آشکارسازی نوسانات رواناب با شدت خشکسالی در صورت افزایش راندمان و کاهش سطح زیر کشت و طرح تغذیه مصنوعی

آرمین بنی بیات[1]، حسین قربانی زاده خرازی[2]*، حسین اسلامی [3]، صائب خوش نواز[4]، بهروز دهان زاده[5]

۱- دانشجوی دکترای مهندسی مدیریت منابع آب، گروه عمران ، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر ، ایران.

۲- استادیار گروه مهندسی عمران آب، واحد شوشتر دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

h.ghorbanizadeh@iau_shoushtar.ac.ir

۳- استادیار گروه مهندسی عمران آب، واحد شوشتر دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

۴- استادیار گروه کشاورزی، واحد شوشتر دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

۵- استادیار گروه مهندسی عمران آب، واحد شوشتر دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران .

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۳۰

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی منابع آب های زیرزمینی دشت خانمیرزا در شرایط خشکسالی بر نوسانات رودهای منتهی به حوضه خانمیرزا با استفاده از نرم افزار WEAP می باشد. به منظور تحقق این هدف ابتدا سال ۲۰۰۷ (۱۳۸۶-۸۷) به عنوان سال پایه انتخاب گردید سپس سناریوهایی در بازه زمانی ۳۰ ساله (۲۰۰۷-۲۰۳۷) توسط مدل WEAP مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج سناریوی اول نشان داد که برای تعادل بخشی به بیلان آبخوان دشت خانمیرزا صرفا با اجرای طرح کاهش سطح زیر کشت حداقل ۵۰ درصد الزامی می باشد. سناریوی دوم نشان می¬دهد با اجرای طرح آبیاری تحت فشار و افزایش راندمان آبیاری در تمام دشت نه تنها دشت به حالت تعادل پایدار نمی¬رسد بلکه نیاز آبی اراضی کشاورزی بطور کامل قابل تأمین نخواهد بود. همچنین سناریوی سوم نشانگر عدم کافی بودن اجرای طرح تغذیه مصنوعی در دشت خانمیرزا برای رسیدن به تعادل رسیدن بیلان آب زیرزمینی دشت می باشد.

کلمات کلیدی: خشکسالی، حوضه خانمیرزا، طرح تغذیه مصنوعی، آبیاری تحت فشار

مقدمه

خشکسالی به عنوان یک خطر طبیعی از پدیده های اجتناب ناپذیر است که از دیرباز در پهنه وسیع کشورهای مختلف بخصوص کشورهای مستقر در مناطق گرم و خشک به کرات وقوع یافته و می یابد. بحران خشکسالی، یکی از ناهنجاری های اقیمی است که اثرات نامطلوبی بر روی گیاهان، جانوران و محیط های اکولوژیک و نهایتاً انسان دارد. این حادثه با دیگر حوادث طبیعی از قبیل سیل، زلزله، طوفان و غیره بنا به عللی تفاوت دارد. نخست اینکه این پدیده به کندی شروع می شود و تاثیر آن بتدریج و در یک دوره زمانی نسبتا طولانی در بخشهای مختلف مانند منابع آب، کشاورزی، اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی و غیره ظاهر

می شود. از سوی دیگر تعیین دقیق زمان شروع و خاتمه این پدیده تا حدودی مشکل است که با توجه به این ویژگی ، اغلب خشکسالی را پدیده ای خزنده توصیف می کنند.

در این زمینه تحقیقاتی نیز انجام شده است. پاندی و همکاران به تحلیل شدت خشکسالی(ارزیابی جریان در دسترس، تداوم خشکسالی، حجم کمبود و ...) در پنج منطقه در حوضه رودخانه‌ای در هند با استفاده از داده‌های جریان سطحی ۱۰ روزه پرداختند (۹). نالبانتیس و تساکیریس(۲۰۰۹) شاخص جدیدی مشابه با SPI، با عنوان شاخص خشکسالی جریان سطحی[۱](SDI)، جهت مشخص کردن شدت خشکسالی هیدرولوژیکی پیشنهاد کردند. محققین، روش پیشنهادی را با استفاده از داده‌های معتبر حوضه ای در یونان از دو روش اعتبارسنجی کردند. یکی مقایسه ماتریس فرواونی انتقال حالت بدست آمده از داده‌های بارش و رواناب و دیگری، مقایسه وضعیت خشکسالی حاصل از SDI بصورت مستقیم و SDI حاصل از رابطه SPI-SDI (۷). ویسنته- سرانو و همکاران شاخص جریان سطحی استاندارد [۲](SSI) را جهت ارزیابی خشکسالی هیدرولوژیکی در حوضه ای در اسپانیا ارائه کردند. رویکردهای BMF و MD توزیع های احتمالاتی مختلفی را جهت محاسبه SSI، برای هر ایستگاه اندازه گیری و هر ماه از سال در نظر گرفتند و مقادیر میانگین، انحراف معیار و فراوانی رخدادهای حدی قابل انتظار سری SSI، را نسبت به حالت گزینش یک توزیع تنها برای هر ایستگاه بهبود بخشیدند (۱۱). نیک بخت و همکاران برای شناسایی شدت خشکسالی جریان در حوضه غربی دریاچه ارومیه از شاخص درصد نرمال[۳](PNI) استفاده کردند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که بدترین خشکسالی‌های جریان تقریبا در تمامی ایستگاه‌ها در سال‌های ۱۹۹۹-۲۰۰۰ و ۲۰۰۰-۲۰۰۱ اتفاق افتاده است و بر اساس PNI، شدت خشکسالی جریان در ۳۴ سال گذشته افزایش یافته است (۸).

در تحقیقی ون هویگوورت و ون لانن تاثیر تغییر اقلیم بر خشکسالی هیدرولوژیکی را در هفت حوضه در سراسر جهان ارزیابی کردند. نتایج نشان از تغییر رژیم و افزایش جریان پایه بین دوره کنترل و دوره آتی در اقلیم سرد و خشک تر شدن اقلیم‌های خشک در آینده داشت. همچنین تغییرات مشخصات خشکسالی هیدرولوژیکی در دوره کنترل با تغییرات جریان کم در تمام حوضه ها متناظر نبود. به طوری که در بعضی حوضه ها با اقلیم سرد، علی رغم پیش بینی کاهش جریان پایه برای تمام ماه ها خشکسالی ها شدیدتر شدند (۱۰).

رضایی زمان به بررسی اثرات تغییر اقلیم و راهبردهای تطبیقی با آن در کشاورزی در زیرحوضه سیمینه رود پرداخت. بر اساس نتایج بدست آمده ورودی به دریاچه کاهش قابل توجهی خواهد داشت که این افت تحت سناریو A2 شدیدتر خواهد بود . ارزیابی کلی راهبردها نشان داد که این زیرحوضه در اثر تغییر اقلیم با چالش های جدی روبرو خواهد شد و راهکارهای اعمال شده در پژوهش نشان از تقابل بین حقابه دریاچه ارومیه و کشاورزی دارد که در آینده تشدید خواهد شد (۲).

[۱] Streamflow Drought Index
[۲] Standardized Streamflow Index
[۳] Percent of Normal Index

هلقی و همکاران با هدف برآورده کردن حداکثر نیازها با در نظر گرفتن اولویت بندی نیازها، برنامه ریزی منابع آب حوضه رامیان گلستان را با استفاده از مدل WEAP انجام دادند. نتایج نشان می دهد که حجم مفید بهینه برای مخزن رامیان در شرایطی که مجموع نیاز کشاورزی بهنگام و نابهنگام و زیست محیطی تا ۱۹/۷ میلیون مترمکعب و مابقی برای شرب توسعه داده شود، ۱۶ میلیون مترمکعب می باشد. در این حالت مجموع آب تنظیمی۳۲/۹ میلیون متر مکعب است (۵).

بروجنی و همکاران با استفاده از مدل WEAP اقدام به برآورد توان انتقال طرح کوهرنگ سه مورد مطالعه قرار گرفت (۱). مودت و همکاران سناریوهای مختلف تخصیص آب از منابع سطحی و زیرزمینی به مصارف موجود در دشت تاکستان قبل و بعد اجرای سد پیشنهاد شده نهب مورد بررسی قرار دادند (۴). سعیدی نیا و همکاران با استفاده از مدل WEAP، اثرات طرح های انتقال آب بین حوضه‌ای کارون شامل تونل های کوهرنگ ۱، ۲ و ۳ و تونل بهشت آباد(در دست مطالعه) بر وضعیت منابع آب سطحی حوضه‌های بهشت آباد و کوهرنگ بررسی نمودند (۳). Zaoui و همکاران عامل اصلی کمبود منابع آبی در حوضه Souk-AHRAS، الجزایر را مربوط به مدیریت منابع آب می‌دانند. در این راستا آن‌ها با استفاده از مدل WEAP اقدام به بررسی و اعمال سناریوهای مختلف عرضه و تقاضا نمودند (۱۳). یزدان پناه و همکاران حوضه ازغند استان خراسان رضوی را با استفاده از مدل WEAP بررسی نمودند (۶). Yates و همکاران حوضه ساکرامنتو واقع در ایالت کالیفرنیا را با استفاده از نرم افزار WEAP مدل نمودند. سناریوهای اصلی این مطالعه عبارتند از ترتیب اولویت های تخصیص آب به دو شکل مختلف است (۱۲).

بر این اساس هدف از این تحقیق بررسی منابع آب‌های زیر زمینی دشت خانمیرزا در شرایط خشکسالی بر نوسانات رودهای منتهی به حوضه خانمیرزا با استفاده از نرم افزار WEAP می باشد. به منظور تحقق این هدف ابتدا سال ۲۰۰۷ (۸۷-۱۳۸۶) به عنوان سال پایه انتخاب گردید سپس سناریوهایی در بازه زمانی ۳۰ ساله (۲۰۰۷-۲۰۳۷) توسط مدل WEAP مورد ارزیابی قرار گرفت، در این دوره ۳۰ ساله داده های مورد نیاز مدل به طور قطعی بر اساس آمار دوره ۱۳۸۸ – ۱۳۵۹ تعیین شد. داده های مورد نیاز آبهای زیرزمینی در یک دوره ۱۵ ساله (از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۸) فراهم بود. لذا کالیبراسیون مدل در این دوره انجام شد.

در این پژوهش نیز با استفاده از مدل WEAP به مدلسازی و شبیه سازی نوسانات سطح جریان آبراهه ای رودخانه ای در محدوده مطالعاتی پرداخته خواهد شد. در این پژوهش به دو دلیل از داده های جریان آبراهه رودخانه ای در نقاط مختلف حوضه استفاده شده است . اولا در بردارنده بسیاری از پارامترهای دیگر نظیر بارش، تبخیر، توپوگرافی، پوشش سطحی زمین و غیره می باشد . ثانیا داده های جریان غالبا دارای نویزهای کمتری نسبت به داده های بارش هستند.

منطقه مورد تحقیق

حوضه آبریز دشت خانمیرزا که در جنوب استان چهارمحال و بختیاری قرار گرفته است در محدوده مدارهای ۳۱ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۳۱درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۰درجه و ۵۸دقیقه تا

۵۱درجه و ۱۶دقیقه طول شرقی قرار دارد. از گسل های مهم منطقه می توان به گسل دنا –دوپلان اشاره کرد که پس از خروج از دشت در شمال غرب یه گسل گازولک می پیوندد. شاخه های فرعی این گسل از شمال شرق روستای باغ بهزاد و شمال غرب روستای باغ حیران ادامه می یابد.

قدیمی‌ترین تشکیلات موجود در این منطقه گنبدهای نمکی معادل سری هرمز در جنوب می-باشد که به تدریج به صورت دپاپیر در شرق و شمال شرق باغ بهزاد همراه با سنگ‌های آندزیتی، ویوریت و یا دیاباز بالا آمده است. وجود این تشکیلات نمکی باعث شوری آب چشمه شور در منطقه و بعضی از چاهها گردیده است. ضخامت آبرفت در نقاط مختلف دشت متفاوت بوده و حداکثر به حدود ۱۵۰ متر می رسد (گزارش مطالعات تفصیلی سد ونک، ۱۳۸۹).

حداکثر بارندگی ماهانه در دشت خانمیرزا در دی و بهمن و گاهی در اسفند یا آذر ماه و به‌ندرت در فروردین ریزش. زمستان پر بارش‌ترین فصل سال است و پس از آن فصل‌های پاییز و بهار پرباران‌ترین فصول سال شناخته می‌شوند و تابستان کم بارش‌ترین فصل سال است. تراکم چاه ها در این دشت به ازای هر کیلومتر مربع معادل ۴ الی ۵ حلقه است، به همین علت در سال ۱۳۸۲ به عنوان دشت ممنوعه اعلام گردیده است (گزارش مطالعات تفصیلی سد ونک، ۱۳۸۹).

جنس سنگ کف دشت در جنوب غالباً کنگلومرا تشکیل می‌دهد. جهت جریان آب زیرزمینی در نواحی جنوبی حوضه از جنوب به شمال که سمت مرکزی دشت را می‌رساند می باشد. از گسل های مهم منطقه می توان به گسل دنا –دوپلان اشاره کرد که پس از خروج از دشت در شمال غرب یه گسل گازولک می پیوندد. شاخه های فرعی این گسل از شمال شرق روستای باغ بهزاد و شمال غرب روستای باغ حیران ادامه می یابد. در جدول ۱ اطلاعات پایه دشت و آبخوان دشت خانمیرزا نشان داده شده است (گزارش مطالعات تفصیلی سد ونک، ۱۳۸۹).

جدول ۱- اطلاعات پایه دشت و آبخوان دشت خانمیرزا (طرح جامع ظرفیت یابی منابع آب استان چهارمحال و بختیاری، ۱۳۸۹).

ردیف	مشخصه		مقدار	واحد
		طول جغرافیایی	(۵۰,۵۸' - ۵۱,۱۶')	
		عرض جغرافیایی	(۳۱,۲۲' - ۳۱,۳۸')	
		دشت	۱۴۷	
		کوهستان	۳۷۱	
۳	مساحت آبخوان		۱۳۶	کیلومتر مربع
۴	میانگین ضخامت آبرفت		۵۲	متر

۵	ضریب آبدهی ویژه		۴	درصد
		چاه	۱۳۳	
		چشمه	۱۲/۵۶	
		قنات	۱/۱۴	
۷	تعداد چاه های اکتشافی در ۱۰ سال اخیر		۲	حلقه
۸	نام رودخانه تغذیه/تخلیه کننده آبخوان		رودخانه خانمیرزا	
		عمیق	۳۶۵	
		نیمه عمیق	۲۷۸	
۱۰	تعداد قنات		۱۵	رشته
۱۱	تعداد چشمه		۵۶	دهنه
۱۲	متوسط بارش سالیانه حوضه		۵۴۸	میلیمتر
۱۳	متوسط پتانسیل تبخیر سالیانه حوضه		۱۸۰۰	میلیمتر

با توجه به شرایط خاک و توپوگرافی مسطح این دشت و آب و هوای مستعد آن، در حال حاضر از نظر تولید محصول این استان در صدر جدول استانی نیز قرار دارد. در جدول ۲ وضعیت کشاورزی این منطقه نشان داده شده است.

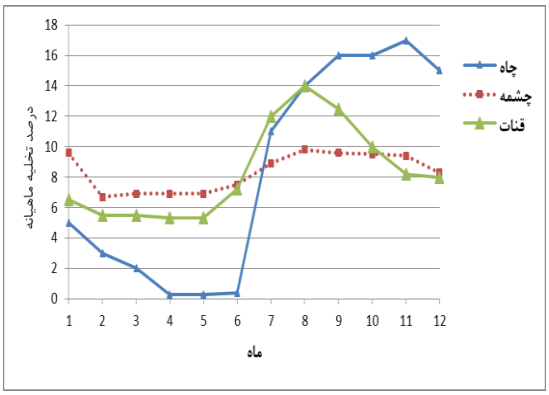
جدول ۲- کاربری اراضی کشاورزی در زیر حوضه لردگان به تفکیک واحد هیدرولوژیک (گزارش مطالعات تفصیلی سد ونک، ۱۳۸۹).

شرح	نوع کشت	وسعت اراضی (هکتار)
	کشت آبی	۱۲۳۲۱
	کشت دیم	۴۲۳۰
	جمع	۱۶۶۵۱
	کشت آبی	۰
	کشت دیم	۲۳۳

	جمع	۲۳۳
	کشت آبی	۱۲۳۲۱
	کشت دیم	۴۴۶۳
	جمع	۱۶۷۸۴
باغ وقلمستان		۱۸۱
جمع کل اراضی باغی و زراعی		۱۶۹۶۵

منابع آب‌های زیرزمینی آبخوان آبرفتی دشت خان میرزا شامل چاه های عمیق و نیمه عمیق، قنات ها و چشمه ها می باشد. بر پایه آخرین آمار ارائه شده از معاونت مطالعات شرکت آب منطقه ای استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۸۹، از تعداد کل ۶۴۳ حلقه چاه، ۳۶۵ حلقه عمیق و ۲۷۸ حلقه نیمه عمیق می باشد.

در حوضه خان میرزا ۵۶ دهنه چشمه با آبدهی کل سالانه معادل ۱۲/۵۶ میلیون متر مکعب وجود دارد که تنها ۱۴ دهنه آن در محدوده بیلان باعث تخلیه آب زیرزمینی می گردد که حجم آن معادل ۷/۶ میلیون متر مکعب محاسبه شده است. تعداد قنات های دشت خان میرزا ۱۵ رشته است که تخلیه سالانه آنها معادل ۱/۱۴ میلیون متر مکعب در سال است. هم چنین در نمودار شکل(۱) توزیع ماهیانه تخلیه آب زیرزمینی به تفکیک چاه، چشمه و قنات ارائه شده است.



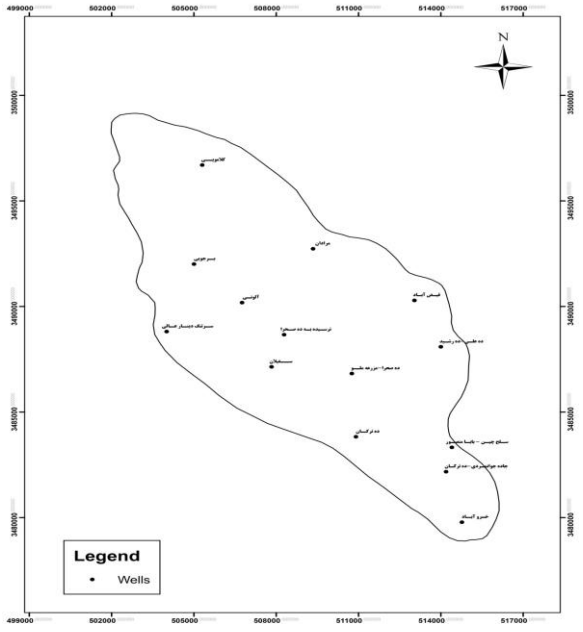
شکل ۱- توزیع ماهیانه تخلیه آب زیرزمینی دشت خانمیرزا به تفکیک چاه، چشمه و قنات (گزارش مطالعات تفصیلی سد ونک، ۱۳۸۹).

جهت بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی در گستره دشت خانمیرزا از آمارسطح آب استاتیک ۱۴ حلقه چاه مشاهده ای دشت خانمیرزا استفاده گردید. در نقشه شکل(۲) موقعیت پیزومترها در دشت خانمیرزا نشان داده شده است. در ابتدا اندازه گیری های سطح آب چاه ها بررسی و با رفع نواقص موجود، آمار مربوطه تکمیل شد. سپس با استفاده از آن نمودار تراز سطح ایستابی دشت خانمیرزا ترسیم گردید. در نمودار شکل(۳) متوسط تغییرات تراز ایستابی دشت خانمیرزا نشان داده شده است. این نمودار نشان می دهد که سطح ایستابی سیر نزولی

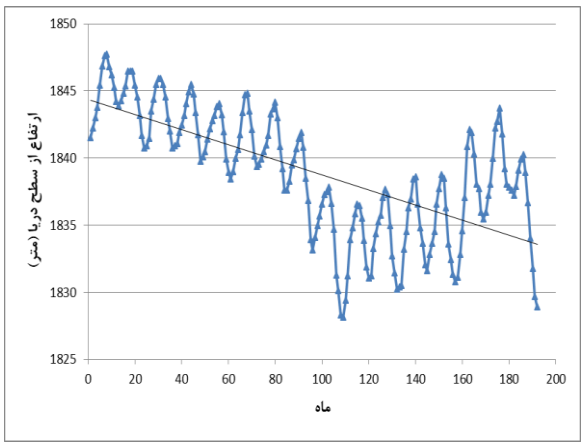
دارد و در نتیجه بیانگر منفی بودن بیلان آب زیرزمینی دشت می باشد.

جدول ۳- برآیند تغییرات سطح آب زیرزمینی در آبخوان آبرفتی دشت خانمیرزا.

ردیف	سال آبی	تغییرات سطح آب زیرزمینی(متر)
۱	۱۳۷۱-۷۲	۲/۷۱
۲	۱۳۷۲-۷۳	-۳/۵۹
۳	۱۳۷۳-۷۴	۰/۱۹
۴	۱۳۷۴-۷۵	-۰/۸۴
۵	۱۳۷۵-۷۶	-۱/۶۶
۶	۱۳۷۶-۷۷	۱/۲۷
۷	۱۳۷۷-۷۸	-۲/۱۳
۸	۱۳۷۸-۷۹	-۳/۶۲
۹	۱۳۷۹-۸۰	-۶/۱۹
۱۰	۱۳۸۰-۸۱	۳/۶
۱۱	۱۳۸۱-۸۲	-۰/۷۲
۱۲	۱۳۸۲-۸۳	۱/۱۴
۱۳	۱۳۸۳-۸۴	-۰/۸۸
۱۴	۱۳۸۴-۸۵	۴/۸۱
۱۵	۱۳۸۵-۸۶	۲/۳۰
۱۶	۱۳۸۶-۸۷	-۱۰/۳۳
مجموع تغییرات		-۱۴/۳۳



شکل ۲- موقعیت پیزومترها در دشت خانمیرزا.



شکل ۳- نوسان سطح ایستابی دشت خانمیرزاطی سال های ۷۲-۱۳۷۱ الی ۸۷-۱۳۸۶(گزارش مطالعات تفصیلی سد ونک، ۱۳۸۹).

جدول ۳ برآیند تغییرات سطح آب زیرزمینی را طی ۱۶ سال نشان می دهد که جمع کل افت های ایجاد شده در دشت خانمیرزا به ترتیب برابر ۱۴/۳۳ است.

با توجه به سنگ بستر منطقه و بیرون زدگی آن در حواشی دشت هیچ گونه تبادل آبی بین این حوضه و حوضه های مجاور وجود نداشته و تغذیه این بخش معادل صفر در نظر گرفته می شود . متوسط بارندگی سالانه در دشت خان میرزا، معادل ۵۰۰ میلیمتر محاسبه شده است که با احتساب حدود ۳۴ درصد نفوذ در آبخوان آبرفتی خان میرزا حجمی برابر ۲۳/۱۲میلیون متر مکعب سهم نفوذ از نزولات جوی است. حجم آب برگشتی کشاورزی در محدوده دشت خانمیرزا ۲۶/۶ میلیون متر مکعب است. حجم آب برگشتی از آب چشمه به آبخوان معادل ۱/۲۶ میلیون متر مکعب به دست می آید. حجم آب نفوذی به آبخوان از قنات ها معدل ۰/۱۱ میلیون متر مکعب در سال است. حجم نفوذ از طریق بستر رودخانه صفر در نظر گرفته شد.

حجم کل تخلیه آبخوان آبرفتی دشت خان میرزا از طریق چاه ها(۶۴۳ حلقه) برابر۱۳۳میلیون متر مکعب برآورد شده است. براساس آمار و اطلاعات موجود، تعداد چشمه های محدوده خان میرزا ۵۶ دهنه با تخلیه ۱۲/۵۶ میلیون متر مکعب در سال ارزیابی شده است . تعداد قنات های محدوده خان میرزا ۱۵ رشته است که تخلیه سالانه آنها معدل ۱/۱۴ میلیون متر مکعب در سال است. میزان تبخیر و تعرق آب زیرزمینی برای دشت خانمیرزا در معادله بیلان صفر در نظر گرفته می شود .

از آنجایی که آبخوان دشت خانمیرزا ایزوله می باشد و هیچ گونه تبادلی با رودخانه خانمیرزا ندارد زهکشی از طریق رودخانه صفر در نظر گرفته می شود. با محاسبه کلیه اجزای بیلان و با استفاده از معادله بیلان، خلاصه نتایج بیلان آبخوان آبرفتی دشت خانمیرزا در جدول(۴) ارائه شده است. این جدول نشان می دهند که بیلان دشت خانمیرزا شدت منفی است(گزارش تفصیلی سد ونک، ۱۳۸۹).

جدول ۴- بیلان آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی دشت خان میرزا در سال آبی ۸۷-۱۳۸۶(گزارش تفصیلی سد ونک، ۱۳۸۹).

ردیف	مؤلفه های بیلان	مساحت = ۱۳۶ کیلومتر مربع $\Delta H = -۱۰/۳۳m$	
		تغذیه (mcm)	تخلیه (mcm)
۱	نفوذ ناشی از نزولات جوی در آبخوان	۲۳/۱۲	
۲	آب های برگشتی از چاه های کشاورزی	۲۶/۶	
۳	برگشتی از چشمه ها	۱/۲۶	

۴	برگشتی از قنات ها	۰/۱۱	
۱	تخلیه از طریق چاه ها		۱۱۵/۷۴
۲	تخلیه از طریق چشمه ها		۱۲/۵۶
۳	تخلیه از طریق قنات ها		۱/۱۴
جمع	$\Delta V = -۷۸/۳۵mcm$	mcm ۵۱/۰۹	۱۲۹/۴۴ mcm

استفاده از مدل WEAP برای شبیه سازی

در این تحقیق برای مدلسازی حوضه خانمیرزا از گره های مختلف نظیر سایت‌های تقاضای شرب و کشاورزی، آبخوان، نیاز زیست محیطی، ایستگاه های آب سنجی وکمان‌های مختلف شامل شبکه انتقال آب از منابع عرضه آب به سایت‌های تقاضا، شبکه برگشت آب، بازه های مختلف رودخانه استفاده شده است.

نحوه استفاده از مدل WEAP به این صورت است که یک سال پایه[۱]در نظر گرفته شده و اطلاعات مورد نیاز برای این سال وارد مدل می شود. در مطالعه حاضر سال ۲۰۰۷ میلادی (۸۷-۱۳۸۶) به عنوان سال پایه انتخاب شد و دوره آماری ۳۰ ساله برای انجام شبیه‌سازی ها انتخاب گردید. داده های دوره آماری مذکور به صورت تعیینی[۲] بر اساس آمار سال‌های گذشته(از سال ۵۵-۱۳۵۴ تا ۸۷-۱۳۸۶) در نظر گرفته شده است، لذا داده‌های مربوط به دبی رودخانه خانمیرزا که در ایستگاه زرین درخت ثبت شده است، داده‌های آب‌های زیر زمینی دشت(ظرفیت ذخیره، ذخیره اولیه، برداشت از آبخوان و شارژ طبیعی)، مقادیر تقاضای آب، اولویت مصرف کنندگان از منابع اطلاعاتی موجود طبق جدول ۵ استخراج و در قالب فایل ورودی به مدل داده شد.

جدول ۵- منابع اطلاعاتی برای استخراج داده های اولیه مورد نیاز مدل WEAP.

ردیف	شرح داده ها	منابع اطلاعاتی
۱	دبی ماهانه رودخانه	شرکت آب منطقه ای استان
۲	داده های پیزومتریک و برداشت از آبخوانها	شرکت آب منطقه ای استان و گزارشات وزارت نیرو
۳	اطلاعات هواشناسی (بارش)	سازمان هواشناسی استان
۴	سطوح زیر کشت و نیاز آبی	گزارشات وزارت جهاد کشاورزی

جدول ۶- داده‌های اولیه مورد نیاز مدل WEAP.

ردیف	شرح داده ها	Entry

[۱] . Current Account
[۲] .Deterministic

۱	دبی ماهانه رودخانه	۳۶۰
۲	برداشت ازچاه ، چشمه و قنات	۳۶۰
۳	بارش ماهیانه	۳۶۰
۴	ظرفیت ذخیره آبخوان	۱
۵	Maximum withdrawal	۳۶۰

واسنجی مدل

در این تحقیق مدل واسنجی برای دوره آماری ۱۳۸۸-۱۳۷۴(معادل ۲۰۰۹- ۱۹۹۵) که آمار و اطلاعات دشت در این بازه زمانی در دسترس می باشد، صورت گرفت. خطای مدل در دوره واسنجی از طریق رابطه (۸)بدست می آید.

$$E = \left| \frac{Q_{cal} - Q_{obs}}{Q_{obs}} \right| \times 100 \qquad (۱)$$

در این رابطه Q_{obs} مقدار پارامتر محاسبه شده در مدل و Q_{Cal} مقدار پارامتر مشاهداتی است.

جدول ۷- مشخصات و شرایط کلی سناریوها.

نام سناریو	شرح
S-1	ادامه وضع موجود(راندمان ۴۱/۵٪) با کاهش سطح زیر کشت محصولات با ارقام ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۶۰ درصد
S-2	افزایش راندمان آبیاری حال حاضر(۴۱/۵درصد) به ارقام ۵۰، ۵۵، ۶۰ و ۶۵ درصد
S-3	اجرای طرح تغذیه مصنوعی آب با حجم متوسط ۱۰ میلیون مترمکعب درسال
S-4	اجرای طرح های تغذیه مصنوعی آب با حجم متوسط ۱۰ میلیون مترمکعب درسال و اجرای کامل آبیاری تحت فشار برای رسیدن به راندمان آبیاری ۶۵ درصد
S-5	اجرای طرح های تغذیه مصنوعی با حجم متوسط ۱۰ میلیون مترمکعب درسال و اجرای کامل آبیاری تحت فشار و کاهش سطح زیر کشت با ارقام ۲۰ و ۳۰درصد

در کل سناریوها فرض شده دشت ممنوعه بماند. یعنی اینکه در سناریوها اضافه برداشت از آب زیرزمینی اعمال نشده است. هم چنین در تمام سناریوها شرایط خشکسالی در دوره شبیه سازی در نظر گرفته شده است.

یافته ها

نتایج واسنجی

واسنجی مدل(واسنجی با پایین ترین درصد خطای واسنجی) پارامترهای کالیبراسیون به دست آمده برای دشت به شرح جدول (۱۰-۴) می باشد. نتایج نشان داد بصورت متوسط سالیانه ۴۵/۵ میلیون متر مکعب از نزولات جوی صرف تغذیه آبخوان می شود که در مقایسه با مقدار برداشت سالیانه ۹۳/۵ درصد کمتر می باشد.

جدول ۸- مشخصات بهترین حالت واسنجی مدلWEAP برای آبخوان دشت خانمیرزا.

ردیف	شرح پارامتر	مقدار
۱	ظرفیت نهائی ذخیره آبخوان (MCM)	۲۸۳
۲	حجم آب در آبخوان در سال ۱۳۷۴ (MCM)	۲۳۰/۵

۳	درصدی از بارندگی که صرف تغذیه آبخوان می شود	٪۳۴
۴	متوسط بهره‌برداری سالانه از آبخوان در دوره واسنجی (MCM)	۹۷
۵	ضریب آبدهی ویژه دشت(٪)	۴
۶	متوسط قدر مطلق خطای مدل در دوره واسنجی (٪)	۱/۳

نتایج سناریوها

این گروه سناریوها شامل انجام اقدامات مدیریتی و افزایش راندمان آبیاری و هم چنین کاهش سطح زیر کشت برای به تعادل رسیدن بیلان دشت خانمیرزا بدون اجرای طرح انتقال آب از سولقان (طرح سد ونک) می باشند. در ادامه نتایج حاصل از سناریوهای مختلف این گروه را می توان مشاهده نمود.

سناریوی S-۱

در این سناریو که ادامه وضع موجود (راندمان ٪۴۱/۵) ولی با کاهش سطح زیر کشت محصولات با ارقام ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۶۰ درصد، وضعیت ذخیره آبخوان دشت خانمیرزا پیش بینی می شود. ملاحظه می‌شود در این سناریو با کاهش سطح زیر کشت به مقدار ۲۰ و ۳۰ درصد مشکلی حل نمی گردد و آب زیرزمینی دشت در آینده تخلیه کامل خواهد شد. با کاهش ۵۰ درصدی سطح زیر کشت تا حدودی بیلان دشت به تعادل خواهد رسید. در این حالت حجم ذخیره آبخوان در انتهای دوره نسبت به حالت اولیه، ۳ درصد کاهش دارد. درصد تأمین آب اراضی کشاورزی موجود (Coverage) با کاهش ۵۰ درصدی سطح زیر کشت بطور متوسط برابر ۷۷ درصد بدست می‌آید که نشانگر امکان رفع مشکل کم آبی دشت با اجرای طرح ۵۰ درصد کاهش سطح زیر کشت می باشد.

در حالت کاهش ۶۰ درصدی سطح زیر کشت همان گونه که مشاهده می گردد بیلان دشت به حالت تعادل می رسد و در این حالت درصد تأمین آب اراضی کشاورزی موجود ۸۸ درصد بدست می آید. در این حالت حجم ذخیره آبخوان در انتهای دوره نسبت به حالت اولیه، ۳۲ درصد افزایش حجم دارد. با توجه به مطالب فوق می توان به این نتیجه رسید که برای تعادل بخشی به بیلان آبخوان دشت خانمیرزا صرفا با اجرای طرح کاهش سطح زیر کشت حداقل ۵۰درصد الزامی می باشد. نتایج سناریوی فوق به اختصار در جدول ۹ آورده شده است.

جدول ۹- نتایج سناریوی S-۱.

درصد کاهش سطح زیر کشت	Coverage (%)	میزان ذخیره اولیه (MCM)	میزان ذخیره در انتهای دوره ۳۰ ساله با توجه به درصد کاهش سطح زیر کشت (MCM)
۰	۴۴/۳	۱۹۳/۵	۵۹/۷۶
۲۰	۶۵	۱۹۳/۵	۶۱/۱
۳۰	۶۸	۱۹۳/۵	۷۹/۷۶
۵۰	۷۷	۱۹۳/۵	۱۸۷/۰۹
۶۰	۸۸	۱۹۳/۵	۲۵۶/۵۸

سناریوی S-۲

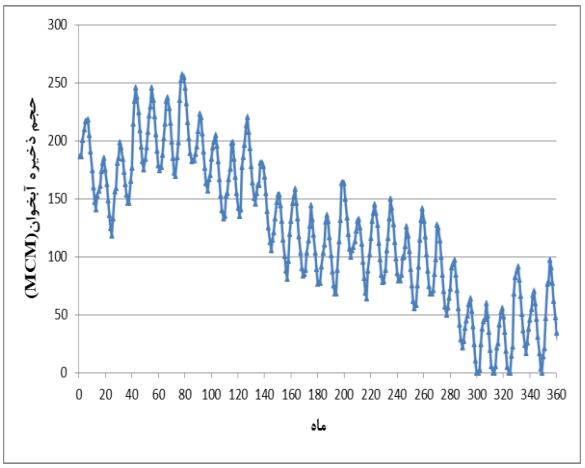
در این سناریو که فرض شده در کلیه اراضی کشاورزی موجود راندمان آبیاری(۴۱/۵درصد) به درصدهای۵۰، ۵۵، ۶۰ و ۶۵ درصد(اجرای کامل سیستم آبیاری تحت فشار در دشت) ارتقاء یابد. افزایش راندمان تأثیر قابل ملاحظه بر وضعیت دشت نداشته است و در راندمان های ۵۰، ۵۵ و ۶۰ درصد در اواخر دوره شبیه سازی سطح ایستابی دشت افت کرده و سرانجام دشت تخلیه شده است. این نشان دهنده آنست که این امر نتوانسته بیلان دشت را از حالت منفی خارج کند و در این شرایط همچنان دشت در خطر افت آب زیرزمینی می‌باشد. در راندمان ۶۵ درصد، آب زیرزمینی دشت بصورت کامل تخلیه نخواهد شد ولی حجم آب زیرزمینی در انتهای دوره شبیه سازی نسبت به حالت اولیه ۵۵ درصد افت خواهد داشت. از طرف دیگر با بررسی درصد تأمین آب اراضی کشاورزی موجود در راندمان ۶۵درصد مشخص می‌شود که این فاکتور بطور متوسط برابر ۶۳/۲ درصد بدست می‌آید که نشان می دهد با اجرای طرح آبیاری تحت فشار و افزایش راندمان آبیاری در تمام دشت نه تنها دشت به حالت تعادل پایدار نمی‌رسد بلکه نیاز آبی اراضی کشاورزی بطور کامل قابل تأمین نخواهد بود. نتایج سناریوی فوق به اختصار در جدول ۱۰ آورده شده است.

جدول۱۰- نتایج سناریوی S-۲.

راندمان آبیاری	Coverage (%)	میزان ذخیره اولیه (MCM)	میزان ذخیره در انتهای دوره ۳۰ ساله با توجه به درصد کاهش سطح زیر کشت (MCM)
۴۱/۵	۴۴/۳	۱۹۳/۵	۵۹/۷۶
۵۰	۵۹	۱۹۳/۵	۶۰
۵۵	۶۱	۱۹۳/۵	۶۲
۶۰	۶۲	۱۹۳/۵	۶۳
۶۵	۶۵	۱۹۳/۵	۸۷

سناریوی S-۳

در این سناریو ، فرض شده است تنها طرح تغذیه مصنوعی آب با حجم متوسط ۱۰ میلیون مترمکعب درسال در دشت خانمیرزا اجرا گردد. وضعیت ذخیره آبخوان دشت مطابق شکل ۴ بدست می‌آید. همان طور که ملاحظه می‌شود، اجرای تنها طرح تغذیه مصنوعی تاثیر خاصی بر وضعیت آب زیرزمینی دشت نداشته و در انتهای دوره شبیه سازی آب زیر زمینی دشت به طور کامل خشک خواهد شد و حجم آب زیرزمینی در انتهای دوره شبیه سازی نسبت به حالت اولیه ۶۸ درصد افت خواهد داشت لذا این موضوع نشانگر عدم کافی بودن اجرای طرح تغذیه مصنوعی در دشت خانمیرزا برای رسیدن به تعادل رسیدن بیلان آب زیرزمینی دشت می باشد.



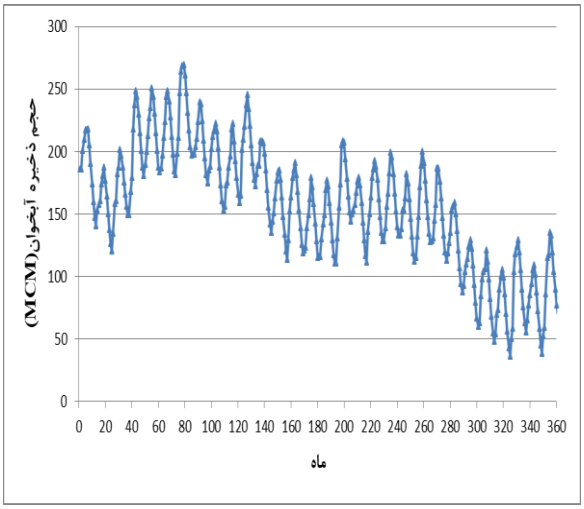
شکل ۴- تغییرات ذخیره آبخوان دشت خانمیرزا در دوره ۳۰ ساله بهره‌برداری (S-۱-۳) از سال ۱۳۸۷ تا سال ۱۴۱۷.

جدول ۱۱- نتایج سناریوی S-۳.

اجرای طرح تغذیه مصنوعی سالانه ۱۰ MCM	Coverage (%)	میزان ذخیره اولیه (MCM)	میزان ذخیره در انتهای دوره ۳۰ ساله (MCM)
خیر	۴۴/۳	۱۹۳/۵	۵۹/۷۶
بله	۵۹	۱۹۳/۵	۶۱/۴۲

سناریوی S-۴

در این سناریو، فرض شده است طرح های تغذیه مصنوعی آب با حجم متوسط ۱۰ میلیون مترمکعب درسال و اجرای کامل آبیاری تحت فشار برای رسیدن به راندمان آبیاری ۶۵ درصد در دشت خانمیرزا اجرا گردند. وضعیت ذخیره آبخوان دشت در این سناریو مطابق نمودار شکل(۵) بدست می‌آید. همان طور که ملاحظه می‌شود، اجرای طرح تغذیه مصنوعی و آبیاری تحت فشار باعث مثبت شدن بیلان آب زیرزمینی دشت نشده است. حجم آب زیرزمینی در انتهای دوره شبیه سازی نسبت به حالت اولیه ۴۵ درصد افت خواهد داشت و درصد تأمین آب اراضی کشاورزی موجود بطور متوسط برابر ۶۴/۵ درصد بدست می‌آید که نشان می‌دهد اجرای این دو طرح نه تنها مشکلی از وضعیت بیلان آب زیرزمینی دشت حل نمی کند بلکه تنها ۶۴/۵ درصد نیاز آبی اراضی تحت کشت حل خواهد گردید.



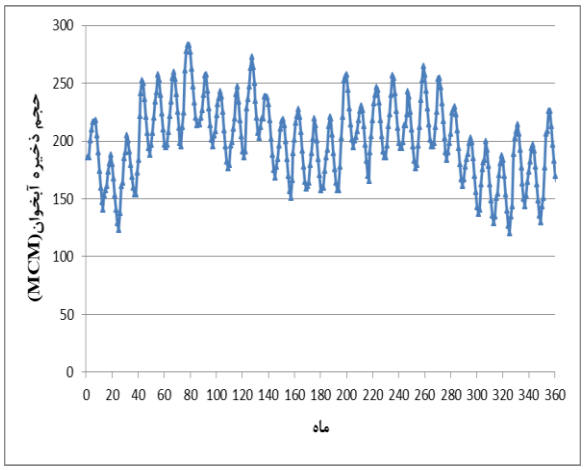
شکل ۵- تغییرات ذخیره آبخوان دشت خانمیرزا در دوره ۳۰ ساله بهره‌برداری (S-۱-۴) از سال ۱۳۸۷ تا سال ۱۴۱۷.

جدول ۱۲- نتایج سناریوی S-٤.

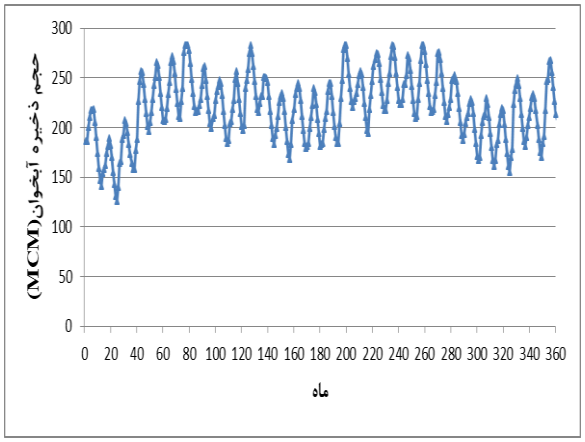
اجرای طرح تغذیه مصنوعی سالانه ۱۰ MCM و اجرای کامل طرح آبیاری تحت فشار	Coverage (%)	میزان ذخیره اولیه (MCM)	میزان ذخیره در انتهای دوره ۳۰ ساله (MCM)
خیر	۴۴/۳	۱۹۳/۵	۵۹/۷۶
بله	۶۴/۵	۱۹۳/۵	۱۰۵/۱۵

سناریوی S-۵

در این سناریو، فرض شده است طرح‌های تغذیه مصنوعی آب با حجم متوسط ۱۰ میلیون مترمکعب در سال و اجرای کامل آبیاری تحت فشار و هم چنین کاهش سطح زیر کشت برای رسیدن به بیلان پایدار و مثبت در دشت خانمیرزا اجرا گردند. این سناریو در دو قسمت کاهش ۲۰درصدی و ۳۰ درصدی سطح زیر کشت انجام شده است. برای به تعادل رسیدن دشت در دراز مدت با طرح تغذیه مصنوعی و اجرای طرح آبیاری تحت فشار، کاهش سطح زیر کشت نباید کمتر از ۲۰ درصد سطح زیر کشت کنونی(۱۲۵۰۲/۵ هکتار)باشد. در قسمت کاهش ۲۰ درصدی سطح زیر کشت همان طور که در نمودار شکل(۶) قابل مشاهده است در اواخر دوره شبیه سازی حجم آب زیرزمینی، دچار افت خواهد شد .هم چنین در این حالت حجم ذخیره آب زیرزمینی در انتهای دوره شبیه‌سازی نسبت به حالت اولیه ۴ درصد افزایش خواهد داشت و درصد تأمین آب اراضی کشاورزی بطور متوسط برابر ۷۶درصد بدست می‌آید که نشان می دهد اجرای این طرح مشکل وضعیت بیلان آب زیرزمینی دشت را حل کرده و قسمت قابل توجهی درصد از نیاز آبی اراضی را تامین می کند.



شکل ۶- تغییرات ذخیره آبخوان دشت خانمیرزا در دوره ۳۰ ساله بهره‌برداری(S-۵ با کاهش ۲۰ درصدی سطح زیر کشت) از سال ۱۳۸۷ تا سال ۱۴۱۷.



شکل ۷- تغییرات ذخیره آبخوان دشت خانمیرزا در دوره ۳۰ ساله بهره‌برداری (S-۵ با کاهش ۳۰ درصدی سطح زیر کشت) از سال ۱۳۸۷ تا سال ۱۴۱۷.

جدول ۱۳. نتایج سناریوی S-۵.

درصد کاهش سطح زیر کشت	Coverage (%)	میزان ذخیره اولیه (MCM)	میزان ذخیره در انتهای دوره ۳۰ ساله
۲۰	۷۶	۱۹۳/۵	۲۰۱/۰۲
۳۰	۸۶	۱۹۳/۵	۲۴۵/۷۵

نتیجه‌گیری

خشکسالی، خصوصیت تکرار پذیری اقلیمی است که بر اثر کمبود موقت آب نسبت به شرایط نرمال، طی یک دوره زمانی(فصل، سال یا چند سال) قابل شناسایی است. از آن جا که خشکسالی ها از لحاظ وسعت، شدت و مدت متفاوتند، مفهوم خشکسالی به طور نسبی در نظر گرفته می شود. تعاریف اجرایی و عملیاتی در خشکسالی شروع، شدت و پایان یک رخداد آن را تعیین و به بخش، سیستم یا گروه اجتماعی تحت تاثیر آن اشاره دارد. در تمام موارد، تاثیرات خشکسالی هنگامی خود را نشان می دهند که سیستم های تامین آب نتوانند تقاضای شرایط نرمال را پاسخ گو باشند. هدف از این تحقیق بررسی منابع آب های زیرزمینی دشت خانمیرزا در شرایط خشکسالی بر نوسانات رودهای منتهی به حوضه خانمیرزا با استفاده از نرم افزار WEAP می باشد. به منظور تحقق این هدف ابتدا سال ۲۰۰۷ (۱۳۸۶-۸۷) به عنوان سال پایه انتخاب گردید سپس سناریوهایی در بازه زمانی ۳۰ ساله (۲۰۳۷-۲۰۰۷) توسط مدل WEAP مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج سناریوی اول نشان داد که برای تعادل بخشی به بیلان آبخوان دشت خانمیرزا صرفا با اجرای طرح کاهش سطح زیر کشت حداقل ۵۰ درصد الزامی می باشد. سناریوی دوم نشان می‌دهد با اجرای طرح آبیاری تحت فشار و افزایش راندمان آبیاری در تمام دشت نه تنها دشت به حالت تعادل پایدار نمی‌رسد بلکه نیاز آبی اراضی کشاورزی بطور کامل قابل تأمین نخواهد بود. همچنین سناریوی سوم نشانگر عدم کافی بودن اجرای طرح تغذیه مصنوعی در دشت خانمیرزا برای رسیدن به تعادل رسیدن بیلان آب زیرزمینی دشت می باشد. همچنین در سناریوی چهارم اجرای طرح تغذیه مصنوعی و آبیاری تحت فشار باعث مثبت شدن بیلان آب زیرزمینی دشت نشده است. از طرف دیگر اجرای سناریوی پنجم مشکل وضعیت بیلان آب زیرزمینی دشت را حل کرده و قسمت قابل توجهی درصد از نیاز آبی اراضی را تامین می کند.

چشمه ها،کم شدن حجم برف ارتفاعات در نیمه سرد سال و با توسعه وسعت شوره زارها، مواجه شده است و بروز هر یک از موارد یاد شده به صورت کم شدن پوشش گیاهی، ترک زمین هایی که قبلا تحت کشت قرار می گرفتند، انجامیده و تمامی حوادث پیش آمده با شکل گیری انواع پدیده‌هایی ژئومورفولوژیکی همراه شده است که تداوم شکل گیری وتوسعه گستره مکانی و همچنین تشدید فعالیت هر یک از فرآیندهای ژئومورفولوژیکی در رابطه با وقوع خشکسالی ها، می توانند اثرات مخرب تری را نیز در آینده به دنبال داشته باشد.

منابع

۱. بروجنی، س. ه. ا.، رهنما، م. و گوغری، ش.ک. ۱۳۹۱. ارزیابی و شبیه سازی طرح انتقال آب بین حوضه ای کوهرنگ ۳ با استفاده از نرم

افزارWEAP. سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، صفحات ۱-۵.

۲. رضایی زمان، م. ۱۳۹۱. راهبردهای تطبیق با تغییر اقلیم در کشاورزی با مدل SWAT : مطالعه موردی حوضه سیمینه رود. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۳. سعیدی نیا، م.، بروجنی، ح. ص. و فتاحی، ر. ا. ۱۳۸۷. بررسی طرح های انتقال آب بین حوضه ای با استفاده از مدل WEAP (مطالعه موردی: تونل بهشت آباد. مجله پژوهش آب ایران، صفحات ۳۳-۳۴.

۴. مودت. م. ح. پ.، خلقی، م. و فاطمی، س. ا. ۱۳۸۷. ارزیابی و برنامه ریزی منابع آب دشت تاکستان با مدل هایWEAP و LINGO. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران، صفحات ۱-۸.

۵. هلقی، م. م. و جوان، ع. و. ۱۳۸۹. برنامه ریزی منابع آب با استفاده از مدل WEAP مطالعه موردی: حوضه آبریز رامیان از استان گلستان. دومین کنفرانس سراسری مدیریت جامع منابع آب، کرمان، صفحات: ۱-۸.

۶. یزدان پناه، ط.، خداشناس، س.، داوری،ک. و قهرمانی، ب. ۱۳۸۷. مدیریت منابع آب حوضه آبریز با استفاده از مدل WEAP (مطالعه موردی حوضه ازغند). مجله علوم و صنایع کشاورزی ویژه آب و خاک، ۲۲(۱)، صفحه۱۰.

۷. Nalbantis, I. and Tsakiris, G. 2009. Assessment of hydrological drought revisited. Water Resources Management, 23(5):881-897.

۸. Nikbakht, J., Tabari, H. and Talaee, P.H. 2013. Streamflow drought severity analysis by percent of normal index (PNI) in northwest Iran. Theoretical and Applied Climatology, 112(3-4):565-573.

۹. Pandey, R. P., Dash, B. B., Mishra, S. K. and Singh, R. ۲۰۰۸. Study of indices for drought characterization in KBK districts in Orissa (India): Hydrol. Processes, 12:1895–1907.

۱۰. Van Huijgevoort, M., Van Lanen, H., Teuling, A. and Uijlenhoet, R. 2014. Identification of changes in hydrological drought eharacteristics from a multi-GCM driven ensemble constrained by observed discharge. Journal of Hydrology, 512:421-434.

۱۱. Vicente-Serrano, S.M., Lopez-Moreno, J.I., Begueria, S., Lorenzo-Lacruz, J., Azorin-Molina, C. and Moran-Tejeda, E. 2012. Accurate computation of a streamflow drought index. Journal of Hydrologic Engineering, 17(2): 318-332.

۱۲. Yates, D. Iwra, M., Institute-boston, S. E., Sieber, J., Purkey, D. and Huber-Lee, A. ۲۰۰۵. WEAP۲۱—A Demand Priority and Preference-Driven Water Planning Model. International Water Resources Association, 30(4): 487–500.

۱۳. Zaoui, S. O., Snani, S. and Djebbar, Y. 2010. Management of water resources at souk-ahras region (algeria). in iwtc.info. 599–608.

Abstract

The present study aims at investigating the groundwater reservoirs in Khanmirza Plain under drought conditions in regard of the fluctuations in the rivers leading to Khanmirza Basin using WEAP Software. In order to actualize this goal, 2007 was chosen as the base year. Then, the scenarios were evaluated within a 30-year time span (2007-2037) using the WEAP model. The results of the first scenario showed that at least 50% is required for bringing about balance in the water level of Khanmirza Plain's aquifer through implementing a plan for reducing the area under cultivation. The second scenario shows that not only the plain does not reach a stable balance state but also the water needs of the farmlands cannot be perfectly supplied by the implementation of pressurized irrigation and increasing the irrigation efficiency in the entire plain. Moreover, the third scenario is also reflective of the insufficiency of the implementation of an artificial recharge plan on Khanmirza Plain for reaching balance in the groundwater.

Keywords: *Drought, Khanmirza Basin, artificial recharge plan, pressurized irrigation.*