت قرارگیری آب‌بندان، منابع تامین کننده آب در آب‌بندان‌ها شامل باران مستقیم، رواناب حاصل از باران، رواناب حاصل از آبیاری اراضی بالادست، چاه، چشمه، کانال آبیاری و کانال زهکشی است و از آب آب‌بندان برای آبیاری اراضی پایین‌دست یا آبخور آن به صورت ثقلی یا پمپاژ استفاده می‌شود. مولفه‌های خروجی از آب‌بندان شامل تبخیر، نشت، سرریز و آب خروجی جهت مصارف مختلف از جمله آبیاری است. در شکل ۲ شرایط هیدرولوژیکی آب‌بندان‌های دسته دوم به همراه پارامترهای ورودی و خروجی آن نشان داده شده است.

ساختار مدل بهره‌برداری از آب‌بندان

در گام اول داده‌های ورودی مورد نیاز توسط مدل فراخوانی می‌شود. در جدول ۱ داده‌های مورد نیاز در مدل ارائه شده است.

شکل ۲. شرایط هیدرولوژیکی آب‌بندان‌های دسته دوم

جدول ۱. داده‌های ورودی موردنیاز در مدل ارائه شده در این تحقیق

داده	پارامتر	شاخص	یکا
خاک	نفوذ عمقی مزرعه	Dp	میلی‌متر
	عمق نیمرخ خاک	Dr	میلی‌متر
	رطوبت ظرفیت مزرعه و اشباع	SATوFc	درصد
	نفوذ آب در آب‌بندان	In	میلی‌متر بر روز
	عمق نیمرخ خاک اراضی بالادست آب‌بندان	Drw	متر
محاسبه رواناب	شماره منحنی اراضی بالادست آب‌بندان	CN	–
	شیب اراضی بالادست آب‌بندان	Slp	درصد
	مساحت اراضی بالادست آب‌بندان	Aw	هکتتار
	رطوبت اولیه خاک در اراضی بالادست و آبخور	M	میلی متر
	تاریخ شروع آبیاری	DOYi	شماره روز از ابتدای سال آبی
برنامه آبیاری	تاریخ شروع کشت	DOYc	شماره روز از ابتدای سال آبی

www.SID.ir

Archive of SID

داده	پارامتر	شاخص	یکا
	تاریخ برداشت محصول	DOYh	شماره روز از ابتدای سال آبی
	طول فصل آبیاری	DI	روز
	راندمان کاربرد آبیاری	Ea	درصد
	راندمان توزیع آبیاری	Ed	درصد
برنامه آبیاری	مساحت اراضی آبخور آب‌بندان	Af	هکتار
	ارتفاع سرریز برای رواناب در شالیزار	HH	متر
	ارتفاع غرقابی مورد نیاز گلخرابی	Hh1	متر
	ارتفاع غرقابی مورد نیاز برای کشت برنج	Hh2	متر
آبیندان	عمق آب‌بندان	hm	متر
	عمق بحرانی آب‌بندان	hc	متر
	مساحت آب‌بندان	Apmax	هکتار
	سطح جانبی آب‌بندان	A2	متر مربع
	سطح کف آب‌بندان	A1	متر مربع
	حجم آبی ورودی به آب‌بندان از انهار محلی	*Vstream*	مترمکعب در روز
	حجم آبی ورودی به آب‌بندان از چشمه	*Vspring*	مترمکعب در روز
	حجم آبی ورودی به آب‌بندان از چاه	*Vwell*	مترمکعب در روز
	حجم آبی ورودی به آب‌بندان از کانال	*Vcanal*	مترمکعب در روز
	بارندگی و تبخیر تشت	EوP	میلیمتر
	عمق اولیه آب در آب‌بندان	h_0	متر
داده‌های هواشناسی			

برای محاسبه تبخیرتعرق مرجع (ET0) از روش فائو پنمن مانتیس ارائه شده توسط Allen (۱۹۹۸) استفاده شده است و با ضرب کردن در ضریب گیاهی برنج (Kc)، مقادیر تبخیرتعرق گیاهی (ETc) محاسبه گردید (رابطه ۱). در صورتی که کاربر از ضرایب فائو استفاده کند این ضرایب برای منطقه مورد نظر توسط مدل اصلاح می‌گردد.

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (۱)$$

در مدل، برای محاسبه رواناب دو روش SCS-CN اصلاح شده توسط Arnold (۲۰۰۰) و روش بیلان استفاده شده است. از آنجایی که پارامترهای معادله بیلان در جنگل سراوان در دسترس نبوده است در این تحقیق از روش SCS-CN اصلاح شده توسط Arnold (۲۰۰۰) برای محاسبه رواناب استفاده گردید (روابط ۲ تا ۵).

$$Ro = \frac{(P-I_a)^2}{(P-I_a+S)} \quad (۲)$$

$$Ia = \lambda \times S \quad (۳)$$

$$CN1 = CN2 - \frac{20(100-CN2)}{100-CN2+\exp(2.533-0.0636(100-CN2))} \quad (٤)$$

$$CN3 = CN2 \times \exp(0.00673(100 - CN2) \quad (٥)$$

در روابط بالا، Ia نگهداشت اولیه (mm)، Ro رواناب (mm)، S پتانسیل نگهداشت(mm)، λ ضریب نگهداشت اولیه، CN2 شماره منحنی در شرایط نرمال، CN1 شماره منحنی در شرایط خشک و CN3 شماره منحنی در شرایط مرطوب است. مقادیر شماره منحنی برای شیب منطقه مورد مطالعه با استفاده از رابطه (٦) اصلاح می‌گردد.

$$CN_{2s} = \frac{(CN_3 - CN_2)}{3}.(1-2\exp(-13.86\times slp)) + CN_2 \quad (٦)$$

در این رابطه CN2s شماره منحنی اصلاح شده برای شرایط نرمال است. مقادیر CN1 و CN3 بر اساس CN2s

www.SID.ir

Archive of SID

اصلاح می‌گردد (روابط ٤ و ٥). پتانسیل نگهداشت خاک بر اساس بارندگی پنج روز قبل محاسبه می‌شود (رابطه ۷):

$$S = 25.4(\frac{1000}{CN} - 10) \quad (۷)$$

مقدار CN به شرایط خشک، نرمال و مرطوب بستگی دارد که این شرایط بر اساس مجموع میزان بارندگی پنج روز قبل با رطوبت اولیه تعیین می‌شود. اگر این مقدار کمتر از نقطه پژمردگی خاک باشد CN1، بین نقطه پژمردگی و ظرفیت زراعی خاک باشد CN2، بین ظرفیت زراعی و ظرفیت اشباع خاک باشد CN3 و بیشتر از ظرفیت اشباع باشد برابر ۹۹ قرار داده می‌شود.

روز اول محاسباتی مدل ارائه شده معادل با شروع سال آبی(اول مهر) است و محاسبات به صورت روزانه برای یک سال انجام می‌شود. برای تعیین مقدار رطوبت اولیه در این روز دو گزینه در مدل لحاظ شده است. گزینه اول برای مقداری است که کاربر به عنوان داده ورودی به مدل معرفی می کند و گزینه دوم مقدار پیش‌فرض مدل است که برابر ظرفیت زراعی فرض شده است. با توجه به آمار بلندمدت بارندگی در منطقه مورد مطالعه در ماه شهریور (میانگین ۲۰ ساله مجموع بارندگی در این ماه ۱٤۲/٤٦ میلیمتر است)، مقدار پیش‌فرض مدل قابل قبول است.

اولین آبیاری در کشت برنج برای آماده‌سازی زمین (گل‌خرابی و شخم) است. در این مرحله خاک دارای رطوبت اولیه‌ای است و لازم است پس از اشباع شدن به اندازه Hh1 میلی‌متر آب بر روی زمین قرار داشته باشد. بنابراین در مدل ارائه شده در این تحقیق مقدار آبیاری اول برابر با مجموع آب مورد نیاز برای اشباع کردن خاک و Hh1 میلی‌متر ارتفاع آب ثابت روی سطح خاک در نظر گرفته شده است. چنانچه مقدار رطوبت اولیه توسط کاربر در اختیار نباشد، رطوبت اولیه خاک به صورت پیش‌فرض برابر با رطوبت ظرفیت زراعی خاک لحاظ می‌گردد (دو گزینه برای رطوبت اولیه در مدل لحاظ شده است).

آبیاری بعدی در اولین روز انتقال نشاء صورت می-گیرد. در مدل فرض شده است که آبیاری دوم به فاصله کوتاهی پس از آبیاری اول انجام می‌شود و رطوبت خاک در حد اشباع باقی‌مانده است. در زمان آبیاری دوم و آبیاری‌های بعدی خاک در وضعیت اشباع است و مقدار آبیاری خالص معادل با ارتفاع آب ثابت مورد نیاز روی سطح خاک (Hh2) لحاظ گردیده است. برنامه‌ریزی آبیاری در مدل بر اساس عمق ثابت (Hh2) و دور آبیاری متغیر در نظر گرفته شده است. ارتفاع پشته‌ها در اراضی بیشتر از Hh2 میلی‌متر است و اراضی توانایی نگهداری آب بیشتری را دارند. حداکثر ظرفیت نگهداری آب در اراضی (HH بر حسب میلی‌متر) به منظور جلوگیری از سرریز آب از پشته-ها در زمان بارندگی در مدل لحاظ شده است. برای تعیین دور آبیاری و مشخص کردن روزهای آبیاری، نیاز آبیاری خالص در هر روز (Demand) از رابطه ۸ و نیاز خالص تجمعی در هر روز (CRE) از رابطه ۹ محاسبه می‌گردد:

$$Demand = ET_c + DP - P \quad (۸)$$

$$CRE_i = Demand_i + CRE_{i-1} \quad (۹)$$

معیار تعیین زمان آبیاری، نیاز خالص تجمعی بیشتر از ۸۰ درصد Hh2 و کمتر از ۱۰۰ درصدHh2 لحاظ گردیده است. یعنی زمانی که خاک اشباع است و ارتفاع آب کمتر از ۸۰ درصد Hh2 روی سطح خاک وجود دارد، آبیاری صورت گیرد و آب آبیاری مورد نیاز به طور کامل تامین می‌گردد.

برای محاسبه حجم آب ذخیره شده در آب‌بندان از معادله بیلان استفاده گردید (روابط ۱۰ تا ۱۲). معادله بیلان آب‌بندان برای تمامی روزهای سال آبی اجرا می‌گردد و میزان حجم آب در آب‌بندان در هر روز محاسبه می‌گردد.

$$I - O = \Delta V_p \quad (۱۰)$$

$$I_i = VP_i + VRo_i + Vstream_i + Vwell_i + Vspring_i + Vcanal_i \quad (۱۱)$$

$$O_i = VE_i + VIn_i + VIr_i + Vrelease_i \quad (۱۲)$$

www.SID.ir

Archive of SID

در روابط بالا I حجم آب ورودی به آب‌بندان در یک روز (m^3d^{-1})، O حجم آب خروجی از آب‌بندان در یک روز (m^3d^{-1})، ΔV_p تغییرات حجم آب در آب‌بندان (m^3d^{-1})[1]، VP حجم آب باران مستقیم (m^3d^{-1})، Vrelease حجم آب سریز شده ازآب‌بندان(m^3d^{-1})، زمانی که حجم آب ذخیره شده در آب‌بندان از حداکثر ظرفیت آب‌بندان بیشتر باشد، VIr برداشت آب از آب‌بندان برای آبیاری اراضی (m^3d^{-1})، VE حجم تبخیر شده از آب‌بندان (m^3d^{-1})، VIn حجم آب نفوذ کرده در آب‌بندان (m^3d^{-1})، است.

میزان رواناب وارد شده به آب‌بندان بر اساس یکی از روش‌هایSCS-CN اصلاح شده (Arnold *et al.*, 2000) و بیلان محاسبه می‌شود. حجم تبخیر و بارندگی بر اساس داده‌های ورودی هواشناسی محاسبه می‌گردد و اطلاعات مربوط به آب ورودی توسط نهر، چاه و چشمه توسط کاربر به مدل وارد می‌گردد. حجم باران مستقیم وارد شده به آب‌بندان بستگی به سطح بالای آب‌بندان (Apmax) دارد. سطح بالای آب‌بندان در این مدل برابر با بیشترین مساحت آب‌بندان در نظر گرفته شده است. حجم باران مستقیم از معادله (۱۳) محاسبه می‌شود.

$$VP = 10 Ap\max \times P \qquad (۱۳)$$

راندمان‌های مورد اندازه‌گیری در هر شبکه شامل راندمان انتقال، توزیع و کاربرد آب در مزرعه است و از حاصل‌ضرب آنها راندمان کل و آب آبیاری ناخالص محاسبه می‌گردد. با توجه به اینکه در این بررسی، آبیاری با آب محلی در آب‌بندان صورت می‌گیرد، بنابراین تنها راندمان کاربرد(Ea) و توزیع (Ed) آب بین اراضی حائز اهمیت است. Af مساحت اراضی آبخور آب‌بندان بر حسب هکتار است.

$$VIr = \frac{Hh2}{E_a \times E_d} \times Af \times 10) \qquad (۱۴)$$

برای محاسبه حجم تبخیر از آب‌بندان از رابطه ۱۵ استفاده گردید. مقدار سطح آب (Ap، ha) درآب‌بندان تابع عمق آب در آب‌بندان (h) است (رابطه ۱۶). حجم آب نفوذ کرده در آب‌بندان بر اساس رابطه ۱۷ محاسبه می‌گردد.

$$VE = E \times Ap \times 10 \qquad (۱۵)$$

$$Ap = f(h) \qquad (۱۶)$$

$$VIn = In \times (A1 + A2) \times 10 \qquad (۱۷)$$

در آب‌بندان منطقه مورد مطالعه به دلیل اینکه اندازه عمق آب‌بندان خیلی کمتر از مساحت سطح و کف آب‌بندان است، شکل هندسی آن استوانه در نظر گرفته شد (Hayashi and Van der Kamp,2007).در مدل بهینه‌سازی ارائه شده متغیر تصمیم تعداد روزهای پمپاژ از کانال (x) توسط ایستگاه پمپاژ است که اگر پمپاژ از کانال وجود داشته باشد برابر یک و اگر نداشته باشد برابر صفر می‌شود (متغیر تصمیم باینری). در اغلب آب‌بندان‌های دسته دوم به دلیل اینکه شبکه آبیاری فرعی توسعه نیافته است، دریافت آب از کانال از طریق پمپاژ و انتقال از مسیر لوله صورت می‌گیرد. در روزهایی که پمپاژ از کانال صورت می‌گیرد حجم آب پمپاژ شده از کانال در یک روز (Vpump، m^3)برابر است با حاصل‌ضرب دبی پمپ (Qpump، $m^3\ hr^{-1}$) در حداکثر ساعتی (hr) که پمپ می‌تواند کار کند، در نظر گرفته شده است (معادله ۱۸).

$$V_{pump} = Q_{pump} \times hr \qquad (۱۸)$$

تابع هدف کمینه کردن تعداد روزهای پمپاژ از کانال به آب‌بندان تعریف شده است (رابطه ۱۹).

$$Z = \min \sum x \qquad (۱۹)$$

حجم آب درون آب‌بندان، مقدار برداشت و ورود آب به آن را محدود می‌کند. مدل بهینه‌سازی ارائه شده دارای دو تابع محدودیت (قید) است. اولین قید برای زمانی است که حجم آب درون آب‌بندان از نیاز آبیاری مزرعه کمتر است (رابطه ۲۰). قید دوم برای زمانی است که حجم آب درون آب‌بندان از حداکثر حجم نگهداشت آب در آب‌بندان بیشتر شود (معادله ۲۱).

$$Vpi - Vc < VIr_i \qquad (۲۰)$$

$$Vpi > Vp\max \qquad (۲۱)$$

www.SID.ir

Archive of SID

در روابط ۲۰ و ۲۱، Vc حجم بحرانی (متر مکعب)، i شمارنده روز و Vpmax بیشترین حجم آب‌بندان (متر مکعب) است. در صورتی که در محاسبات مدل محدودیت‌های تعریف شده در دو تابع قید (روابط ۲۰ و ۲۱) برآورده نگردد دو تابع جریمه مربوط به قید اول و دوم به تابع هدف اضافه می‌گردد. تابع محدودیت اول تضمین کننده عدم وقوع کم‌آبیاری در کشت برنج است. حجم بحرانی در آب‌بندان عبارت است از حداقل حجم آبی که برای برقراری شرایط اکولوژیکی و محیط زیستی مربوط به گیاهان و جانوران ساکن در آب‌بندان، لازم است وجود داشته باشد. خروجی‌های مدل شامل تعداد روزهای پمپاژ از کانال، مقدار سرریز از آب‌بندان، تعداد آبیاری مورد نیاز در طول فصل رشد، درصد تامین نیاز آبیاری از آب استحصال شده باران و رواناب در آب‌بندان است.

الگوریتم ژنتیک باینری

مهم‌ترین و ابتدایی ترین نوع الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ژنتیک باینری است که در آن متغیرها به صورت باینری تغییرات پیوسته نیستند و نمی توانند هر مقداری به خود بگیرند. مجموعه متغیرهای مسأله، که می بایست مقدار بهینه برای آن ها پیدا شود، در قالب رشته های باینری کد می شوند و به همدیگر الحاق می گردند. به این ترتیب یک کروموزوم از متغیرهای مسأله به دست می‌آید. در الگوریتم ژنتیک حرکت از هر نسل به نسل بعدی، در چهار مرحله کلی تولید جمعیت اولیه و ارزیابی آنها، مرحله انتخاب، اعمال عملگرهای تغییر و جای‌گزینی و ایجاد نسل جدید انجام می‌گردد.

در این تحقیق از کد الگورتیم ژنتیک باینری که به زبان متلب نوشته شده، استفاده شده است. در این کد از عملگرهای انتخاب چرخ رولت، تلاقی یکنواخت، جهش خزشی و نخبه‌گزینی برای حل الگوریتم استفاده گردید. همچنین شرطی در مدل قرار داده شده که اگر در ۲۰ تکرار جواب نهایی تغییری نکرد، مدل توقف نماید. پارامترهای ورودی مهم الگوریتم ژنتیک مانند طول کروموزوم، اندازه جمعیت در هر نسل، حداکثر تعداد نسل در جدول ۲ قرار داده شده است.

فلوچارت مدل بهره‌برداری از آب‌بندان در شکل ۳ ارائه شده است.

جدول ۲. پارامترهای ورودی مهم الگوریتم ژنتیک

طول کروموزوم	اندازه جمعیت	تعداد نسل	نرخ جهش	نرخ تلاقی
۱۰۱	۲۵۰	۱۵۰۰	۰/۰۸	۰/۵

اجرای مدل

با استفاده از آمار بارندگی ایستگاه هواشناسی کشاورزی رشت و شاخص بارندگی استاندارد (SPI)، سال آبی ۲۰۰۱-۲۰۰۰ به عنوان سال نرمال انتخاب گردید. داده‌های ورودی مورد نیاز برای اجرای مدل (جدول ۱) در منطقه مورد مطالعه از منابع علمی معتبر مربوط به منطقه و سازمان‌های مرتبط (موسسه تحقیقات برنج کشور در رشت، آب منطقه‌ای استان گیلان، سازمان مراتع و جنگلداری، اداره آبیاری شهرستان سنگر) جمع‌آوری گردید.

ضریب گیاهی برنج برای مراحل مختلف رشد که توسط سازمان فائو پیشنهاد شده است پس از اصلاح توسط مدل استفاده گردید (جدول ۳).

جدول ۳. ضریب گیاهی اصلاح شده برنج برای مراحل مختلف رشد (Allen, 1998)

گیاه	Kc-in	Kc-mid	Kc-end	ارتفاع گیاه
برنج	۱/۰۵	۱/۲	۰/۶-۰/۹	۱

مقدار CN خاک اراضی جنگل سراوان از جدول حفاظت خاک آمریکا برای خاک‌های با نفوذپذیری خیلی کم (گروهD) و تراکم گیاهی خوب در نظر گرفته شد (سازمان مراتع و جنگلداری). در جدول ٤ اطلاعات مربوط به اراضی جنگلی سراوان ارائه شده است. عمق غرقابی مورد نیاز برای زمان آماده‌سازی (Hh1) برابر با ۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد. عمق آب آبیاری خالص در دوره رشد

www.SID.ir

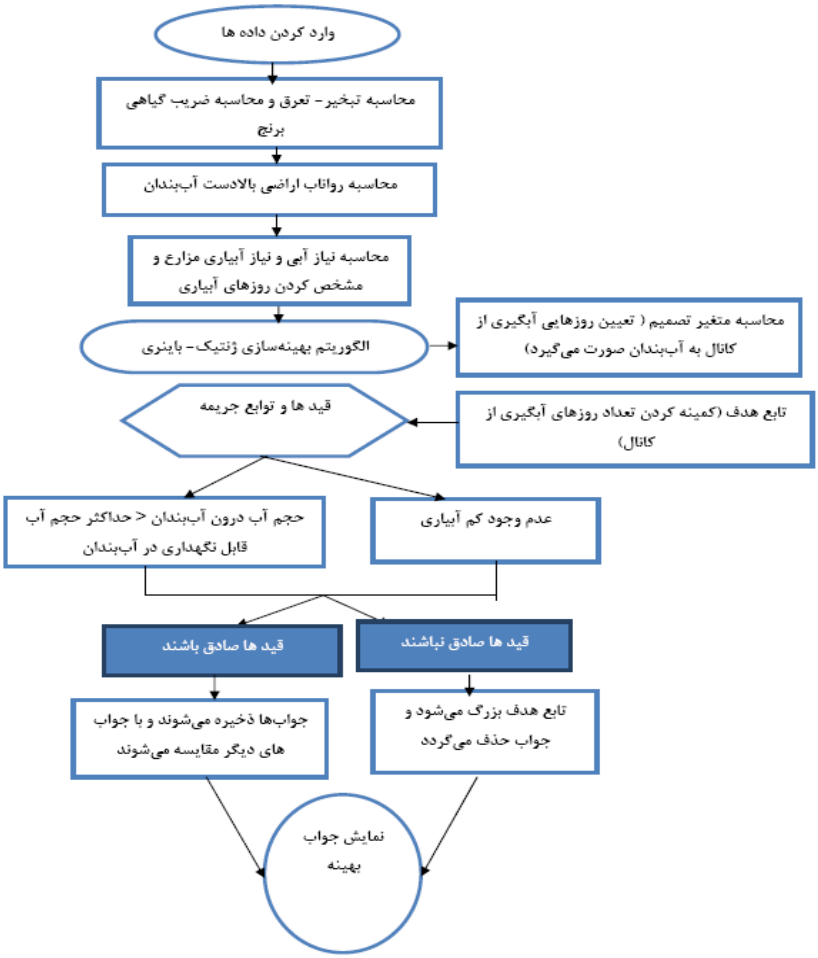
Archive of SID

گیاه (Hh2) ثابت و برابر۵۰ میلی‌متر و حداکثر ظرفیت نگهداری آب در مزارع یا ارتفاع عدم سرریز آب از کرت‌ها (HH) ۱۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد (پارسی‌نژاد و همکاران، ۲۰۰۸). بر اساس مقادیر راندمان گزارش شده توسط شرکت مشاور پندام در سال ۱۳۸۳ و تحقیق پارسی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۸)، راندمان کاربرد و راندمان

توزیع به ترتیب ۰/۶۳ و ۰/۸ در نظر گرفته شد. خاک اراضی شالیزاری منطقه مورد مطالعه دارای نفوذپذیری عمقی متوسط به مقدار میانگین ۳/۲ میلی‌متر در روز، رطوبت ظرفیت زراعی ۰/۳۸ و رطوبت ظرفیت اشباع ۰/٤٥ است (رضویی پور، ۱۳۷۷).

جدول ٤. داده‌های ورودی مربوط به جنگل سراوان

پارامتر	شاخص	مقدار	واحد
ظرفیت زراعی	Fc	۰/٦	اعشار
رطوبت اشباع	Sat	۰/۸۵	اعشار
نقطه پژمردگی	PWP	۰/۳۵	اعشار
شیب جنگل	Slp	۱۳	درصد
شماره منحنی	CN	۷۷	–
مساحت	Aw	۲۰۰	هکتار



شکل۳. فلوچارت مدل بهره‌برداری از آب‌بندان

مدل برای منطقه مطالعاتی روستای فشتام اجرا گردید و حداقل تعداد روزهای پمپاژ از کانال در طول دوره رشد گیاه محاسبه گردید. همچنین تغییرات حجم آب ذخیره شده در آب‌بندان در طول سال و مقدار سرریز از آن در سال مورد بررسی تعیین گردید و سناریوی افزایش حجم آب‌بندان به منظور حداکثر کردن جمع‌آوری آب باران در منطقه توسط مدل بررسی گردید. با توجه به مطالعه قربانی‌سرهنگی و همکاران (۱۳۹۱) برای افزایش حجم

www.SID.ir

Archive of SID

آب‌بندان، با افزایش مساحت علاوه بر افزایش میزان تلفات تبخیر و نشت، هزینه خاکبرداری نیز زیادتر از افزایش حجم با افزایش عمق می‌شود. در نتیجه در این تحقیق برای اصلاح حجم آب‌بندان، عمق آب‌بندان دو برابر عمق واقعی در نظر گرفته شد و نتایج خروجی مدل در شرایط حجم واقعی آب‌بندان و حجم اصلاح شده مقایسه گردید.

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از اجرای مدل در جدول ۵ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که میزان رواناب ۳۷ درصد بارندگی است. آب مورد نیاز برای آماده‌سازی زمین ۳۷/۷ میلی‌متر معادل با ۳۷۷ مترمکعب در هکتار است و در هر نوبت آبیاری برای تامین عمق آب آبیاری خالص ۵۰ میلی‌متری روی سطح خاک که معادل با عمق ناخالص ۹۹/۲ میلی‌متر است ۹۹۲ مترمکعب در هکتار آب لازم است. نیاز آبیاری اراضی شالیزار حدوداً دو برابر حجم بیشینه آب‌بندان (۵۵۰ هزار مترمکعب) است که برای تامین این نیاز لازم است علاوه بر استفاده از آب ذخیره شده باران و رواناب در آب‌بندان، ٦٦ آبگیری از کانال از طریق پمپاژ روزانه انجام شود. در سال آبی مورد بررسی ٥٤ درصد از نیاز آبیاری اراضی از آب ذخیره شده باران و رواناب در آب‌بندان و ٤٦ درصد توسط پمپاژ از کانال تامین شده است. نسبت آب سرریز شده از آب‌بندان به حجم بیشینه آن نشان می‌دهد که در صورت بازسازی و توسعه آب‌بندان امکان استحصال بیشتر باران و رواناب منطقه و در نتیجه کاهش آبگیری و پمپاژ از کانال وجود دارد.

جدول ۵. نتایج بدست آمده از اجرای مدل برای سال آبی ۲۰۰۰-۲۰۰۱

پارامتر خروجی	مقدار
بارندگی سالانه(mm)	۱٤٤۰/۷
رواناب (mm)	۵۳۰
تعداد آبیاری در طول فصل رشد	۱۳
نیاز آبیاری ناخالص در یک فصل رشد (m^3ha^{-1})	۱۲۲۸۲
تامین نیاز آبیاری از آب استحصالی آب‌بندان از باران و رواناب (درصد)	٥٤
تعداد پمپاژ از کانال (روز)	٦٦
نسبت آب سرریز شده به حجم بیشینه آب‌بندان (-)	۰/۷٤

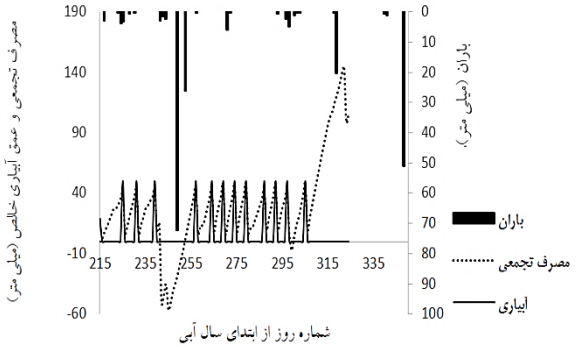
روزهای آبیاری و مقادیر بارندگی در طول دوره رشد گیاه برنج به همراه نیاز آبیاری خالص تجمعی در هر دوره آبیاری در شکل٤ نشان شده است. آبیاری اول (برای آماده-سازی اراضی) مقدار کمتری نسبت به سایر آبیاری‌ها دارد و آبیاری‌های بعدی دارای مقدار ثابت (۵۰ میلی‌متر) هستند. آبیاری دوم ۱۰ روز بعد از آبیاری (روز انتقال نشاء به مزرعه) انجام شده است. دور آبیاری‌های بعدی ثابت نبوده و با توجه به نیاز آبیاری خالص تجمعی توسط مدل تعیین شده است. نتایج محاسبه شده نشان می‌دهد در بازه‌های زمانی که بارندگی قابل توجه بوده است مقادیر نیاز آبیاری خالص تجمعی منفی شده (رابطه ۸) و دور آبیاری بیشتر شده است. همانطور که بیان گردید در مدل حداکثر عمق آب غرقابی قابل نگهداری در اراضی شالیزاری ۱۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است و آب مازاد بر آن از مزرعه خارج می‌گردد.

در شکل ۵ تغییرات حجم آب ذخیره شده درآب‌بندان در طی سال برای سال آبی مورد بررسی ارائه شده است. حجم آب قابل ذخیره در آب‌بندان حداکثر برابر با *Vpmax* (۵۵۰ هزار مترمکعب) است و حجم آب اضافی وارد شده از آن سرریز می‌شود. با توجه به نتایج بدست آمده تمام آب سرریز شده از آب‌بندان در فصل غیر زراعی بوده است که از طریق زهکشها و انهار به دریا هدایت می‌شود و از دسترس خارج می‌گردد. چنانچه حجم آب‌بندان به اندازه توانمندی ذخیره بارندگی‌های منطقه افزایش یابد، استحصال آب باران و رواناب‌ها افزایش می‌یابد و پمپاژ از کانال در طول دوره رشد گیاه کاهش خواهد یافت و در نتیجه از آب محلی بیشترین استفاده صورت می‌گیرد. با توجه به این مساله سناریو افزایش حجم آب‌بندان در نظر گرفته شد و حجم آب‌بندان اصلاح شده دو برابر حجم

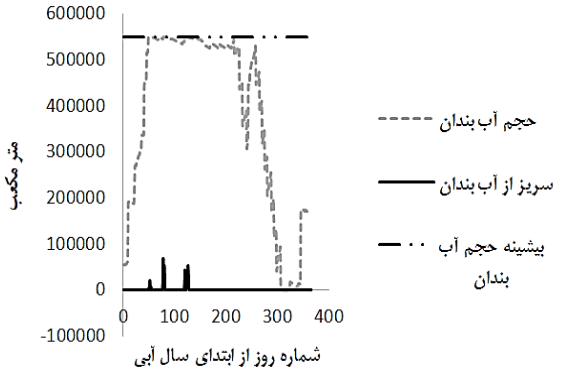
www.SID.ir

Archive of SID

موجود لحاظ گردید. افزایش حجم آب‌بندان از طریق افزایش سطح علاوه بر افزایش میزان تلفات تبخیر و نشت، هزینه خاکبرداری زیادتری نسبت به افزایش حجم با افزایش عمق دارد (قربانی‌سرهنگی و همکاران ،۱۳۹۱). از اینرو در این تحقیق افزایش عمق آب‌بندان در نظر گرفته شد.



شکل ٤. مقادیر نیاز خالص آبیاری تجمعی و روزهای آبیاری در سال آبی مورد بررسی



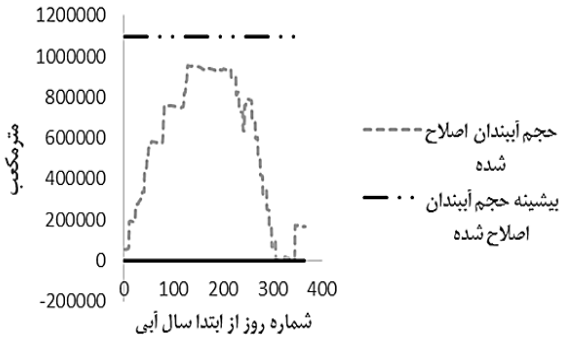
شکل ٥. تغییرات حجم آب ذخیره شده در آب‌بندان در سال آبی مورد بررسی

نتایج بدست آمده از اجرای مدل به ازای حجم آب‌بندان اصلاح شده برای سال آبی مورد بررسی در جدول ٦ارائه شده است. در شکل٦ نیز تغییرات حجم آب ذخیره شده درآب‌بندان در طی سال مربوطه به سناریوی افزایش حجم ارائه شده است.

بر اساس نتایج بدست آمده از اجرای مدل برای سناریوی اصلاح حجم، تعداد روزهای پمپاژ از کانال برای سال آبی مورد بررسی۳۱ روز کاهش یافته است (۱۳ روز پمپاژ از کانال). همچنین در این سال ۹۱ درصد از نیاز آبیاری اراضی شالیزاری از آب ذخیره شده باران و رواناب در آب‌بندان تامین شده است و هیچ گونه کم‌آبیاری صورت نگرفته است.

جدول ٦. نتایج اجرای مدل برای سناریوی افزایش حجم آب‌بندان در سال آبی مورد بررسی

تامین نیاز آبیاری از آب‌بندان (٪)	تعداد پمپاژ از کانال (روز)	نسبت آب سرریز شده به حجم بیشینه آب بندان (-)
۹۱	۱۳	۰



شکل ٦. تغییرات حجم آب ذخیره شده در آب‌بندان اصلاح شده در سال آبی مورد بررسی

نتیجه‌گیری

نتایج اجرای مدل ارائه شده برای آب‌بندان مورد مطالعه نشان داد که در سال آبی ۲۰۰۱-۲۰۰۰، ٥٤ درصد از نیاز آبیاری اراضی شالیزاری از آب ذخیره شده باران و رواناب در آب‌بندان تامین شده است. اجرای مدل به ازای سناریوی اصلاح حجم آب‌بندان (دو برابر حجم موجود) نشان داد ۹۱ درصد از نیاز آبیاری اراضی شالیزاری می‌تواند از آب ذخیره شده باران و رواناب در آب‌بندان تامین گردد وتعداد پمپاژ از کانال ۵۳ روز کاهش یابد. نسبت آب سرریز شده از آب‌بندان به حجم بیشینه آن نیز از ٧٤ درصد به صفر درصد کاهش یابد.

www.SID.ir

Archive of SID

فهرست منابع

بخت‌فیروز، ع. ۱۳۸۹. نقش آب‌بندان‌ها در تغذیه سفره آب‌های زیرزمینی و جلوگیری از پیشروی آب شور دریا. همایش ملی مدیریت منابع آب اراضی ساحلی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران.

پرهیزکاری، ا.، مظفری، م.م.، شوکت فدایی، م. و محمودی، ا. ۱۳۹٤. ارزیابی کم‌آبیاری توأم با کاهش آب در دسترس راهکاری برای حفاظت منابع آب در دشت قزوین. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۵ (۱): ٦۷-۸۰.

رضویی پورکومله،ت.۱۳۷۷. اندازه‌گیری نفوذ عمقی آب در بافت‌های مختلف خاک شالیزار در مرحله رشد برنج، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

زارع‌زاده، م.، مرید، س.، صلوی‌تبار، ع.، مدنی، ک. ۱۳۹۱.ارزیابی منابع آب حوضه آبریز قزل اوزن – سفیدرود تحت تاثیر تغییر اقلیم و طرح های آتی، آبیاری و زهکشی ایران ٦(۲): ۹۳-۱۰٤.

صفاییان، ن.ا.، شکری، م. ۱۳۸۱. تالاب‌ها و آب‌بندان‌های مازندران، محیط شناسی ۳۱ (۱): ٤۷-۷۰.

قربانی سرهنگی، ز.، شاهنظری، ع.، اعزی پاشاکلایی، س.، مرتضی پور، م. ۱۳۹۱. تعیین سطح و حجم بهینه آب‌بندان (مطالعه موردی استان مازندران). نهمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.

لاله زاری، ر.، معاضد، ه.، برومندنسب، س. و حقیقی، ع. ۱۳۹٤. توسعه مدل ریاضی و بهینه‌سازی تخصیص آب کشاورزی بر اساس رتبه‌بندی نامغلوب. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۵ (۱): ۱۷-۳۰.

مهربان، م. ۱۳۸۹. توسعه و بهسازی آب‌بندان‌ها یکی از راه‌های جلوگیری از خشکسالی فصلی در گیلان. دومین هم‌اندیشی توسعه و بهسازی آب‌بندان‌های سواحل شمالی کشور. گیلان، ایران.

نجفی، م ر. ۱۳۸۱. اثر عملیات شاس در مخزن سد سفیدرود بر رودخانه پایین‌دست، کشاورزی ٤ (۲): ٦۷-۸۰.

هاشم‌زاده وندی، ح.، باباپور گل افشانی، م. ۱۳۹۱. نقش آب‌بندان در مدیریت مصرف آب، اولین کنفرانس ملی راه‌کارهای دستیابی به توسعه پایدار در بخش‌های کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56, FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Arnold, J.G., Williams, J.R., Srinivasan, R. and King, K.W. 2000. Soil and Water Assessment Tool Manual. USDA Agricultural Research Service, Texas: 94-100.

Hayashi, M and van der Kamp G.2007. Water Level Changes in Ponds and Lakes, The Hydrological Processes. In Edward A, Johnson M, Kiyoko M (Eds) Plant disturbance ecology: The process and the response,Elsivier , Pp 311-340.

Huang, H.L. and Wu, R.S. 2011. The Estimation of Water Supply of Regional Paddy Irrigation System by VENSIM Model. [Online]. Available at https://www.researchgate.net/profile/Ray_Shyan_Wu/publications, (accessed 1Feb verified 27Feb. 2015). Iran.

Mushtaq, S., Dawe, D., Lin, H. and Moya, P. 2006. An assessment of the role of ponds in the adoption of water-saving irrigation practices in the Zhanghe Irrigation System, China, agricultural water management, 83(2): 100 – 110.

Parsinejad, M., Yazdani, M.R., and Ebrahimian, H. 2009. Field and regional scale evaluation of irrigation efficiency in paddy fields case study: Guilan, Iran. Irrigation and Drainage, 58 (2):147-156.

United Nations .2011. World Population Prospects: Revision Population Database.[Online]. Available at http://www.un.org/esa/population/unpop.htm(accessed 1 Feb verified 27 Feb. 2015). Iran.

Singh, A. 2012. Optimization and simulation modeling for managing waterlogging in semi-arid region of Haryana, India. Unpublished Ph.D. Thesis, Agricultural and Food Engineering Department, Indian Institute of Technology, Kharagpur, India, 192 pp.

Tsun Fang, W., Pin Chien, C., and Chen Chen, S. 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.

www.SID.ir

Archive of SID

Xie, X. and Cui, Y. 2011. Removal Development and test of SWAT for modeling hydrological processes in irrigation districts with paddy rice, Journal of Hydrology, 396 (2): 61–71.

www.SID.ir