

## ارزیابی پاسخ‌های هیدرولوژیک حوضه آبریز به توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار (مطالعه موردی: حوضه آبریز اهرچای)

مریم محمدپور<sup>1</sup>، کامران زینالزاده<sup>2\*</sup>، وحید رضاوردی نژاد<sup>3</sup> و بهزاد حصاری<sup>4</sup>

تاریخ دریافت: 1395/11/30 تاریخ پذیرش: 1396/2/16

### چکیده

این مطالعه اثرات هیدرولوژیکی تغییر سامانه‌های آبیاری در حوضه آبریز اهرچای را تحلیل می‌کند. به این منظور، یک رویکرد مفهومی بر اساس حسابداری آب به کمک مدل WEAP بکار برده شد. فرآیند هیدرولوژیک حوضه آبریز در قالب دو مدل به روش رطوبت خاک شبیه‌سازی شد. در گام بعد، مدل‌های ساخته شده مورد واسنجی و اعتبارسنجی قرار گرفته و اجزای بیلان هیدرولوژیک حوضه برآورد شدند. نتایج نشان داد تبخیر - تعرق کل در آبیاری تحت فشار بیش‌تر از آبیاری سطحی بود (26٪). رواناب سطحی در دوره آبیاری تحت فشار بواسطه کاهش جریان بازگشتی آبیاری و بارش از دوره آبیاری سطحی کم‌تر بود (52٪). این نتایج نشان داد رواناب سطحی می‌تواند توسط نوع آبیاری و بارندگی تحت‌تأثیر قرار بگیرد. در حالت کلی، بیلان آب حوضه کاهش زیادی پیدا کرد. نتایج تحقیق حاضر بیانگر پتانسیل منفی روش آبیاری تحت فشار روی هیدرولوژی حوضه آبریز است. همچنین نتایج نشان داد مدل WEAP امکان ارزیابی اثرات هیدرولوژیکی سامانه‌های مختلف آبیاری را بر روی منابع آب حوضه آبریز دارد. در راستای مدیریت منابع آب حوضه‌های آبریز، روش حسابداری بیلان، آب باید برای جلوگیری از ایجاد سوءتفاهم‌ها در مورد اثرات هیدرولوژیکی آبیاری تحت فشار، مانند انتظارات غیرواقعی در صرفه‌جویی آب در حوضه‌های آبریز بکار برده شود.

**واژه‌های کلیدی:** توسعه آبیاری تحت فشار، حسابداری آب، شرایط هیدرولوژیک حوضه آبریز، مدل WEAP، مدیریت منابع آب.

### مقدمه

هدف دست‌یابی به وضعیت خوب آب باید در مقیاس حوضه آبریز دنبال شود (Water Framework Directive European Union., 2000). بنابراین، تجزیه و تحلیل ویژگی‌های یک حوضه آبریز و سهم فعالیت‌های کشاورزی در روند اختلال کمیت و کیفیت آب در مقیاس حوضه آبریز ضروری است.

محققین مختلفی (به‌طور عمده از دهه 1990 به بعد) اشاره کرده‌اند که مفهوم راندمان برای ارزیابی تأثیر آبیاری در شرایط هیدرولوژیک یک حوضه مناسب نیست (Willardson et al., 1994; Seckler et al., 2003; Jensen, 2007;). ایجاد شده در شیوه‌های مدیریت و حفاظت از منابع آب به دلیل استفاده نامناسب از مفهوم راندمان گزارش شده است (Willardson et al., 1994; Seckler et al., 2003; Jensen., 2007; Huffaker., 2008).

در سال‌های اخیر، حسابداری آب به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای مفهوم راندمان آبیاری در اهداف هیدرولوژیک پیشنهاد شده است (Willardson et al., 1994; Molden and Sakthivadivel., 1999; Perry et al., 2009; Clemmens et al., 2008).

گسترش کشاورزی آبی، ثبات عملکرد در تولیدات و تنوع محصولات را در مناطق خشک و نیمه‌خشک افزایش داده است (Causapé et al., 2004). در دهه‌های اخیر، توجه ویژه‌ای به بالا بردن راندمان آبیاری با بهبود روش‌های آبیاری از سطحی به تحت فشار شده است. امروزه علاوه بر تلاش برای تامین امنیت غذایی با تولید محصولات کشاورزی بیش‌تر، حفاظت از منابع طبیعی جزو اهداف مهم مدیریتی هستند. از این‌رو، چالش اصلی پیش‌روی بهره‌وری و پایداری سامانه‌های کشاورزی آبیاری در بحث مدیریت منابع آب، رسیدن به یک تعادل مناسب بین بهینه‌سازی محصولات کشاورزی و به حداقل رساندن اثرات منفی زیست‌محیطی آن‌هاست.

- 1- دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه، ایران
  - 2 و 4- استادیار گروه مهندسی آب، پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه، دانشگاه ارومیه، ایران
  - 3- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران
- (\* - نویسنده مسئول: Email: k.zeinalzadeh@urmia.ac.ir)

به این منظور، با بکاربردن اطلاعات هیدرولوژی مربوط به حوضه در مدل هیدرولوژیکی MABIA، نتایج تغذیه سالانه آب‌های زیرزمینی (GWR) در حوضه آبریز رودخانه کویک واقع در حوضه آلبو برای سال‌های هیدرولوژیکی 2009-2010 ارزیابی گردید (Schlote and Schaffer., 2012).

یزدان پناه و همکاران (1387) با ارزیابی مدیریت منابع آب حوضه آبریز با استفاده از مدل WEAP (مطالعه موردی حوضه ازغند) نشان دادند استفاده از سامانه‌های آبیاری تحت فشار به‌همراه کاهش سطح زیر کشت کشاورزی سبب افزایش سطح آب زیرزمینی خواهد شد. هدف از این مطالعه، ارزیابی اثرات توسعه شبکه آبیاری تحت فشار بر هیدرولوژی حوضه آبریز اهرچای با مدل ارزیابی و برنامه‌ریزی آب (WEAP) می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

حوضه اهرچای یکی از زیرحوضه‌های درجه 2 از حوضه آبریز ارس، در شما غربی ایران و در استان آذربایجان شرقی با مساحتی بالغ بر 2426/5 کیلومتر مربع واقع شده است (شکل 1). این حوضه بین مختصات جغرافیایی  $46^{\circ} 19' 24''$  تا  $47^{\circ} 18' 18''$  طول شرقی و  $36^{\circ} 44' 56''$  تا  $46^{\circ} 19' 26''$  عرض شمالی، در شمال شرقی حوضه ارس گسترش یافته است. رودخانه اهرچای رژیم اصلی واحد هیدرولوژیک حوضه مورد مطالعه و منبع اصلی تامین آب مورد نیاز کشاورزی در این ناحیه می‌باشد. رودخانه اهرچای دارای طول 88 کیلومتر و متوسط آورد حدود  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ؛ برای دوره 30 ساله اخیر؛ با حداکثر تخلیه حدود  $32/953 \text{ m}^3/\text{s}$  در فروردین ماه سال 1371 می‌باشد. نوع خاک حوضه کم‌عمق، لومی‌شنی با قدرت زهکشی بالا، بدلیل شیب‌دار بودن منطقه می‌باشد. مصارف آب کشاورزی علاوه بر تامین از آب رودخانه، به‌خصوص قبل از ایجاد شبکه آبیاری تحت فشار در این ناحیه، از آبخوان دشت اهر، چمسه‌ها و چاه‌های نیمه عمیق موجود در این حوضه آبریز تامین می‌شوند. آبخوان دشت اهر با وسعتی معادل  $52/3$  کیلومتر مربع، در طول رودخانه اهرچای با عرض حاشیه‌ای کم گسترده شده است. حوضه آبریز مورد مطالعه دارای 6 ایستگاه هیدرومتری به اسامی کاسین، اورنگ، برمیس، رواسجان، اشدلق و تازه کند است. ایستگاه تازه کند با قرارگیری در خروجی حوضه، نقطه کنترلی برای بررسی جریان هیدرولوژی حوضه محسوب می‌شود (شکل 1). طرح شبکه آبیاری - زهکشی ستارخان در پایین‌دست سد ستارخان اهر در سال‌های 1383-1385 اجرا شده است. سد ستارخان اهر در سال 1377 در این منطقه مورد بهره‌برداری قرار گرفته است که در حال حاضر منبع تامین آب اراضی شبکه پایین‌دست می‌باشد. موقعیت سد ستارخان اهر و شبکه آبیاری

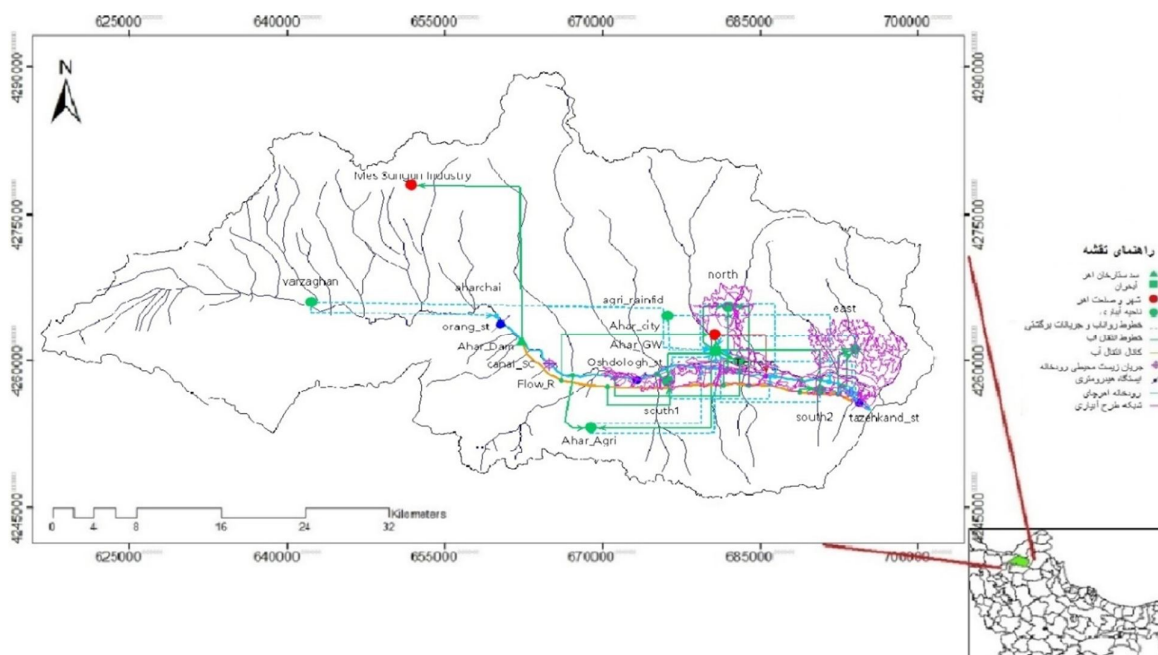
روش، قانون بقای جرم را از طریق بیلان آب اعمال می‌کند. ارزیابی بیلان هیدرولوژیک آب حوضه یا به‌اصطلاح «حسابداری آب»، یک ابزار ارزشمند برای توصیف استفاده از آب در حوضه است. اما راندمان آبیاری صرفاً نشان دهنده بازده کشاورزی در مقابل آب ورودی است. شاخص‌های مختلفی برای تخمین شاخص راندمان آب ارائه شده است (Molden et al., 1998, 2003, 2010; Hussain et al., 2007)، که در این تحقیق مورد بحث نمی‌باشند. اگرچه پروژه‌های نوین‌سازی و بهبود روش‌های آبیاری می‌تواند به افزایش راندمان آب کمک کند، اما این پروژه‌ها در واقع موجب افزایش مصرف آب در مقیاس حوضه آبریز شده‌اند (Perry et al., 2009; Dechmi., 2010; Lecina et al., 2012).

با توجه به مطالب فوق، می‌توان گفت بهبود راندمان آبیاری با تغییر روش‌های آبیاری از سطحی به تحت فشار به خوبی مستند شده است، ولی اثرات آن در حوضه‌های آبریز مرتبط با این تغییر به خوبی شناخته شده نیست. تغییر روش‌های آبیاری از سطحی به تحت فشار، موجب تغییرات در رواناب سطحی، جریان‌های بازگشتی، نشت و نفوذ عمقی، تبخیر، تبخیر - تفرق محصول و مصرف آب و در نتیجه تغییر در شرایط هیدرولوژی حوضه‌های آبریز می‌گردد. بنابراین، برای مدیریت بهتر و صحیح‌تر منابع آب لازم است تأثیرات استفاده از این سامانه‌ها در رفتار طبیعی هیدرولوژی حوضه‌های آبریز و در چارچوب حسابداری و بیلان آب به‌طور جدی‌تری مورد بحث و ارزیابی قرار گیرد.

برای بررسی تغییرات هیدرولوژی در مقیاس حوضه‌های آبریز، مدل‌های عددی مختلفی گسترش یافته‌اند. یکی از مدل‌های بسیار قدرتمند برای بررسی اثرات هیدرولوژیک سامانه‌های آبیاری در مقیاس حوضه آبریز، مدل برنامه‌ریزی و ارزیابی آب (WEAP) است (Yates و همکاران، 2005 a, b). این مدل به‌دلیل داشتن قابلیت شبیه‌سازی هم‌زمان اثرات متقابل متغیرهای هیدرولوژیک و کشاورزی در حوضه‌های پیچیده، نسبت به سایر مدل‌های موجود گزینه مناسب‌تری می‌باشد (Sieber and Groves et al., 2008; Purkey., 2007; Yates et al., 2009; باقری و مرید، 1392). کینزل و اشمیت با بررسی اثرات هیدرولوژیکی توسعه کشاورزی آبی در حوضه آبریز Manuherikia، نیوزیلند، نشان دادند که این توسعه به‌دلیل تلفات کاربرد آب در مزرعه و افزایش تبخیر - تفرق واقعی، موجب کاهش عملکرد آب حوضه آبریز مذکور شده است (Kienzle and Schmidt., 2008). اینگل-بلانگو و مک‌کینی با توسعه مدل هیدرولوژیک WEAP در حوضه ریو-کانچوس نشان دادند تفاوت معنی‌داری بین مقادیر مدل و جریان توسعه نیافته برای دوره‌های جریان کم وجود دارد (Ingol-Blanco and McKinney, 2012). اشلوت و شافر با در نظر گرفتن تغذیه آب‌های زیرزمینی، بیلان آبی حوضه آلبو در سوریه را با مدل WEAP-MABIA بررسی نمودند.

(بارانی و قطره‌ای) تغییر یافت. با توجه به محدودیت توپوگرافی در این حوضه، توسعه‌ی چندانی در سطح زیرکشت این منطقه در طول سال‌های اخیر، بعد از توسعه طرح رخ نداده است.

پایین‌دست در شکل 1 ارایه شده است. با اجرای پروژه شبکه مذکور، در حدود نیمی از وسعت اراضی کشاورزی منطقه (5500 از 11000 هکتار)، روش آبیاری مزارع از آبیاری سطحی به آبیاری تحت فشار



شکل 1 - موقعیت حوضه آبریز اهرچای و ایستگاه هیدرومتری آن

1 آورده شده است. عمده محصولات زراعی و باغی منطقه به تفکیک در جدول 2 به همراه آب مورد نیاز خالص مستخرج از مدل WEAP آورده شده است.

اراضی کشاورزی حوضه مورد مطالعه نقش مهمی در تولید محصولات کشاورزی (به‌ویژه غلات دیم و باغات میوه) در استان آذربایجان شرقی دارند. کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه در جدول

جدول 1 - کاربری اراضی در حوضه آبریز اهرچای (برحسب درصد) (محمدپور و همکاران، 1395)

نوع کاربری	شهر	صخره	جنگل	مرتع	باغ	زراعت آبی	زراعت دیم
درصد	0/58	0/87	0/33	41/8	1/67	4/6	50/15

جدول 2 - الگوی کشت و نیاز خالص آبی محصولات (mm) در حوضه آبریز اهرچای، (محمدپور و همکاران، 1395 و مدل WEAP)

محصول	نیاز خالص (WEAP)	متوسط درصد کشت
باغ (درختان خزان شونده)	576	30
ذرت علوفه‌ای	300/9	0.5
یونجه	648	7
غلات (گندم، جو)	260	82.5
حبوبات (لوبیا، نخود و عدس)	251	8
سبزیجات و صیفی (سیب‌زمینی - پیاز)	566	2

(DSS) توسعه یافته توسط موسسه محیط زیست استکهلم (SEI) برای حمایت از مدیریت و برنامه‌ریزی یک پارچه منابع آب است

#### مدل هیدرولوژی

مدل ارزیابی و برنامه‌ریزی آب (WEAP) یک نرم‌افزار تصمیم‌یار

هیدرولوژیک حوضه تنظیم شدند. واسنجی بصورت دستی و با استفاده از پارامترهای آماری برای مقایسه نرخ جریان ماهانه شبیه‌سازی شده و مشاهداتی رودخانه در حوضه، ترجیحا در ورودی (ایستگاه اورنگ) و خروجی (ایستگاه تازه‌کند) طبیعی حوضه انجام شد. اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری تازه‌کند (خروجی حوضه) و اورنگ (بالادست سد ستارخان)، در چهار سال اول هر دوره برای واسنجی مدل و چهار سال دوم برای اعتبارسنجی مدل در نظر گرفته شد. مقادیر شاخص‌های آماری ضریب تعیین و نش - ساتکلیف<sup>5</sup> برای واسنجی مدل اول (1377 تا 1380) در ایستگاه اورنگ به ترتیب برابر با 0/95 و 0/82 و در ایستگاه تازه‌کند به ترتیب برابر با 0/96 و 0/80 بدست آمد. مقادیر شاخص‌ها در واسنجی مدل دوم (1385 تا 1389) برای ایستگاه اورنگ برابر با 0/95 و 0/85 و برای ایستگاه تازه‌کند برابر با 0/96 و 0/83 تعیین شد. مقادیر شاخص‌ها در اعتبارسنجی مدل اول (1381 تا 1385) برای ایستگاه اورنگ برابر با 0/98 و 0/88 و برای ایستگاه تازه‌کند برابر با 0/96 و 0/87 تعیین شد و در مدل دوم (1389 تا 1392) برای ایستگاه اورنگ برابر با 0/96 و 0/86 و برای ایستگاه تازه‌کند برابر با 0/97 و 0/78 بدست آمد. نتایج واسنجی و اعتبارسنجی در جدول 3 ارائه شد (محمدپور و همکاران، 1395). همان‌طور که از مقادیر جدول 3 مشهود است واسنجی مدل با داشتن شاخص بهره‌وری نش-ساتکلیف بین 0/80 تا 0/88 نتایج خوب و معقولی را ارائه کرد. مدل‌سازی این تحقیق در گام زمانی ماهانه انجام شد.

#### مولفه‌های بیلان هیدرولوژیک حوضه

در این مطالعه، خصوصیات هیدرولوژیک حوضه آبریز اهرچای با استفاده از روش بارش - رواناب مدل رطوبتی خاک در مدل WEAP شبیه‌سازی شد (محمدپور و همکاران، 1395) و مولفه‌های بیلان سالانه آب حوضه در دوره مورد مطالعه بدست آمد. مولفه‌های بیلان آب مدل WEAP به صورت زیر تعریف می‌شود:

بالادست حوضه

جریانات ورودی: بارش، جریان‌های سطحی و زیرسطحی، جریان آب‌های زیرزمینی.

حوضه آبریز اصلی

جریانات ورودی: بارش، آبیاری

- جریانات خروجی: مصارف، جریان‌های سطحی و زیرسطحی، آب‌های زیرزمینی، تبخیر - تعرق.

اصول حسابداری آب براساس مطالعات مولدن و ساکتیوادپول استوار است (Molden and Sakthivadivel., 1999; Perry et al.,)

(Raskin et al., 1992). مدل WEAP به دلیل این‌که فرآیندهای فیزیکی هیدرولوژیک در مقیاس حوضه آبریز را با شبیه‌سازی مدیریت زیرساخت‌های منابع آب و مکانیزم‌های تخصیص آب در یک طرح مدل‌سازی مشترک ادغام می‌کند، در مقایسه با سایر ابزارهای مدل‌سازی منابع آب منحصر به فرد است (Groves et al., 2008). WEAP بر اساس اصل حسابداری "بیلان آب" (جریان ورودی برابر خروجی)، فرآیندهای حوضه آبریز مانند تبخیر - تعرق، رواناب/ نفوذ و ... در بازه زمانی تعریف شده توسط کاربر را شبیه‌سازی می‌کند (Yates et al., 2005a,b). این مدل می‌تواند یک چارچوب قوی و عملی برای ارزیابی منابع آب و تجزیه و تحلیل سیاست‌ها فراهم کند. مطالعات بسیار زیادی در سراسر دنیا کاربرد WEAP را نشان داده‌اند (به عنوان مثال، Young et al., 2009; Purkey et al., 2008; Yates et al., 2009).

#### شبیه‌سازی فرآیند هیدرولوژیک حوضه در مدل WEAP

فرایند هیدرولوژی حوضه آبریز اهرچای با استفاده از مدل بارش‌رواناب در WEAP در قالب دو مدل برای دو دوره قبل (1377-1385) و بعد (1385-1392) از توسعه سامانه‌های آبیاری مذکور اجرا گردید. روش آبیاری در مدل اول، آبیاری سطحی و در مدل دوم آبیاری تحت‌فشار (بارانی و قطره‌ای) و آبیاری سطحی بود. هر کدام از این مدل‌ها شامل روش رطوبت خاک برای محاسبه تبخیر - تعرق، رواناب سطحی، جریان زیرسطحی (interflow) و دبی پایه برای هر منطقه (کلاس خاک) از یک واحد حوضه آبریز می‌باشند (SEI., 2010). طرح شماتیک مدل‌سازی انجام شده در تحقیق حاضر، در شکل 1 در محدوده مورد مطالعه جانمایی شده است. مقادیر پارامترهای هیدرولوژیک برای کلاس‌های خاک؛ ضرایب محصول (Kc)؛ فاکتور مقاومت جریان (RRF)؛ جهت جریان ترجیحی (FD)؛ ظرفیت موثر نگره‌داشت آب، لایه‌های بالایی و پایینی خاک (DWC) و (SWC)؛ نرخ هدایت هیدرولیکی لایه‌های بالایی و پایینی خاک (K1 و K2)؛ ظرفیت ذخیره‌سازی لایه بالایی و پایینی خاک (Z1 و Z2) و مقادیر پارامترهای هواشناسی منطقه برای کاربرد در روش بارش - رواناب مدل تعیین گردید. این مدل از فرمول پنمن - موتیث - FAO و ضرایب محصول (Kc) برای محاسبه نرخ تبخیر - تعرق محصولات مختلف استفاده می‌کند.

در طی فرایند واسنجی مدل، مقادیر اولیه اختصاص داده شده به پارامترهای هیدرولوژیک حساس (پارامترهای ضریب گیاهی<sup>1</sup> کاربری‌های غیرزراعی، ظرفیت رطوبتی خاک<sup>2</sup>، هدایت هیدرولیکی منطقه توسعه ریشه<sup>3</sup> و جهت جریان ترجیحی<sup>4</sup>) برای بهبود شبیه‌سازی

4- Preferred Flow Direction  
5- Nash-Sutcliffe Coefficient

1- Crop Coefficient  
2- Soil Water Capacity  
3- Root Zone Conductivity

آب قابل استفاده را تشکیل می‌دهند. تبخیر - تعرق کل (مفید و غیرمفید) و نفوذ/ رواناب غیربازیافتی، کسری از کل آب مصرف شده در حوضه را نشان می‌دهند که از دسترس خارج و تلف شده است.

2009). این اصل کاربرد آب مورد استفاده را مشخص می‌کند. برای این منظور چهار مولفه برای بیان آب مشخص شده است: 1- تبخیر و تعرق مفید 2- تبخیر و تعرق غیرمفید 3- نفوذ/ رواناب غیربازیافتی و 4- نفوذ/ رواناب بازیافتی. دو مولفه اول، کسر مصرف شده از کل

جدول 3 - مقادیر شاخص‌های ارزیابی نتایج مدل برای دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی

اعتبارسنجی			واسنجی			دوره اعتبارسنجی	دوره واسنجی	نام ایستگاه هیدرومتری	مدل
NSE (-)	RMSE (m <sup>3</sup> /s)	R <sup>2</sup> (-)	NSE (-)	RMSE (m <sup>3</sup> /s)	R <sup>2</sup> (-)				
0/88	0/30	0/98	0/82	0/45	0/95	1381 تا	اورنگ تازه کند	اول (آبیاری سطحی)	
0/87	0/35	0/96	0/80	0/34	0/96	1385			
0/86	0/30	0/96	0/85	0/31	0/95	1389 تا	اورنگ تازه کند	دوم (آبیاری تحت‌فشار)	
0/78	0/30	0/97	0/83	0/23	0/96	1392			

ناشی از WDEL است. برخی از مطالعات گزارش کردند که محدوده WDEL بسته به سرعت باد، بین 10٪ تا 20٪ از کل آب بکار برده شده است (Lecina et al., 2010; Sánchez., 2008). مارتینز-کوب و همکاران گزارش کردند که اثر WDEL در آبیاری با سیستم ثابت به میزان 15٪ کاهش می‌یابد (Martínez-Cob et al., 2008).

#### رواناب/ نفوذ

اغلب در زمین‌های غیرزراعی تولید می‌شود. چند مطالعه در زمینه ارزیابی آبیاری مزرعه و بیان آب منطقه نشان داد رواناب و نفوذ می‌تواند 40٪ از کل آب بکار برده شده در مناطق آبیاری سطحی با خاک‌های نفوذپذیر را شامل شود (Lecina et al., 2010). رواناب بیش‌تر در آبیاری سطحی و از تلفات ریزش دستگاه‌های آبیاری رخ می‌دهد. حجم رواناب/ نفوذ در مناطق آبیاری تحت‌فشار معمولاً پایین است. تدسچی و همکاران و کاورو و همکاران این بخش از تلفات را بطور متوسط برابر 8٪ از کل آب ورودی حوضه تخمین زدند (Tedeschi et al., 2001; Caverro et al., 2003).

در واقع، کل حجم رواناب/ نفوذ به رودخانه یا آبخوان باز می‌گردد. کیفیت آب‌های بازگشتی در بسیاری از مواقع می‌تواند قابل استفاده مجدد برای آبیاری (بصورت مستقیم یا ترکیب با آب تمیز) به‌خصوص در پایین‌دست باشد که باید مورد بررسی قرار بگیرد. اغلب، بیش‌ترین بخش آب حاصل از رواناب/ نفوذ توسط استفاده‌کنندگان پایین‌دست مصرف می‌شود. در برخی موارد، آب‌های بازگشتی در حفظ تالاب‌های تغذیه‌پرنندگان یا در بیان آب اکوسامانه‌های طبیعی نقش مهمی دارند. در این تحقیق، مقدار رواناب و نفوذ از نتایج بیان مدل WEAP تعیین گردید.

#### تبخیر و تعرق مفید

معادل تبخیر و تعرق واقعی محصول است. ایزیدورو و همکاران و لسینا و پلایان بر اساس بیان آب در حوضه آبریز Ebro نشان دادند مقدار تبخیر - تعرق واقعی تخمین زده شده در آبیاری سطحی، به‌میزان 15-20٪ کم‌تر از تبخیر - تعرق پتانسیل بود (Isidoro et al., 2004; Lecina and Playán., 2006 a,b). آن‌ها دلیل این تفاوت را محدودیت‌های ساختار آبیاری و افزایش تنش آبی محصولات گزارش کردند. این اثر بر روی تبخیر - تعرق محصولات در سایر مناطق با آبیاری سطحی نیز تایید شده است. در مقابل، کاورو و همکاران گزارش کردند تبخیر - تعرق واقعی در مناطق با آبیاری مدرن تحت فشار در اسپانیا تقریباً برابر مقدار پتانسیل آن بود. نتایج مطالعات بالا نشان می‌دهد الگوهای کشت در افزایش تفاوت‌های منطقه‌ای در مقادیر تبخیر - تعرق مفید بین دو روش‌های آبیاری دخالت دارد (Caverro et al., 2003).

#### تبخیر - تعرق غیرمفید

شامل تبخیر - تعرق گیاهان غیرسودمند (مانند علف‌های هرز یا آب‌یاب‌ها) و تبخیر مستقیم از سطح آب‌های آزاد می‌باشد. تلفات حاصل از بادبردگی و تبخیر (WDEL<sup>1</sup>) می‌تواند به‌عنوان آب استفاده شده غیرمفید در آبیاری تحت‌فشار (بارانی) در نظر گرفته شود (Burt et al., 1997). شبکه آبیاری تحت‌فشار، حجم تبخیر مستقیم و نشت را که توسط گیاهان غیرمفید مصرف می‌شوند تقریباً حذف می‌کند. اگرچه حوضچه‌ها و مخازن تامین نیاز آبی سامانه‌های تحت‌فشار، تبخیر مستقیم از سطح آب را افزایش می‌دهد. مهم‌ترین علت اختلاف تبخیر - تعرق غیرمفید بین آبیاری سطحی و تحت‌فشار (بارانی) اغلب

## نتایج و بحث

تبخیر - تعرق واقعی در دوره آبیاری سطحی به میزان 30٪ کم‌تر از تبخیر - تعرق پتانسیل بود. محدوده تغییر WDEL بین 15٪ تا 20٪ بکار برده شد. تبخیر - تعرق غیرمفید در آبیاری سطحی برابر 22٪ کل آب مصرف شده و در آبیاری تحت فشار برابر 32٪ کل آب مصرف شده برآورد شد. رواناب/ نفوذ برابر 73٪ کل آب ورودی در دوره آبیاری سطحی و 51٪ کل آب ورودی به حوضه آبریز در دوره آبیاری تحت فشار بدست آمد.

روابط 1 تا 4 برحسب (mm mm<sup>-1</sup>) براساس مولفه‌های بیلان آب برای مناطق آبیاری حوضه آبریز مورد مطالعه استفاده شد (Willardson et al., 1994; Molden and Sakthivadivel., ) (Perry et al., 2009):

$$DF = \frac{ET_B + ET_{NB} + PR_{NR}}{WU} \quad (1)$$

که در آن DF<sup>1</sup> کسر تخلیه، ET<sub>B</sub> تبخیر - تعرق مفید، ET<sub>NB</sub> تبخیر - تعرق غیرمفید، RP<sub>NR</sub> رواناب/ نفوذ غیربازیافتی و WU کل آب استفاده شده است.

$$CF = \frac{ET_B + ET_{NB}}{WU} \quad (2)$$

که در آن CF<sup>2</sup> کسر مصرف شده است.

$$TBF = \frac{ET_B}{WU} \quad (3)$$

که در آن TBF<sup>3</sup> کل کسر مفید است.

$$DBF = \frac{ET_B}{ET_B + ET_{NB} + PR_{NR}} \quad (4)$$

که در آن DBF<sup>4</sup> کسر مفید تخلیه است.

در جدول 4 نتایج بدست آمده برای بیلان آب حوضه در دوره قبل از مدرن‌سازی (دوره آبیاری سطحی) و دوره پس از مدرن‌سازی (دوره توسعه آبیاری تحت فشار) برای مدل اول و دوم نشان داده شده است. کل آب قابل استفاده در حوضه آبریز اهرچای در دوره آبیاری سطحی برابر 11650/41 میلی‌متر در سال (مجموع سالیانه کل دوره آماری) و در دوره آبیاری تحت فشار برابر 3386/66 میلی‌متر (مجموع سالیانه کل دوره آماری) بود. رواناب/ نفوذ کل (حجم غیرمصرفی) در آبیاری سطحی (6570/70 میلی‌متر (مجموع سالیانه کل دوره آماری))، تقریباً هفت برابر بزرگ‌تر از آبیاری تحت فشار (1026/97 (مجموع سالیانه کل دوره آماری)) بود. در حالی که تبخیر - تعرق کل (حجم مصرفی) در آبیاری تحت فشار (6403/74 میلی‌متر (مجموع سالیانه کل دوره آماری)) نسبت به آبیاری سطحی (5087/81 میلی‌متر بر سال (مجموع سالیانه کل دوره آماری)) بالاتر بود. تبخیر - تعرق مفید و اثرات منفی

WDEL<sup>5</sup> در آبیاری تحت فشار این اختلاف را توجیه می‌کند. تبخیر - تعرق محصول یا مفید به میزان 31٪ در آبیاری سطحی و 57٪ در آبیاری تحت فشار از کل آب قابل استفاده بود. تقریباً تمام آب‌های بازگشتی ناشی از رواناب و نفوذ در حوضه به رودخانه باز می‌گردد (93٪ و 98٪ به ترتیب در سطحی و تحت فشار). کسر تخلیه آب حدود 0/87 در آبیاری تحت فشار و 0/45 در آبیاری سطحی از کل آب قابل استفاده بود. DF (کسر تخلیه) در آبیاری تحت فشار حدود 52٪ بالاتر از آبیاری سطحی بود که به دلیل الگوی کشت بسیار متراکم‌تر، تامین بهتر نیاز آبی محصولات و WDEL بزرگ‌تر در آبیاری بارانی می‌باشد. مقادیر DF و CF (کسر مصرفی) بدلیل پایین بودن حجم‌های رواناب/ نفوذ غیرقابل بازیافتی (کم‌تر از 20٪ از کل آب قابل استفاده) در هر دو نوع آبیاری مشابه هم بودند. کسر مفید کل (TBF) اغلب برای برآورد راندمان آبیاری در مقیاس پروژه یا منطقه استفاده می‌شود (Seckler et al., 2003).

اگر رویکرد راندمان برای ارزیابی اثرات مدرنیزه‌سازی روش‌های آبیاری استفاده شود در مناطق مدرن شده، آب بیش‌تری ذخیره خواهد شد. مقدار TBF در آبیاری تحت فشار (0/73) بالاتر از آبیاری سطحی (0/31) بود. اگرچه، این نتایج گمراه کننده خواهد بود، زیرا TBF سهم رواناب و نفوذ اضافه شده به رودخانه که در پایین دست استفاده می‌شود را در نظر نمی‌گیرد.

برای ارزیابی اثرات آبیاری مدرن بر مقدار آب قابل دسترس در مقیاس حوضه آبریز، DBF (کسر تخلیه مفید) بسیار مناسب‌تر از TBF است، به دلیل این که DBF تنها بخش تخلیه آب از حوضه را در نظر می‌گیرد (Willardson et al., 1994). در تحقیق حاضر، DBF برای کل حوضه اهرچای در دوره آبیاری سطحی 0/70 و در دوره آبیاری تحت فشار 0/84 بدست آمد (جدول 6). این مقدار در دوره آبیاری تحت فشار بالاتر است و سهم بسیار محدودی برای ذخیره‌سازی واقعی آب باقی می‌ماند. به علاوه، DBF در آبیاری تحت فشار نسبت به سطحی بالاتر است که نشان می‌دهد تخلیه غیرمفید در آبیاری سطحی نسبت به تحت فشار بالاتر است. این نتایج با مطالعات پری و همکاران، لسینا و همکاران، اسخیری و دجمی، قره-چایی و همکاران، فلورز-لوپز و همکاران مطابقت دارد (Perry et al., 2009; Lecina et al., 2010; Skhiri and Dechmi, 2012; Flores-López et al., 2016). قره‌چایی و همکاران، 1394). بیلان کلی خطای محاسبه شده با استفاده از نرم‌افزار WEAP صفر بود. مجموع خطا بعد از مرحله کالیبراسون اطلاعات ورودی به نرم‌افزار صفر شد. این یکی از مزیت‌های مدل مذکور است.

علی‌رغم پیچیدگی‌های موجود، نتایج بدست آمده از این تحقیق تفاوت‌های هیدرولوژیک بین سامانه‌های آبیاری سطحی و تحت فشار

- 1- Depleted Fraction
- 2- Consumed Fraction.
- 3- Total Beneficial Fraction
- 4- Depleted Beneficial Fraction.

نیاندیشیدن و پیش‌بینی تمهیدات لازم برای آب صرفه‌جویی شده، هیدرولوژی حوضه را تغییر می‌دهد.

را نشان می‌دهد. این تفاوت‌ها بر بیلان آب حوضه آبریز تأثیر گذاشته و با تغییر روش‌های آبیاری از سطحی به تحت‌فشار و در صورت

جدول 4- مولفه‌های بیلان و شاخص‌های هیدرولوژیک حوضه آبریز اهرچای

دوره قبل از مدرن‌سازی (دوره آبیاری سطحی)	دوره پس از مدرن‌سازی (دوره توسعه آبیاری تحت فشار)	مولفه‌های بیلان
12051/55	7430/71	جریان ورودی - کل آب قابل استفاده (mm)
5078/81	6403/74	جریان‌های خروجی
3779/88	5433/96	حجم مصرف شده (mm)
1307/93	969/75	تبخیر تعرق مفید (mm)
6972/74	1026/97	تبخیر تعرق غیر مفید (mm)
6624/1	975/63	حجم غیر مصرفی (mm)
348/64	51/35	رواناب/ نفوذ قابل بازیافتی (mm)
		رواناب/ نفوذ غیر قابل بازیافتی (mm)
5427/45	6455/09	شاخص‌های هیدرولوژیک
6624/1	975/62	حجم تخلیه (DV) (mm)
0/45	0/87	حجم غیر تخلیه (DV) (mm)
0/42	0/86	کسر تخلیه (DF) ( $\text{mm mm}^{-1}$ )
0/31	0/73	کسر مصرفی (CF) ( $\text{mm mm}^{-1}$ )
0/70	0/84	کسر مفید کل (TBF) ( $\text{mm mm}^{-1}$ )
		کسر تخلیه مفید (DBF) ( $\text{mm mm}^{-1}$ )

## نتیجه‌گیری

به منظور بررسی اثرات راهبرد توسعه آبیاری تحت فشار بر هیدرولوژی حوضه‌های آبریز، تحقیق حاضر بر روی حوضه آبریز اهرچای انجام گرفت. ابتدا هیدرولوژی حوضه با کمک نرم‌افزار مدیریت و برنامه‌ریزی WEAP شبیه‌سازی شد. پس از واسنجی و صحت‌سنجی مدل در دو دوره قبل و بعد از اجرای سامانه‌های آبیاری تحت فشار در منطقه، تغییرات مولفه‌های هیدرولوژیک حوضه در هر دو دوره بررسی شد. این مطالعه نشان داد تغییرات جریان رودخانه اهرچای در طول دوره آبیاری سطحی ( $CV = 107\%$ ) نسبت به دوره آبیاری تحت فشار ( $CV = 71\%$ ) بسیار بیش‌تر بود که منعکس‌کننده نقش بیش‌تر سهم آبیاری در جریان رودخانه است. بیلان آب در طول دوره مورد مطالعه با محاسبه حجم‌های ورودی و خروجی جریان و استفاده از شاخص‌های عملکرد مختلف محاسبه و مقایسه شد.

نوبین‌سازی روش‌های آبیاری مستلزم تغییر در شیوه استفاده از آب با مفاهیم هیدرولوژیک در مقیاس حوضه آبریز است. زمانی که هدف از این کار، افزایش تولید محصولات کشاورزی، به‌ویژه محصولات زراعی است، مصرف آب به دلیل افزایش هم‌زمان در تبخیر - تعرق محصول افزایش خواهد یافت.

بر اساس نتایج، با توسعه آبیاری تحت فشار، آورد رودخانه کاهش قابل ملاحظه و معنی‌داری داشته است. در نتیجه می‌توان گفت توسعه

آبیاری تحت فشار در منطقه مورد مطالعه بر هیدرولوژی حوضه آبریز تأثیر منفی داشته است. نتایج این تحقیق با نتایج مطالعات کینزل و اشمیت، پری و همکاران، منگیستو و همکاران، احمدزاده و مرید و طلوعی و همکاران مطابقت دارد (Kienzle and Schmidt., 2008; Perry et al., 2009; Ingol-Blanco and McKinney. 2012; Mengistu et al., 2009; احمدزاده و مرید، 1392 و طلوعی و همکاران، 1392).

همچنین نتایج نشان داد مدل WEAP با داشتن قابلیت در نظر گرفتن راندمان‌های مختلف آبیاری، امکان ارزیابی اثرات اجرای سامانه‌های مختلف آبیاری بر روی منابع آب و هیدرولوژی حوضه‌های آبریز را دارد. ارزیابی بیلان هیدرولوژیک حوضه آبریز با روش حسابداری آب می‌تواند شناخت و درک درستی در مورد اثرات هیدرولوژیک تغییر روش‌های آبیاری ارائه نماید. کاربرد دقیق این روش مستلزم افزایش تلاش در جمع‌آوری اطلاعات استفاده از آب است، به طوری که به‌توان بیلان درست آب را بر اساس یک روش‌شناسی مناسب توسعه داد. به‌عنوان نتیجه کلی، می‌توان گفت تغییر سامانه‌های آبیاری (از سنتی به نوبین) در حوضه‌های آبریز بر روی منابع آب و هیدرولوژی حوضه بسیار تأثیرگذار بوده و در مباحث مدیریت منابع آب کشور و تصمیم‌گیری‌های سطح کلان باید مدنظر قرار بگیرد.

- Hydrological Response to Environmental Change. Water. 8.3: 1-18.
- Groves, D.G., Yates, D., Tebaldi, C. 2008. Developing and applying uncertain global climate change projections for regional water management planning. Water Resources Research. 44: 1-16.
- Huffaker, R. 2008. Conservation potential of agricultural water conservation subsidies. Water Resources Research. 44: 1-8.
- Hussain, I., Turrall, H., Molden, D., Ahmad, M.U.D. 2007. Measuring and enhancing the value of agricultural water in irrigated river basins. Irrigation Science. 25.3: 263-282.
- Ingol-Blanco, E. and McKinney, D. 2012. Development of a Hydrologic Model for the Rio Conchos Basin. Journal of Hydrologic Engineering, accepted, Posted ahead of print 15.
- Isidoro, D., Quílez, D., Aragüés, R. 2004. Water balance and irrigation performance analysis: La Violada irrigation district (Spain) as a case study. Agricultural Water Management Journal. 64.2: 123-142.
- Jensen, M.E. 2007. Beyond irrigation efficiency. Irrigation Science. 25.3: 233-245.
- Kienzle, S.W. and Schmidt, J. 2008. Hydrological impacts of irrigated agriculture in the Manuherikia catchment, Otago, New Zealand. Journal of Hydrology. 47.2: 67-83.
- Lecina, S., Playán, E. 2006a. A model for the simulation of water flows in irrigation districts. II. Application. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 132.4: 322-331.
- Lecina, S., Playán, E. 2006b. A model for the simulation of water flows in irrigation districts. I. Description. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 132.4: 310-321.
- Lecina, S., Isidoro, D., Playán, E., Aragüés, R. 2010. Irrigation modernization and water conservation in Spain: The case of Riegos del Alto Aragón. Agricultural Water Management. 97:1663-1675.
- Martínez-Cob, A., Playán, E., Zapata, N., Cavero, J., Medina, E.T., Puig, M. 2008. Contribution of evapotranspiration reduction during sprinkler irrigation to application efficiency. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 134: 745-756.
- Mengistu, K.T., Förch, G., Hans, H., Horlacher, B. 2009. Watershed Hydrological Responses to Changes in Land Use and Land Cover, and Management Practices at Hare Watershed, Ethiopia. M.sc. thesis, Universität Siegen.
- احمدزاده، ح.، مرید، س. 1392. ارزیابی بهره‌وری آب کشاورزی با استفاده از مدل SWAT مطالعه موردی، حوضه زرینه‌رود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- باقری هارونی، م. ح.، مرید، س. 1392. مقایسه مدل‌های WEAP و MIKE BASIN در تخصیص منابع آب (مطالعه موردی: رودخانه تالوار) پژوهش‌های حفاظت آب و خاک (علوم کشاورزی و منابع طبیعی). 20: 1. 167-151.
- طلوعی، ظ.، دلاور، م.، مرید، س.، احمدزاده، ح. 1393. ارزیابی مقدار آب برگشتی ناشی از آبیاری در حوضه آبریز زرینه‌رود و تاثیر بکارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار بر آن با استفاده از مدل SWAT، پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.
- قره‌چایی، ح. ر.، مقدم‌نیای، ر.، ملکیان، ا.، احمدی، ا. 1394. جداسازی اثرات تغییرپذیری اقلیمی و فعالیت‌های انسانی بر رواناب حوضه آبخیز بختگان. فصل‌نامه علمی پژوهشی اکوهیدرولوژی. 4.2: 454-445.
- محمدپور، م.، زینال‌زاده، ک.، رضاوردی‌نژاد، و.، حصاری، ب. 1395. واسنجی و اعتبارسنجی مدل WEAP در شبیه‌سازی اثر تغییر سیستم‌های آبیاری روی پاسخ هیدرولوژیک حوضه آبریز اهرچای. مجله اکوهیدرولوژی. 3.3: 490-477.
- یزدان‌پناه، ط.، خدشناس، س. ر.، داوری، ک.، قهرمان، ب. 1387. مدیریت منابع آب حوضه آبریز با استفاده از مدل WEAP (مطالعه موردی حوضه ازغند). مجله علوم و صنایع کشاورزی. ویژه آب و خاک. 1.22: 222-213.
- Burt, C.M., Clemmens, A.J., Strelkoff, T.S., Solomon, K.H., Bliesner, R.D., Hardy, L.A., Howell, T.A., Eisenhauer, D.E. 1997. Irrigation performance measures: efficiency and uniformity. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 123.6: 423-442.
- Cavero, J., Beltrán, A., Aragüés, R. 2003. Nitrate exported in the drainage water of two sprinkler irrigated watersheds. J. Environ. Qual. 32: 916-926.
- Causapé, J., Quílez, D., Aragüés, R. 2004. Assessment of irrigation and environmental quality at the hydrological basin level. I. Irrigation quality. Agricultural Water Management. 70: 195-209.
- Clemmens, A.J., Allen, R.G., Burt, C.M. 2008. Technical concepts related to conservation of irrigation and rainwater in agricultural systems. Water Resources Research. 44. 16.
- Flores-López, F., Galaiti, S.E., Escobar, M., Purkey, D. 2016. Modeling of Andean Páramo Eco-systems'



- Sieber, J., Purkey, D. 2007. User Guide for WEAP21 (Water Evaluation And Planning System). Stockholm Environment Institute, 219 pp.
- Tedeschi, A., Beltran, A., Aragüés, R. 2001. Irrigation management and hydrosalinity balance in a semi-arid area of the middle Ebro river basin (Spain). *Agricultural Water Management Journal*. 49 .1: 31–50.
- Water Framework Directive European Union. 2000. Directive 2000/60 of the European Parliament and of the Council establishing a framework for community action in the field of water pollution. *Official Journal*, 327: 1–72.
- Willardson, L.S., Allen, R.G., Frederiksen, H.D. 1994. Elimination of irrigation efficiencies. In: *Proceedings of the 13th Technical Conference USCID, USCID (Ed.), Denver (CO), USA*, p. 17.
- Yates, D., Sieber, J., Purkey, D and Huber-Lee, A. 2005a. WEAP21: A demand-, priority-, and preference-driven water planning model. Part 1: Model characteristics. *Water International*. 30.4: 487-500.
- Yates, D., Purkey, D., Sieber, J., Huber-Lee, A and Galbraith, H. 2005b. WEAP21: A demand-, priority-, and preference driven water planning model. Part 2: Aiding freshwater ecosystem service evaluation. *Water International*. 30.4: 501-512.
- Yates, D., Purkey, D.R., Sieber, J., Huber-Lee, A., Galbraith, H., West, J., Herrod-Julius, S., Young, C., Joyce, B., Rayej, M. 2009. Climate driven water resources model of the Sacramento Basin, California. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 135: 303-313.
- Young, C.A., Escobar-Arias, M.I., Fernandes, M., Joyce, B., Kiparsky, M., Mount, J.F., Mehta, V.K., Purkey, D., Viers, J.H., Yates, D. 2009. Modeling the hydrology of climate change in California? Sierra Nevada for subwatershed scale adaptation. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*. 45. 1:409- 423.
- Molden, D., Sakthivadivel, R. 1999. Water accounting to assess use and productivity of water. *International Journal of Water Resources Development*. 15.1/2: 55–71.
- Perry, C., Steduto, P., Allen, R.G., Burt, C.M. 2009. Increasing productivity in irrigated agriculture: agronomic constraints and hydrological realities. *Agricultural Water Management Journal*. 96.11: 1517–1524.
- Purkey, D., Huber-Lee, A., Yates, D., Hanemann, M., Herrod-Julius, S. 2007. Integrating a climate change assessment tool into stakeholder-driven water management decision-making processes in California. *Water Resources Management* 21: 315-329.
- Raskin, P., Hansen, E., Zhu, Z. 1992. Simulation of water supply and demand in the Aral Sea Region. *Water International*. 17: 55–67.
- Sánchez, I. 2008. Factores técnicos meteorológicos y agronómicos que afectan a la calidad del riego por aspersión en sistemas estacionarios. PhD dissertation. Universidad de Lleida. Lleida, Spain. 317 pp.
- Schlote, A., Hennigs, V and Schaffer, U. 2012. Water Balance for the Aleppo Basin, Syria Implications of Land Use on Simulated Groundwater Abstraction and Recharge. *International Conference Hydrogeology of Arid Environments*, . Federal Institute for Geosciences.
- Seckler, D., Molden, D., Sakthivadivel, R. 2003. The concept of efficiency in water resource management and policy. In: Kijne, W., Barkers, R., Molden, D. (Eds.), *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*. CAB International, Wallingford, United Kingdom, pp. 37–51.
- Skhiri, A., Dechmi, F. 2012. Impact of sprinkler irrigation management on the Del Reguero river (Spain). I: Water balance and irrigation performance *Agricultural Water Management*. 103:120– 129.

## Assessment of the Basin Hydrological Responses to Development of Pressurized Irrigation Systems (Case study: The Ahar-chai basin)

M. Mohammadpour<sup>1</sup>, K. Zeinalzadeh<sup>2\*</sup>, V. Rezaverdinajad<sup>3</sup>, B. Hessari<sup>4</sup>

Received: Feb.18, 2017

Accepted: May.06, 2017

### Abstract

This study analyzes the hydrological impacts of irrigation systems changes in the Ahar-chai basin. For this purpose, a conceptual approach based on water accounting was applied using WEAP model. Hydrological process of the basin in the form of two models of soil moisture method simulated. In the next step, the calibration and validation of models made and the components of the basin hydrologic balance estimated. The results showed that total evapotranspiration was higher in pressurized irrigation than in surface irrigation (26%). Surface runoff during pressurized irrigation period was lower than surface irrigation period (52%), due to reducing irrigation return flow and rainfall. These results show that the surface runoff can be influenced by the type of irrigation and rainfall. In general, the water balance greatly reduced in the basin. The results indicated the negative potential of pressurized irrigation on basin hydrology. Results also showed that WEAP model is able to assess the hydrological impacts of different irrigation systems on basin water resources. To basin water resources management, the water balance accounting methodology should be implemented to avoid misunderstandings about the hydrological impacts of pressurized irrigation, such as unrealistic expectations in water saving in the basin.

**Keywords:** Basin hydrological conditions, Development of pressurized irrigation, Water balance accounting, Water resources management and WEAP model.

---

1- Department of Water Engineering, University of Urmia, Iran

2,4- Department of Water Engineering, Urmia Lake Research Institute, University of Urmia, Iran.

3- Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Iran.

(\* - Corresponding Author Email: k.zeinalzadeh@urmia.ac.ir)