



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد هجدهم، شماره سوم، ۱۳۹۰  
www.gau.ac.ir/journals

## بررسی تأثیر خشک‌سالی هیدرولوژیکی بر منابع آب زیرزمینی و توسعه کشاورزی در حوضه بهشت آباد با استفاده از مدل ویپ<sup>۱</sup>

\*مهری سعیدی‌نیا<sup>۱</sup>، حسین صمدی بروجنی<sup>۲</sup>، عباس ملکی<sup>۳</sup> و عزیزاله ایزدی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهرکرد، دکتری آبیاری و زهکشی، استاد دانشگاه شهرکرد  
گروه مهندسی آب و رئیس مرکز تحقیقات، دکتری آبیاری و زهکشی، استاد دانشگاه لرستان، گروه مهندسی آب،  
<sup>۲</sup>دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه مهندسی آب

تاریخ دریافت: ۸۸/۶/۷؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۴

### چکیده

خشک‌سالی در بین بلایای طبیعی از نظر شدت، مدت و خسارت در رتبه اول قرار دارد. بخش کشاورزی در سال‌های خشک‌سالی بسیار آسیب‌پذیر می‌باشد. گاهی اوقات مصرف‌کننده‌ها برای جبران این نقصان به سمت آب‌های زیرزمینی هجوم می‌آورند و در صورت تداوم این وضع، منابع زیرزمینی به شدت کاهش پیدا می‌کند، بنابراین به منظور ارزیابی اثرات خشک‌سالی در حوضه بهشت‌آباد (یکی از زیر حوضه‌های، حوضه کارون شمالی)، واحدهای هیدرولوژیک فارسان- جونقان و شلمزار انتخاب گردید. در این پژوهش برای ارزیابی و بررسی خشک‌سالی، از مدل ویپ استفاده شد. مدل برای یک دوره ۱۰ ساله (داده‌های آب و هوایی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۴) واسنجی، سپس برای یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۰۵ تا ۲۰۳۴) اجرا گردید. پس از اجرای مدل سناریوهایی به منظور تحلیل شرایط طرح شد، به این شرح که طی یک سناریو وضعیت کشاورزی (راندمان ۴۰ درصد) و نوسانات سطح ایستابی در شرایطی که هیچ‌گونه محدودیتی در برداشت از آبخوان وجود نداشته باشد، بررسی گردید. نتایج نشان داد، بیشترین تأثیر خشک‌سالی بر روی سطح ایستابی آبخوان می‌باشد، به گونه‌ای که در برخی از سال‌هایی خشک، حجم آبخوان حدود ۳۰ درصد کاهش پیدا می‌کند. در سناریوی دیگر نوسانات سطح

1- WEAP (Water Evaluation and Planning System)

\*مسئول مکاتبه: mehri\_saeedinia@yahoo.com

آب زیرزمینی، با در نظر گرفتن حداکثر ۲۰ درصد کاهش، کنترل گردید. در این حالت تفاوت درصد تأمین تقاضا در سال‌های تر و خشک چشم گیر (حدود ۱۷ درصد) بود. با در نظر گرفتن درصد تأمین تقاضای مطلوب (میانگین ۸۵ درصد) یعنی فرض راندمان ۶۰ درصد برای آبیاری سطحی و راندمان ۸۰ درصد برای آبیاری تحت فشار، برای کل سال‌های تر و خشک، سطوح کشت مطلوب و متناسب با نوع آب و هوا مدل‌سازی شد. در نهایت با استفاده از نتایج مدل می‌توان به میزان تغییر سطح زیر کشت به‌ازای هر درجه خشک‌سالی (درصد نرمال) دست یافت.

**واژه‌های کلیدی:** خشک‌سالی، دشت جونقان، دشت شلمزار، سناریو، مدل ویپ

#### مقدمه

طی سال‌های اخیر کشور ایران با خشک‌سالی‌های متعددی روبه‌رو بوده است، که خسارت‌هایی گاه جبران‌ناپذیر بر منابع سطحی و زیرزمینی وارد نموده است. بنابراین لزوم مطالعه و پژوهش در مورد این پدیده از اهمیت بالایی برخوردار است. بخش کشاورزی با اختصاص بیش از ۹۰ درصد از آب مصرفی کشور، در هنگام خشک‌سالی، بیشترین آسیب را خواهد دید. در مطالعات و مقالات ارائه شده در سال‌های اخیر، پایش خشک‌سالی، با استفاده از شاخص‌های مختلف، از جمله شاخص استاندارد بارش و یا فاکتور دهک‌ها و... از اقدامات مهم در جهت مدیریت خشک‌سالی معرفی شده است. بررسی خشک‌سالی از دید مدل‌ها موضوعی است که می‌تواند جای بحث و تحلیل بیشتری را داشته باشد.

کاهش سطح زیرکشت و انجام عملیات به‌زراعی، از جمله اقدامات افزایش‌دهنده راندمان آب به‌شمار می‌آید، به‌این منظور برای ارزیابی اثرات خشک‌سالی در حوضه بهشت‌آباد، واحد هیدرولوژیکی فارسان جونقان و شلمزار انتخاب گردید و برای شبیه‌سازی وضعیت حوضه و دشت‌های کشاورزی منطقه، مدل ویپ مورد استفاده قرار گرفت. مدل ویپ در کشورهای مختلف در طرح‌های گوناگون پژوهشی و کاربردی مورد استفاده قرار گرفت است، به‌عنوان نمونه در حوضه دریاچه آرال جهت پیدا کردن علل و میزان کاهش حجم دریاچه، از این مدل استفاده شد، نتایج نشان داد که استفاده بیش از حد آب در مسیر جریان رودخانه‌های سیحون و جیحون به‌خصوص برای زمین‌های کشاورزی عامل اصلی کاهش جریان در رودخانه‌ها می‌باشد. نتایج نشان داد با ارائه شرایط فعلی مساحت دریاچه آرال از سال ۱۹۸۷ تا سال ۲۰۱۵ حدود ۳۰ کیلومتر مربع کاهش خواهد یافت و

همچنین ارتفاع سطح آب از ۴۰ متر به ۲۶/۸ متر می‌رسد. در سناریوی دیگر توازن و تعادل بین تقاضا و جریان رودخانه در نظر گرفته شد و با در نظر گرفتن تغییر الگوهای جریان، معیارهای اقتصادی و محیطی، مدل نشان داد که نیاز جریان بالادست رودخانه‌ها در بعضی ماه‌ها تأمین نمی‌شود (راسکین و همکاران، ۱۹۹۲). در حوضه اولیفان آفریقای جنوبی سناریوهایی با محوریت مدیریت تقاضا مطرح و بررسی گردید. نتیجه آن شد که در سال‌های نرمال نیاز بیش از ۴۰ درصد از مصرف کننده‌ها تأمین نمی‌شود و همچنین مدیریت تقاضا به تنهایی کافی نبوده و باید از روش‌های مدیریتی دیگر استفاده شود (لویت و سالی، ۲۰۰۳). در حوضه دریاچه ناپواشا<sup>۱</sup> برای بررسی سیستم تقاضای حوضه، از نرم‌افزار ویپ با هدف یافتن علل و نوع مشکلات آتی استفاده شد، نتایج حاکی است که اصلی‌ترین مشکل موجود مربوط به بخش کشاورزی و مدیریت ناصحیح می‌باشد، نه کمبود منابع آب (آلفارا، ۲۰۰۴). در حوضه دریاچه ساکرامنتو در ایالت کالیفرنیا آمریکا نیز به منظور بررسی اثرات افزودن اهداف زیست محیطی، مطالعه‌هایی با استفاده از مدل ویپ صورت گرفت. سناریوهای اصلی این مدل عبارت بودند از ترتیب اولویت‌های تخصیص آب در گذشته به دو شکل مختلف (یاتس و همکاران، ۲۰۰۵). در دشت گرمسار شبکه آبیاری و زهکشی توسط این مدل مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که میزان میانگین سالانه کمبود (نیاز آبی) در وضع موجود ۱۰/۸۳ درصد می‌باشد و جهت رسیدن کمبود سالانه به ۶ درصد، سطح زیرکشت داخل شبکه باید حدود ۱۷/۶ درصد کاهش یابد (حافظ پرست و خلقی، ۲۰۰۶). در حوضه‌های ایزه و کرخه به منظور بررسی تأثیر توسعه منابع آب و تأمین تقاضا از این مدل استفاده گردید. در ایزه نتایج نشان داد که با افزایش سطح زیر کشت، لازم است از سناریوی آبیاری قطره‌ای و بارانی استفاده شود (سیفی و همکاران، ۲۰۰۶). در کرخه نیز تغییر الگوی تخصیص به هیچ‌وجه لازم نیست، بهره‌برداری از مخازن سطحی هم، فقط در تأمین نیاز ورودی به مخزن سد کرخه می‌تواند یک نقش تنظیم‌کننده مناسب داشته باشد (علیزاده، ۲۰۰۶). در حوضه‌های بهشت‌آباد و کوه‌رنگ هم به منظور بررسی وضعیت منابع آب، مدل ویپ مورد استفاده قرار گرفت و مدل میزان آب قابل انتقال از حوضه‌های کوه‌رنگ و بهشت‌آباد به حوضه زاینده رود با در نظر گرفتن شرایط حوضه مبدأ حدود ۲۲۰ میلیون مترمکعب در سال برآورد کرد (سعیدی نیا و همکاران، ۲۰۰۸). همان‌طور که نتایج پژوهش‌ها در کشورهای مختلف نشان می‌دهد، خشک‌سالی پدیده‌ای است که از

دیدگاه مدل ویپ بسیار کم مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین در این پژوهش این موضوع مد نظر قرار گرفته است.

در حال حاضر راندمان کشاورزی در منطقه در حدود ۴۰ درصد می‌باشد. از این رو با بهبود راندمان آبیاری می‌توان میزان آب مصرفی بخش کشاورزی را که عمده آب آن از آبخوان تأمین می‌شود، کاست و در نتیجه برداشت آب از آبخوان را کاهش داد. البته با توجه به محدودیت منابع آب در آینده باید در جهت راندمان آبیاری سرمایه‌گذاری کرد. این مساله کمک می‌کند در زمان‌های خشک‌سالی بتوان خسارات بخش کشاورزی را کاهش داد و به بیان دیگر خشک‌سالی هیدرولوژیکی را مدیریت کرد. معمولاً در مواقع کم آبی برای جبران کمبود آب و رفع نیازهای کشاورزی به آب‌های زیرزمینی هجوم آورده می‌شود، بنابراین به نظر می‌رسد خشک‌سالی بیشترین تأثیر را روی نوسانات سطح ایستابی دارد از این رو برای ارزیابی جایگاه و درجه اهمیت افزایش راندمان آبیاری در منطقه مورد مطالعه و تأثیر آن در مدیریت خشک‌سالی هیدرولوژیکی، این پژوهش انجام شده است که با انجام مدل‌سازی منابع آب، این درجه تأثیر به صورت کمی بررسی می‌شود.

در این پژوهش سعی شده است با استفاده از مدل ویپ، منطقه مورد مطالعه، شبیه‌سازی و پس از برقراری بیلان، بین مولفه‌های مختلف سیستم، با تعریف سناریوهای مختلف به بررسی مسأله پرداخته شود. سناریوهای تعریف شده در این پژوهش عبارتند از:

الف: بررسی وضعیت کشاورزی منطقه بدون هیچ‌گونه کنترلی بر میزان برداشت از آبخوان و راندمان ۴۰ درصد برای اراضی کشاورزی.

ب: بررسی وضعیت کشاورزی منطقه با کنترل راندمان آبیاری (۶۰ درصد برای آبیاری سطحی و ۸۵ درصد برای آبیاری تحت فشار) و میزان برداشت از آبخوان. در نهایت خروجی‌های مدل که به صورت گراف و جدول می‌باشند، مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند.

## مواد و روش‌ها

**معرفی منطقه مورد مطالعه:** مناطق مورد مطالعه واحدهای هیدرولوژیک فارسان - جونقان با مساحت حوضه آبریز ۵۸۷۰۰ هکتار و سطح زیر کشت ۱۰۰۰۰ هکتار و همچنین شلمزار با مساحت حوضه آبریز ۳۴۵۰۰ هکتار و سطح زیر کشت ۵۵۰۰ هکتار می‌باشد که هر دو از واحدهای هیدرولوژیک مهم حوضه بهشت‌آباد (واقع در حوضه کارون شمالی) است. حوضه بهشت‌آباد با مساحت ۳۸۶۰ کیلومتر

مربع در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه تا ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی می‌باشد. این حوضه به طور کامل در محدوده استان چهارمحال و بختیاری قرار دارد. در شکل ۱ موقعیت دشت‌ها در حوضه بهشت‌آباد نشان داده شده است. پارامترهای اقلیمی در مناطق مورد مطالعه، مطابق جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱- پارامترهای اقلیمی منطقه مورد مطالعه.

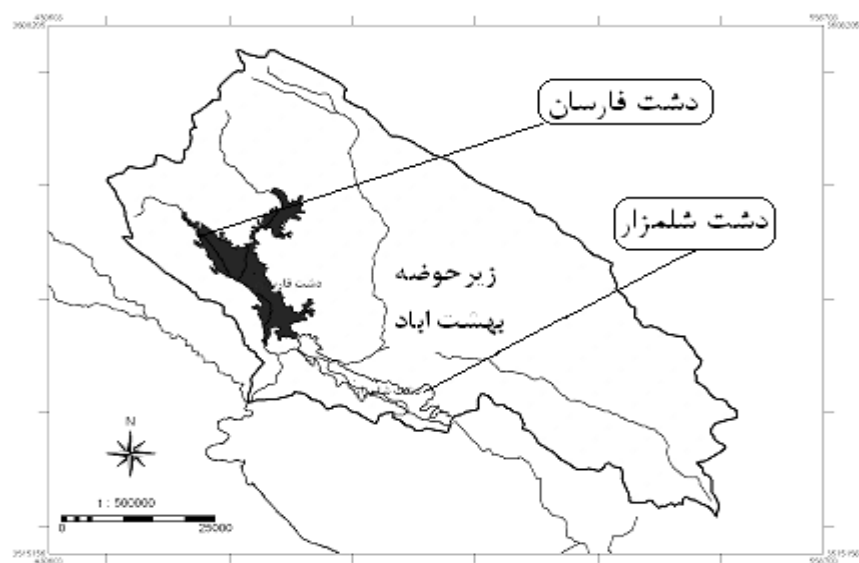
نام حوضه	واحد هیدرولوژیک	مساحت (کیلومتر مربع)	بارندگی سالانه (میلی‌متر)	دمای سالانه (سانتی‌گراد)	تبخیر سالانه (میلی‌متر)
فارسان-جونقان	۵۸۷	۴۰۳/۳۹	۱۰/۸۹	۱۳۱۹/۶۶	
بهشت‌آباد	۳۴۵	۳۴۹/۶۳	۱۲/۰۴	۱۴۰۹/۴۰	

**معرفی مدل و نحوه شبیه‌سازی:** برای شبیه‌سازی منطقه، مدل ویپ که از نقطه نظر ابزار تحلیلی، تمام ابعاد مدیریت آب و چاره‌اندیشی‌های متفاوت را می‌تواند ارزیابی و مصارف چندمنظوره و رقابتی را در یک سیستم منابع آب مدل نماید، مورد استفاده قرار گرفت. مدل بین سایت‌های مختلف عرضه و تقاضا ارتباط ایجاد کرده و کل سیستم را از نظر هیدرولوژیکی بررسی می‌کند.

خصوصیات مدل‌های هیدرولوژیکی تعبیه شده در ویپ عبارتند از نیمه تئوری، معین<sup>۱</sup>، پیوسته‌زمانی و نیمه توزیعی<sup>۲</sup>. در مدل‌های معین با در دست داشتن حالات کنونی سیستم، می‌توان مسیر حالت آینده سیستم را در یک بازه پیوسته زمانی طولانی، پیش‌بینی کرد. یکی از وظایف مدل شبیه‌سازی، ارزیابی سناریوهاست. سناریوهایی مانند: رشد و توسعه اقتصادی، تغییر برداشت از آب‌های زیرزمینی، صرفه‌جویی آب و... (علیزاده، ۲۰۰۶). مدل ویپ برای مدل‌سازی از یک ساختار شبکه گره-کمان استفاده می‌کند. به‌عنوان نمونه، برخی از گره‌های مورد استفاده در شبیه‌سازی عبارتند از: ۱- سایت‌های تقاضای شرب (شهری، روستایی و شهرک‌های صنعتی)، ۲- سایت تقاضای کشاورزی، ۳- مخازن سدها، ۴- آبخوان‌ها (سفره‌های آب زیرزمینی). برای برقراری ارتباط بین این گره‌ها از انواع کمان‌ها استفاده می‌کنند: ۱- کمان انتقال آب از منابع عرضه آب به سایت‌های تقاضا، ۲- کمان آب

1- Deterministic  
2- Semi-distributed  
3- Transmission Link

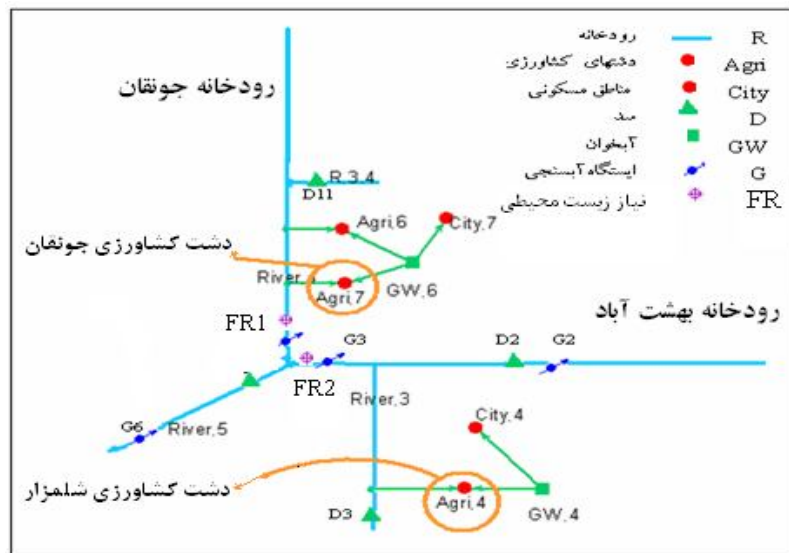
برگشتی<sup>۱</sup> که فاضلاب و پساب حاصل از سایت‌های تقاضا را به منابع عرضه (سطحی و زیرزمینی) بر می‌گرداند، ۳- رودخانه‌ها<sup>۲</sup>. شکل ۲ پیکربندی سیستم را به صورت شماتیک در کل حوضه نشان می‌دهد. در این پژوهش سایت‌های تقاضای کشاورزی جونقان و شلمزار مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

1- Return Flow

2- River



شکل ۲- شماتیک پیکربندی سیستم (عرضه و تقاضا) منطقه مورد مطالعه.

جدول ۲- معرفی مؤلفه‌های سیستم مربوط به منطقه مورد مطالعه.

G.3	ایستگاه آبسنجی کوه سوخته	Agri.4	دشت کشاورزی شلمزار	River 3	رودخانه شلمزار
G.5	ایستگاه آبسنجی درکش ورکش	Agri.6	دشت کشاورزی سورشجان	River 4	رودخانه جونتان
GW.4	آبخوان شلمزار	Agri.7	دشت کشاورزی فارسان-جونتان	R.3.4	رودخانه آلج
GW.6	آبخوان فارسان-جونتان	City.4	منطقه مسکونی شلمزار	River 5	رودخانه بهشت آباد
D11	سد آلج	City.7	منطقه مسکونی هفشجان	D4	سد چشمه زنه
		FR1	نیاز زیست محیطی جونتان	FR2	نیاز زیست محیطی شلمزار

به‌کارگیری مدل ویپ به‌طورکلی شامل دو مرحله است: اولین مرحله تعریف محدوده مطالعه و مسأله است، که در قالب زمانی، محدوده مکانی، اجزای سیستم و طراحی مسأله انجام می‌شود. مرحله دوم تدوین و تحلیل سناریوها می‌باشد، سناریوها مجموعه‌ای از فرض‌های گوناگون در مورد شرایط آینده در زمینه سیاست‌ها، هزینه‌ها و مؤلفه‌هایی که بر تقاضا، منابع و هیدرو لوژی مؤثرند، می‌باشد که در نهایت بر اساس یک سری معیارها تحلیل می‌شوند. در این مطالعه سال (۲۰۰۰) به‌عنوان سال پایه انتخاب و اثرات سناریوها در یک دوره بلند مدت ۳۰ ساله (۲۰۰۵ تا ۲۰۳۴) مورد ارزیابی قرار گرفت.

برای این منظور داده‌های آب وهوایی (بارش و طشتک تبخیر و دبی ایستگاه‌های آب‌سنجی) در دوره آماری (۱۹۷۵ تا ۲۰۰۴) انتخاب گردید. داده‌های بارش جهت سنجش میزان تغذیه در آبخوان‌ها و مناطق مورد مطالعه و داده‌های مربوط به میزان دبی ایستگاه‌های آب‌سنجی، جهت تخمین میزان جریان در شاخه‌های مختلف رودخانه و همچنین داده‌های طشتک تبخیر جهت تخمین میزان تبخیر از سدها و مناطق مجاور مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های ورودی مدل در گام‌های زمانی ماهانه می‌باشد.

### نتایج و بحث

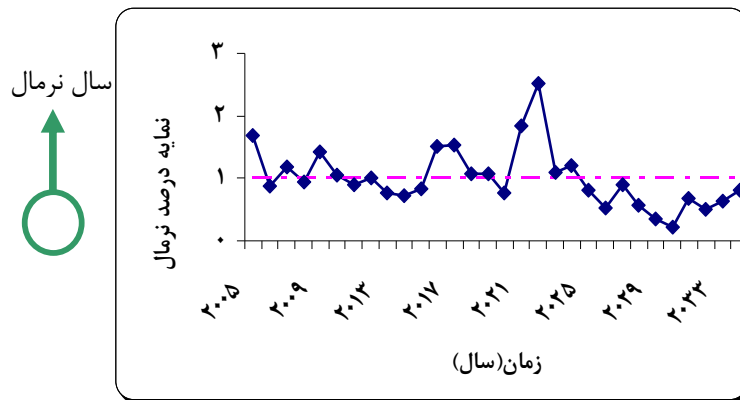
در این پژوهش، در ابتدا با استفاده از شاخص‌های دهک و درصد نرمال، تصویر جامعی از وضعیت خشک‌سالی منطقه به دست آمد، همان‌طور که عنوان مقاله نشان می‌دهد، خشک‌سالی هیدرولوژیکی مدنظر است. جهت این بررسی هم داده‌های مورد نیاز، داده‌های مربوط به میزان آبدهی ایستگاه‌های آب‌سنجی می‌باشد. در روش دهک‌ها مقادیر یک پارامتر تصادفی از نظر مقدار دسته‌بندی می‌شود. بنابراین برای هر پارامتر تصادفی می‌توان از آن استفاده کرد و داده‌های دبی نیز از این امر مستثنی نیستند.

جدول ۳ بیانگر نحوه طبقه‌بندی به‌روش دهک‌ها می‌باشد و شکل‌های ۳ و ۴ نیز تغییرات نمایه درصد نرمال را در دو آبخوان جونقان و شلمزار نشان می‌دهد.

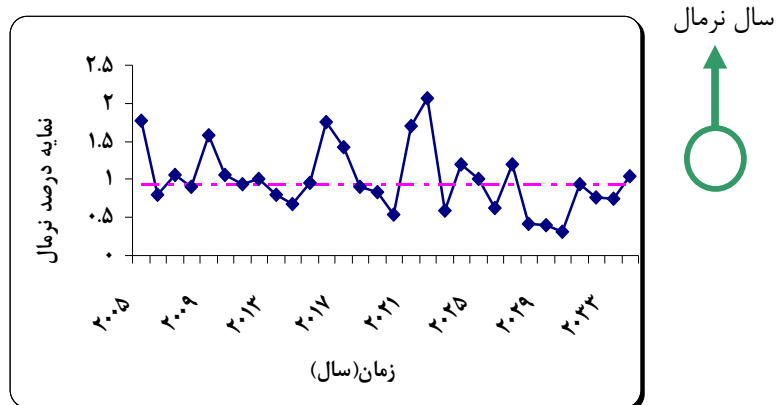
جدول ۳- توصیف وضعیت هیدرولوژیکی به‌روش دهک‌ها.

توصیف وضعیت	طبقات شاخص	توصیف وضعیت	طبقات شاخص
خشک‌سالی شدید	دهک اول (کمتر از ۲۰ درصد داده‌ها)	ترسالی متوسط	دهک چهارم (۶۰ تا ۸۰ درصد داده‌ها)
خشک‌سالی متوسط	دهک دوم (۲۰ تا ۴۰ درصد داده‌ها)	ترسالی شدید	دهک پنجم (۸۰ تا ۱۰۰ درصد داده‌ها)
نرمال	دهک سوم (۴۰ تا ۶۰ درصد داده‌ها)		

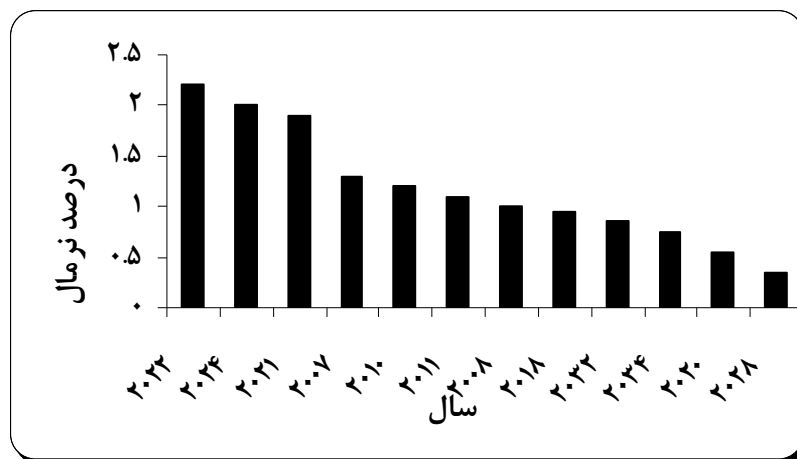




شکل ۳- تغییرات نمایه درصد نرمال در رودخانه جونقان.



شکل ۴- تغییرات نمایه درصد نرمال در رودخانه شلمزار.



شکل ۵- درصد نرمال مربوط به هریک از سال‌های منتخب برای مطالعه.

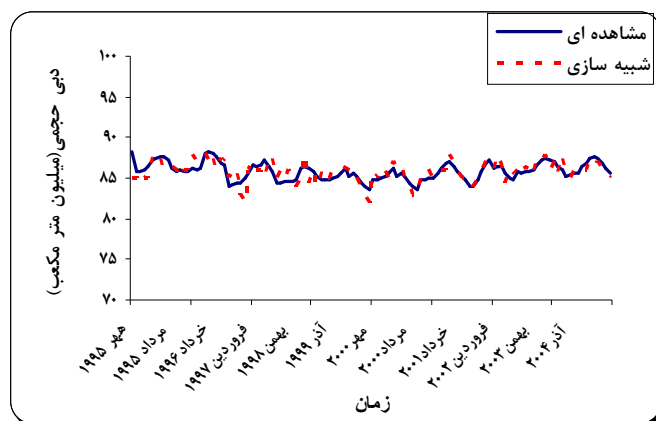
پس از مشخص شدن سال‌های تر، نرمال، و خشک (بر اساس آمار دبی ایستگاه‌های آب‌سنجی)، در هر یک از طبقات تعدادی از سال‌ها انتخاب گردید. علت انتخاب سال‌های محدود این است که بتوان اختلاف هیدرولوژیک را به صورت محسوس‌تری نشان داد. نحوه انتخاب به این صورت بود که در طبقه‌بندی دهک‌ها در هر طبقه، حد بالا و حد وسط، برای تحلیل و بررسی انتخاب شد (البته علاوه بر این سال‌های به‌خصوص، برای صحت بیشتر کار، تعدادی دیگر از سال‌ها به صورت تصادفی انتخاب شد). در شکل ۵ سال‌های دوره مطالعه به همراه درصد نرمال هر یک نشان داده شده است. پس از این مرحله، برای بررسی وضعیت هیدرولوژی و کشاورزی منطقه در این سال‌های مشخص، از مدل شبیه‌سازی ویپ استفاده شد.

**واسنجی و آنالیز حساسیت:** ضرورت انجام عملیات واسنجی به‌عدم قطعیت برخی پارامترهای مدل می‌باشد. چون برای واسنجی ابزار خاصی تعین نشده است، عمل واسنجی در مدل ویپ به صورت دستی انجام می‌شود (علیزاده، ۲۰۰۶). در این پژوهش برای واسنجی مدل یک دوره ۱۰ ساله (۱۹۹۵ تا ۲۰۰۴ میلادی) انتخاب شد. بعد از تشکیل فایل ورودی مدل، مدل بر مبنای اطلاعات دبی ایستگاه‌های هیدرومتری و داده‌های پیرومتریک دشت‌های مختلف موجود در محدوده مطالعاتی، کالیبره گردید. پارامترهای واسنجی عبارتند از: درصد آب برگشتی، نسبت تغذیه طبیعی، هدایت هیدرولیکی آبخوان‌ها و طول مسیر حرکت آب زیرزمینی تا نقطه خروجی به رودخانه. در این پژوهش مبنای واسنجی این

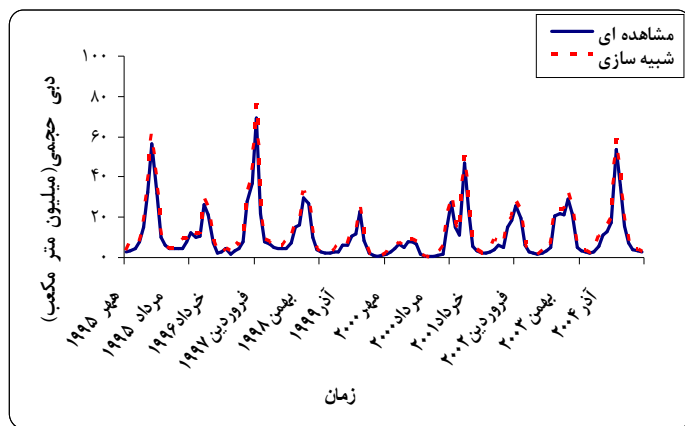
است که درصد خطای محاسباتی اطلاعات آب‌های زیرزمینی و سطحی نسبت به مقادیر مشاهداتی در دوره ده ساله واسنجی در یک حد قابل قبول (حداکثر ۱۰ درصد) باشد. به‌عنوان نمونه منحنی تغییرات آب‌دهی ماهانه مشاهداتی و محاسباتی در محل ایستگاه‌های جونقان و همچنین نتیجه به‌دست آمده مشاهداتی و محاسباتی حجم مخزن زیرزمینی فارسان جونقان در شکل‌های ۶ و ۷ نشان داده شده است. بر این اساس، خطاهای مربوط به برآورد، مطابق رابطه ۱، (درصد خطای نسبی) محاسبه و نتیجه کلی در جدول‌های ۴ و ۵ ارائه شده است.

$$RE = \left| \frac{Q_{sim} - Q_{obs}}{Q_{obs}} \right| \quad (1)$$

در این رابطه  $RE$ : درصد خطای نسبی،  $Q_{obs}$ : دبی مشاهده‌ای،  $Q_{sim}$ : دبی شبیه‌سازی شده می‌باشد.



شکل ۶- مقایسه آب‌دهی رودخانه جونقان در دو حالت مشاهده‌ای و شبیه‌سازی.



شکل ۷- مقایسه حجم مخزن فارسان-جوققان در دو حالت مشاهده‌ای و شبیه‌سازی.

جدول ۴- متوسط خطای مدل در برآورد حجم آب‌دهی رودخانه‌های محدوده مطالعاتی.

ردیف	نام واحد هیدرولوژیکی و نام اختصاری در مدل	نام رودخانه	ایستگاه آبنجی و نام اختصاری در مدل	متوسط خطا (درصد)
۱	شلمزار (River 1)	کیار	کوه سوخته- G3	۶/۳۵۳
۲	جوققان (River 4)	جوققان	درکش ورکش- G5	۳/۰۷۹

جدول ۵- پارامترهای آبخوان‌های مورد مطالعه در حالت واسنجی و متوسط خطای مدل در برآورد حجم آبخوان.

ردیف	نام دشت	حجم اولیه آبخوان (میلیون مترمکعب)	* ضریب نفوذ به دشت	ضریب آبدهی ویژه دشت (درصد)	میانگین حجم آبخوان کلیه ماه‌های دوره ده ساله واسنجی (میلیون مترمکعب)	متوسط خطا (درصد)
۱	فارسان (GW 6)	۱/۸۸	۰/۲۷	۲/۲	۸۵/۸	۲/۶۵۶
۲	شلمزار (GW 4)	۸۲	۰/۳۹	۲/۴	۸۴/۳	۵/۶۶۴

\* ضریبی که با ضرب کردن آن در بارندگی منطقه، میزان تغذیه طبیعی به دشت به دست می‌آید.

بعد از واسنجی آنالیز حساسیت انجام گرفت، با این عمل پارامترهای حساس مدل شناسایی گردید. در این پژوهش با تغییر ۲۰ درصدی هر یک از پارامترهای مورد نظر (ثابت نگهداشتن سایر پارامترها)، حساسیت مدل نسبت به آن‌ها سنجیده شد. درصد تغییرات در میزان تغذیه و تخلیه آبخوان، به ازای

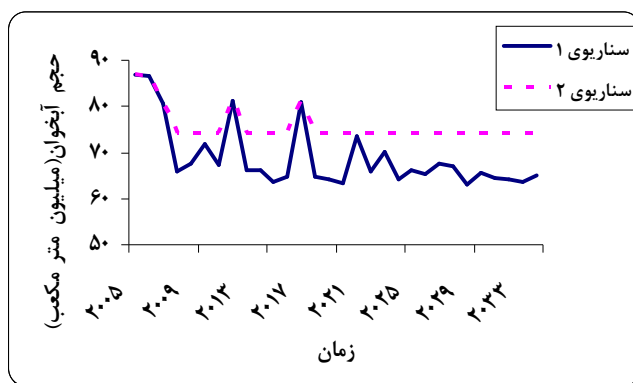
تغییر هر کدام از پارامترها محاسبه گردید. نتایج بیانگر آن است که حساس‌ترین پارامترها عبارتند از: ضریب نفوذ به دشت (ضریبی که با ضرب کردن آن در بارندگی منطقه، میزان تغذیه طبیعی به دشت به دست می‌آید)، ضریب آب‌دهی ویژه. البته آنالیز حساسیت در بخش آب‌های سطحی هم انجام گرفت. تغییر هر یک از پارامترها تأثیر چشمگیری روی رژیم آبدهی رودخانه نداشت، در حدی که قابل چشم‌پوشی است. به‌عنوان نمونه، درصد تغییرات تغذیه آبخوان در آنالیز حساسیت در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- درصد تغییرات تغذیه آبخوان در آنالیز حساسیت برای آبخوان‌های مورد مطالعه.

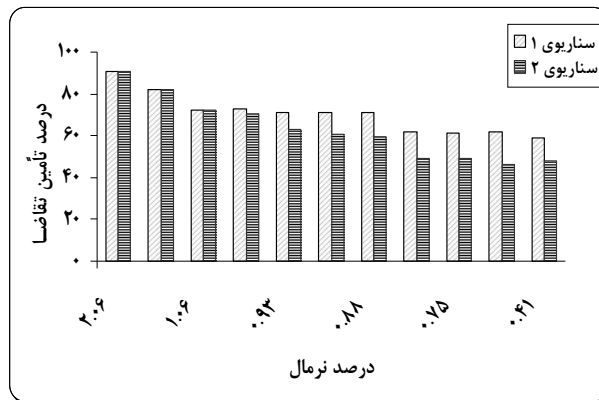
پارامتر آنالیز حساسیت	شرح پارامتر	آبخوان فارسان	آبخوان شلمزار
ضریب نفوذ	تغذیه آبخوان بدون افزایش پارامتر ضریب نفوذ (mcm)	۲۳/۱۹	۶/۰۹۲
	تغذیه آبخوان به ازای افزایش ۲۰ درصد پارامتر ضریب نفوذ (mcm)	۲۶/۷۷	۶/۹۸
<b>درصد تغییرات در دو حالت</b>			
هدایت هیدرولیکی	تغذیه آبخوان بدون افزایش پارامتر هدایت هیدرولیکی (mcm)	۲۳/۱۹	۶/۰۹۲
	تغذیه آبخوان به ازای افزایش ۲۰ درصد پارامتر هدایت هیدرولیکی (mcm)	۲۳/۴۲	۶/۱۲۵
<b>درصد تغییرات در دو حالت</b>			
ضریب آبدهی ویژه	تغذیه آبخوان بدون افزایش پارامتر ضریب آبدهی ویژه (mcm)	۲۳/۱۹	۶/۰۹۲
	تغذیه آبخوان به ازای افزایش ۲۰ درصد پارامتر ضریب آبدهی ویژه (mcm)	۲۵/۲۴	۶/۷۶
<b>درصد تغییرات در دو حالت</b>			
		۸/۸۴	۱۰/۹۶

**تدوین سناریوها:** همان‌طور که در بخش‌های قبل گفته شد، پس از مشخص شدن سال‌های تر، نرمال، و خشک، برای بررسی وضعیت هیدرولوژی و کشاورزی منطقه در سال‌های منتخب، از مدل شبیه‌سازی ویپ استفاده شد. منبع تأمین آب اراضی کشاورزی دشت جونقان، رودخانه جونقان با اولویت اول و آبخوان جونقان (با حجم ۸۶ میلیون مترمکعب) با اولویت دوم است. در دشت شلمزار هم، منبع تأمین آب در اولویت اول رودخانه شلمزار و در اولویت دوم آبخوان شلمزار (با حجم ۸۴ میلیون مترمکعب) است. برداشت بیش از حد از آبخوان، به‌خصوص در مواقع خشک‌سالی باعث نوسانات شدید سطح ایستابی می‌شود، به‌عبارت دیگر خشک‌سالی، بیشتر بر روی سطوح ایستابی تأثیر

می‌گذارد. بنابراین در این پژوهش جهت بررسی تأثیر واقعی خشک‌سالی هیدرولوژیکی بر وضعیت کشاورزی دو سناریو تعریف گردید: الف) سناریوی ۱: بررسی وضعیت کشاورزی منطقه بدون هیچ‌گونه کنترلی بر میزان برداشت از آبخوان. ب) سناریوی ۲: بررسی وضعیت کشاورزی منطقه با کنترل میزان برداشت از آبخوان. در این سناریو فرض شده است که حداکثر افت سطح ایستابی مجاز در طول دوره شبی‌سازی (۱۵ درصد تا ۲۰ درصد) می‌باشد. در دشت جونقان سال هفتم (سال ۲۰۱۱ با نمایه درصد نرمال ۰/۹۴) و در دشت شلمزار سال هشتم (سال ۲۰۱۲ با نمایه درصد نرمال یک)، به‌عنوان سال نرمال انتخاب گردید. درصد تأمین تقاضای اراضی کشاورزی در این سال ۷۰ تا ۸۰ درصد است که قابل قبول می‌باشد. در مرحله اول از تحلیل منطقه، ابتدا درصد تأمین تقاضا و سطح آب زیرزمینی در هر دو سناریو به‌صورت نمودار در شکل‌های ۸ و ۹ ارائه می‌گردد. شکل ۸ به‌طورکلی بیانگر این است که با کنترل میزان برداشت از آبخوان جونقان (سناریوی ۲) میزان درصد تأمین تقاضا در بیشتر سال‌ها، به‌خصوص سال‌های خشک کاهش پیدا می‌کند، از سوی دیگر مقایسه بین یک سال نیمه مرطوب (به‌عنوان مثال، سال سوم با درصد نرمال ۱/۰۶) و یک سال خشک (سال نهم با درصد نرمال ۰/۸۸)، در نمودار نشان می‌دهد که با وجود تغییر شرایط هیدرولوژیکی، درصد تأمین تقاضا در هر دو سال یکسان می‌باشد ولی با کنترل سطح ایستابی (شکل ۹)، درصد تأمین تقاضا در سال خشک حدود ۱۸ درصد کاهش یافته است. به‌عبارت دیگر در سناریوی ۲ رابطه‌ای منطقی بین درصد تأمین تقاضا و شرایط هیدرولوژیک منطقه برقرار می‌گردد.

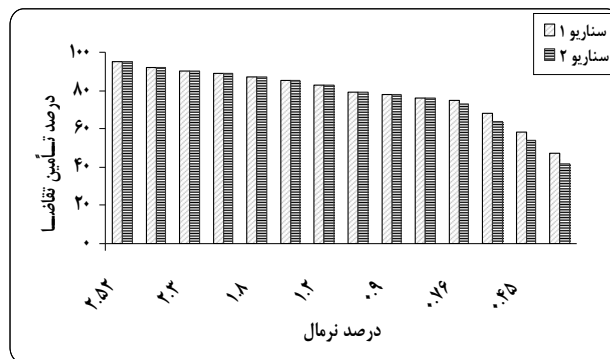


شکل ۸- تغییرات درصد تأمین تقاضا آبخوان جونقان تحت سناریوهای مختلف.

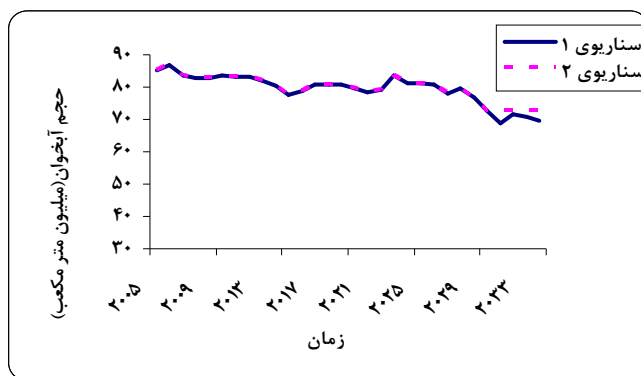


شکل ۹- تغییرات حجم آبخوان جوققان تحت سناریوهای مختلف.

همان‌طور که شکل ۹ نشان می‌دهد، در سناریوی ۲ در کل دوره شبیه‌سازی میزان برداشت از ۱۵ درصد حجم آبخوان تجاوز نکرده است.



شکل ۱۰- تغییرات درصد تأمین تقاضا دشت شلمزار تحت سناریوهای مختلف.

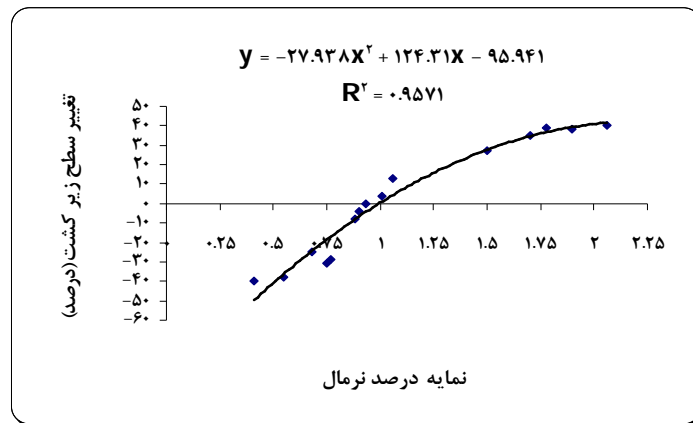


شکل ۱۱- تغییرات حجم آبخوان شلمزار تحت سناریوهای مختلف.

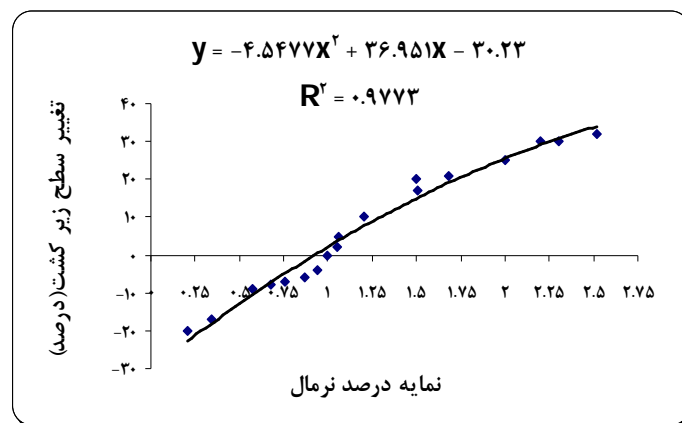
در مورد دشت شلمزار شرایط تا حدودی متفاوت می‌باشد. نوسانات آب زیرزمینی در این دشت تقریباً کم و میزان افت سطح ایستابی در طول ۳۰ سال شبیه‌سازی (به استثنای ۳ سال آخر) کمتر از ۲۰ درصد است (شکل ۱۱)، از این رو تغییرات شرایط هیدرولوژیکی بر روی میزان تأمین تقاضا محسوس می‌باشد. با توجه به اینکه تغییرات سطح آب زیرزمینی کمتر از حد مجاز است بنابراین میزان درصد تأمین تقاضا در هر دو سناریو به استثنای چند سال آخر شبیه‌سازی، تقریباً یکسان می‌باشد، در چند سال آخر شبیه‌سازی، با کنترل سطح ایستابی، میزان درصد تأمین تقاضا تحت سناریوی S2 تا حدودی کاهش می‌یابد (شکل ۱۰).

در مرحله بعد، یک سطح تقاضای مطلوب (۷۰ تا ۸۰ درصد (مربوط به سال نرمال))، برای کل سال‌های تر و خشک، در نظر گرفته شد. برای رسیدن به این سطح از تقاضا باید در سال‌های مرطوب سطح زیر کشت اضافه و برعکس در سال‌های خشک سطح زیر کشت کاهش پیدا کند. این مقدار کاهش و یا افزایش توسط مدل محاسبه و در نهایت مدل، سطح زیرکشت متناسب با شرایط هیدرولوژیکی هر سال را ارائه داد، سپس با مبنای قرار دادن سال نرمال به عنوان سال پایه، میزان تغییر سطح زیرکشت در هر سال با شرایط هیدرولوژیکی خاص برای هر یک از دشت‌ها، حاصل شد (شکل‌های ۱۲ و ۱۳).





شکل ۱۲- تغییر سطح زیر کشت به ازای تغییر درصد نرمال (شرایط مختلف هیدرولوژیک) در دشت جونقان



شکل ۱۳- تغییر سطح زیر کشت به ازای تغییر درصد نرمال (شرایط مختلف هیدرولوژیک) در دشت شلمزار

در نمودار های فوق برای نشان دادن شرایط هیدرولوژیکی هر سال از شاخص درصد نرمال مربوط به هر سال استفاده گردید و در نهایت با ایجاد بهترین برازش، رابطه‌های زیر حاصل شد.

$$y = -4/548 (x)^2 + 36/951(x) - 30/23 \quad 0/21 < x < 2/6 \quad (2)$$

$$y = -27/936(x)^2 + 124/31(x) - 95/941 \quad 0/3 < x < 2/06 \quad (3)$$

Y: میزان تغییر سطح زیر کشت در هر سال (درصد)

X: نمایه درصد نرمال مربوط به هر سال

### نتیجه‌گیری

به‌منظور بررسی و ارزیابی اثرات خشک‌سالی بر روی دشت‌های کشاورزی فارس- جوققان و شلمزار و همچنین آبخوان‌های مربوطه از مدل تخصیص منابع آب استفاده گردید. برای این منظور سناریوهای مختلف طرح و اثرات آن ارزیابی گردید. نتایج نشان می‌دهد که در دشت جوققان تأثیر خشک‌سالی بر روی نوسانات سطح ایستابی نسبت به کشاورزی بیشتر محسوس بوده است، به‌گونه‌ای که در برخی از سال‌های خشک، حجم آبخوان در حدود ۳۰ درصد کاهش پیدا می‌کند، ولی در دشت شلمزار با توجه به افت کم سطح ایستابی تأثیر خشک‌سالی بر وضعیت کشاورزی منطقه تأثیر بیشتری نشان داده است. در واقع می‌توان گفت با کنترل سطح ایستابی، می‌توان تأثیر واقعی خشک‌سالی هیدرولوژیکی بر وضعیت کشاورزی منطقه را تحلیل کرد. همچنین با توجه به شرایط مختلف هیدرولوژیکی و سطح زیر کشت مطلوب، یک تابع درجه دوم برای تأثیر خشک‌سالی در هر یک از دشت‌ها ارائه گردید. به‌طوری که در دشت شلمزار، در صورتی که یک خشک‌سالی شدید (درصد نرمال ۰/۳) رخ دهد باید حدود ۱۹ درصد کاهش سطح زیر کشت را شاهد باشیم، تا درصد تأمین تقاضا (میزان آب مورد نیاز گیاه که با توجه به راندمان و نیازآبی محاسبه می‌شود)، بالای ۷۰ تا ۸۰ درصد باقی بماند. قابل ذکر است که برای بررسی دقیق تأثیر خشک‌سالی باید تمام فاکتورهای هیدرولوژیکی و اقلیمی را مد نظر قرار داد، تا بتوان به نتایج مطلوب و دلخواه رسید.

### پیشنهادات

- ۱- استفاده صحیح از مدل مستلزم داشتن داده‌های سالم (داده‌های ورودی مدل مانند آمار بارش، دبی، تبخیر، نیاز آبی سایت‌های تقاضای کشاورزی، شرب و صنعت، نوسانات چاه‌های مشاهده‌ای و...) و کامل می‌باشد. در صورتی این مدل انتخاب شود که داده‌های کامل در دسترس باشد.
- ۲- در صورت کامل شدن داده‌ها، بهتر است مشابه این پژوهش در گام‌های زمانی ماهانه انجام شود.
- ۳- پیشنهاد دیگر ارایه الگوی کشت مناسب و بهینه در مواقع کم آبی توسط مدل می‌باشد.

۴- استفاده از نقشه‌ها جهت زمینه حوضه (برای ساختن شماتیک بهتر از حوضه) با این عمل مولفه‌های مختلف سیستم در مکان واقعی خود قرار می‌گیرند.

### منابع

1. Alfara, A. 2004. Modeling Water resource management in Lake Naivasha. Thesis submitted to the International Institute for Geo-information Science and Earth Observation. M.Sc thesis, Amsterdam University. 1-90.
2. Alizadeh, H. 2006. Evaluation hydrological effect of water allotment Scenarios in basin by weap software, Case study: (Karkhe Basin). M.Sc thesis, Civil Engineering faculty, Sanati Sharif University. 20-153. (In Persian)
3. Hafezprast, M., and Kholghi, M. 2006. Water resources programming by WEAP model in Hablerood catchments. P 31-45, In: Safavi, H., K. Asghari (eds.), Proceeding of the 2nd Water Resource Management Conference, Isfahan. Iran. (In Persian).
4. Levite, H., and Sally, H. 2003. Testing water Demand management Scenarios in a water-stressed Basin in South Africa: application of the WEAP model. Physics and Chemistry of the Earth. 28. 779-786.
5. Raskin, P., Hansen, E., and Zhu, Z. 1992. Simulation of water supply and demand in the Aral Sea region. Journal of water International. 17, 55-67.
6. Saeedinia, M., Samadi, H, Arab, D.R., and Zaree, A.R. 2008. Study of interbasin Water transfer by using WEAP model, Case study: (Behesht abad Water Project. Iranian Water Research Journal. 3: 33-44. (In Persian).
7. Saeedinia, M. 2008. Evaluation of Behesht Abad and Kohrang Basins water resources aim to agricultural sustainable development via water resources modeling. M.Sc. thesis, Dept. of water Engineering, shahrekord University. 20-32. (In Persian).
8. Seifi, K., Nazarifar, M.H., Rashidi, M., and Momeni, R. 2006. Water Demand Management to stability of Water Management Resource (case Study: Izeh Country). P109-124, In: Safavi, H., K. Asghari (eds.), Proceeding of the 2nd Water Resource Management Conference, Isfahan. Iran. (In Persian).
9. Yates, D., Purkey, D., Sieber, J., Huber-Lee, A., Galbraith, H., West, J., and Herrod-Julius, S. 2005. A Physically-Based, Water Resource Planning Model of The Sacramento Basin, California USA. ASCE J. of Water Resources Planning and Management. 66, 357-372.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 18(3), 2011*  
[www.gau.ac.ir/journals](http://www.gau.ac.ir/journals)

## **Evaluation of Drought Effect on the Ground Water Resource and Agricultural Development in the Behesht Abad Basin Using WEAP Model**

**\*M. Saeedinia<sup>1</sup>, H. Samadi brojeni<sup>2</sup>, A. Maleki<sup>3</sup> and A. Izadi<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Graduate M.Sc. student of Irrigation and Drainage Sharekord University, <sup>2</sup>Prof., Dept. of water engineering Shahrekord University, <sup>3</sup>Prof. Dept. of water engineering Lorestan University, <sup>4</sup>Ph.D. student Irrigation and Drainage Ferdowsi University of Mashhad

Received: 2009-8-29; Accepted: 2011-2-23

### **Abstract**

Drought is one of the significant problems that has situated in the first rank from the perspective of intensity, duration and damages among the other natural disasters. Some times for compensating this defect, users attack to wards ground waters. if this condition continue, water resource excessively reduce, so The Farsan-Jonaghan and Shalamzar hydrologic units were selected to examine the effect of drought on the Ground Water Resource and agriculture in the Behesht Abad basin(Sub Basin of north karoon Basin), respectively. 30 years records of hydrometry station of Darkesh-Varkesh and Koohe Sookhteh located in the outlet of Jonaghan and Behesht Abad River was used to monitoring of drought effect in the Farsan-Jonaghan and Shalamzar plains, respectively. Normal percentage index was used to determine of wet, normal and dry years. WEAP model as water resources allocation model was utilized to evaluate of agriculture status. The model was calibrated and validated using data for 10 (1995-2004) and 30 (2005-2034) years, respectively. Then, some scenarios were considered. Condition of ground water level and agriculture was examined in the limited extract of an aquifer. The results showed that the highest effect of drought was on the groundwater level of aquifer (in some of dry years the volume of aquifer reduce 30%). In the other scenario, the fluctuation of groundwater level of aquifer was controlled during dry years. In this condition, there was a significant different between the percentages of meeting demands of dry and wet years. The level of normal cultivation with regard to the kind of climate was modeled with consideration of normal demand supply percent in total wet and dry years. Finally, using the results of model, a graph was prepared that it can be used for measuring of the cultivation area changing for each degree of drought.

**Keywords:** Drought; Joonaghan and Shalamzar Plain; Scenarios; WEAP Mode

---

\*Corresponding author; Email: mehri\_saeedinia@yahoo.com