

Evaluation and Zoning of Agricultural Water Demand Supply Ratio Index (AGWS) using SWAT (Case Study: Gunbarchay basin)

AYYUB AHMADIN¹, ALI ASHRAF SADRADDINI^{1*}, AMIR HOSSEIN NAZEMI¹, SAEED SAMADIAN FARD¹

1. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran.

(Received: March. 18, 2021- Revised: July. 18, 2021- Accepted: July. 26, 2021)

ABSTRACT

The agricultural water demand supply ratio (AGWS) is the actual evapotranspiration ratio to the potential evapotranspiration in an agricultural area during the crop growth period. Determination of this ratio is very important to planning and management properly in an area. In this regard, the index and its zoning in the agricultural areas of Gunbarchay basin were determined in this study. To achieve this purpose, the comprehensive SWAT hydrological-plant model for the basin was adjusted, calibrated and validated. Then, the actual runoff and evapotranspiration values were simulated for the sub-basins of the studied basin during the period 1987-2017. The results indicated that the volume of potential evapotranspiration, in all irrigated lands of the basin during the crop growth period in 2016 is 25.41 MCM. In addition, the simulations showed that the amount of actual evapotranspiration from the total irrigated agricultural lands of Gunbarchay basin during the crop growing season in 2016 is 19.1 MCM. Based on the results, the value of agricultural water supply ratio in Gunbarchay basin in 2016 varies between 0.63 and 0.79. So that the value of this index is more in the northern and western sub-basins of the basin than its eastern sub-basins. According to the results, in Gunbarchay basin, the amount of water supply in the agricultural sector is much less than the amount of demand, especially in the eastern sub-basins, which should be addressed with proper management of agricultural water demand and consumption.

Keywords: Potential And Real Evapotranspiration, Water Demand Supply Ratio, Agricultural Lands, SWAT, Gunbarchay.

*Corresponding Author's Email: alisadraddini@yahoo.com

ارزیابی و پهنه‌بندی شاخص نسبت تأمین تقاضای آب کشاورزی (AGWS) با استفاده از مدل SWAT (مطالعه موردی: حوضه آبریز گنبر چای)

ایوب احمدین^۱، علی اشرف صدرالدینی^{۲*}، امیرحسین ناظمی^۳، سعید صمدیان فرد^۴

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۸ - تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۴/۲۷ - تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۵/۴)

چکیده

نسبت تبخیر-تعرق واقعی به تبخیر-تعرق پتانسیل در یک منطقه کشاورزی، طی دوره رشد محصولات، نسبت تأمین تقاضای آب کشاورزی نامیده می‌شود (AGWS). تعیین این نسبت در یک منطقه در برنامه‌ریزی و مدیریت مناسب آن بسیار حائز اهمیت است. در این راستا در تحقیق حاضر به تعیین این شاخص و پهنه‌بندی آن در مناطق کشاورزی حوضه آبریز گنبرچای پرداخته شد. برای این منظور مدل جامع هیدرولوژیکی-گیاهی SWAT برای حوضه تنظیم، واسنجی و صحت‌سنجی شد. در ادامه مقادیر رواناب و تبخیر-تعرق واقعی برای زیرحوضه‌های حوضه مورد مطالعه طی دوره ۱۳۹۴-۱۳۶۵ شبیه‌سازی گردید. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که حجم تبخیر-تعرق پتانسیل (محاسبه شده به روش فائو پنمن مانیتث) در کل اراضی تحت کشت آبی حوضه در طول دوره رشد محصولات در سال ۱۳۹۴ به میزان $25/41$ MCM می‌باشد. علاوه بر این، شبیه‌سازی‌ها نشان داد که مقدار تبخیر-تعرق واقعی از کل اراضی کشاورزی آبی حوضه گنبرچای در طول فصل رشد محصولات در سال ۱۳۹۴ به میزان $19/1$ MCM است. بر اساس نتایج تحقیق حاضر، مقدار شاخص نسبت تأمین آب کشاورزی در حوضه گنبرچای در سال ۱۳۹۴ بین $0/63$ و $0/79$ متغیر است. به طوری که مقدار این شاخص در زیر حوضه‌های شمالی و غربی حوضه از زیرحوضه‌های شرقی آن بیشتر است. براساس نتایج حاصل، در حوضه گنبرچای میزان تأمین آب در بخش کشاورزی در مقایسه با میزان تقاضاها به ویژه در زیرحوضه‌های شرقی به مراتب کمتر است که بایستی با مدیریت صحیح در تقاضا و مصرف آب کشاورزی این کمبود برطرف گردد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر-تعرق پتانسیل و واقعی، نسبت تأمین تقاضای آبی، اراضی کشاورزی، SWAT، گنبرچای.

مقدمه

باعث کاهش رواناب حوضه شده و آبدهی رودخانه‌ها را کاهش داده است. از طرف دیگر، توسعه بی‌رویه اراضی کشاورزی آبی در بسیاری از حوضه‌های کشور موجب افزایش چشمگیر تقاضای آب در بخش کشاورزی شده است (Tajrish, 2017). حال مسئله این است که در شرایط حاضر با وجود تغییرات اقلیمی و افزایش سطح زیر کشت آبی، منابع آب در دسترس به چه میزان پاسخگوی نیازهای آبی کشاورزی تحت مدیریت‌های منابع آبی و کشاورزی در حوضه است.

مساله اساسی در این راستا، محاسبه تبخیر و تعرق واقعی محصولات موجود در الگوی کشت غالب در منطقه مورد مطالعه است. محاسبه تبخیر و تعرق واقعی بر اساس الگوی کشت در یک زیرحوضه برای یک دوره مورد مطالعه و متوسط‌گیری از آن امری بسیار دشوار می‌باشد، چرا که برای این منظور هم بایستی تغییرات زمانی و مکانی الگوی کشت منطقه را در نظر گرفت و هم باید تغییرات اقلیمی را لحاظ نمود. در حال حاضر از تکنیک سنجش

نسبت تأمین تقاضای آب (نسبت مقدار تأمین آب به تقاضای آن) در بخش‌های مختلف مصارف آب یکی از مهم‌ترین شاخص‌های مدیریتی برای تصمیم‌گیران آب است. این شاخص اطلاعات ارزنده‌ای در جهت تدوین سناریوهای مدیریتی به‌منظور مدیریت مناسب و افزایش تأمین تقاضاهای آبی در یک سیستم منابع آب در اختیار تصمیم‌گیرندگان و سازمان‌های متولی آب قرار می‌دهد (Moghaddasi et al., 2015). مهم‌ترین بخش‌های مصرف‌کننده آب در یک حوضه عبارتند از: شرب و صنعت، کشاورزی و زیست‌محیطی. با توجه به این که در کشور ایران بیش از ۹۰ درصد آب مصرفی در بخش کشاورزی صورت می‌گیرد، لذا تأمین تقاضا در این بخش از اهمیت بالایی برخوردار است. در دهه‌های اخیر، تغییرات اقلیمی (به‌ویژه افزایش دما) از یک‌سو باعث افزایش نیاز آبی محصولات کشاورزی شده و از سوی دیگر باعث افزایش تبخیر و تعرق شده و رطوبت خاک را کاهش داده و در نتیجه

Kaushal *et al.* (2011) مقادیر عملکرد و تبخیر و تفرق واقعی سه گیاه نیشکر، ارزن و سورگوم را برای تولید نقشه‌ی مکانی بهره‌وری آب با استفاده از مدل SWAT برای حوضه‌ی رودخانه آپریما واقع در کشور هند مورد شبیه سازی قرار دادند.

Lakshmanan *et al.* (2011) با استفاده از مدل SWAT تأثیر تغییر اقلیم بر هیدرولوژی و بازده محصول برنج را در حوضه بهاوانی مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که مدل SWAT از قابلیت بالایی در شبیه‌سازی متغیرهای هیدرولوژیکی و عملکرد گیاهی محصولات دارد.

Jeimar *et al.* (2011) تغییرات تبخیر و تفرق پتانسیل و همچنین بهره‌وری آب گیاهی برای گیاه ذرت بر اساس سناریوهای مختلف مدیریتی را شبیه سازی کردند.

Lirong and Jianyun. (2012) به بررسی تأثیر تغییرات آب و هوایی بر میزان رواناب و تبخیر و تفرق با مدل SWAT در حوضه بیانگ پرداخت که با قرار دادن ۱۵ سناریو در مدل واسنجی شده تحت کاربری اراضی ثابت به این نتیجه رسید که تغییرات آب و هوا بر میزان رواناب حوضه مؤثر است. نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش دما و تغییر ندادن بارش در یک سناریو، میزان تبخیر و تفرق افزایش و رواناب کاهش می یابد و همچنین در سناریوی دیگر با افزایش بارش و تغییر ندادن دما، میزان تبخیر و تفرق و رواناب افزایش پیدا می کند.

Husain *et al.* (2019) به ارزیابی قابلیت مدل SWAT در برآورد تبخیر و تفرق پتانسیل در بالادست حوضه کلانتان در کشور مالزی پرداختند. کالیبراسیون مدل برای مجموعه داده ها از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰ با استفاده از الگوریتم SUFI-2 با سه روش مختلف تعیین تبخیر و تفرق پتانسیل P-T، P-M و HG اعمال شد. و برای دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۶ این مدل نشان داد که اختلاف معنی داری در مقدار NSE و R² وجود ندارد. به طور کلی، مشخص گردید که همه روش های موجود PET در مدل SWAT، پس از کالیبراسیون و اعتبارسنجی، عملکرد خوبی دارند.

با توجه به شرایط کم آبی موجود، افزایش سطح زیر کشت آبی، الگوی کشت منطقه و عدم تعادل بین میزان عرضه و تقاضای آب کشاورزی در حوضه آبریز گنبرچای، تخمین میزان تبخیر-تفرق واقعی تحت مدیریت های آبیاری و کشاورزی و به تبع آن تعیین نسبت تأمین تقاضای آب در بخش کشاورزی با استفاده از مدل SWAT و ارزیابی و پهنه بندی آن در این حوضه، هدف اصلی تحقیق حاضر بوده که به نوبه خود از تحقیقات منحصر به فرد صورت گرفته در زمینه‌ی مدیریت منابع آب بشمار می آید.

از دور و یا مدل های توزیعی برای محاسبه تبخیر و تفرق واقعی محصولات در اراضی کشاورزی آبی در مقیاس بزرگ استفاده می-کنند. برای استخراج تبخیر و تفرق از اراضی کشاورزی آبی طی دوره مورد مطالعه با استفاده از تکنیک سنجش از دور، مشکلات فراوانی وجود دارد که مهم ترین آنها نبود تصاویر ماهواره‌ای مورد نظر در سال های مختلف از دوره مورد مطالعه می باشد. در مقاله حاضر این موضوع مهم مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در این راستا حوضه آبریز گنبرچای که یکی از زیر حوضه های حوضه دریاچه ارومیه محسوب می شود به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. در این مقاله برای اولین بار میزان تبخیر و تفرق واقعی در حوضه گنبرچای با لحاظ نمودن پارامترهای اقلیمی و انسانی (الگوی کشت و مدیریت منابع آبی) تخمین زده شد.

در بخش کشاورزی مقدار تبخیر-تفرق پتانسیل محصول طی دوره رشد آن، نیاز آبی آن محصول محسوب شده که بایستی از طریق بارندگی و آب آبیاری تأمین گردد. چنانچه تبخیر-تفرق واقعی صورت گرفته از محصول برابر با تبخیر-تفرق پتانسیل آن باشد، میزان تقاضای آبی محصول به طور صددرصد تأمین شده است. به نسبت تبخیر-تفرق واقعی محصول به تبخیر-تفرق پتانسیل آن طی دوره رشد، نسبت تأمین نیاز آبی محصول گفته می شود. در شرایط حاضر اندازه گیری تبخیر و تفرق واقعی محصولات در سطح وسیع عملاً امکان پذیر نیست. لذا رویکرد مدل سازی می تواند در این زمینه راهگشا باشد. مدل جامع اتمسفر-آب-خاک به نام SWAT (Soil and Water Assessment Tool) که توسط Arnold *et al.* (1998) توسعه داده شده است، از مهم ترین مدل ها می باشد. بررسی تحقیقات انجام شده نشان می-دهد، این مدل با دارا بودن قابلیت شبیه سازی همزمان اثرات متقابل متغیرهای هیدرولوژیکی (دما، بارندگی، رطوبت نسبی، ...) و مدیریت های منابع آبی (آبیاری، ...) و مدیریت های کشاورزی (الگوی کشت، کود، ...) در حوضه هایی با شرایط کاربری اراضی و نوع خاک متنوع، گزینه مناسبی برای محاسبه تبخیر و تفرق واقعی می باشد (Neitsch *et al.*, 2011).

تاکنون تحقیقات زیادی در مورد شبیه سازی متغیرهای هیدرولوژیکی به ویژه مقدار تبخیر و تفرق واقعی با مدل SWAT صورت گرفته است.

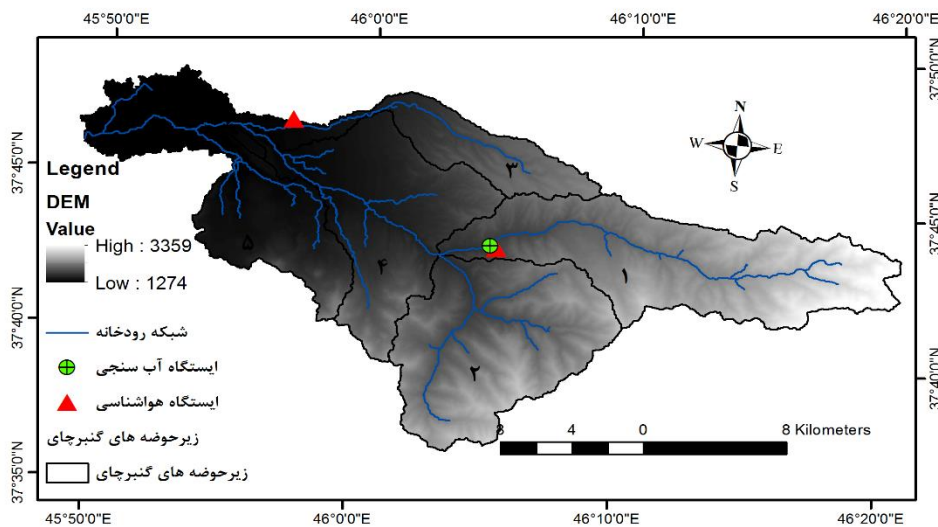
Immerzeel *et al.* (2008) از این مدل برای شبیه سازی عملکرد و تبخیر و تفرق واقعی از محصولات نیشکر، سورگوم و ارزن جهت ارزیابی بهره‌وری آب کشاورزی و همچنین برای مشخص کردن اجزای معادله‌ی بیلان آب در حوضه رودخانه آپریما استفاده کردند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

رودخانه اصلی گنبرچای ۳۳ کیلومتر است. شهرستان آذرشهر مهم‌ترین کانون شهری حوضه گنبرچای به شمار می‌آید. رودخانه گنبرچای که از رشته‌کوه‌های سه‌سهند سرچشمه می‌گیرد پس از گذر از روستاهای مختلف از جمله گمبرف و پس از ضمیمه نمودن زیرشاخه‌های متعدد به خود وارد دشت آذرشهر شده و پس از مشرب کردن آن به طرف دریاچه جریان می‌یابد. در شکل ۱ نمایی از زیرحوضه‌های حوضه آبریز گنبرچای و شبکه آبراهه‌های آن، ایستگاه‌های هواشناسی، آب‌سنجی و نقشه DEM حوضه نشان داده شده است.

در تحقیق حاضر، حوضه آبریز گنبرچای که یکی از زیرحوضه‌های دریاچه ارومیه می‌باشد، به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. این حوضه در شمال غرب ایران (استان آذربایجان شرقی) و شرق دریاچه، بین طول‌های جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴۹ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی واقع شده است. مساحت حوضه آبریز گنبرچای در حدود ۴۲۳ کیلومترمربع بوده و طول



شکل ۱- نمایی از زیرحوضه‌های حوضه آبریز گنبرچای، شبکه آبراهه‌های آن، ایستگاه‌های هواشناسی، آب‌سنجی و نقشه DEM حوضه

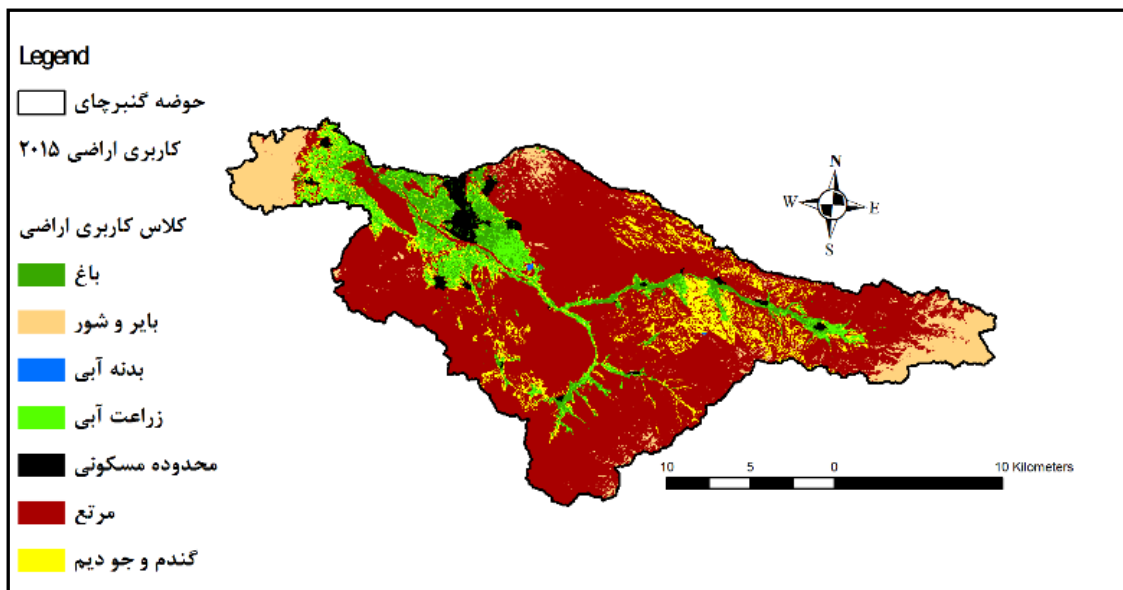
مورد استفاده در این تحقیق ارائه شده است.

جهت تشکیل واحدهای همگن هیدرولوژیکی در زیرحوضه-ها از نقشه‌های کاربری اراضی و خاکشناسی فائو استفاده گردید که در شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب نمایی از این نقشه‌ها نشان داده شده است. لازم بذکر است که سازمان خوار و بار جهانی (فائو) برای هر یک از پهنه‌های خاک (شکل ۳) خصوصیات از قبیل بافت خاک، هدایت هیدرولیکی، ظرفیت آب قابل دسترس، تعداد لایه‌ها و عمق هر یک از آنها را استخراج نموده است. در جدول ۱ مشخصات هر یک از پهنه‌های خاک واقع در محدوده حوضه آبریز گنبرچای ارائه شده است.

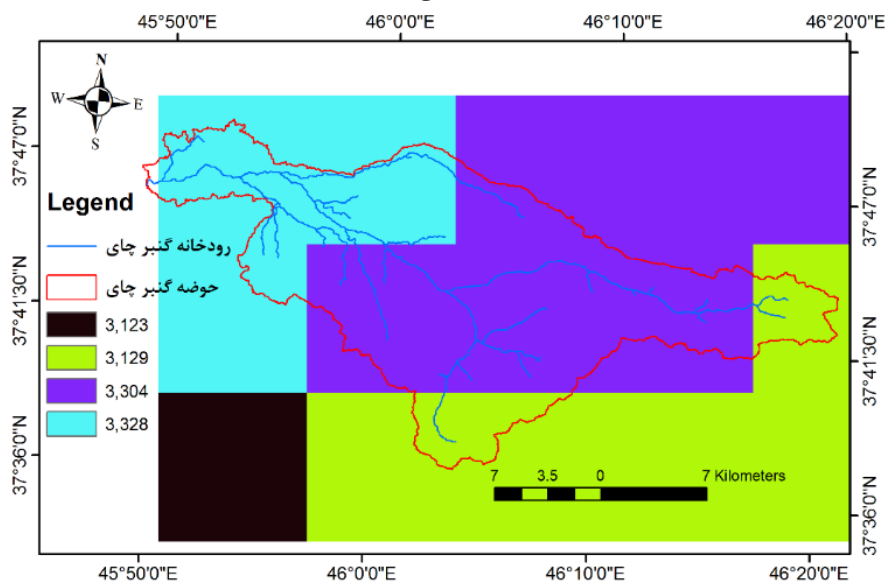
مطابق با شکل ۱ بیشترین ارتفاع حوضه آبریز گنبرچای ۳۳۵۹ متر و کمترین ارتفاع آن ۱۲۷۴ متر می‌باشد. جهت شبیه‌سازی متغیرهای هیدرولوژیکی در طی دوره مورد مطالعه از داده‌های هواشناسی سه ایستگاه تبریز، قرمزیکل و لوله‌سازی آذرشهر استفاده گردید. ایستگاه تبریز از نوع سینوپتیک بوده و دارای آمار سری زمانی متغیرهای بارندگی، دمای حداقل، دمای حداکثر، رطوبت نسبی، سرعت باد و تابش خورشیدی می‌باشد. ایستگاه‌های قرمزیکل و لوله‌سازی آذرشهر از نوع باران‌سنجی وزارت نیرو بوده که تنها دارای آمار سری زمانی بارندگی است. همچنین جهت واسنجی و صحت‌سنجی مدل SWAT از آمار دبی ماهانه ایستگاه آب‌سنجی قرمزیکل استفاده گردید. در شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی و آب‌سنجی

جدول ۱- برخی از مشخصات لایه سطحی پهنه‌های خاک FAO (شکل ۳) در حوضه آبریز گنبرچای

شماره خاک	نام خاک	تعداد لایه	ضخامت لایه خاک (mm)	نام بافت خاک	درصد رس	درصد سیلت	درصد گنجایش نگره‌داری آب در خاک
۳۱۲۳	I-Re-Yk-2-3123	۲	۱۰۰۰	LOAM	۲۶	۳۹	۰/۱۲۲
۳۱۲۹	I-Re-Yh-c-3129	۲	۱۰۰۰	LOAM	۲۰	۳۳	۰/۱۲۲
۳۳۰۴	Xk5-3ab-3304	۲	۱۰۰۰	CLAY-LOAM	۳۶	۲۲	۰/۱۷۵



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز گنبرچای



شکل ۳- پهنه‌های خاک حوضه آبریز گنبرچای

جدول ۲ تعداد چاه‌های مجاز و غیر مجاز، چشمه، قنات در حوضه گنبرچای آورده شده است.

در جدول ۳ تقویم زراعی و کود مصرفی عمده محصولات حوضه آبریز گنبرچای ارائه شده است.

در جدول ۴ بعنوان نمونه برای یک واحد هیدرولوژیکی یکسان (HRU^۱) مربوط به کشت گندم در زیرحوضه ۱، مدیریت-های کشاورزی و منابع آبی ارائه شده است.

لازم به ذکر است که اطلاعاتی از قبیل تقویم زراعی (تاریخ کشت و برداشت و...)، تقویم آبیاری، میزان کود مصرفی و الگوی کشت حوضه از سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی اخذ گردید. همچنین آمار و اطلاعات مربوط به میزان آب مصرفی در بخش کشاورزی به تفکیک منابع آب سطحی (انهار و سدها) و زیرزمینی (چاه‌های مجاز و غیرمجاز) برای هر یک از زیرحوضه‌ها از شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی دریافت شد. در

جدول ۲- تعداد چاه‌های مجاز و غیر مجاز، چشمه، قنات در حوضه گنبرچای

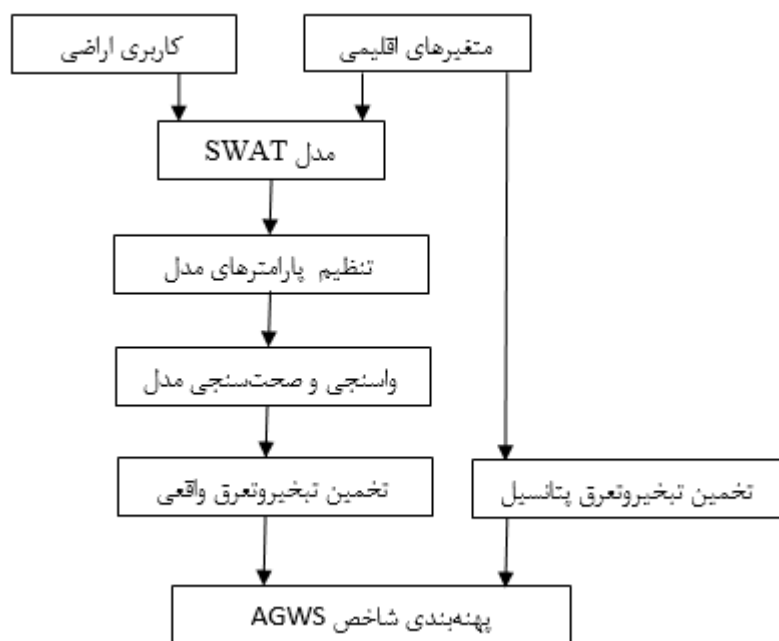
نام حوضه	چاه مجاز	چاه غیر مجاز	چشمه	قنات
گنبرچای	۲۰۹	۷۳۰	۱۱	۱۸۸

جدول ۳- الگوی کشت حوضه گنبرچای به همراه اطلاعات زراعی محصولات عمده کشت شده در آن

نوع محصول	تاریخ کشت	تاریخ برداشت	میزان کود مصرفی سالانه (kg/ha)	
			ازته	فسفات
گندم	۱۵ مهر	۱۰ تیر	۱۲۰	-
جو	۱۵ مهر	۱۰ تیر	۱۲۰	-
سیبزمینی	۱۵ اردیبهشت	۱۵ مهر	۲۲۵	۱۵۰
گوچه	۱۰ خرداد	۱۰ مهر	۲۰۰	۱۰۰
چغندرقد	۱۰ فروردین	۳۰ مهر	۳۰۰	۲۰۰
یونجه	۱۰ فروردین	۱۰ مهر	۲۲۰	۲۷۰
سیب	۱ اردیبهشت	۳۰ مهر	۳۵۰	۱۵۰

جدول ۴- نمونه ای از مدیریت های کشاورزی و منابع آبی مربوط به HRU گندم آبی در زیرحوضه ۱

مدیریت های آبی			مدیریت های کشاورزی			
دور آبیاری	عمق آبیاری	منبع آبیاری	تاریخ برداشت	میزان کوددهی (kg/ha)	تاریخ کشت	نوع محصول
۱۵ روز	۳۵۰	رودخانه	۱۰ تیر	۱۲۰	۱۵ مهر	گندم



شکل ۴- نمایی از چارچوب کلی تحقیق حاضر

(Luo et al., 2008) and Griensven, 2008)، مقیاس های بزرگ (Schoel et al., 2008) حتی قاره ای (Schoel et al., 2008) جهت شبیه سازی متغیرهای هیدرولوژیکی استفاده کرد. یکی از مزیت های اصلی مدل SWAT این است که بعد از معرفی داده های هواشناسی، این مدل لایه های توپوگرافی، کاربری اراضی و خاک را باهم ترکیب کرده و واحدهای هیدرولوژیکی یکسان (HRU¹) را به وجود می آورد، به طوری که در هر کدام از این واحدها، شیب، کاربری اراضی و نوع خاک یکسان

در شکل ۴ چارچوب کلی تحقیق حاضر ارائه شده است.

مدل SWAT

SWAT یک مدل هیدرولوژیکی، پیوسته زمانی، نیمه توزیعی و بر پایه فیزیکی است که توسط USDA-ARS توسعه یافته و پشتیبانی می شود، که ابزاری جامع، بسیار انعطاف پذیر و قوی برای شبیه سازی مسائل مختلف مربوط به حوضه آبریز است. از این مدل می توان در مقیاس های کوچک (Kang et al., 2006; Green

تبخیر واقعی از خاک (و یا تصعید از برف) و تعرق واقعی گیاه به دست می‌آید (Neitsch *et al.*, 2011). بعبارت دیگر در مدل SWAT براساس موجودیت آب در خاک و مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل، میزان تبخیر و تعرق واقعی محاسبه می‌گردد. بطوری که ابتدا بر اساس اطلاعات داده‌های هواشناسی مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شده و سپس با توجه به میزان بارندگی، مقدار آبیاری، مرحله رشد گیاه مقدار شاخص LAI و خصوصیات خاک مقدار تبخیر و تعرق واقعی تخمین زده می‌شود. در حالت کلی شاخص LAI پتانسیل تابعی از مقدار گرمای رسیده به محصول طی دوره رشد آن می‌باشد؛ بنابراین برای شبیه‌سازی این شاخص برای یک محصول، ابتدا بر اساس تقویم زراعی و دمای پایه (حداقل دمای لازم برای رشد محصول) مقدار گرمای لازم برای رشد^۲ (PHU) محصول محاسبه می‌گردد. در ادامه با داشتن دو مقدار معلوم از این دو متغیر (مانند حداکثر شاخص سطح برگ محصول طی دوره رشد و مقدار PHU مربوط و مقدار شاخص LAI مربوط به ۹۵ درصد PHU دریافتی) مقدار آن برای دوره رشد محصول به صورت روزانه شبیه‌سازی می‌گردد. در شکل ۵ به‌طور خلاصه مراحل شبیه‌سازی تبخیر-تعرق واقعی از کاربری-های مختلف اراضی نشان داده شده است.

نسبت تأمین تقاضای آب در بخش کشاورزی

نسبت تأمین تقاضای آب در بخش کشاورزی در یک زیر حوضه به صورت مجموع حجم تبخیر-تعرق واقعی از محصولات کشاورزی به مجموع حجم تبخیر-تعرق پتانسیل محصولات طی دوره رشد آن‌ها در آن زیر حوضه تعریف می‌گردد (رابطه ۲).

$$AGWS_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} ET_{acij} \times A_{ij}}{\sum_{i=1}^{n_j} ET_{pcij} \times A_{ij}} \quad (\text{رابطه } 2)$$

در این رابطه $AGWS_j$ نسبت تأمین تقاضای آب کشاورزی در زیر حوضه j ، n_j تعداد محصولات کشاورزی در زیر حوضه j ، ET_{acij} مقدار تبخیر-تعرق واقعی محصول i ام در زیر حوضه j ، ET_{pcij} مقدار تبخیر-تعرق پتانسیل محصول i ام در زیر حوضه j ، A_{ij} سطح زیر کشت محصول i ام در زیر حوضه j ام و i شماره نوع محصول در زیر حوضه‌های منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

مقدار نیاز آبی در بخش کشاورزی (مخرج رابطه ۲) در یک زیر حوضه برابر است با مجموع حجم تبخیر-تعرق پتانسیل محصولات موجود در الگوی کشت آن زیر حوضه در طی دوره رشد آن‌ها. لذا این مقدار تابعی از اقلیم (دما، رطوبت نسبی و سرعت باد) و الگوی کشت زیر حوضه است. درحالی که تبخیر-

بوده ولی با دیگر واحدها متفاوت می‌باشد. این موضوع باعث می‌شود که تأثیر تغییرات مکانی شیب، کاربری اراضی و خاک بر روی میزان دبی خروجی از حوضه توسط مدل مورد ارزیابی قرار گرفته و مقادیر شبیه‌سازی شده رواناب به مقادیر واقعی آن نزدیک‌تر باشد (Arnold and Fohrer, 2005).

رابطه بین اجزای بیلان هیدرولوژیکی در یک حوضه در مدل SWAT با استفاده از رابطه (۱) مشخص می‌گردد (Neitsch *et al.*, 2011) (رابطه ۱)

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw})_i$$

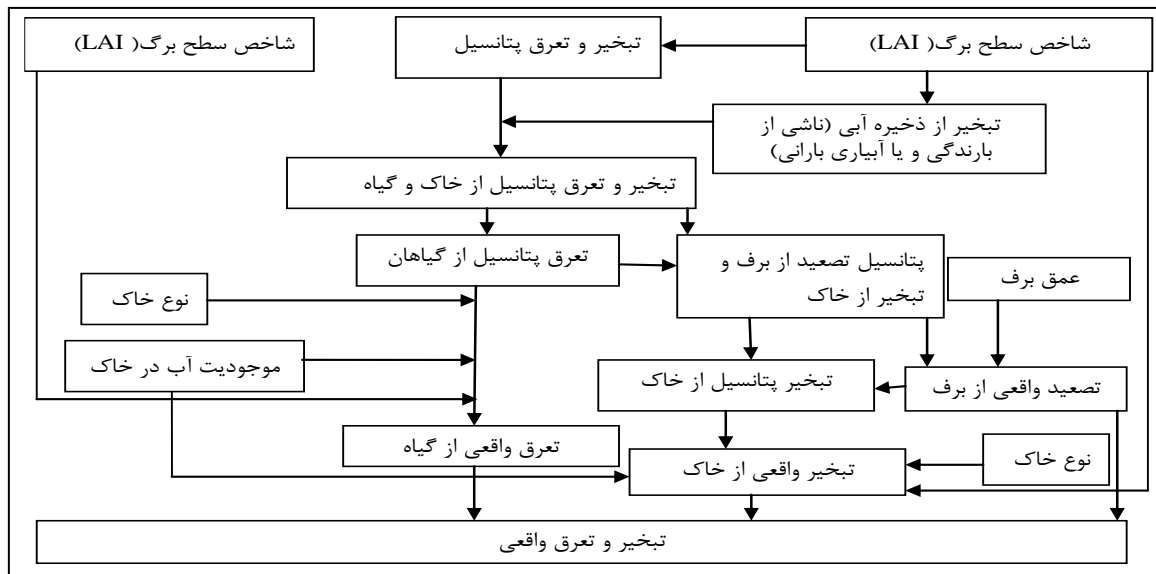
در این معادله، SW_t مقدار نهایی آب در خاک (mm) در روز t ، SW_0 مقدار اولیه آب در خاک (mm)، t زمان بر حسب روز و R_{day} میزان بارندگی در روز i (mm)، Q_{surf} مقدار رواناب سطحی در روز i (mm)، E_a مقدار تبخیر-تعرق واقعی در روز i (mm)، W_{seep} مقدار آبی که در روز i از منطقه ریشه خارج می‌گردد (mm) و Q_{gw} مقدار جریان برگشتی در روز i (mm) می‌باشند.

شبیه‌سازی تبخیر و تعرق واقعی (ET_{ac})

در مدل SWAT در ابتدا مقدار تبخیر-تعرق پتانسیل (ET_{pc}) به یکی از سه روش پنمن-مانتیث، هارگریوز و پریستلی-تیلور محاسبه شده و سپس مقدار تبخیر و تعرق واقعی بر اساس شاخص سطح برگ (LAI^1) گیاه، موجودیت آب در خاک و نوع خاک و خصوصیات آن برای تمام واحدهای هیدرولوژیکی یکسان (HRU) حوضه برآورد می‌گردد (Arnold *et al.*, 2000). در پژوهش حاضر از روش پنمن-مانتیث برای محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل محصولات استفاده گردید. روابط به کار گرفته شده برای محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل در منابع مختلف ارائه شده است و در اینجا از آوردن آن‌ها خودداری می‌گردد (Neitsch *et al.*, 2011; Alizadeh, 2007). ذکر این نکته ضروری است که جهت شبیه‌سازی تبخیر-تعرق واقعی در واحدهای HRU مربوط به اراضی کشاورزی آبی و دیم، لازم است ابتدا مراحل مختلف رشد هر یک از محصولات مورد کشت به‌خوبی به مدل معرفی شوند، به‌طوری که تغییرات زمانی شاخص سطح برگ LAI شبیه‌سازی شده با واقعیت همخوانی کافی داشته باشد. سپس با توجه به عوامل شاخص LAI، عمق توسعه گیاه، موجودیت آب در خاک و نوع خاک و خصوصیات آن از مجموع مقادیر تبخیر واقعی از خاک (و یا تصعید از برف) و تعرق واقعی از گیاه به صورت روزانه شبیه‌سازی می‌شود. در نهایت، مقدار کل تبخیر-تعرق واقعی از مجموع مقادیر

دوره مورد مطالعه که برای آن نقشه کاربری اراضی در دسترس است) استخراج گردید (شکل ۲). برای تعیین نوع بافت خاک غالب در زیر حوضه‌ها نیز از نقشه خاک FAO استفاده گردید. بر اساس آمار و اطلاعات اخذ شده از سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی محصولات غالب حوضه گنبرچای عبارتند از: گندم، جو، یونجه، باغات، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، پیاز و ذرت.

تعرق واقعی علاوه بر عوامل مذکور، تابعی از عوامل اقلیمی و محیطی (مقدار بارندگی، نوع خاک و توپوگرافی) و مدیریت‌های منابع آبی و کشاورزی (میزان آبیاری، راندمان آبیاری، عملیات خاک‌ورزی و...) در زیر حوضه می‌باشد. در تحقیق حاضر، الگوی کشت در هر یک از زیر حوضه‌ها از نقشه کاربری اراضی حوضه برای سال ۱۳۹۴ (آخرین سال از

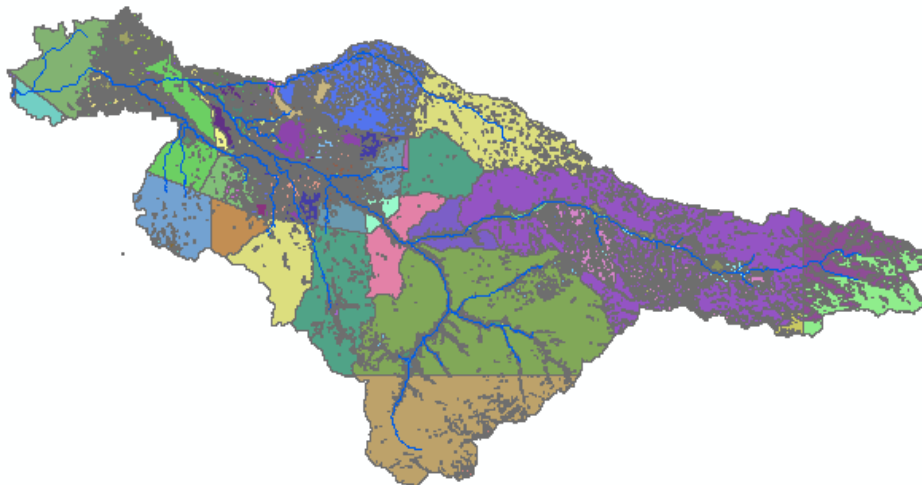


شکل ۵- ساختار و ترتیب مراحل محاسبه تبخیر و تعرق واقعی در مدل SWAT

تشکیل گردید. در شکل ۱ ساختار زیر حوضه‌ها و در شکل ۶ نمایی از واحدهای همگن هیدرولوژیکی تشکیل شده (HRU ها) نشان داده شده است. از تعداد کل HRU های ذکر شده ۱۷۱ HRU مربوط به اراضی کشاورزی آبی می‌باشد.

نتایج و بحث

تنظیم مدل SWAT و صحت‌سنجی آن برای حوضه گنبرچای با توجه به لایه‌های DEM و کاربری اراضی و خاکشناسی حوضه، تعداد ۷ زیر حوضه و ۲۶۲ HRU برای حوضه آبریز گنبرچای



شکل ۶- نمایی از HRU های تشکیل شده بر اساس نقشه‌های کاربری اراضی، خاک و توپوگرافی در حوضه آبریز گنبرچای

گردید (شکل ۱). این ایستگاه آب‌سنجی با کد ایستگاهی ۰۳۷-۳۱ بر روی رودخانه گنبرچای قرار دارد. ایستگاه مذکور از سال ۱۳۶۵ دارای آمار جریان رودخانه می‌باشد. دوره ۱۳۸۴-۱۳۶۵ برای واسنجی مدل و دوره ۱۳۹۳-۱۳۸۵ برای صحت‌سنجی مدل انتخاب گردید. در شکل ۷ رواناب ماهانه شبیه‌سازی شده و مشاهداتی در ایستگاه آب‌سنجی قرمزگل برای دوره صحت سنجی ارائه شده است.

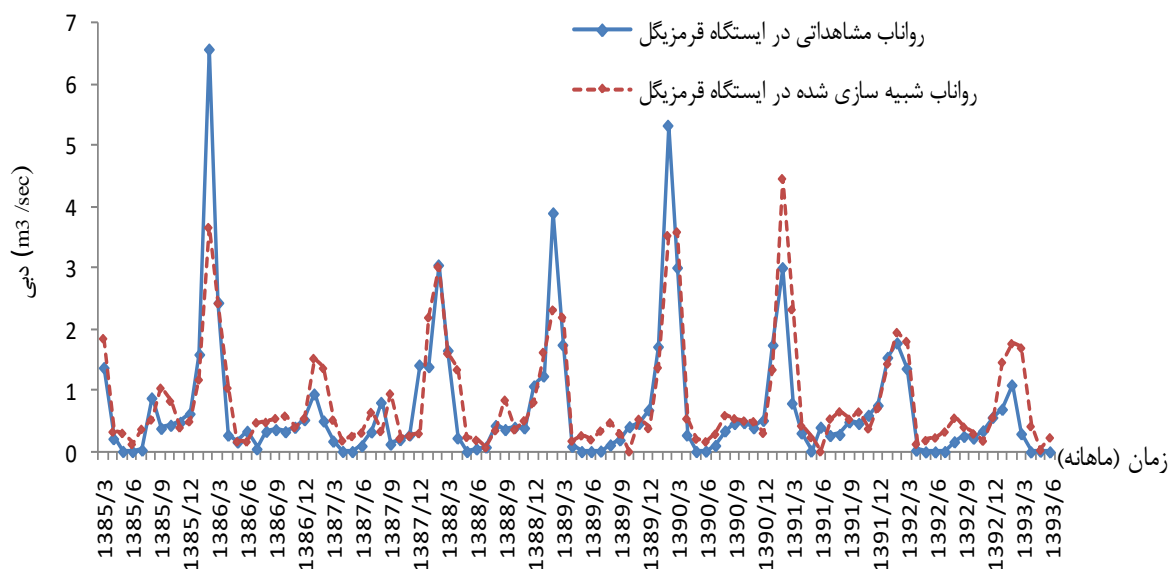
جدول ۵- نتایج تحلیل حساسیت مدل و مقادیر t-stat و p-value مربوط به هرکدام از پارامترها

رتبه	نام پارامتر	t-stat	p-value	محدوده نهایی پارامترها
۱	CN2	۵/۰۴	۰/۰۰۴	۶۰-۷۲
۲	SOL-K(1)	۲/۰۸۱	۰/۰۹۱۸	۷/۲۲-۱۵/۶
۳	GW-DELAY	۲/۹۳	۰/۰۳	۲۰-۳۵
۴	GWQMN	۲/۴	۰/۰۶	۱۰۰۰-۲۴۰۰
۵	SOL-AWC(1)	۲/۳۴	۰/۰۶۶	۰/۱۹-۰/۲۴
۶	SMFMN	۲/۰۸۳	۰/۰۹۱۶	۴/۵
۷	SOL-BD(1)	۱/۹۵	۰/۱۰۸	۱/۲-۱/۶
۸	ESCO	۱/۲۷	۰/۲۵۷	۰/۹۵
۹	CH-N2	۱/۲۵۹	۰/۲۶۳	۰/۰۱۳-۰/۰۱۶
۱۰	GW-REVAP	۱/۱۸۷	۰/۲۸۸	۰/۰۲
۱۱	CH-K2	۱/۱۷۹	۰/۲۹۱	۲-۵

در تحقیق حاضر جهت واسنجی مدل SWAT از نرم‌افزار SWAT-CUP^۱ و الگوریتم SUFI-2 (Abbaspour, 2008) استفاده گردید. قبل از واسنجی و اعتبارسنجی مدل، ابتدا با انجام تحلیل حساسیت (با استفاده از نرم‌افزار SWAT CUP) پارامترهایی که تأثیر بیشتری روی دبی خروجی از حوضه داشتند، مشخص شدند. نتایج این تحلیل در جدول ۵ نشان داده شده است. در این جدول درجه تأثیر هرکدام از پارامترهای دخیل در شبیه‌سازی دبی خروجی از زیر حوضه‌ها با رتبه و همچنین مقدار p-value و t-stat آن‌ها مشخص شده است.

جدول ۵ نشان می‌دهد که پارامتر شماره منحنی (CN2) بیشترین تأثیر را روی دبی خروجی از حوضه داشته و بیشترین t-stat و همچنین کمترین p-value مربوط به این پارامتر می‌باشد. پس از CN2، GW-DELAY در رتبه دوم قرار گرفته است که با نتایج (Jabbari et al., 2012) مطابقت دارد. این دو به ترتیب پارامترهایی اثرگذار بر رواناب سطحی و میزان مشارکت آب زیرزمینی در کل جریان خروجی از حوضه می‌باشند.

همان‌طور که در بالا نیز به آن اشاره شد از آمار ایستگاه آب‌سنجی قرمزگل جهت واسنجی و صحت‌سنجی مدل استفاده



شکل ۷- رواناب مشاهداتی و پیش‌بینی شده ماهانه (شبیه‌سازی شده) ایستگاه قرمزگل در مرحله صحت‌سنجی

۰/۴۵ در دوره واسنجی و مقادیر ۰/۷۶، ۰/۵۸، ۰/۹۱ و ۰/۵۳ در دوره صحت‌سنجی را نشان داد که با نتایج (Panhalkar 2014) مطابقت دارد.

مقایسه رواناب ماهانه مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در ایستگاه قرمزگل مقدار ۴ شاخص P-factor، R-factor، ضریب تعیین (R^2) و نش-ساتکلیف (NS) به ترتیب ۰/۷، ۰/۶۵، ۰/۸۴ و

زیر حوضه	سطح زیر کشت آبی (هکتار)	مجموع حجم تبخیر-تعرق پتانسیل در سطح زیر کشت آبی (MCM)
۱	۷۰۰	۲/۱۶
۲	۳۱۹	۱/۱۱
۳	۴۲۵	۲
۴	۱۸۴۰	۷/۶
۵	۷۱۸	۳/۰۱
۶	۸۵	۰/۳۹
۷	۶۵۸/۲	۲/۸۳
مجموع	۴۷۴۵/۲ (هکتار)	۱۹/۱ MCM

بر اساس جدول ۷ مقدار تبخیر-تعرق واقعی از کل اراضی کشاورزی آبی حوضه گنبرچای در طول فصل رشد محصولات در سال ۱۳۹۴ به میزان ۱۹/۱ MCM است. همان‌طور که در جدول ۷ ارائه شده است، بیشترین حجم تبخیر-تعرق واقعی از اراضی کشاورزی آبی مربوط به زیر حوضه ۴ با سطح زیر کشت آبی ۱۸۴۰ هکتار است.

پهنه‌بندی نسبت تأمین تقاضای آب کشاورزی در حوضه گنبرچای

پس از محاسبه میزان تبخیر-تعرق پتانسیل و واقعی از اراضی کشاورزی آبی حوضه گنبرچای در هر یک از زیر حوضه‌های آن، شاخص نسبت تأمین تقاضای آب در بخش کشاورزی، از تقسیم میزان تبخیر-تعرق واقعی به تبخیر-تعرق پتانسیل برای هر یک از زیر حوضه‌ها، تعیین گردید. در شکل ۸ پهنه‌بندی شاخص نسبت تأمین تقاضای آب در بخش کشاورزی برای حوضه آبریز گنبرچای در سال ۱۳۹۴ ارائه شده است.

مطابق با شکل ۸، مقدار شاخص نسبت تأمین آب کشاورزی (AGWS) در حوضه گنبرچای در سال ۱۳۹۴ بین ۰/۶۳ و ۰/۷۹ متغیر است. بر اساس نتایج حاصل در سال ۱۳۹۴ در زیر حوضه‌های شرقی حوضه گنبرچای، زیر حوضه‌های ۱ و ۲، نیاز آبی در بخش کشاورزی به ترتیب ۶۳ و ۶۹ درصد تأمین شده است. در حالی که در زیر حوضه‌های شمالی و غربی حوضه گنبرچای مقادیر شاخص AGWS نسبتاً بالا بوده و درصد تأمین نیاز آبی در بخش کشاورزی بین ۰/۷۶ و ۰/۷۹ قرار دارد. علت بیشتر بودن شاخص AGWS در زیر حوضه‌های شمالی و غربی نسبت به زیر حوضه‌های ۱ و ۲ استفاده بیشتر این زیر حوضه‌ها از آب‌های زیرزمینی به‌عنوان یک منبع آب مطمئن می‌باشد که این روند نزولی سطح ایستابی و تخریب آبخوان در دشت آذرشهر را به دنبال داشته است. نتایج این تحقیق با نتایج حاصل از مطالعه دنبال داشته است. (Dastoorani et al., 2012) مطابقت دارد. این محققین در مطالعه خود با استفاده از مدل سبال به برآورد تبخیر و تعرق واقعی در باغات پسته منطقه اردکان یزد پرداختند و به این نتیجه رسیدند

شبیه‌سازی تبخیر-تعرق پتانسیل زیر حوضه‌های گنبرچای
قبل از محاسبه تبخیر-تعرق واقعی صورت گرفته از اراضی کشاورزی در زیر حوضه‌ها، مقدار حجم تبخیر-تعرق پتانسیل برای هر یک از محصولات در هر یک از زیر حوضه‌ها بر اساس الگوی کشت و نقشه کاربری اراضی آن‌ها محاسبه گردید. در جدول ۶ نتایج محاسبات ارائه شده است. مطابق با این جدول کل سطح زیر کشت آبی حوضه گنبرچای در سال ۱۳۹۴، ۴۷۴۵ هکتار بوده و حجم تبخیر-تعرق پتانسیل در طول دوره رشد در سال ۱۳۹۴ در کل اراضی تحت کشت آبی حوضه به میزان ۲۵/۴۱ MCM می‌باشد. لازم به ذکر است که در تحقیق حاضر، تغییرات ارتفاعی دما در مدل اعمال شده و تأثیر آن بر میزان تبخیر-تعرق پتانسیل محصولات لحاظ شده است. بر اساس یافته‌های این تحقیق به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، دما به میزان ۷ درجه سلسیوس کاهش می‌یابد. مطابق با جدول ۶ زیر حوضه ۴ با سطح زیر کشت آبی برابر با ۱۸۴۰ هکتار و نیاز آبی ۹/۸ MCM بیشترین حجم تقاضای آب کشاورزی را در سال ۱۳۹۴ به خود اختصاص داده است.

جدول ۶- مجموع نیاز آبی در بخش کشاورزی در زیر حوضه‌های حوضه گنبرچای در سال ۱۳۹۴

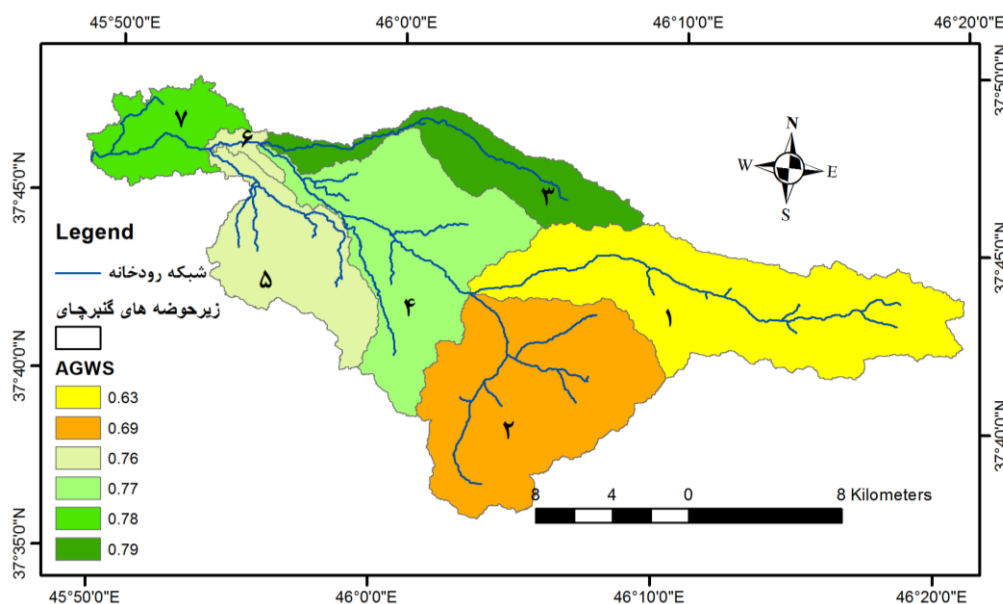
زیر حوضه	سطح زیر کشت آبی (هکتار)	مجموع حجم تبخیر-تعرق پتانسیل در سطح زیر کشت آبی (MCM)
۱	۷۰۰	۳/۴۳
۲	۳۱۹	۱/۶
۳	۴۲۵	۲/۵۲
۴	۱۸۴۰	۹/۸
۵	۷۱۸	۳/۹۵
۶	۸۵	۰/۵۱
۷	۶۵۸/۲	۳/۶
مجموع کل	۴۷۴۵/۲ (هکتار)	۲۵/۴۱ MCM

شبیه‌سازی تبخیر-تعرق واقعی در زیر حوضه‌های گنبرچای
پس از پیاده‌سازی الگوی کشت موجود در هر یک از زیر حوضه‌ها و اعمال مدیریت‌های منابع آبی و کشاورزی در مدل برای هر یک از محصولات، بر اساس مواد و روش‌های ذکر شده در بخش قبلی میزان حجم تبخیر-تعرق واقعی برای هر یک از زیر حوضه‌ها برای سال ۱۳۹۴ شبیه‌سازی گردید. در جدول ۷ مقادیر تبخیر-تعرق واقعی از اراضی کشاورزی آبی در هر یک از زیر حوضه‌ها در طی دوره رشد ارائه شده است.

جدول ۷- مجموع تبخیر-تعرق واقعی از اراضی کشاورزی آبی در زیر حوضه‌های حوضه گنبرچای طی دوره رشد محصولات در سال ۱۳۹۴

آبیاری می‌باشد.

که میزان تبخیر و تعرق واقعی در مقایسه با تبخیر و تعرق پتانسیل بر مراتب کمتر بوده که بخشی از آن ناشی از مصرف نادرست آب



شکل ۸- پهنه‌بندی شاخص نسبت تامین تقاضای آب در بخش کشاورزی برای حوزه آبریز گنبرچای در سال ۱۳۹۴

نتیجه‌گیری

سال ۱۳۹۴ بین ۰/۶۳ و ۰/۷۹ متغیر است. به طوری که مقدار این شاخص در زیر حوضه‌های شمالی و غربی حوضه از زیر حوضه‌های شرقی آن بیشتر است. براساس نتایج تحقیق حاضر در حوضه گنبرچای منابع آب سطحی و زیرزمینی موجود با توجه به مدیریت‌های کشاورزی و منابع آبی کنونی (راندمان مصرف آب پایین) کفایت الگوی کشت حوضه را نکرده و این موضوع در مناطق شرقی حوضه نسبت به مناطق شمالی و غربی آن شدت بیشتری دارد.

پیشنهاد می‌گردد که در تحقیقات بعدی نقش تاثیر سناریوهای مدیریتی از قبیل تغییر الگوی کشت و کم آبیاری بر شاخص مورد نظر تحقیق حاضر تحت شرایط تغییر اقلیم مورد بررسی قرار گیرد.

"هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد"

تحقیق حاضر باهدف تعیین نسبت تامین تقاضای آبی در بخش کشاورزی در حوزه آبریز گنبرچای انجام گرفت. برای این منظور پس از تنظیم مدل SWAT برای حوضه گنبرچای و واسنجی و صحت‌سنجی آن مقادیر رواناب، تبخیر-تعرق پتانسیل و تبخیر-تعرق واقعی شبیه‌سازی و پهنه‌بندی گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که کل سطح زیر کشت آبی حوضه گنبرچای در سال ۱۳۹۴، ۴۷۴۵ هکتار بوده و حجم تبخیر-تعرق پتانسیل در طول دوره رشد در سال ۱۳۹۴ در کل اراضی تحت کشت آبی حوضه به میزان ۲۵/۴۱ MCM می‌باشد. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان داد که مقدار تبخیر-تعرق واقعی در کل اراضی کشاورزی آبی حوضه گنبرچای در طول فصل رشد محصولات در سال ۱۳۹۴ به میزان ۱۹/۱ MCM است. بر اساس نتایج تحقیق حاضر، مقدار شاخص نسبت تامین آب کشاورزی (AGWS) در حوضه گنبرچای در

REFERENCES

- Abbaspour K.C. (2008). SWAT-CUP2: SWAT Calibration and Uncertainty Programs -A User Manual. Department of Systems Analysis, Integrated Assessment and Modelling (SIAM), Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Duebendorf, Switzerland, 95 pp.
- Alizadeh, A. and Kamali, Q. (2007). Water needs of plants in Iran, *Imam Reza University Press*. (In Farsi)
- Arnold, J.G. and Fohrer, N. (2005). SWAT 2000: Current capabilities and research opportunities in applied watershed modeling. *Hydrol. Process.*, 19(3): 563-572.
- Arnold, J.G., Muttiah, R.S., Srinivasan, R. and Allen, P.M. (2000). Regional estimation of base flow and groundwater recharge in the Upper Mississippi River basin. *J. Hydrol.*, 227: 1-4. 21-40.
- Arnold, J.G., Srinivasan, P., Muttiah, R.S. and Williams, J.R. (1998). Large area hydrologic modeling and assessment. Part I. Model development. *Journal of the American Water Resources Association*, 34: 73-89

- Dastoorani, M., Poormohammadi, S. and Rahimian, M.H. (2012). Estimation of Actual Evapotranspiration in Ardakan Pistachio Orchards Using Remote Sensing. *Journal of Water Research in Agriculture*, 26(1): 1-13. (In Farsi)
- Green, C.H. and Griensven, A.V. (2008). Autocalibration in hydrologic modeling: using SWAT 2005 in small-scale watersheds. *Environmental Modeling and Software*, 23: 422–434.
- Husain, M.Kh., Hayder, G., Sidek, L.M., Ahmed, A.N. and Kushiari, Kh.F. (2019). Potential Evapotranspiration Estimation Methods for Water Balance Analysis Using SWAT: A Case Study of Kelantan River Basin, Kelantan. *International Conference on Dam Safety Management and Engineering*, ICDSME 2019: ICDSME 2019 pp 90-102.
- Jeimar P.P., Marcela Q. and Natalia E. (2011). Application of crop growth modeling for the economic valuation of water in agriculture. *The 3rd international forum on water and food Tshwane*, South Africa.
- Kang, M.S., Park, S.W., Lee, J.J. and Yoo, K.H. (2006). Applying SWAT for TMDL programs to a small watershed containing rice paddy fields. *Agricultural Water Management*, 79: 72–92.
- Kaushal K., Luna B., Anju G., Biju G., Sreedhar A., Kiran J. and Narasimhan B. (2011). Spatial mapping of agricultural water productivity using SWAT model in Upper Bhima Catchment, India. *Irrigation and Drainage*, DOI: 10.1002/ird.618.
- Lakshmanan, A., Geethalakshmi, V., Srinivasan, R., Nagothu, U.S. and Annamalai, H. (2011). Climate change adaptation strategies in Bhavani basin using SWAT model. *Applied Eng. in Agric.*, 27(6): 887-893.
- Lirong, S. and Jianyun, Z. (2012). Hydrological Response to Climate Change in Beijiang River Basin Based on the SWAT Model. *Procedia Engineering*, 28: 241 – 245.
- Luo, Y., He, C., Sophocleous, M., Yin, Z., Hongrui, R. and Ouyang, Z. (2008). Assessment of crop growth and soil water modules in SWAT 2000 using extensive field experiment data in an irrigation district of the Yellow River Basin. *Journal of Hydrology*, 352: 139–156.
- Immerzeel, W., Gaur, A. and Zwart, S. (2008). Integrating remote sensing and a process-based hydrological model to evaluate water use and productivity in a south Indian catchment. *Agricultural water management*, 95: 11-24.
- Jabbari, A., Hoseini, M. and Khosrojerdi, A. (2012). Evaluation of sensitivity of flow parameters in Sanjabi basin using SWAT model. *Third national conference on comprehensive water resources management*. University of agricultural sciences and natural resources of Sari. (In Farsi)
- Moghaddasi, M., Morid, S. and Delavar, M. (2015) Urmia agricultural water consumption management approach in Urmia Lake restoration. *Iran-Water Resources Research*, 11:1-12. (In Farsi)
- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R. and Williams, J.R. (2011). Soil and water assessment tool theoretical document (version 2009), *Texas water resource institute technical report*.
- Panhalkar, S.S. (2014). Hydrological modeling using SWAT model and geoinformatic techniques, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 17(2): 197-207.
- Schuol, J., Abbaspour, K.C., Srinivasan, R. and Yang, H. (2008). Estimation of freshwater availability in the West African sub-continent using the SWAT hydrologic model. *Journal of Hydrology*, 352: 30–49.
- Tajrishi, (2017). Interview with Iran Newspaper. www.iran-ewspaper.com/Newspaper/BlockPrint/144763, Plan for reviving Iranian wetlands, (2012). Urmia Lake Drought Risk Management Program, <https://www.doe.ir/portal/theme/talab/D ata/021-DRM.html>. (In Farsi)