نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال ششم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۵

ISSN 2251-7480

ارزیابی تأثیر افزایش راندمان آبیاری و افزایش سطح زیرکشت بر میزان آب برگشتی و ذخایر آب زیرزمینی با استفاده از مدل SWAT

فرشته بتوخته[1*]، فرهاد میثاقی[2] و حسین دهقانی سانیج[3]

۱*) دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی؛ گروه مهندسی آب؛ دانشگاه زنجان؛ زنجان؛ ایران

* نویسنده مسئول مکاتبات: batoukhtehf@yahoo.com

۲) استادیار؛ گروه مهندسی آب، دانشگاه زنجان؛ زنجان؛ ایران

۳) دانشیار پژوهش؛ مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی؛ البرز؛ ایران

تاریخ دریافت: ۹٤/۱۰/۰٦ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۱۳

چکیده:

تداوم افزایش میزان تقاضا در کشورهای خشک و نیمه خشک باعث افزایش شکاف میان عرضه و تقاضای آب در آینده خواهد شد. بنابراین در این نواحی به‌ویژه در بخش کشاورزی نیاز ضروری به مدیریت منابع آب، مدیریت تقاضا و تخصیص برای دوری جستن از موقعیت‌های بحرانی وجود دارد. هدف از این مطالعه ارزیابی اثرات افزایش راندمان آبیاری همراه با توسعه سطح زیر کشت بر میزان آب برگشتی و ذخایر آب زیرزمینی با استفاده از مدل SWAT می‌باشد. مدل SWAT یک مدل مفهومی-نیمه‌توزیعی در مقیاس حوضه‌ای است که دارای بازده محاسباتی بالا است. پس از انجام شبیه‌سازی حوضه مورد مطالعه طی دوره ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ در شرایط موجود و انجام واسنجی و صحت‌سنجی خروجی‌های مدل، دو سناریوی افزایش راندمان آبیاری بدون افزایش سطح زیر کشت و افزایش راندمان آبیاری همراه با افزایش سطح زیر کشت به مدل معرفی شد. نتایج نشان داد، با افزایش راندمان آبیاری، میزان آب مصرفی در تولید محصولات کشاورزی از ۳۳۰ میلیون مترمکعب در سال در سناریوی پایه به ۱۸۶ میلیون متر مکعب در سال کاهش یافت. همچنین حجم آب برگشتی به حوضه از ۱۳۳ میلیون متر مکعب در سال در سناریوی پایه به ۰/۲۲ و ۱/۹۶ میلیون متر مکعب در سال به ترتیب در سناریوی افزایش راندمان آبیاری بدون افزایش سطح زیرکشت و افزایش راندمان آبیاری همراه با افزایش سطح زیرکشت، کاهش یافت. نسبت مقدار تغذیه آبخوان از آب برگشتی در شرایط پایه ۲۹/۶ درصد است که با افزایش راندمان آبیاری به صفر می‌رسد.

کلید واژه‌ها: تغذیه آبخوان، راندمان آبیاری، سطح زیر کشت، مدل SWAT

مقدمه

هدف اصلی استفاده از سامانه‌های آبیاری تحت فشار افزایش بهره‌وری مصرف آب و کمک به تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی است. ولی در بسیاری از مناطق همراه با اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار، سطح زیر کشت نیز افزایش می‌یابد. در صورت افزایش سطح زیر کشت امکان کسب درآمد بیشتر برای بهره‌برداران فراهم شده و موجب افزایش توانایی اقتصادی بهره‌برداران می‌گردد. نتایج مطالعات صورت گرفته توسط ساجدی‌پور و صدرقائن (۱۳۹۲) در پنج استان آذربایجان‌غربی،

چهارمحال‌بختیاری، فارس، گلستان و خراسان رضوی نشان می‌دهد نسبت سطح زیر کشت قبل از نصب سیستم آبیاری میکرو به کل زمین۸۰ درصد بوده است این رقم پس از نصب به ۹۱/۹ درصد افزایش داشته که بیانگر رشد ۱۵ درصدی افزایش توسعه کاشت در باغات مذکور می‌باشد. میانگین سطح زیر کشت باغات از ۳٤ هکتار در قبل از اجرای سیستم آبیاری میکرو به ۳٤/۸ هکتار پس از اجرای سیستم، افزایش داشته است. یکی از دلایل اصلی در زمینه گسترش استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار، کاهش تلفات در بخش‌های آبیاری از قبیل نفوذ عمقی، تلفات انتقال و رواناب سطحی می‌باشد. اما باید توجه داشت که این تلفات با وجود این‌که برای گیاه قابل استفاده نیست، ولی پس از ورود آن‌ها به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی حوضه می‌توان از آن‌ها در پایین‌دست حوضه و برای اهداف دیگر استفاده کرد. در بسیاری از مطالعات از این قسمت آبیاری به عنوان آب برگشتی نام برده شده است (طلوعی و همکاران، ۱۳۹۲). Seckler (۱۹۹۲) اثر افزایندگی چرخه‌ی آب را مطرح نمود. او نشان داد چرخه‌ی «برداشت ـ مصرف ـ برگشت» موجب افزایش حجم آب در دست بهره‌برداری می‌شود. میزان افزایش حجم آب در جریان چرخه‌ی مصرف، تابع بازده آبیاری است و با آن رابطه‌ی معکوس دارد.یعنی چنانچه (E) بازده آبیاری و (M.e) اثر افزایندگی چرخه‌ی آب در نظر گرفته شود، (1/E) خواهیم داشت. Heaney و همکاران (۲۰۰۵) بیان داشتند که روش‌های سنتی آبیاری مانند آبیاری جویچه‌ای، با افزایش رواناب سطحی و نفوذ عمقی، موجب افزایش آب برگشتی شده که در نهایت به سیستم رودخانه‌ای می‌پیوندد. Santhi و همکاران (۲۰۰۵)، با استفاده از مدل SWAT بهترین روش برای صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری در حوضه ریو گراندی ایالت تگزاس آمریکا را بررسی کردند، نتایج این تحقیق نشان داد که در صورت برقراری سناریوی تغییر الگوی کشت در حوضه میزان صرفه‌جویی در مصرف آب برابر با ٦-۷ درصد خواهد بود و برای سناریوی افزایش راندمان انتقال آب ۱ تا ۳۰ درصد خواهد بود. Gates و همکاران (۲۰۱۲) ضمن محاسبه مؤلفه‌های مختلف بیلان، مقدار آب برگشتی را محاسبه کردند. آنها برای این کار از مدل IDSCU[1] استفاده کرده تا بتوانند آب برگشتی مزارع در منطقه آرکانزاس ایالت کلرادو را محاسبه کنند. با توجه به نتایج به دست آمده، درصد نفوذ عمقی در آبیاری سطحی ۱/۹ برابر آبیاری بارانی می‌باشد. همچنین مقدار رواناب خروجی از مزرعه برای آبیاری سطحی ۸ درصد و برای آبیاری بارانی صفر محاسبه گردید. که نشان دهنده کاهش مقدار آب برگشتی در آبیاری بارانی می‌باشد. Kang و Park (۲۰۱٤)، با استفاده از یک سیستم مدلسازی شبکه جریان‌ها، مقدار جریان آب در حوضه بالان واقع در کره جنوبی را بررسی کردند. با مقایسه نتایج شبیه‌سازی انجام شده با اعمال آبیاری و بدون آبیاری، تاثیر جریان برگشتی آبیاری بر جریان سطحی و سطح تراز آب زیرزمینی را بررسی کردند. طبق نتایج بدست آمده آبیاری سبب افزایش ۲۲/٤ درصد در جریان برگشتی و ۰/۱٤ متر در سطح تراز آب زیرزمینی می‌گردد. طالبی حسین‌آباد و همکاران(۱۳۹۰)، تأثیر آب برگشتی در برآورد آب تجدیدپذیر در استان خراسان رضوی را بررسی نمودند. طبق نتایج بدست آمده بیان داشتند که بالابردن راندمان آبیاری در بخش کشاورزی با سرعتی بیش از کاهش برداشت‌ها مضر به حال بیلان منابع آب است و منجر به تشدید افت آبخوان می‌گردد، زیرا افزایش راندمان باعث کاهش جریان آب برگشتی و افزایش مصرف می‌شود. علیزاده و همکاران (۱۳۹۳) اثرات توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار بر پایداری کشاورزی دشت ورامین و اثر مشوق‌های دولتی بر توسعه این سیستم‌ها را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که توسعه

[1] Integrated Decision Support Consumptive Use Model

نامتوازن و بدون برنامه سیستم‌های آبیاری تحت فشار نه تنها باعث صرفه‌جویی در مصرف آب نشده بلکه منجر به تخریب آبخوان‌های زیرزمینی کشور خواهد شد. طلوعی و همکاران(۱۳۹۳)، با استفاده از مدل SWAT به بررسی تأثیر اعمال آبیاری تحت فشار بر آب برگشتی ناشی از آبیاری در حوضه آبریز زرینه‌رود پرداختند. نتایج نشان داد که میانگین سالانه مقدار آب برگشتی در دوره مورد مطالعه برای سناریوی وضع موجود ۳۵۵ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد که نزدیک به ٤٦ درصد از حجم آبیاری در حوضه را شامل می‌شود. با اعمال سناریوی به کارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار در مدل، مقدار آب برگشتی با کاهش ۱۵۰ میلیونی به ۲۰۰ میلیون متر مکعب رسیده است. در این مطالعه سعی می‌گردد با استفاده از مدل SWAT، نسبت آب برگشتی ناشی از آبیاری به کل آبیاری در هر زیر حوضه و کل حوضه برآورد گردد. سپس تأثیر بکارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار در حوضه بدون افزایش سطح زیر کشت و همچنین تأثیر اعمال آبیاری تحت فشار همراه با افزایش سطح زیر کشت بر مقدار آب برگشتی و تراز آب زیرزمینی بررسی گردد.

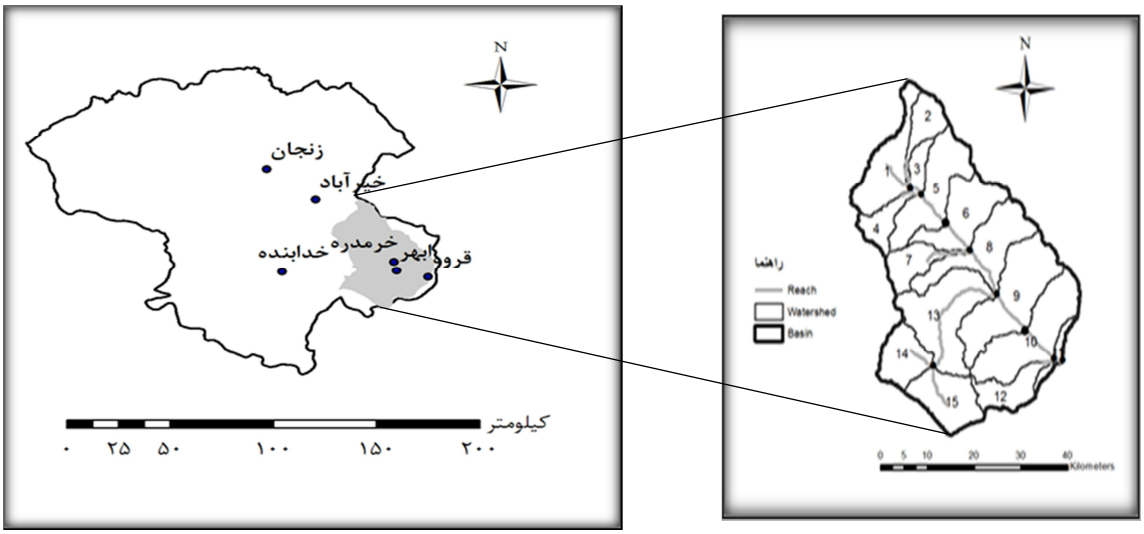
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی حوضه سراب رودخانه ابهررود از سرچشمه تا ایستگاه هیدرومتری قروه واقع در جنوب و جنوب‌شرقی استان زنجان در موقعیت ٤٨ درجه و ٥٥ دقیقه تا ٤٩ درجه و ٢٢ دقیقه شرقی و ٣٦ درجه و ٢٥ دقیقه تا ٣٦ درجه و ٤ دقیقه شمالی با مساحتی در حدود۱۹۰۰ کیلومترمربع است. کمینه ارتفاع منطقه ١٤٢٨ و بیشینه ارتفاع آن ٢٩٤٦ متر است. میانگین بارش سالانه منطقه حدود ۳۰۰ میلی‌متر و این میانگین برای دمای سالیانه در حدود ۱۱/۷ درجه سانتی‌گراد است. در شکل ۱ موقعیت قرارگیری حوضه رودخانه ابهررود نسبت به استان زنجان نشان داده شده است.

جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز و مدلسازی

جهت شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی منطقه در این تحقیق از مدل SWAT استفاده گردید. مدل SWAT یک مدل مفهومی-نیمه‌توزیعی در مقیاس حوضه‌ای است که دارای بازده محاسباتی بالا است.



شکل۱- موقعیت قرارگیری حوضه ابهررود

این مدل یک مدل پیوسته زمانی است که در گام‌های زمانی ساعتی، روزانه و یا طولانی مدت‌تر اجرا می‌شود. مدل با تقسیم کردن یک حوضه به تعداد زیادی زیرحوضه جزئیات مکانی را شبیه‌سازی می‌نماید. اطلاعات و داده‌های ورودی مدل شامل نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM)، نقشه کاربری اراضی، نقشه خاک و داده‌های هواشناسی از قبیل بارندگی، حداقل و حداکثر درجه حرارت روزانه و دبی رودخانه در ایستگاه هیدرومتری واقع در خروجی حوضه جهت انجام مراحل واسنجی است. در ابتدا نقشه رقومی ارتفاع وارد مدل SWAT2012 در نرم‌افزار Arc GIS 10.2 شده و با استفاده از رابط ArcSWAT نقشه‌های زیرحوضه و شبکه آبراهه‌ای تهیه شده‌اند. با توجه به موقعیت ایستگاه هیدرومتری، حوضه به ۱۵ زیرحوضه تقسیم گردید سپس با توجه به نقشه‌های کاربری اراضی، خاک و شیب، حوضه آبریز به ۲۹۹ واحد همگن هیدرولوژیکی(HRU[۲]) به منظور اعمال الگوی کشت و مدیریت زراعی در منطقه تقسیم گردید. برای این تحقیق داده‌های سه ایستگاه هواشناسی سینوپتیک (خرمدره، خدابنده و زنجان) و یک ایستگاه کلیماتولوژی (خیرآباد) که نزدیکترین فاصله را با منطقه داشتند، جهت شبیه‌سازی‌های مورد نظر طی دوره ۲۰۰۵ لغایت ۲۰۱٤ استفاده گردید. الگوی کشت محصولات به کار رفته در این مطالعه شامل گندم، جو، یونجه و سیب‌زمینی است که الگوی غالب کشت در منطقه هستند. جهت شبیه‌سازی شرایط موجود علاوه بر داده‌های اقلیمی و الگوی کشت، نیاز به اعمال مدیریت‌های مختلف کشاورزی از جمله عمق آبیاری، راندمان آبیاری، دور آبیاری و همچنین میزان کوددهی در زمان‌های مختلف است. در سناریوی پایه این مقادیر با توجه به مراجع محلی و مطالعات صورت گرفته در منطقه تعیین شدند. راندمان آبیاری در روش‌های سنتی با توجه به گزارش جهاد کشاورزی شهرستان ابهر ۳۷ درصد درنظر گرفته شد. عمق آبیاری محصولات در جدول ۱ آمده است.

طبق اظهارات کشاورزان منطقه، در سال‌های اخیر به دلیل کاهش جریان آب رودخانه، برداشت از منابع آب زیرزمینی به منظور آبیاری افزایش یافته است و درصد بیشتری از آب مورد نیاز آبیاری از طریق منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود.

شبیه‌سازی هیدرولوژیکی حوضه

پس از اعمال شرایط موجود در مدل، شبیه‌سازی هیدرولوژیکی حوضه با استفاده از مدل SWAT صورت گرفت. در این راستا پس از آماده‌سازی مدل و اعمال شرایط مدیریت آبیاری در وضع موجود، واسنجی و صحت‌سنجی مدل با استفاده از داده‌های ماهانه دبی، اندازه‌گیری شده در ایستگاه هیدرومتری قروه، طی سال‌های ۲۰۰٦ تا ۲۰۱۱ انجام شد. بدین منظور از نرم‌افزار SWAT-CUP استفاده شد که توسط Abbaspour و همکاران (۲۰۰۷)، توسعه یافته است و دارای روش‌های متنوعی از جمله الگوریتم SUFI2 برای واسنجی پارامترها می‌باشد. این روش در میان سایر روش‌های موجود در نرم‌افزار دارای سرعت بیشتری در محاسبات بوده و علاوه بر این عملکرد بهتری به نسبت سایر روش‌های موجود در تعیین عدم قطعیت در بسیاری از مطالعات داشته است.

الگوریتم SUFI2 در واقع معکوس مدل SWAT عمل می‌نماید به این معنی که با گرفتن داده‌های مشاهده‌ای و همچنین محدوده مجاز پارامترهای مدل SWAT که در واسنجی نمودن مدل نسبت به حوضه مطالعاتی نقش دارند مانند شماره منحنی خاک، میزان دمای ذوب برف ، میزان ذخیره آب زیرزمینی و بسیاری پارامترهای دیگر، میزان بهینه پارامترهای مذکور را برآورد می‌نماید. نتایج واسنجی و صحت‌سنجی مدل در جدول ۲ آمده است.

[2] Hydrological Response Unit

جدول ۱- عمق آب داده شده به محصولات در سناریوی پایه با احتساب راندمان کاربرد آب در مزرعه(mm)

محصول	April	May	June	July	August	September	درصد سطح زیر کشت
گندم	۳٦۰	۳٤۰	–	–	–	–	۳۵
جو	۲۸۵	۲۸۵	–	–	–	–	۱٤
سیب‌زمینی		۱۱٤	۳٤۲	۳٤۲	۳٤۲	۱۱٤	۸
یونجه	۲٤۸	۲٤۸	۲٤۸	۲٤۸	۲٤۸	۱٦۵	۲۸
سیب	–	۳۸۰	۲۸۵	۲۸۵	۲۸۵	۲۸۵	۱۵

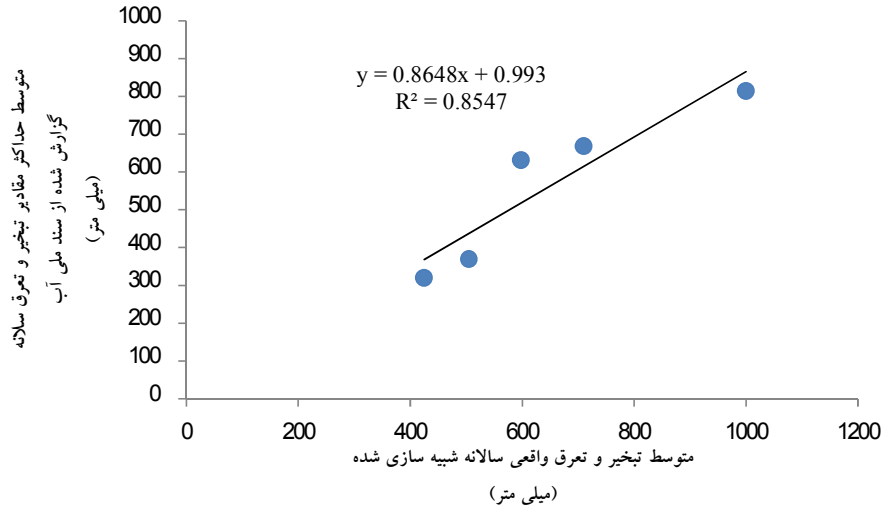
جهت واسنجی تبخیر و تعرق واقعی از شاخص سطح پوشش گیاهی(LAI) شبیه‌سازی شده توسط مدل استفاده گردید. برای این منظور از ٦ پارامتر موجود در مدل که در شاخص پوشش گیاهی حوضه تأثیر دارند، استفاده شده و با تغییر دادن مقادیر آنها ضمن یکسان کردن روند تغییرات ET_a با تغییرات LAI، مقادیر تبخیر و تعرق شبیه‌سازی شده با گزارش نیاز آبی (تبخیر و تعرق واقعی) در سند ملی آب مطابقت دارد. این پارامترها شامل HVSTI، BLAI، FRGRW1، FRGRW2، LAIMX1، LAIMX2 و DLAI هستند که بیشترین تأثیر را بر شاخص LAI و در نتیجه تبخیر و تعرق دارند. پس از اعمال تغییرات مربوط در پارامترهای مدل، مقادیر تبخیر و تعرق محاسبه شده و با گزارش سند ملی آب مقایسه گردید که در شکل ۲ آمده است. همچنین مقادیر عملکرد در حوضه با عملکرد مشاهداتی (گزارش‌های سازمان جهاد کشاورزی) مقایسه شد که نتایج مطلوبی به همراه داشت، جدول ۳ همچنین یکی از روش‌های ارزیابی شبیه‌سازی‌های‌صورت گرفته توسط مدل، بررسی آن در شرایط حدی می‌باشد. به طوری که در صورت اعمال این شرایط شبیه‌سازی‌های صورت گرفته توسط مدل باید با شرایط فیزیکی موجود در حوضه مطابقت داشته باشد. بدین منظور الگوی کشت موجود در همه HRUها حذف گردید و به جای آن مرتع قرار داده شد. بررسی میانگین حجم ذخایر آب زیرزمینی در صورت حذف الگوی کشت بیانگر منطقی بودن روند تغییرات آن در دوره آماری مورد بررسی است.

جدول ۲- شاخص‌های ارزیابی واسنجی و اعتبارسنجی

شرح	P-factor	r_factor	NS	R^2
واسنجی	۰/٤۲	۰/۵٤	۰/۸٤	۰/۸۵
اعتبارسنجی	۰/۳۵	۰/۷	۰/۵۸	۰/۵۹

جدول ۳- مقایسه مقادیر عملکرد شبیه سازی شده و مشاهداتی محصوات مختلف

محصول	گندم	جو	یونجه	سیب زمینی	سیب
متوسط عملکرد شبیه‌سازی شده (تن در هکتار)	**۳/۵**	**۳/۲**	**۷/۸**	**۲۲/۳۵**	**۱۹/٤**
متوسط عملکرد مشاهداتی (تن در هکتار)	۳/۹	۳/٦	٦/۲	۲۹	۲۱/٦۵



شکل ۲- ارزیابی نحوه شبیه‌سازی تبخیر و تعرق واقعی سالانه توسط مدل با توجه به متوسط مقادیر تبخیر و تعرق حداکثر گزارش شده از سند ملی آب(میلی‌متر)

نتایج و بحث

برآورد حجم آبیاری و آب برگشتی در شرایط وضع موجود

مقدار مؤلفه‌های تأثیرپذیر در محاسبه آب برگشتی برای هر دسته از محصولات در کل حوضه و با جمع مقدار آنها در HRUهای مربوط محاسبه شده و جمع سالانه هر کدام نیز محاسبه گردید. خروجی‌های مدل SWAT نشان می‌دهد که آبیاری صورت گرفته در حوضه در سناریوی وضع موجود حدود ۳۳۰ میلیون مترمکعب در سال است که با توجه به تلفات انتقال ۳۱۳ میلیون مترمکعب از آن به مزرعه می‌رسد. از این مقدار آب رسیده به مزرعه، حدود ۱۸۰ میلیون مترمکعب با تبدیل به تبخیر و تعرق واقعی مورد استفاده مفید گیاه واقع شده(فقط در بخش کشاورزی) که نزدیک به ۲۰ درصد کل حجم تبخیر و تعرق واقعی در حوضه را تشکیل می‌دهد. بقیه آبیاری صورت گرفته در حوضه به صورت آب نفوذ یافته به لایه‌های پایین خاک و یا رواناب سطحی دوباره به چرخه هیدرولوژیکی باز می‌گردد که مقدار آن به طور متوسط برابر با ۱۳۳ میلیون متر مکعب در سال است. بدین ترتیب ۳۱۳ میلیون مترمکعب فوق حجم ناخالص است و بخشی از آن در فرآیند بازچرخانی آب(مانند برگشت آب آبیاری به سفره و برداشت مجدد آن) دوباره استفاده خواهد شد. مجموع مؤلفه‌های نفوذ عمقی، رواناب سطحی و تغییرات رطوبت خاک که از آن به عنوان آب برگشتی یاد شده است(Cai et al.,2001)، محاسبه و مقدار آن به صورت زیرحوضه‌ای در جدول ٤ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد نسبت حجم آب برگشتی به حجم آب رسیده به مزرعه برابر با ٤٠ درصد و نسبت به حجم کل آبیاری (حجم آب رسیده به مزرعه همراه با تلفات انتقال) برابر ٤٢ درصد است.

برآورد حجم آبیاری و آب برگشتی در شرایط بکارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار بدون افزایش سطح زیر کشت:

برای اعمال روش‌های آبیاری تحت فشار در منطقه ترکیبی از سیستم‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای استفاده گردید. در این بخش نیز همانند بخش قبل مقدار عمق آبیاری برای هر محصول به صورت ماهانه محاسبه و به مدل معرفی گردید.

جدول ٤- برآورد حجم آبیاری و آب برگشتی در هر زیرحوضه (آبیاری ثقلی)

شماره زیر حوضه	آب آبیاری (میلیون متر مکعب)	تبخیر و تعرق (میلیون متر مکعب)	تلفات انتقال (میلیون متر مکعب)	رواناب سطحی (میلیون متر مکعب)	بارش موثر (میلیون متر مکعب)	آب برگشتی (میلیون متر مکعب)
۱	۲۰	۱۰	۱/۰۹	۲/۸	۰/۹	۹
۲	۲/۵	۱/٤	۰/۹۷	۰/٤	۰/۱۲	۱
۳	۱۲	۷	۰/۰۹	۲	۵/۰	۵
٤	۱	۰/۷	۰/۰۰۱	۰/۲	۰/۰۵	۰/٤۵
۵	۲۷	۱۵	۰/۵۱	۳/۸	۱/۳	۱۱/۵
٦	٤۸/۵	۲۵/۱	٤/۱	۵/۵	۱/۷	۱۹/۳
۷	۰/۸	۰/٤	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۳
۸	۷۵/۳	٤۰/۹	۳/۸	٦/۸	۱/۷	۳۰/٦
۹	۸٤	٤٦/۱	٦	۸	۲/۱	۲۹/۸
۱۰	۱٦/۸	۹/۳	۰/۵	۲/۳	۰/۸۱	۷/۳
۱۱	۵	۲/۸	۰/۱	۰/۷	۰/۲۵	۲
۱۲	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۵
۱۳	۲۹/٦	۱٦/۹	۰/۱۲	٤/۱	۱/٤	۱۲/٦
۱٤	۳/۲	۱/۸	۰/۰۰۸	۰/۵	۰/۱٦	۱/٤
۱۵	۳/۷	۲/۱	۰/۰۰۱۱	۰/۵۵	۰/۱۸	۱/٦
کل حوضه	۳۳۰	۱۸۰	۱٦/۵	۳۷/٤	۱۱/۲	۱۳۳

مقدار راندمان در آبیاری بارانی طبق مطالعات انجام شده توسط داودی و همکاران (۱۳۸٦) در منطقه ابهر برابر ۷۱ درصد انتخاب شد. در مورد آبیاری قطره‌ای متوسط راندمان طراحی ۸۵٪ در نظر گرفته شده است. مقادیر عمق آب داده شده به هر واحد هیدرولوژیک در جدول ۵ آمده است. آبیاری نسبت به شرایط پایه ۱٤٤ میلیون مترمکعب کاهش یافته و به ۱۸٦ میلیون مترمکعب می‌رسد، آب برگشتی نیز به همین میزان کاهش می‌یابد و از ۱۳۳ میلیون مترمکعب در آبیاری سطحی به ۰/۲۳ میلیون متر مکعب می‌رسد.

جدول ٦، نتایج حاصل از محاسبات فوق را برای هر زیر حوضه و کل حوضه در شرایط بکارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد با اعمال آبیاری تحت فشار، حجم

جدول ۵- عمق آب داده شده به محصولات در حالت اعمال سیستم‌های آبیاری تحت فشار (میلی‌متر)

محصول	April	May	June	July	August	September	سیستم آبیاری
گندم	۱٦۵	۱۹۹	–	–	–	–	بارانی
جو	۱٦٦	۱۷۱	–	–	–	–	بارانی
سیب‌زمینی	–	۷٦	۱۹٤	۲۱۲	۱۸۸	۸۷	بارانی
یونجه	۷٦	۱۳٤	۱۷۵	۱۵٤	۱٤۸	۱۲۰	بارانی
سیب	–	۸۰	۱۸۵	۱۹۰	۱۷۵	۱۲۰	قطره‌ای

جدول ٦- برآورد حجم آبیاری و آب برگشتی در هر زیرحوضه تحت شرایط افزایش راندمان آبیاری

شماره زیر حوضه	آب آبیاری (میلیون متر مکعب)	تبخیر و تعرق (میلیون متر مکعب)	بارش موثر (میلیون متر مکعب)	تلفات انتقال (میلیون متر مکعب)	آب برگشتی (میلیون متر مکعب)
۱	۱۱/۷	۹/۸	۲/۸	۰/۹۹	۰/۰۵
۲	۱/۵	۱/۲	۰/۳۵	۰/۸۷	۰/۰۰٤
۳	۷	٦	۱/۷	۰/۱	۰
٤	۰/۷	۰/٦	۰/۱۷	۰/۰۰۱	۰
٥	۱٦	۱٤/۱	۳/۸	۰/٤۸	۰
٦	۲۷/٤	۲۳/۱	٥/٥	٤	۰
۷	۰/٥	۰/٤	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۰۰۲
۸	٤۱	۳۹/۱	٦/۸	۳	۰
۹	٤٦	٤٤/۲	۷/۹۳	٤/٦۳	۰
۱۰	۹/۹	۸/٥	۲/٤	٥/۰	۰/۰۹
۱۱	۲/۹	۲/٥	۰/۷	۰/۱	۰/۰۰٦
۱۲	۰/۰۷	۰/۰٦	۰/۰۲	۰/۰۰۳	۰
۱۳	۱۷/۳	۱٥/۹	٤/۱	۰/۱۲	۰
۱٤	۲	۱/۷	۰/٤۷	۰/۰۰۸	۰/۰۳
۱٥	۲/۱	۱/۹	۰/٥٥	۰/۰۰۱	۰/۰٤
کل حوضه	۱۸٦	۱٦۹	۳۷/٤	۱٤/۸	۰/۲۲

برآورد حجم آبیاری و آب برگشتی در شرایط بکارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار همراه با افزایش سطح زیر کشت

همان طور که ذکر شد حجم آبیاری در شرایط استفاده از روش‌های آبیاری سطحی در منطقه ۳۳۰ میلیون مترمکعب است که در صورت بکارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار به ۱۸٦ میلیون متر مکعب کاهش می‌یابد و ۱٤٤ میلیون مترمکعب صرفه‌جویی در مصرف آب ایجاد می‌شود. سطح زیر کشت آبی محصولات زراعی و باغی در شرایط موجود در کل حوضه ۲۹۷٥۹ هکتار است. با توجه به محصولات زراعی کشت شده در حوضه، بیشترین سطح زیر کشت آبی و دیم در منطقه به گندم اختصاص دارد که یک محصول استراتژیک برای کشور است. به همین منظور نیاز آبی سالانه گندم در منطقه برآورد گردید که با توجه به جدول ۳، ۳٦٤ میلی‌متر است. با توجه به حجم آب صرفه‌جویی شده می‌توان ۳٥۳۱۳ هکتار از اراضی دیم حوضه را با استفاده از سیستم آبیاری بارانی زیر کشت آبی گندم برد. در مجموع سطح زیر کشت آبی به ٦٥۰۷۲ هکتار می‌رسد که نسبت به شرایط پایه ٥٤ درصد افزایش یافته است. با توجه به جدول ۷، حجم آبیاری در حوضه ۳۳۱ میلیون متر مکعب است که تقریبا برابر با شرایط پایه است. در این شرایط حجم آب برگشتی با ۹۹ درصد کاهش، تقریباً برابر ۲ میلیون مترمکعب است. نسبت حجم آبیاری به حجم آب برگشتی نسبت به شرایط پایه به شدت کاهش یافته است که نشان دهنده تأثیر افزایش راندمان آبیاری بر حجم آب برگشتی است.

جدول ۷- برآورد حجم آبیاری و آب برگشتی در هر زیرحوضه تحت شرایط افزایش راندمان آبیاری و افزایش سطح زیرکشت

شماره زیر حوضه	آب آبیاری (میلیون متر مکعب)	تبخیر و تعرق (میلیون متر مکعب)	بارش موثر (میلیون متر مکعب)	تلفات انتقال (میلیون متر مکعب)	آب برگشتی (میلیون متر مکعب)
۱	٤۰/۸	۳٥/۸	۷/۲	٤/٥	۰/۳٦
۲	۳/٤	۳/۱	۰/٦٥	۰/۲	۰/۰٦
۳	۱٤/۳	۱۲/٤	۲/٤	۱/٥	۰/۰٦
٤	۰/۷۳	۰/٦	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۰۱
٥	۲۳/۲	۲۰/٦	۳/٥	۲/٦	۰
٦	۳۸/۹	۳۳/٥	٤/۹	٥	۰
۷	۰/٤٥	۰/۳۸	۰/۰٥	۰/۰۸۹	۰/۰۰۹
۸	٥٤/۱	٤٤/٦	٥/٦	۹	۰
۹	٤۷/۷	٦۲/٦	۹/۱	۱۱	۰/۳۳
۱۰	٤۹/۷	٤۲/۲	۸/۷	٦/٥	۰/۷
۱۱	۹/۰۳	۷/۹	۱/٥	۰/۹٥	۰/۰٥
۱۲	۰/۰۷	۰/۰٦	۰/۰۰۸	۰/۰۰۷٤	۰/۰۰۱
۱۳	۱۷/۳۳	۱٤/۳	۱/۹٥	۲/٥	۰/۳۳
۱٤	۱/۹۹	۱/۷	۰/۲۲	۰/۰۱	۰/۰۳
۱٥	۲/۳	۱/۹۷	۰/۲٦	۰/۲	۰/۰٤
کل حوضه	۳۳۱	۲۸۲	٤٦	٤٤	۱/۹۸

ارزیابی تغییرات ذخایر آب زیرزمینی در سه سناریو

به منظور بررسی تأثیر دو سناریوی بکارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار بدون افزایش سطح زیر کشت و بکارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار همراه با افزایش سطح زیر کشت بر تغذیه آبخوان‌های حوضه، با توجه به خروجی‌های مدل SWAT، مقدار تغذیه آبخوان حاصل از آب برگشتی در زیرحوضه‌های مختلف محاسبه گردید. همان طور که در جدول ۸ ملاحظه می‌گردد، ۲۹/٦ درصد از حجم کل آب برگشتی حوضه به ذخایر آب زیرزمینی می‌پیوندد. در شرایط به کارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار به دلیل کاهش حجم آب برگشتی، تغذیه آبخوان‌ها از آب برگشتی، طبق جدول ۹، در اکثر زیرحوضه‌ها صفر است.

به منظور بررسی تاثیر کاهش تقاضا حاصل از بکارگیری سیتم‌های آبیاری تحت فشار بر حجم ذخایر آب زیرزمینی، تغییرات ذخایر آب زیرزمینی در سه سناریو بررسی گردید. مطابق نمودار رسم شده در شکل ۳ ملاحظه می‌گردد، با کاهش حجم برداشت آب از آبخوان‌ها با بکارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار، حجم ذخایر آب زیرزمینی نسبت به روش‌های آبیاری سطحی افت کمتری را نشان می‌دهد و افزایش راندمان آبیاری به طور میانگین سبب افزایش ٤/۱ میلیون مترمکعب در ذخایر آب آبخوان‌ها نسبت به شرایط پایه شده است ولی بکارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار همراه با افزایش سطح زیرکشت به علت عدم کاهش مقدار آب برداشتی و همچنین کاهش شدید مقدار آب برگشتی، ذخایر آب زیرزمینی افت بیشتری نسبت به شرایط پایه دارد.

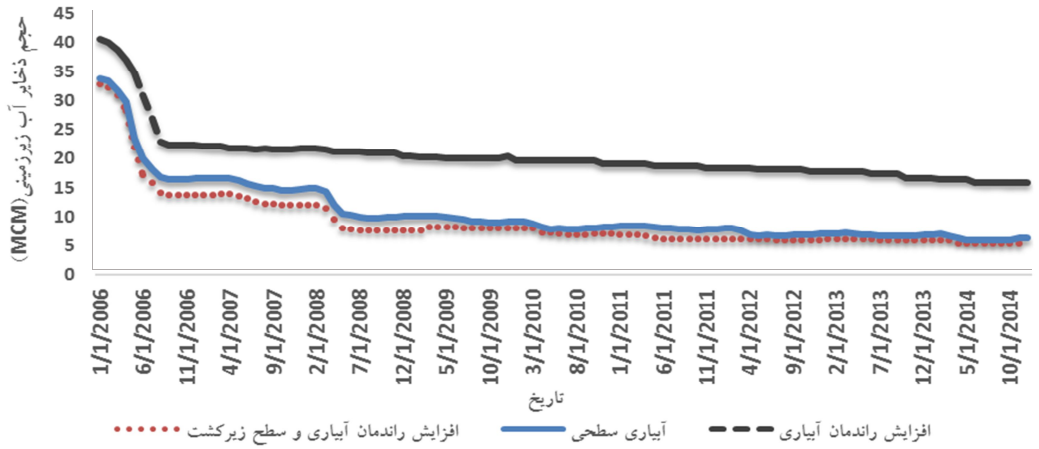
جدول ۸- مقدار تغذیه آبخوان حاصل از آب برگشتی در شرایط پایه

شماره زیر حوضه	۱	۲	۳	٤	٥
مقدار تغذیه آبخوان حاصل از آب برگشتی	۳/۱٥	۰/۳۹	۰/۲۲	۰/۲۳	۳/۹
نسبت تغذیه آبخوان به آب برگشتی	۰/۳٥	۰/۳۹	۰/۱۲٤	۰/۲۸	۰/۳۳
	٦	۷	۸	۹	۱۰
مقدار تغذیه آبخوان حاصل از آب برگشتی	٤/٤٥	۰/۱	۸/۷	۹/٥۳	۲/٤٤
نسبت تغذیه آبخوان به آب برگشتی	۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۳۳
	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥
مقدار تغذیه آبخوان حاصل از آب برگشتی	۰/٦٤	۰/۰۰۹	٤/٦۲	۰/۳۸	۰/٥٤
نسبت تغذیه آبخوان به آب برگشتی	۰/۳۲	۰/۱۸	۰/۳٦	۰/۲۷	۰/۳٤

کل حوضه
۳۹/٥۸
۰/۳

جدول ۹- مقدار تغذیه آبخوان حاصل از آب برگشتی در سناریوی افزایش راندمان آبیاری و افزایش راندمان آبیاری همراه با افزایش سطح زیرکشت

شماره زیر حوضه	مقدار تغذیه آبخوان حاصل از آب برگشتی (سناریوی افزایش راندمان آبیاری)	مقدار تغذیه آبخوان حاصل از آب برگشتی (سناریوی افزایش راندمان آبیاری همراه با افزایش سطح زیرکشت)
۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱٥
۲	۰	۰
۳	۰	۰
٤	۰	۰
٥	۰	۰
٦	۰	۰
۷	۰	۰
۸	۰/۰۰۰۸	۰
۹	۰	۰/۰۰۰۹
۱۰	۰	۰/۰۰۰٤
۱۱	۰	۰
۱۲	۰	۰
۱۳	۰	۰
۱٤	۰/۰۰۰۳۸	۰
۱٥	۰/۰۰۱	۰
کل حوضه	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۲۸



شکل ۳- تغییرات حجم ذخایر آب زیرزمینی در سه سناریو

نتیجه‌گیری

در این مطالعه سعی گردید با توجه به خروجی‌های مدل SWAT تاثیر افزایش راندمان آبیاری مزارع را بر میزان آب برگشتی و حجم ذخایر آبخوان‌های حوضه با دو سناریوی افزایش راندمان آبیاری همراه با افزایش سطح زیر کشت و بدون افزایش سطح زیر کشت بررسی کند. به عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت، استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار بدون تغییر سطح زیر کشت، هم نیاز از منابع عرضه و هم جریان برگشتی را کاهش می‌دهد، بنابراین بویژه در مناطقی که آبخوان‌ها منبع اصلی آبیاری می‌باشد، کاهش برداشت بر ذخایر آب زیرزمینی تاثیر مثبتی دارد. چنانچه افزایش راندمان آبیاری با افزایش سطح زیر کشت همراه باشد نیاز به منبع عرضه نسبت به زمانی که از آبیاری سطحی استفاده می‌شود کاهش نمی‌یابد، اما جریان برگشتی به مخازن آب زیرزمینی به شدت کاهش می‌یابد و این امر باعث کاهش بیشتر حجم ذخایر آب زیرزمینی می‌شود. بنابراین لازم است در طرح‌های توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار که در کشور به دلیل خشکسالی‌های پی‌درپی در حال انجام است به کاهش برداشت از منابع آبی نیز توجه شود تا نتیجه نهایی اجرای این طرح‌ها احیاء و پایداری آبخوان زیرزمینی باشد.

فهرست منابع

طالبی حسین آباد، ف.، ولایتی، س.، داوری، ک.، ثنائی‌نژاد، ح.، حسینی، ع. ۱۳۹۰. تأثیر آب برگشتی در برآورد آب تجدیدپذیر، مطالعه موردی: استان خراسان رضوی، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران. اردیبهشت ۱۳۹۰.

طلوعی، ظ.، دلاور، م.، مرید، س.، احمدزاده، ح.، ۱۳۹۲، بررسی تغییرات راندمان حوضه‌ای مصرف آب و جریان ورودی به دریاچه ارومیه در شرایط عدم قطعیت نیاز ناخالص آبیاری: مطالعه موردی حوضه آبریز زرینه رود، سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین‌المللی تخصص علوم زمین، وزارت صنعت، معدن، تجارت. بهمن ماه ۱۳۹۲.

علیزاده، ح.ع.، لیاقت، ع. و سهرابی، ت.، ۱۳۹۳، ارزیابی سناریوهای توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار بر منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل‌سازی پویایی سیستم، نشریه حفاظت منابع آب و خاک: ۳(٤) ۷٤۸۰-۲۲۵۱ .

ساجدی‌پور، ع.ا.، صدرقائن، ح.، ۱۳۹۲، بررسی استفاده از سیستم‌های آبیاری میکرو بر سطح زیر کشت باغات در استان‌های منتخب، اولین همایش ملی بهینه‌سازی مصرف آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان. اسفند ماه ۱۳۹۲.

داودی.، حنیفه‌لو،ا.، شیردلی،ع، ۱۳۸٦، ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی در شرایط جوی متفاوت در منطقه ابهر، نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان.

Abbaspour, K.C., J. Yang, L. Maximov, R. Siber and K. Bogner et al. 2007. Modelling hydrology and water quality in the pre-alpine/alpine Thur watershed using SWAT. Journal of Hydrology., 333: 413-430.

Cai, X., Ringler, C., and Rosegrant, M. W., 2001. Does efficient water management matter? physical and economic efficiency of water use in the river basin (No. 72) International Food Policy Research Institute (IFPRI). 55 pages.

Gates. T. K., Garcia. L., Hemphill.R.,Morway. E., Elhaddad. E. 2012. Irrigation Practices, Water Consumption, & Return Flows in Colorado's Lower Arkansas River Valley. Colorado state university, CWI Completion Report No. 221. 116 pages.

Heaney, A., Dwyer,G., Beare,S., Peterson,D. and Pechey,l. 2005. Third-party effects of water trading and potential policy responses. Conference Paper for American Agricultural Economics Association Providence, Rhode Island, July 2005.

Kang,M., Park,S.,2014, Modeling water flows in serial irrigation reservoir system considering irrigation return flows and reservoir operations, Agricultural Water Management, 143(2014) 131-141

Santhi, c., Muttiah, R. S, Arnold, J.G., Srinivasan, R. 2005. A Gis−Based regional planning tool For irrigation Demand assessment And saving using swat. American Society of Agricultural Engineers. 48(1): 137−147.

نشریه حفاظت منابع آب و خاک
ISSN 2251-7480

The evaluation of effect of increase irrigation efficiency along with increased acreage on the return water and underground water storage using SWAT model

Fereshteh Batoukhteh[1*], Farhad Misaghi [2] and Hossein Dehghanisanij[3]

1[*]) M.SC Student, Water Engineering Department of Agricultural University, Zanjan University
[*]Corresponding author email: batoukhtehf@yahoo.com
2) Assistant Professor, Water Engineering Department of Agricultural University, Zanjan University
3) Scientific Broad Member, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research Education, and Extension Organization (AREEO), Alborz, Iran

Received: 27-12-2015 Accepted: 03-11-2016

Abstract

The continued increase in demand in arid and semi-arid countries, increasing the gap between supply and demand for water in the future. Therefore, in these areas, especially in the agricultural sector an urgent need for water resources management, demand management and allocation is to avoid critical situations. The aim of this study was to evaluate the effects of increasing irrigation efficiency along with the development of cultivation on return water, and the reserves of underground water using SWAT model. SWAT model is a conceptual and half-distribution model at the basin scale that has high computational efficiency. After the simulation basin during the period 2005 to 2014 in base conditions and perform calibration and validation of model outputs, two scenarios of increased irrigation efficiency without increasing the area under cultivation and increasing irrigation efficiency along with increased cultivation was introduced to the models. Based on the results, by increase irrigation efficiency, the water used in agricultural production decreased from 330 million cubic meters per year to 186 million cubic meters per year in base conditions. Also the volume of return flow to the area decreased of 133 million cubic meters per year in base scenario to 0.22 and 1.96 million cubic meters per year in the scenario of increased irrigation efficiency without increasing the area under cultivation and increasing irrigation efficiency along with increased acreage respectively. The return of the amount of water feeding the aquifer from 29.6% in basic conditions with increasing irrigation efficiency reaches zero.

Keywords: cultivation; groundwater recharge; irrigation efficiency; SWAT model