Archive of SID

نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iranian Journal of Watershed
Management Science & Engineering

سال چهاردهم- شماره ۴۹- تابستان ۱۳۹۹ Vol. 14, No. 49, Summer 2020

تخصیص بهینه منابع آب حوزه آبخیز خانمیرزا با استفاده از مدل WEAP

سارا مردانیان[۱]، رفعت زارع بیدکی[۲]، خدایار عبدالهی[۳]

تاریخ دریافت: ۰۹/ ۰۸/ ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: ۲۴/ ۰۷/ ۱۳۹۸

چکیده

محدودیت منابع آب و افزایش تعداد و تنوع حقابه‌بران موجب شده که تخصیص بهینه آب، بیش از پیش اهمیت پیدا کند. حوزه آبخیز خانمیرزا در استان چهارمحال‌وبختیاری، توسعه غیرپایداری را با اتکا به منابع آب زیرزمینی تجربه کرده است. در نتیجه برداشت‌های نامتعادل، افت شدیدی در آبخوان دشت خانمیرزا به وجود آمده است. به منظور بررسی تخصیص و تغییرات مکانی منابع آب، مدل تخصیص حوزه آبخیز خانمیرزا در محیط WEAP با تعریف سال پایه(۱۳۹۳)، سال افق طرح(۱۴۰۳) و گام‌های زمانی یک‌ماهه توسعه داده شد. چهار سناریوی محتمل شامل سناریوی مرجع، سناریوی بدبینانه، سناریوی خوش‌بینانه و سناریوی واقع‌گرایانه در ده سال آینده در مدل WEAP بررسی شدند. نتایج نشان داد به‌ترتیب درسناریوی مرجع، بدبینانه، خوش‌بینانه و واقع‌گرایانه ۵۱، ۷۹، ۳۰ و ۴۱ میلیون مترمکعب از حجم تقاضا قابل تأمین نیست. با توجه به حجم بالای نیاز آبی در بخش کشاورزی، نیاز به مدیریت و برنامه‌ریزی ویژه در این بخش جهت جلوگیری از افت آب زیرزمینی، کاملاً ملموس می‌باشد. همچنین نیاز بخش کشاورزی در حوزه مورد مطالعه به‌صورت رقیب حقابه محیط زیست عمل می‌کند و بدون مدیریت زمین، مدیریت بخش آب با تنش مواجه خواهد بود.

کلیدواژه‌ها: ***بهینه‌سازی الگوی تخصیص آب، سناریوی محتمل، شبیه‌سازی، بیلان آب، حوزه آبخیز خانمیرزا.***

مقدمه

کم‌تر از یک درصد از آب‌های جهان به‌صورت شیرین در دسترس بشر است [۱۱]. محدودیت منابع آب به همراه رشد روزافزون تقاضا در زمینه‌های متفاوت، شرایط بحرانی را برای منابع آب جهان رقم زده است [۱۲]. باتوجه به بارش کم‌تر از یک سوم میانگین جهان و رشد سریع جمعیت و مصرف آب در ایران، تخصیص بهینه آب در بین حقابه‌بران متعدد و متنوع، بیش از پیش اهمیت پیدا می‌کند [۱۰و۱۸]. استراتژی‌ها و سیاست‌های اثربخش، از جمله شناسایی اولویت‌ها و تخصیص بهینه آب در آبخوان‌هایی که دارای بهره‌برداران مختلف است، امری اساسی برای توسعه پایدار در هر منطقه محسوب می‌شود [۱۷و۲۳]. در حالت ایده‌آل، تخصیص آب بایستی ازنظر اقتصادی، کارآمد و از نظر فنی، عملی و هم‌چنین از نظر اجتماعی، عادلانه باشد. در انتخاب مدل مناسب، توجه به قابلیت‌ها، داده‌های در دسترس و ساختار مدل اهمیت بسیار دارد. در زمینه شبیه‌سازی منابع آب با مدل[۴] WEAP تحقیقات زیادی صورت گرفته‌است. از جمله این مطالعات می‌توان به تحقیق امیری و همکاران [۳]. اشاره کرد که نسبت به شبیه‌سازی آب‌های زیرزمینی با استفاده از مدل بیلان آب WEAP در غرب حوزه آبخیز دریاچه ارومیه پرداختند. نتایج بررسی سناریوهای مختلف مدیریتی بر وضعیت آبخوان گویای دقت مدل در شبیه‌سازی بود. پسندیده و همکاران [۱۴] طی تحقیقی به محاسبه بیلان آبی حوزه آبخیز دشت ایلام و برآورد میزان تغییرات سطح زیر کشت در سال‌های آتی با تعریف سناریوهای مختلف در مدل WEAP پرداختند. نتایج نشان‌گر این موضوع بود که رواناب شبیه‌سازی‌شده برآورد نزدیک و با دقت مناسبی از رواناب مشاهداتی است. رستگارپور و فرهادی [۱۶] با استفاده از مدلWEAP به تخصیص اولویت‌دار منابع آب بر اساس نیازها در محدوده سد طالقان پرداختند. براساس نتایج به‌دست‌آمده، در بخش کشاورزی نیاز آب به‌طور کامل تأمین نشده و بخش شهری بر بخش کشاورزی اولویت دارد. مرید و باقری هارونی [۱۰]، طی تحقیقی به مقایسه مدل‌هایWEAP وMIKE BASIN در تخصیص بهینه آب در رودخانه تالوار پرداختند. نتایج نشان داد که در زمینه تخصیص اولویت‌محور، دو مدل رفتار و عملکرد متفاوتی نشان دادند اما در زمینه قوانین بهره‌برداری و شبیه‌سازی مخزن نتایج دو مدل کاملاً یکسان است. اوکنگو و همکاران[۵] [۱۳] به تخصیص بهینه منابع آب

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد.
۲- نویسنده مسئول و استادیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه شهرکرد. پست الکترونیک:
Zare.rafat@sku.ac.ir
۳- استادیار مهندسی منابع آب، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد.

4. Water Evaluation and Planning
5. Okungu et al.

www.SID.ir

Archive of SID

با بررسی چهار سناریو برای سه نیاز شهری، کشاورزی و صنعت با استفاده از مدلWEAP پرداختند. تخصیص آب در سناریوهای مورد بررسی بر اساس اولویت‌های تقاضا انجام شد. ژنگ و همکاران[1] [۲۵] باتوجه به شرایط هیدرولوژیک متغیر رودخانه زردچین تخصیص انعطاف‌پذیر جریان را پیشنهاد دادند. هملت و همکاران[2] [۴] با استفاده از مدل WEAP به ارزیابی و تحلیل بیلان موجود، پیش‌بینی وضعیت آینده و همچنین تحلیل سناریوهای ممکن در حوزه آبخیز غربی الجزایر پرداختند. نتایج نشان داد که در بخش شهری میزان تقاضا برای سناریوهای در نظر گرفته شده تأمین می‌گردد ولی نیاز بخش کشاورزی، تنها در صورت انتقال آب قابل تأمین خواهد بود. آلفرا[3] [۲] طی مطالعه‌ای به مدل‌سازی جهت مدیریت منابع آب در دریاچه‌ی نایواشا در کشور کنیا با استفاده از مدل WEAP پرداخت. نتایج نشان داد مهم‌ترین مشکل موجود مربوط به آب اختصاص داده‌شده به بخش کشاورزی است که بیشتر از نیاز آبی واقعی اراضی بوده است.

برای تعیین مناسب‌ترین نحوه تخصیص و همچنین ارزیابی منابع آب حوزه آبخیز خانمیرزا تحت شرایط خوش‌بینانه، واقع‌گرایانه و بدبینانه از مدل WEAP استفاده شده است. مدل‌سازی و پاسخ به نیازهای منطقه خانمیرزا، مستلزم تعریف مفهوم وابستگی منطقه‌ای به منابع آب است. سیاست‌گذاری در جهت تخصیص بهینه منابع باقی‌مانده در حوزه بر پایه مفهوم پویایی سیستم را می‌توان به‌عنوان نوآوری در این طرح عنوان کرد. بررسی تخصیص منابع آب حوزه خانمیرزا با علم پویای سیستم در محیط WEAP و پیش از آن در نرم‌افزار VENSIM [۹]، و استفاده از نتایج آن در تحقیق حاضر، انجام می‌شود. کمبود منابع آب در حوزه مورد مطالعه، خود گویای اهمیت کاربردی مطالعه به‌ویژه در تعادل‌بخشی استفاده از منابع آب‌های زیرزمینی است. لذا از نتایج این طرح می‌توان در برنامه‌ریزی‌ها و مدیریت حوزه آبخیز با تأکید بر محدودیت منابع آب استفاده کرد. **اهداف مدنظر این پژوهش را می‌توان به این صورت خلاصه نمود:**

۱- بررسی وضعیت بیلان آب.

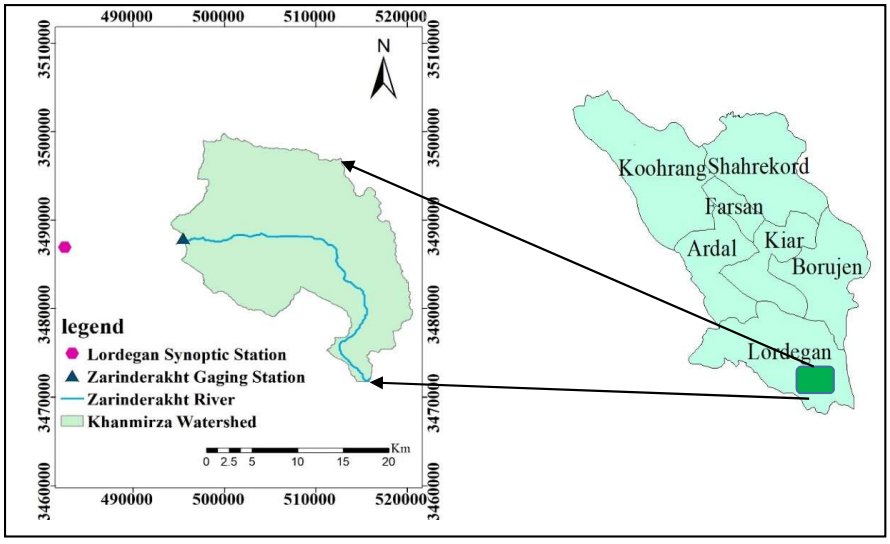
۲- ارزیابی منابع آب دشت جوانمردی تحت شرایط خوش‌بینانه، واقع‌گرایانه و بدبینانه.

۳- مقایسه سناریوهای مختلف تخصیص منابع آب حوزه آبخیز خانمیرزا و تعیین مناسب‌ترین نحوه عرضه منابع آب منطقه.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه خانمیرزا در حدفاصل طول‌های جغرافیایی ۵۰ درجه و۵۵ دقیقه و ۵۱ درجه و ۱۸ دقیقه و عرض‌های جغرافیایی ۳۱درجه و ۲۲دقیقه و۳۱ دقیقه و ۳۸ دقیقه با مساحت ۳۹۷ کیلومترمربع واقع شده است. حوزه آبخیز خانمیرزا یکی از مهم‌ترین زیرحوزه‌های کارون شمالی است که در محدوده شهرستان لردگان قرار دارد [۲۱]. این حوزه دارای اشتغال ۸۶ درصدی در بخش کشاورزی است [۱]. رودخانه خانمیرزا مهم‌ترین منبع آب سطحی منطقه است. هم‌اکنون عمده منبع تأمین آب آبیاری و آشامیدنی منطقه از بیش از ۱۰۰۰ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق تأمین می‌شود. این حوزه به دلیل بهره‌برداری غیر اصولی از آب‌های زیرزمینی به‌خصوص طی دهه ۷۰ به بعد افت شدید در سطح آب‌های زیرزمینی را شاهد بوده است. جهت بررسی ویژگی‌های اقلیم منطقه در این مطالعه از



شکل۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه هیدرومتری در استان چهارمحال و بختیاری

Fig 1. The study area and gaging station in the Chaharmahal va Bakhtiari province

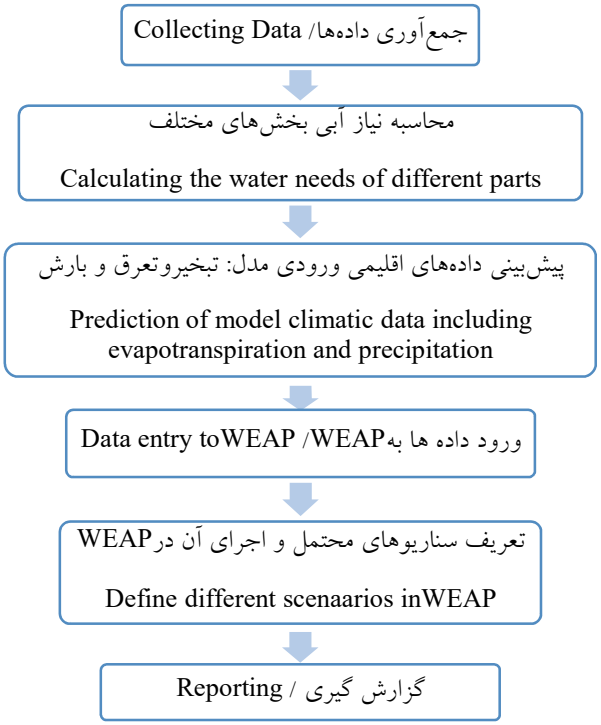
1. Zheng et al.
2 .Hamlat et al.
3.Alfarra

www.SID.ir

Archive of SID

آمار ایستگاه سینوپتیک لردگان(۱۳۷۴-۱۳۹۵)، استفاده گردید. شکل یک موقعیت محدوده مورد مطالعه و ایستگاه‌های مورد استفاده را در استان چهارمحال و بختیاری نشان می‌دهد.

گام‌های انجام این مطالعه از منظر روش‌شناسی شامل موارد زیر هستند که در شکل دو نشان داده شده است.



شکل۲- نمودار جریانی روش تحقیق

Fig2. Research method flowchart

مدل WEAP

مدل WEAP یک مدل تخصیص آب است که جهت حل مسائل تخصیص آب، از یک مدل برنامه‌ریزی خطی استاندارد در هر گام زمانی استفاده می‌کند که در آن تابع هدف به سمت حداکثر کردن درصد تأمین نیازهای نقاط تقاضا با توجه به اولویت در عرضه و تقاضا و تعادل جرمی سایر قیود سوق دارد. تمامی قیود به‌طور متناوب برای هر گام زمانی و با توجه به اولویت در عرضه و تقاضا تعریف می‌شوند [۲۴].

الگوریتم محاسباتی WEAP

این الگوریتم بر مبنای بیلان آب به شرح ارائه‌شده زیر است [۲۴].

رابطه تعادلی حجمی آب و آلودگی برای تمام گره‌ها و لینک‌های موجود در سیستم و در تمامی مراحل زمانی ماهانه توسط WEAP محاسبه می‌شود. انتقال آب در WEAP بر اساس تأمین نیازها با در نظر گرفتن اولویت نیازها و برتری منابع موجود آب، برقراری رابطه تعادل و سایر قیود انجام می‌شود و میزان آلودگی واردشده به آب محاسبه و کیفیت آب اندازه‌گیری می‌شود و در تمامی ماه‌ها محاسبات زیر صورت می‌گیرد.

نیاز سالانه و میزان تقاضای ماهانه در تمامی سایت‌ها

رواناب و نفوذ از حوزه با فرض عدم وجود جریان‌های آبیاری ورودی و خروجی‌های تمامی گره‌ها و لینک‌های سیستم که شامل محاسبه برداشت از منابع تأمین آب برای تأمین نیازهاست. محاسبات این مرحله با برنامه‌ریزی خطی (LP) انجام می‌شود.

اطلاعات ورودی به مدل

۱. حجم کل آبخوان و حجم آن در ماه اول سال شروع طرح: این داده‌ها در این مطالعه با استفاده از نقاط ارتفاعی سنگ کف آبخوان و ضریب آبدهی ویژه منطقه در محیط GIS محاسبه شد.

۲. بررسی وضعیت و پیش‌بینی اقلیم منطقه: براساس شاخص رطوبت مؤثر تعیین شد(جدول یک).

این شاخص از نسبت بارش به تبخیروتعرق پتانسیل حاصل می‌شود [۱۹].

$$EM = PPT/PET \quad (۱)$$

که در فرمول فوق EM= ضریب خشکی، PPT = متوسط بارندگی سالانه برحسب میلی‌متر و PET= متوسط تبخیروتعرق سالانه برحسب میلی‌متر می‌باشد.

جدول ۱- تعیین اقلیم بر اساس شاخص اقلیمی رطوبت مؤثر(Shinker and Bartlein, 2010)

Table 1. Climate Determination Based on Climate Index of Effective Moisture(Shinker and Bartlein, 2010)

نوع اقلیم	Type of climate	محدوده ضریب اقلیمی رطوبت مؤثر Range of effective humidity climatic coefficient
بسیار خشک	Very dry	0.05<
خشک	Dry	0.05-0.2
نرمال	Normal	0.2-0.5
مرطوب	Wet	0.5-0.65
خیلی مرطوب	Very wet	>1

۳. دبی ماهانه ورودی به آب زیرزمینی(میلیون مترمکعب) [۹].

۴. دبی ماهیانه رودخانه(میلیون مترمکعب).

۵. نیازمندی‌ها یا تقاضاها به ترتیب ۱- شرب ۲- صنعت ۳ - محیط زیست ۴- کشاورزی.

- اطلاعات نیاز آبی کشاورزی

نیاز کشاورزی آبی و باغ که به روش تحت فشار(راندمان ۷۵ درصد) و ثقلی(راندمان ۳۵ درصد) آبیاری می‌گردند. نیاز آبی خالص محصولات غالب حوزه با استفاده از نرم‌افزار NETWAT محاسبه و وارد مدل شد.

-اطلاعات نیاز آبی شرب

این نیاز براساس متغیرهای نرخ رشد، جمعیت اولیه و سرانه مصرف آب محاسبه گردید. سرانه مصرف آب در حوزه آبخیز

www.SID.ir

Archive of SID

خانمیرزا ۱۶۱ لیتر در روز است [۲۰]. نرخ رشد جمعیت این حوزه براساس آمار جمعیت حوزه در سال‌های ۱۳۸۵،۱۳۹۰،۱۳۹۵ با استفاده از رابطه شماره دو معادل ۱/۳ درصد در سال محاسبه شد.

$$P = P_0(1+R)^n \qquad (۲)$$

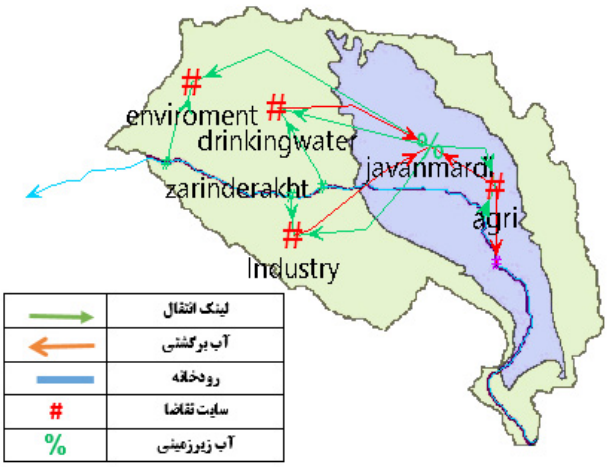
که در آن p جمعیت سال مقصد، P_0 جمعیت سال مبدأ، R نرخ رشد جمعیت و n تفاوت میان سال مبدأ و مقصد می‌باشد.

- اطلاعات نیاز آبی صنعت

با توجه به آمار کلی موجود برای شش ماه سرد و گرم محاسبه گردید [۲۰].

- اطلاعات نیاز آبی محیط زیست

با استفاده از روش مونتانا[1] [۲۲]، نیاز محیط زیست برای ایستگاه زرین درخت در خروجی حوزه مورد مطالعه ۲۷ /۳ میلیون مترمکعب به دست آمد. نیاز محیط زیست در جدول شماره دو نشان داده شده است. در شکل شماره سه شماتیکی از مدل تخصیص آب در حوزه آبخیز خانمیرزا در محیط WEAP نشان داده شده است.



شکل۳- شماتیک مدل تخصیص آب در حوزه آبخیز خانمیرزا در محیط WEAP

Fig3. Schematic of the water allocation model in Khanmyrza Basin watershed in WEAP environment

- اطلاعات منبع عرضه

منبع عرضه در این منطقه شامل دبی جریان رودخانه) میانگین ماهانه) و آب زیرزمینی(حجم آبخوان و تغییرات حجم ماهانه آن) با استفاده از روابط ذکر شده در جدول پ-۱ محاسبه شدند [۹].

- تدوین سناریوهای بهره‌برداری و ارزیابی در مدلWEAP

جهت بهینه‌سازی الگوی مصرف آب، شرایط حوزه تحت چهار سناریو در محیط WEAP مورد بررسی قرار گرفت:

۱. سناریوی مرجع: پیش‌روی شرایط موجود تا سال ۱۴۰۳

۲. سناریوی خوش‌بینانه(S1): درصورتیکه شرایط به خوش‌بینانه‌ترین حالت محتمل تا سال ۱۴۰۳ پیش رود.

۳. سناریوی بدبینانه(S2): در این سناریو بر اساس اینکه اگر پیش‌بینی‌های صورت گرفته به بدترین حالتی که به‌طور منطقی امکان رخ دادن دارد، اتفاق بیفتد به بررسی وضعیت آینده حوزه پرداخته شد.

۴. سناریوی واقع‌گرایانه(S3): درصورتیکه شرایط به محتمل‌ترین حالت ممکن با توجه به شرایط مدیریت کنونی(سال۱۳۹۳) تا سال ۱۴۰۳ پیش‌رود.

شاخص‌های تخصیص

به منظور بررسی کارائی تخصیص آب در مدل توسعه یافته از چهار شاخص به شرح زیر استفاده گردید:

- شاخص اطمینان پذیری(RI):

اطمینان‌پذیری زمانی: به آنالیز وضعیت شکست و یا عدم شکست سیستم می‌پردازد. این رابطه گویای نسبت تعداد کل ماه‌هایی است که سیستم در زمینه تأمین آب آن موفق بوده است [۵ و۷].

$$RI_t = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{M} d(j)}{T} \qquad (۳)$$

که در آن RI_t شاخص اطمینان‌پذیری زمانی، M تعداد کل وقایع شکست سیستم، d(j) امین واقعه شکست سیستم و T تعداد کل دوره‌های تعریف‌شده در سیستم است.

اطمینان‌پذیری حجمی: مقایسه‌ای بین مصرف و نیاز واقعی در مقیاس سالیانه انجام می‌دهد. هم نشان دهنده مصرف بیش از اندازه در سیستم است، هم تنش‌های آبی مواجه با آن را نشان می‌دهد [۸].

$$RI_v = \frac{\int_0^T \min(Q_S(t), Q_D(t))dt}{\int_0^T Q_D(t)dt} \qquad (۴)$$

که در آن RI_v شاخص اطمینان‌پذیری حجمی، Qs(t) حجم آب مصرفی و $Q_{D(t)}$ حجم تقاضا در زمان t است.

جدول۲- نیاز زیست‌محیطی رودخانه زرین‌درخت(میلیون مترمکعب)

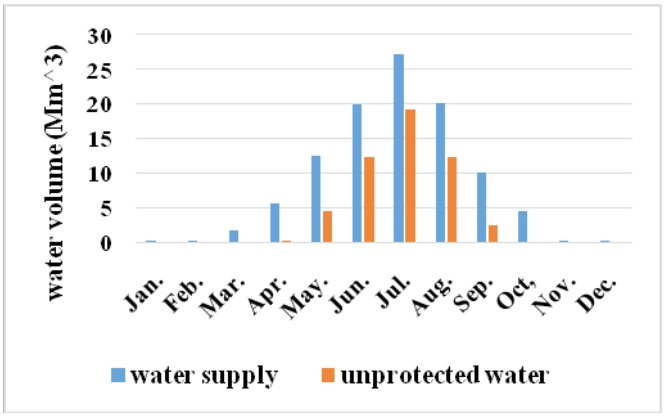
Table 2. Environmental Requirements for the Zarrinderakht River(Million Cubic Meters)

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
Month	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
نیاز Demand	0.23	0.41	0.41	0.90	0.41	0.23	0.23	0.051	0.062	0.062	0.041	0.23

1.Tennant

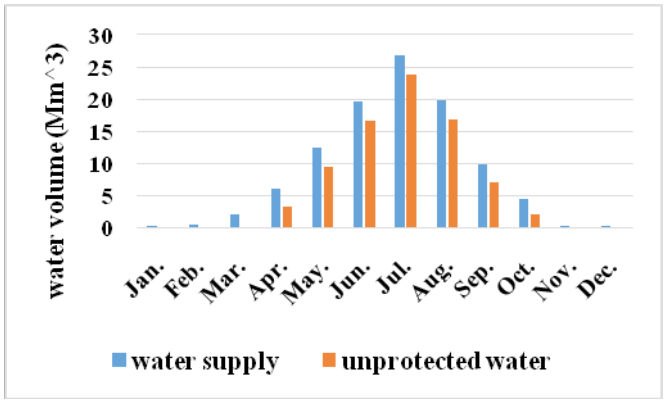
www.SID.ir

Archive of SID



شکل۴- حجم نیاز آبی و آب تأمین نشده (میلیون مترمکعب) در سناریوی مرجع

Fig4. The volume of water supply and unprotected water (million cubic meters) in the reference scenario



شکل۵- حجم نیاز آبی و آب تأمین نشده(میلیون مترمکعب) در سناریوی بدبینانه

Fig5. Volume of water supply and unprotected water (Million Cubic Meters) in the pessimistic scenario

جدول۳- شاخص‌های ارزیابی سیستم‌های منابع آب در سناریوی مرجع

Table3. Assessment Indicators of Water Resources Management Systems in the Reference Scenario

	نیاز کشاورزی(٪) Agriculture demand(%)	نیاز زیست‌محیطی(٪) Environment demand(%)	نیاز شرب(٪) Drinking water demand(%)	نیاز صنعت(٪) Industry demand (%)
شاخص اطمینان‌پذیری حجمی Volume reliability index	49	66	100	100
شاخص اطمینان‌پذیری زمانی Time reliability index	58	91	100	100
شاخص آسیب‌پذیری Vulnerability index	41	8	0	0

- شاخص آسیب‌پذیری(VI):

این شاخص نشان دهنده الگوی مصرف سیستم در مقابل موجودی آن است. این مقدار بیان‌کننده برابری میزان مصرف در سیستم با موجودی آن است و گویای بیش‌ترین آسیب‌پذیری می‌باشد [۱۵].

نتایج

نتایج حاصل از اجرای مدل در چهار سناریوی مرجع، بدبینانه(S1) خوش بینانه(S2) و واقع گرایانه(S3) برای سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۳ در ادامه آمده است. شاخص رطوبت مؤثر در سال ۱۳۹۳ برابر۰/۲ است که بیانگر وضعیت اقلیمی نرمال می‌باشد. در تمام سناریوها فرض است که نیاز شرب و صنعت کاملاً تامین شود و درصد تأمین یا عدم تأمین نیازهای کشاورزی و محیط زیست محاسبه شده است. در اشکال شماره سه تا هفت به ترتیب مقدار نیازآبی بخش‌های مختلف و عدم تامین آن‌ها برای سناریوهای نام‌برده نشان داده شده است.

با توجه به شکل چهار، در سناریوی مرجع مجموع نیازهای حوزه ۱۰۲/۵ میلیون مترمکعب است، و منابع حوزه قادر به تأمین ۵۱/۰۲ میلیون مترمکعب از آن نیست. بنابراین تأمین تقاضای آب دو نیاز زیست‌محیطی و کشاورزی با کمبود جدی مواجه می‌شود. بررسی نتایج در جدول سه، گویای عملکرد نه‌چندان مناسب منابع موجود در منطقه در تأمین نیازها و عدم تطابق مصرف و نیاز مخصوصاً در نیاز کشاورزی می‌باشد. همچنین نتایج شاخص‌ها مبین آنست که آسیب‌پذیری در بخش کشاورزی در این سناریو نسبتاً شدید است.

۱- سناریو بدبینانه(S1): در این سناریو تخصیص بهینه منابع آب حوزه خانمیرزا با در نظر گرفتن رشد جمعیت حوزه به‌صورت صعودی(با استفاده از تابع برون‌یابی موجود در مدل WEAP) انجام شد. با در نظر گرفتن سال‌های خشک متوالی، کاهش سطوح تحت فشار و توسعه سطوح ثقلی(به ترتیب ۰/۹۷ و ۱/۱۵ برابر)، کاهش حجم آورد رودخانه(۰/۰۸۸ برابر) و کاهش برداشت مجاز از آب زیرزمینی(۰/۲۴ برابر، بر مبنای فرمول ۱- انحراف معیار/میانگین محاسبه $1 - \frac{\text{انحراف معیار}}{\text{میانگین}}$ شد.

با توجه به شکل پنج در سناریوی بدبینانه مجموع کل نیازهای

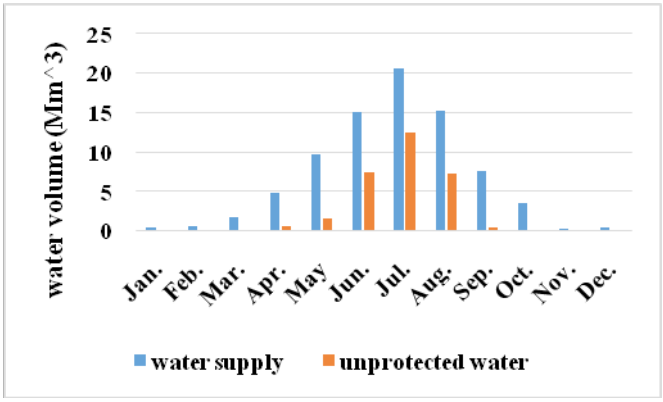
www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴- شاخص‌های ارزیابی سیستم‌های منابع آب در سناریوی بدبینانه

Table4. Aassessment Indicators of Water Resources Management Systems in the Pessimistic Scenario

نیاز صنعت(٪) Industry demand (%)	نیاز شرب(٪) Drinking water demand(%)	نیاز زیست‌محیطی(٪) Environment demand(%)	نیاز کشاورزی(٪) Agriculture demand(%)	
100	100	68	19	شاخص اطمینان‌پذیری حجمی Volume reliability index
100	100	68	43	شاخص اطمینان‌پذیری زمانی Time reliability index
0	0۰	31	57	شاخص آسیب‌پذیری Vulnerability index



شکل۶- حجم نیاز آبی و آب تأمین نشده(میلیون مترمکعب) در سناریوی خوش‌بینانه

Fig6. Volume of water supply and unprotected water(million cubic meters) in the optimistic scenario

حوزه ۱۰۲/۷۵ میلیون مترمکعب است که ۷۹/۳۰ میلیون مترمکعب آن در ۱۰ سال آتی تأمین نخواهد شد. مشاهده می‌شود که در سناریوی بدبینانه وضعیت تأمین دو نیاز کشاورزی و زیست‌محیطی نسبت به سناریوی مرجع، افول نسبتاً زیادی داشته است. مطابق جدول چهار شاخص‌های اطمینان‌پذیری، گویای عملکرد نامناسب منابع موجود در منطقه در تأمین نیازها خصوصاً کشاورزی است. همچنین آسیب‌پذیری در بخش کشاورزی نسبتاً شدیدتر است. بنابراین اگر شرایط به بدترین حالت ممکن در منطقه پیش روند، درده سال آینده منابع آبی موجود توان تامین نیاز کشاورزی و زیست‌محیطی را ندارد و مصرف بخصوص در بخش کشاورزی از موجودی آب بسیار بالاتر خواهد بود.

۲- سناریوی خوش‌بینانه(S2): تخصیص بهینه منابع آب حوزه خانمیرزا با در نظر گرفتن رشد جمعیت حوزه به‌صورت نرمال(براساس آمار جمعیتی موجود، به کمک تابع برون‌یابی Logistical forecast موجود در مدل WEAP انجام شد، در نظر گرفتن سال‌های تر متوالی، افزایش سطوح تحت‌فشار و کاهش سطوح ثقلی(به ترتیب ۱/۰۳ برابر و ۰/۸ برابر) و افزایش حجم آورد رودخانه(۱/۹ برابر) و افزایش برداشت مجاز از آب زیرزمینی(۱/۷برابر) که بر مبنای $1+\frac{\text{انحراف معیار}}{\text{میانگین}}$ محاسبه شد.

با توجه به شکل شماره شش، در این سناریو مجموع نیازهای حوزه ۷۹/۶ میلیون مترمکعب است و از این مقدار در ۱۰ سال آتی، فقط ۲۹/۹ میلیون مترمکعب تامین خواهد شد. عدم تأمین نیاز زیست‌محیطی و کشاورزی در این سناریو، نسبتا کمرنگ شده است که نشان دهنده وضعیت مناسب تأمین تقاضا نسبت به دو سناریوی قبل می‌باشد. در جدول شماره پنج، شاخص‌های ارزیابی برای سناریوی خوش‌بینانه آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که میزان آسیب‌پذیری نیاز کشاورزی و زیست‌محیطی نسبت به دو سناریوی قبل کاهش قابل‌مشاهده‌ای را نشان می‌دهد.

۳- سناریوی واقع‌گرایانه(S3): با در نظر گرفتن پیش‌بینی‌های انجام‌شده در سال‌های آتی، با استفاده از داده‌های بازسازی و پیش‌بینی‌شده از مدل جهانی اقلیمی(NCARCCSM3)، بدون در نظر گرفتن شرایط خاص مانند سناریوهای بدبینانه و خوش‌بینانه

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۵- شاخص‌های ارزیابی سیستم‌های منابع آب در سناریوی خوش‌بینانه

Table5. Assessment Indicators of Water Resources Management Systems in the Optimistic Scenario

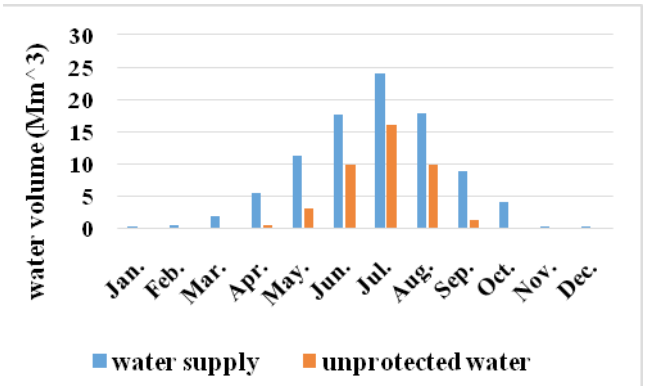
	نیاز کشاورزی(٪) Agriculture demand (%)	نیاز زیست‌محیطی(٪) Environment demand (%)	نیاز شرب(٪) Drinking water demand (%)	نیاز صنعت(٪) Industry demand(%)
شاخص اطمینان‌پذیری حجمی Volume reliability index	66	68	100	100
شاخص اطمینان‌پذیری زمانی Time reliability index	73	67	100	100
شاخص آسیب‌پذیری Vulnerability index	26	32	0	0

جدول۶- شاخص‌های ارزیابی سیستم‌های منابع آب در سناریوی واقع‌گرایانه

Table6. Assessment Indicators of Water Resources Management Systems in the Realistic Scenario

	نیاز کشاورزی(٪) Agriculture demand(%)	نیاز زیست‌محیطی(٪) Environment demand (%)	نیاز شرب(٪) Drinking water demand(%)	نیاز صنعت(٪) Industry demand(%)
شاخص اطمینان‌پذیری حجمی Volume reliability index	54	68	100	100
شاخص اطمینان‌پذیری زمانی Time reliability index	63	69	100	100
شاخص آسیب‌پذیری Vulnerability index	37	31	0	0

ساخته شد [۹].



شکل۷- حجم نیاز آبی و آب تأمین نشده(میلیون مترمکعب) در سناریوی واقع‌گرایانه

Fig7. Volume of water supply and unprotected water(million cubic meters) in the realistic scenario

با توجه به شکل هفت، در این سناریو مجموع نیازهای حوزه ۹۲/۷۵ میلیون مترمکعب است و از این مقدار در ۱۰ سال آتی ۴۱/۲۷ میلیون مترمکعب تامین نمی‌شود. در نتیجه بحران تأمین نیاز زیست‌محیطی و کشاورزی در این سناریو نیز به‌طور نسبی کمرنگ شده است که نشان دهنده وضعیت مناسب تأمین تقاضای زیست‌محیطی و کشاورزی نسبت به سناریوی مرجع و سناریوی یک(بدبینانه) است. اما همچنان در مقایسه با سناریوی خوش‌بینانه توان کم‌تری در تأمین تقاضا در نیاز کشاورزی را دارد. بنابراین در صورت فراهم نشدن شرایط سناریو خوش‌بینانه در اولویت دوم، باید با پیش‌گیری برنامه‌های مدیریتی جهت رسیدن به این شرایط تلاش کرد. بررسی نتایج جدول شش گویای عملکرد مناسب منابع موجود در منطقه در تأمین نیازها است و آسیب‌پذیری برای دو نیاز کشاورزی و زیست‌محیطی نسبت به سناریوی قبل بیشتر، اما نسبت به دو سناریوی مرجع و بدبینانه کم‌تر است.

در یک مقایسه کلی می‌توان نتیجه گرفت که صرف نظر از نیازهای شرب و صنعت که قرار است در همه سناریوها، به‌طور کامل تأمین شوند، نیاز کشاورزی کم‌ترین درصد اطمینان‌پذیری را از میان سایر نیازها دارد. در میان سناریوها، سناریوی بدبینانه کم‌ترین و سناریوی خوش‌بینانه بیش‌ترین میزان اطمینان‌پذیری حجمی و زمانی

www.SID.ir

Archive of SID

را داراست که گویای تأمین مناسب نیاز در این سناریو می‌باشد. در مورد آسیب‌پذیری می‌توان مشاهده کرد که میزان آسیب‌پذیری در سناریوی دو(خوش‌بینانه[1]) کم‌ترین مقدار را برای نیاز کشاورزی و زیست‌محیطی دارد که گویای بیش‌ترین تطابق میان الگوی مصرف در مقابل موجودی آب است.

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق با در نظر گرفتن رویکرد برنامه‌ریزی خطی، برای بررسی وضعیت حجم آب سطحی و زیرزمینی موجود حوزه آبخیز خانمیرزا در تأمین نیازهای شرب، صنعت، کشاورزی و محیط زیست در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۳ از مدل WEAP استفاده شد. در محیط WEAP با تعریف سال پایه(۱۳۹۳)، سال افق طرح(۱۴۰۳) و گام‌های زمانی یک‌ماهه، چهار سناریوی محتمل شامل سناریوی مرجع، بدبینانه، خوش‌بینانه و واقع‌گرایانه درنظر گرفته‌شد. با توجه به اولویت تخصیص شرب و صنعت فرض شده است که این دو نیازمندی به‌طور کامل تحت پوشش قرار می‌گیرند. بررسی سناریوی مرجع نشان داد منابع آب موجود در تأمین تقاضای آب در دو بخش زیست‌محیطی و کشاورزی با کمبود جدی مواجه می‌شود. شاخص‌های ارزیابی سیستم‌های منابع آب در سناریوی مرجع نیز گویای عدم تأمین نیازها مخصوصاً در بخش کشاورزی و آسیب‌پذیری بسیار شدید این بخش بود. نتایج سناریوی بدبینانه نشان داد که تأمین نیاز کشاورزی و زیست‌محیطی نسبت به سناریوی مرجع افول نسبتاً زیادی داشته است. بررسی شاخص‌های ارزیابی نیز گویای عدم تأمین نیازها مخصوصاً نیاز کشاورزی است. نتایج نشان میدهد در سناریوی خوش‌بینانه منابع آب موجود در تأمین تقاضای آب در دو نیاز زیست‌محیطی و کشاورزی با کمبود اندکی نسبت به دو سناریوی قبل مواجه می‌شود. همچنین شاخص‌های ارزیابی این سناریو نیز نشان دهنده‌ی عملکرد مناسب منابع موجود در منطقه در تأمین نیازها است. نتایج سناریوی واقع‌گرایانه نشان می دهد که منابع آب موجود در تأمین تقاضای آب در دو نیاز زیست‌محیطی و کشاورزی با کمبود نسبی(بسیار کم‌تر از سناریو مرجع و سناریوی بدبینانه) مواجه می‌شود. بررسی شاخص‌های ارزیابی سیستم‌های منابع آب نیز در این سناریو گویای عملکرد مناسب منابع موجود در منطقه در تأمین نیازها است و آسیب‌پذیری برای دو نیاز کشاورزی و زیست‌محیطی نسبت به سناریوی قبل بیشتر، اما نسبت به دو سناریوی مرجع و بدبینانه کم‌تر است. بخش کشاورزی در حوزه مورد مطالعه مصرف کننده عمده آب است. با توجه به حجم بالای نیاز آبی در بخش کشاورزی، مدیریت و برنامه‌ریزی ویژه در این بخش جهت جلوگیری از افت آب زیرزمینی که منبع اصلی تأمین آب در منطقه می‌باشد، کاملاً ملموس است. در حقیقت کاربری آب کشاورزی در حوزه مورد مطالعه به‌صورت رقیب کاربری محیط‌زیست عمل می‌کند و بدون مدیریت زمین مدیریت آب با تنش مواجه خواهد بود.

نتایج این بخش از پژوهش با مطالعات، امیری و همکاران [۳] که به شبیه‌سازی آب زیرزمینی، پسندیده و همکاران [۱۴] به مطالعه بیلان آب و بررسی تغییرات سطوح کشت در آینده با استفاده از مدلWEAP ، رستگارپور و فرهادی [۱۶] که از مدل WEAP جهت مدیریت و برنامه‌ریزی آب پرداختند، هملت و همکاران [۴] که از مدل WEAP با اعمال سناریو به ارزیابی بیلان آب موجود پرداخت، اوکنگو و همکاران [۱۳] و ژنگ و همکاران [۲۵] که به تخصیص بهینه منابع آب پرداختند، مطابقت داشت. نتایج همگی گویای دقت مناسب مدل در بهینه‌سازی سیستم‌های پیچیده و نتایج قابل‌قبول آن در پیش‌بینی تخصیص منابع آب را داشتند.

1. Optimistic

منابع

1.Ahmadifard, A. and Hindu, H .2014. Rescue of Khamiriza Fertile Plain. The site of Chaharmahal & Bakhtiari province. 1396. http://ch-b.ir/.(In Persian)

2.Alfarra, A. 2004. Modelling water resource management in Lake Naivasha. ITC 9- 86.

3.Amiri, S. Amereyi, A. Rezayi Zeinali, M. and Yoosofvand, F .2017. Simulation of Surface and Underground Water Consolidation Using WEAP Model.(Case study: West Lake District of Urmia Lake), Second National Conference on Hydrology of Iran. Shahrekord University.(In Persian)

4.Hamlat, A. Errih, M. and Guidoum, A. 2013. Simulation of water resources management scenarios in western Algeria watersheds using WEAP model. Arab. J. Geosci, 6(7): 25–36.

5.Hashimoto, T. Stedinger, J. R. and Loucks, D. P. 1982. Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation. Water Resources Research 18(1): 14-20.

6.Khodashenas, S. Yazdanpanah T. Davari, F Et al. 2007 Water Management in Watershed Using WEAP Model(Case Study: Asghand Area). Water and Soil Journal(Agricultural Science and Technology). 22(1): 222-213.(In Persian)

7.Kjeldsen, T. R. and Rosbjerg, D. 2004. Choice of reliability, resilience and vulnerability estimators for risk assessments of water resources systems/Choix d'estimateurs de fiabilité, de résilience et de vulnérabilité pour les analyses de risque de systèmes de ressources en eau. Hydrological Sciences Journal, 49(5):755-767.

8.Kundzewicz, Z. W. and Kindler, J. 1995. Multiple criteria for evaluation of reliability aspects of water resource systems. IAHS Publications-Series of Proceedings and Reports-Intern Assoc Hydrological Sciences, 231: 217-224.

9.Mardanian, S. 2017. Allocation and modeling of water resources using WEAP model and system dynamics method in Khammirza area. Master's thesis. Department of Landscape and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.(In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

a Masters degree. Water Resources Engineering. College of Agriculture. Department of Water Engineering.(In Persian)

18.Shafiyanfard, D. Kouhyan Afzal, F. and Yakhkshy, M. 2014. Determine the best water resource utilization options using the WEAP model and multi-factor decision analysis(case study: Zingl area). Watershed management research. Vol. 5. No. 9. Pages 45-29. (In Persian)

19.Shinker, J. J. and Bartlein, P. J. 2010. Spatial variations of effective moisture in the western United States. Geophysical Research Letter, 37(2): 1-5.

20.Studies on Determining the Maximum Depth of Pit Boreholes in Prohibited Plains in Chaharmahal va Bakhtiari Province, Part 4: Khanmireza Plain, 2009 Ministry of Energy, Chaharmahal va Bakhtiari Regional Water Company.(In Persian)

21.Technical Report Proposed Prohibition of Javanmardi Plain. 2015. Ministry of Energy, Iran Water Resources Company, Water Resources Research Center. Chaharmahal & Bakhtiari Regional Water Company.(In Persian)

22.Tennant, D.L. 1976. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources, Fisheries, 1(4): 6–10

23.Water UN. 2009. Water in a Changing World, United Nations World Water Development Report 3. World Water Assessment Programme.

24.Zarezadeh Mehrizi, M. 2010. Distribution of water resources of the Ghazlazan-Sefidrood basin under the influence of climate change using a bankruptcy approach to solving disputes. Master's Thesis. Department of Water Resources Engineering. Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.(In Persian)

25.Zheng, H. Lyle C. and Wang, Z. 2014. A comparative study of flexibility in water allocation in the context of hydrologic variability. Water Resources Management, 28(3): 785-800.

10.Marid, S. And Bagheri Harouni, M. 2013. Comparison of WEAP and MIKE BASIN Models in Water Resources Allocation(Case Study: Talvar River). Water and water conservation research. 20(1): 167-151.(In Persian)

11.Mohammadian Cebria, M. 2012. Management of Water Resources Using WEAP Computer Model(Case Study of Tajan River). Master's Thesis. Department of Agricultural Engineering, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.(In Persian)

12.Nader.H. And Sabohi Sabooni. M. 2011. Managing water allocation of Mahabad Dam using the ideal priority planning. Agricultural Economics Research. 3(3): 1-16.(In Persian)

13.Okungu, J. Adeyemo, J. Otieno, F. 2017. Optimal water allocation model for sustainable planning approach in Yaia Catchment, Kenya. International Journal Water Resources Management and Irrigation Engineering Research, 1(1): 1-9.

14.Pasandideh, A. Razavi, F. Negahdari, B. AndIzadbakhsh, M .2017. Calculate the water balance of the area and estimate the amount of changes in the area under cultivation in the coming years by defining different scenarios. Second National Conference on Hydrology of Iran. Shahrekord University.(In Persian)

15.Raskin, P. P. Gleick, P. Kirshen, G. Pontius and. Strzepek, K. 1997. Water Futures: Assessment of Ling-range Patterns and Prospects. Stockholm Environment Institute, Stockholm,77p.

16.RastegarPour, F., and Farhadi, F .2016. Prioritizing the allocation of water resources to the needs of the Taleghan dam using the WEAP model. The 4th National Conference on the Application of New Technologies in Engineering Sciences. 14 pages.(In Persian)

17.Sahabdel, Sh. 2010 Quantitative and qualitative assessment of water allocation scenarios using the WEAP model(Case study: Gharehso watershed in Golestan province). Thesis for obtaining

www.SID.ir

Archive of SID

نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران

Iranian Journal of Watershed Management Science & Engineering

Vol. 14, No. 49, Summer 2020

سال چهاردهم- شماره ۴۹- تابستان ۱۳۹۹

Optimal Allocation of Water Resources in Khanmirza Watershed Using WEAP

S. Mardanian[1], R. Zare Bidaki[2], and Kh. Abdollahi[3]

Received: 31-10-2018 Accepted: 16-10-2019

Abstract

Constraints on water resources and increasing the number and variety of water users has led to appeal of the importance of optimal water allocation. The Khanmirza watershed in Chaharmahal Va Bakhtiari Province, has experienced unsustainable development by relying on groundwater resources. As a result of this imbalance, a dramatic drop occurred in the aquifer of the Khanmiza plain. The Khanmirza watershed allocation model in WEAP environment were developed to investigate the allocation and spatial changes, considering the base year(2015), the horizon year of the plan(2025), and the one-month timeline. The four scenarios examined in the WEAP model included the reference scenario, pessimistic scenario, optimistic scenario and realistic scenario over the next ten years. The results showed that 51 million cubic meters of demand, in a pessimistic scenario, 79 million cubic meters, in an optimistic scenario, 30 million cubic meters, and in a realistic scenario 41 million cubic meters cannot be provided. Therefore, given the high volume of water requirements in the agricultural sector, the need for special management and planning in this area to prevent groundwater loss is quite tangible. It is also clear that the use of water for agricultural in the studied area acts as a competitor to the environment and without land use management, water management will face tension.

Keywords: Optimization of water allocation pattern, Possible scenario, Simulation, Water balance, Khanmirza watershed

1. Graduated Student, Department of Rangeland and Watershed Engineering, College of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord.

2. Corresponding Author and Assistant Professor of Watershed Engineering, College of Natural Resources and Earth Sciences, University of Shahrekord, Email: Rafat1358@yahoo.com.

3. Assistant Professor in Water Resources Engineering, College of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord.

www.SID.ir