برنامه مدیریت تطبیقی منابع آبی استان گلستان جهت کاهش ریسک خشک‌سالی‌های آتی

عبدالعظیم قانقرمه*
استادیار گروه جغرافیای طبیعی (اقلیم‌شناسی) دانشگاه گلستان، گرگان، ایران
۰۹۱۱۲۵۳۱۳۵۹
غلامرضا روشن
استادیار گروه جغرافیای طبیعی (اقلیم‌شناسی) دانشگاه گلستان، گرگان، ایران
سعید نگهبان
استادیار ژئومورفولوژی بخش جغرافیا، دانشکده اقتصاد مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۹

چکیده

استان گلستان یکی از قطب‌های مهم کشاورزی است؛ بنابراین ضرورت ایجاد می‌کند تا طرح‌واره‌های مختلفی جهت مدیریت تطبیقی آب برای مهر و موم‌های آتی ارائه شود تا بتواند بار منفی خشک‌سالی را کاهش و حداکثر سود را به ارمغان آورد. لذا جهت رسیدن به این هدف، این پژوهش با استفاده از سه دسته داده‌های رشد جمعیت، منابع و مصارف آبی استان و تغییرات کاربری اراضی، ۹ طرح‌واره مدیریت منابع آب ارائه داده است. از میان ۹ سناریوی پیشنهادی، دو طرح‌وارهٔ دوم و نهم ازنظر اختصاص منابع آب نسبت به شرایط کنونی، میزان مصرف پایین‌تر و متعادل‌تری را پیشنهاد می‌دهند؛ اما یکی از راهبردهای اساسی در طرح‌واره دوم جهت مدیریت منابع آب، حذف گندم آبی بوده که مسلماً این سناریو از طرف کشاورزان و مسئولان با اقبال مناسب همراه نخواهد بود و به عبارتی می‌توان پیش‌بینی نمود که اجرای آن با شکست همراه خواهد شد. حال‌آنکه با عملیاتی نمودن دستورالعمل طرح‌واره نهم و مقایسه نتایج آن با روند کنونی مصرف آب تا دهه‌های آینده پیش‌بینی می‌شود که به ترتیب برای دوره‌های مختلف ۱۳۹۱-۱۴۰۰، ۱۳۹۱-۱۴۱۰، ۱۳۹۱-۱۴۳۰ و ۱۳۹۱-۱۴۵۰ کاهش مصرف آبی به میزان ۱۳۱۱، ۱۴۲۵، ۱۶۶۳ و ۱۹۲۰ میلیون مترمکعب استحصال شود.

واژگان کلیدی: مدیریت ریسک، مخاطرات جوی، خشک‌سالی، طرح‌واره‌های مدیریت منابع آب، استان گلستان.

مقدمه

خشک‌سالی، ویژگی طبیعی و برگشت‌پذیر اقلیمی است و تقریباً تمام مناطق آب و هوایی این پدیدهٔ حدی و فرین را تجربه می‌کنند. لذا این پدیده مختص مناطق کم بارش نیست، بلکه مناطق با حجم بارش زیاد نیز امکان رخ داد پدیده

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۱۲۵۳۱۳۵۹ E-mail: a_ghangherme@yahoo.com

خشک‌سالی محتمل و امکان‌پذیر است (ویل‌هایت، ۱۹۹۱، مرید و همکاران، ۲۰۰۵، بی یون و همکاران، ۲۰۰۸، اختری و همکاران، ۲۰۰۹). ازجمله عوارض ناشی از خشک‌سالی، مشکلات و مسائلی در حوزه‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیست می‌باشد. از طرف دیگر یکی از آسیب‌پذیرترین جوامع در مواجه با پدیدهٔ خشک‌سالی جوامع روستایی و کشاورزان می‌باشند (سلامت و همکاران، ۱۳۸۰، سلیقه و بریمانی، ۱۳۸۶، عادلی و همکاران، ۱۳۹۴). مصداق این گفته خسارت ۲۴۰ هزار میلیارد ریالی به بخش کشاورزی طی دهه ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۸ می‌باشد (دریجانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۳۹). اگرچه رخداد خشک‌سالی جزء محتمل‌ترین بلایای جوی برای هر منطقهٔ آب و هوایی است، اما مدیریت آن برای غالب مناطق دنیا با پیشرفت اندکی همراه بوده، به‌طوری‌که واکنش‌ها عمدتاً سنتی و تا حدود زیادی در قالب مدیریت بحران بوده است (حجازی زاده و جوی زاده، ۱۳۸۹، قاسمی نژاد و همکاران، ۱۳۹۳، قانقرمه و روشن، ۱۳۹۴). در مدیریت بحران محور اصلی بر وابستگی به کمک‌های دولتی و کاهش خوداتکایی می‌باشد. مدیریت خطرپذیری خشک‌سالی همان مدیریت ریسک خشک‌سالی است. در این مدیریت بر اساس شدت و مدت خشک‌سالی و آسیب‌پذیری ناشی ازآنچه قبل از وقوع (با برآورد از روش‌های پیش‌بینی) و چه بعد از وقوع با محاسبات روش‌های پایش برنامه‌هایی از پیش تنظیم‌شده در مقیاس کوتاه تا درازمدت برای کاهش و یا جبران خسارات اعمال خواهد شد. به‌عبارت‌دیگر در مدیریت ریسک خشک‌سالی یکسری اقدامات قبل از رخداد خشک‌سالی انجام می‌شود تا عملاً غافلگیری را به کمترین اندازهٔ ممکن کاهش دهد. امروزه دولت‌ها به این اصل پی برده‌اند که تکیه‌بر مدیریت بحران از جایگاه مستحکمی برخوردار نبوده، لذا در تلاش‌اند درزمینهٔ روش‌های صحیح مدیریت ریسک اطلاعات مناسبی کسب نمایند و آثار آسیب‌های منتج شده از خشک‌سالی را بر جامعه کاهش داده و در ادامه آثار مربوط به خشک‌سالی‌های آتی را به کمترین میزان خود کاهش دهند (مقدسی و همکاران، ۱۳۸۴، مرید و مقدسی، ۱۳۸۴، عرب و مهدیخانی، ۱۳۸۴، دریجانی و همکاران، ۱۳۸۹، روشن و قانقرمه، ۱۳۹۳).

با توجه به اهمیت مدیریت خشک‌سالی پژوهش‌های زیادی در خارج و داخل کشور انجام پذیرفته که ازجمله آن‌ها ریئب سام و همکاران (۱۹۹۱) برای ایالات‌متحده آمریکا بوده است. در این مطالعه مؤلفین مذکور بیان داشتند که هرچند دولت آمریکا از اوایل قرن بیستم حمایت و کمک‌هایی به خسارت دیدگان خشک‌سالی در دستور کار خود قرار داده است، اما نتایج نشان می‌دهد این اقدامات ناهماهنگ و بی برنامه‌ریزی منسجم و یکپارچه بوده است. به‌گونه‌ای که بازخورد این اقدامات دولت، نه‌تنها موجب کاهش آسیب‌پذیری نشده است، بلکه وابستگی به دولت افزایش‌یافته که معادل آسیب‌پذیری بیش‌تر بوده است؛ بنابراین در واکاوی‌ها، تأکید بر اتخاذ سیستم پایش بهتر، ارزیابی شاخص‌های خشک‌سالی، بسط و توسعه هماهنگ مدل‌های شبیه‌سازی آثار آب و هوایی و پایه‌ریزی طرح‌های کمک‌رسانی جدید برای منابع بحران‌زده، به‌عنوان ابزارهایی مفید به‌منظور بهبود در عکس‌العمل مناسب به خشک‌سالی معرفی‌شده‌اند. حسن‌زاده و همکارش (۱۳۸۵) معتقد است گرچه درزمینهٔ مدیریت منابع در هنگام خشک‌سالی در اکثر کشورهای ازجمله ایران راهکارهای واکنش‌پذیر از شرایط موجود اتخاذ کردند اما اثربخش نبوده است، بنابراین با تغییر در دیدگاه‌های مدیریت

منابع آب می‌توان به نتیجه رسید بطوریکه در این فرآیند هدف اصلی آن متناسب‌سازی تقاضای آب با میزان منابع موجود در مراحل مختلف خشک‌سالی بر اساس مدل‌سازی و بهسازی مصرف صورت گیرد. قاسمی نژاد و همکارانش (۱۳۹۲) با ارزیابی ریسک خشک‌سالی استان اصفهان به این نتیجه رسیدند که بخش زیادی از مساحت استان در طبقه ریسک بالا و خیلی بالا قرار دارند ازجمله پیشنهادهایی که برای کاهش ریسک خشک‌سالی دادند شامل؛ استقرار نظام پایش و پیش‌بینی خشک‌سالی در سطح، ایجاد مشاغل غیر وابسته به آب، آموزش جامعه در جهت صرفه‌جویی هرچه بیشتر در منابع آب، ایجاد روش‌های نوین در جهت بهبود مصرف آب در بخش کشاورزی، جلوگیری از استقرار صنایع پرمصرف آب در استان، انتقال یا جابه‌جایی صنایع پرمصرف به مناطقی که مشکل جدی در تأمین منابع آب ندارند و استفاده از روش‌های نوین در بازچرخش آب مصرفی صنایع که میزان هدرروی آب در صنایع را به حداقل برساند. P. Giacomelli و همکارانش (۲۰۰۸) سازگاری مدیریت تخصیص آب با سناریوهای خشک‌سالی در حوضه آلپی رودخانه Adda را مطالعه کردند بطوریکه عرضه و تقاضای آب در این رودخانه را ازنظر زمانی و مکانی مشخص نمودند. نتایج ارائه‌شده، خروجی یک پروژه سه‌ساله است که هدف نهایی آن شناسایی پویایی آب و سیستم‌های تخصیص منطقه‌ای با نگاهی به تغییر اقلیم به‌عنوان یک عنصر جدید که منجر به عدم قطعیت در سیستم است. این پروژه درواقع ابزاری چندبعدی را برای شناسایی نقاط ضعف بیلان تخصیص آب و پشتیبانی فرایندهای قانونی را نشان می‌دهد. G. Tsakiris و همکارانش (۲۰۱۳) روش جدیدی بر مبنای سیستم پایه برای مقابله عاقلانه با خشک‌سالی ارائه نمودند بطوریکه در این روش تمرکز در مدیریت عملیاتی آب در هنگام وقوع خشک‌سالی مدنظر می‌باشد. بر این اساس می‌تواند سیستم‌های آسیب‌پذیر را در مقیاس مکانی و زمانی مدیریت نمود. Xiao-jun Wang و همکارانش (۲۰۱۴) مکانیسم مدیریت خشک‌سالی در ارتباط با تأمین و مدیریت تقاضای آب با توجه به کمبود آب به‌عنوان یک شاخص خشک‌سالی با استفاده از تئوری کاتاستروف تجزیه‌وتحلیل قراردادند. این مطالعه نشان داد که مدیریت تأمین می‌تواند به‌منظور ذخیره آب افزایش می‌دهد. بااین‌حال، در بلندمدت، نمی‌تواند سبب کاهش خشک‌سالی شود. مدیریت تقاضای آب، از سوی دیگر، باعث بهبود کارایی مصرف آب با سرمایه‌گذاری کمتر می‌شود؛ بنابراین، در این مطالعه بر مدیریت تقاضای آب برای مدیریت خشک‌سالی تحت سناریوهای آینده تأکید شده است. Denghua Yan و همکارانش (۲۰۱۴) مفهوم خشک‌سالی را از منظر سیستم منابع آب موردتوجه قراردادند؛ بنابراین مکانیسم خشک‌سالی از چهار دیدگاه شامل تغییرپذیری اقلیمی، تغییرات اقلیمی ناشی از پیامدهای انسانی، تغییر اساسی شرایط و قوانین مهندسی هیدرولیکی موردمطالعه قراردادند. درنتیجه معیارهای سازگاری برای تعدیل خشک‌سالی شامل سه نظر اقدامات فوری منابع آب، تجمیع یا فشرده‌سازی تقاضای آب در حوضه و انتقال آب از خارج حوضه مدنظر قراردادند.

از دیدگاه پژوهشگرانی همانند ویلهایت (۲۰۰۳) نبایستی به خشک‌سالی به‌عنوان یک پدیده تصادفی نگریست، بلکه باید آن را جزء معمولی و به‌نوعی جداناپذیر اقلیم پذیرفت. بر این اساس وی پیشنهاد کرد که کشورهای مستعد خشک‌سالی می‌بایست تمرکز خود را بر سیاست‌های ملی خشک‌سالی و برنامه‌های آمادگی در برابر این بلای جوی

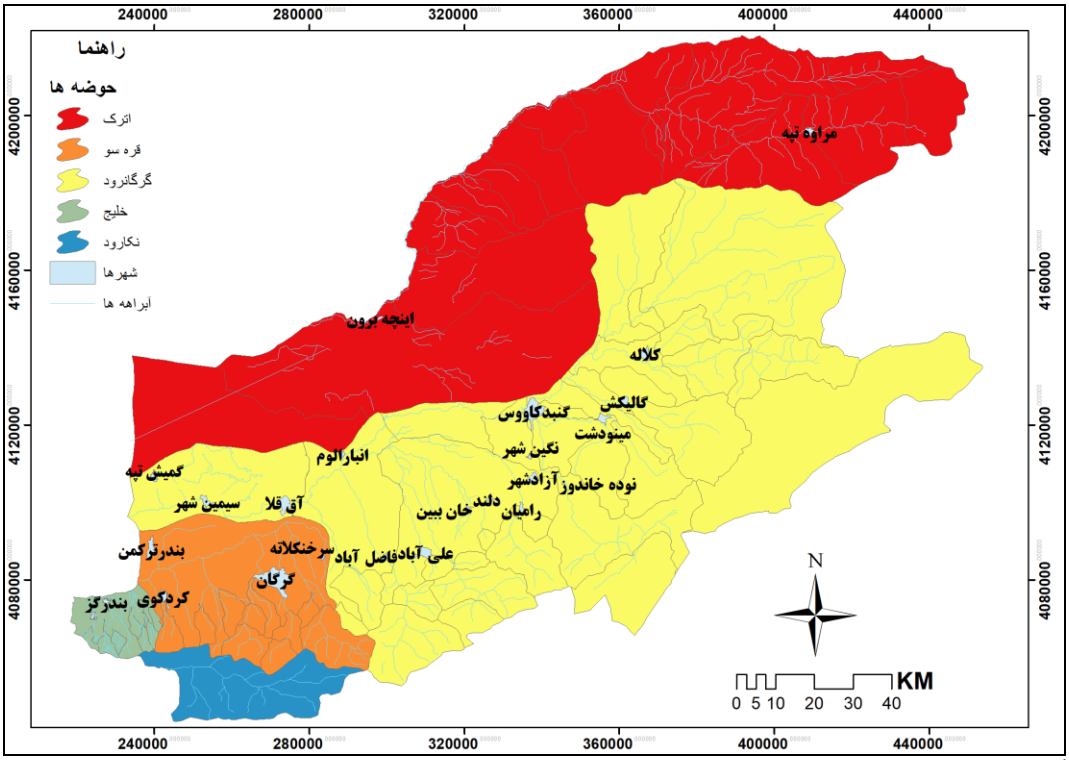
متمرکز نموده و رهیافت سنتی مدیریت بحران که اصل آن بر وابستگی به دولت و کمک‌های دیگران می‌باشد، به آهستگی از کنار گذاشته شود. در پژوهشی روشی شش مرحله‌ای جهت کاهش آسیب‌پذیری ناشی از خشک‌سالی‌های آتی ارائه گردید (کادی و همکاران، ۱۹۹۸: ۴۴). بر مبنای تئوری خطرهای طبیعی، این روش به‌گونه‌ای تدوین گردیده که امکان تغییر آن برای مناطق مختلف امکان‌پذیر است و ابزار مفیدی به‌منظور مدیریت ریسک خشک‌سالی می‌باشد؛ اما بکبرگ و ویلجوئن (۲۰۰۳)، ۴ مرحله را جهت راهکارهای مدیریت خشک‌سالی ارائه نموده‌اند که در گام اول و دوم تعیین احتمال وقوع خشک‌سالی و تعیین شدت و ماهیت آن بر حوزه‌های مختلف اجتماعی- اقتصادی و محیط زیستی می‌باشد. حال‌آنکه در گام سوم تعیین هزینه‌ها برای کاهش اثرات خشک‌سالی و درنهایت ترکیب اطلاعات فوق با استفاده از تحلیل منفعت- هزینه یا تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره به‌منظور شناخت بهترین راهکار و رهیافت جهت مدیریت بهینه خشک‌سالی است. D. Derner و همکارش (۲۰۱۶) مدیریت تطبیقی خشک‌سالی را در اراضی مرتعی موردمطالعه قرارداد و به این نتیجه رسید که استراتژی‌های مدیریت انطباق باید انعطاف‌پذیر و مکانیسم پس‌خوراند آن با متغیرهای فصلی مناسب آب‌وهوا و معیارهای نظارتی را در اکوسیستم‌های مرتع در ارتباط با مصرف گیاهان برای کاهش خطر خشک‌سالی بکار گرفته شود، همچنین برای انعطاف‌پذیری چهار استراتژی را برای مقابله با خشک‌سالی در مراتع پیشنهاد داد که شامل استفاده از ابزارهای پیش‌بینی اقلیمی، پیگیری آن، استفاده از روش‌های محافظتی و درنهایت استفاده از تنوع بهره‌برداری در فضاهای مختلف می‌باشد.Iglesias و همکارش (۲۰۱۵) استراتژی‌های سازگاری برای مدیریت آب کشاورزی تحت تغییرات آب و هوایی در اروپا مطالعه نمودند با بررسی بیش از ۱۶۸ نشریه مرتبط که در ۱۵ سال راهکارهای انطباق را ارزیابی کردند. بر اساس این پایگاه مطالعاتی، برای بهره‌برداری از تعدادی از اقدامات زراعی و سیاستی را به‌منظور توسعه برنامه‌های سازگاری برای پاسخ به چالش‌های منطقه‌ای ارائه دادند. معتقدند که تعیین انطباق‌پذیری، دیدگاه‌های فنی جاری را در نظر می‌گیرند و تغییرات تکنولوژیکی آینده را پیش‌بینی نمی‌کنند. بلکه تغییرات تکنولوژیکی برخی از گزینه‌های انطباق را در دهه‌های آینده شکل می‌دهد. بزرگ‌ترین فرصت برای اقدام در بهبود ظرفیت انطباق و پاسخ به تغییرات نیازهای آب است، بااین‌وجود اجرای آن نیازمند اصلاح سیاست آب در حال حاضر، آموزش مناسب برای کشاورزان و ابزارهای مالی مؤثر است. Eleni Kampragou و همکارانش (۲۰۱۱) راهکارهای پیشرو در مدیریت ریسک‌های خشک‌سالی در سراسر اتحادیه اروپا هماهنگ باسیاست‌های مربوط به آب را موردبررسی قراردادند، بنا بر استدلال آن‌ها توسعه سیاست‌های خشک‌سالی ملی و برنامه‌های اجرای چارچوب سیاست اتحادیه اروپا باید با ابتکارات ملی برای مدیریت خشک‌سالی در همه کشورهای عضو اولویت‌بندی شود. دوره اقدامات برای توسعه و اجرای سیاست‌های خشک‌سالی یک فرآیند چرخه‌ای و افزایشی است. درحالی‌که برنامه‌ها و اقدامات واقعی باید در سطح حوضه‌های رودخانه‌ای یا مناطق انجام شود. Vikas Kumar و همکارانش (۲۰۱۵) استراتژی‌های سازگاری برای مدیریت منابع آب در یک حوضه آبخیز مدیترانه‌ای تحت‌فشار خشک‌سالی را موردمطالعه قرارداد، این مطالعه برای استفاده از سناریوهای جایگزین آب در پاسخگویی به تقاضای آب در سه بخش عمده خانگی، صنعتی و کشاورزی متمرکز

می‌باشد. برای هر سناریوی آینده تغییرات آب و هوایی، رتبه‌بندی مجموعه‌ای از اقدامات احتمالی را با توجه به انواع مختلف شاخص‌ها (هزینه‌ها، استرس آب و اثرات زیست‌محیطی) انجام گرفت. بسیاری از اقدامات سازگاری را ازجمله منابع آب جایگزین (آب بازیافت شده و آب‌شیرین‌کن)، انتقال آب حوضه و مدیریت تقاضای بخش از صنعت، کشاورزی و بخش‌های داخلی و تضمین پایداری اقدامات مدیریتی برای سناریوهای مختلف تغییرات اقلیمی موردبررسی قرار گرفت. درنهایت نتایج نشان دادند استفاده از منابع جایگزین آب به‌عنوان بهترین جایگزین قابل‌اطمینان استفاده مجدد از آب در صنعت و کشاورزی و برای طرف کردن کمبود متوسط آب، شیرین سازی در بخش‌های خانگی و صنعتی به‌عنوان بهترین جایگزین است. Pérez-Blanco و همکارش (۲۰۱۴) طرح‌های مدیریت خشک‌سالی و دسترسی به آب در کشاورزی را با یک مدل ارزیابی خطر برای حوضه‌های جنوبی اروپا مطالعه نمودند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که اگر برنامه‌های مدیریت خشک‌سالی با موفقیت اجرا شوند، آب در دسترس با تقاضای کنونی به‌طور متوسط به ۶۲٫۲٪ خواهد بود و این رقم ممکن است تا پایان قرن به‌عنوان یک نتیجه از تغییرات اقلیمی به ۵۰/۲٪ کاهش یابد. این میزان پایین‌تر از آستانه حداقل ۹۰٪ می‌باشد که تاکنون برای آبیاری تضمین‌شده است. استان گلستان یکی از قطب‌های مهم کشاورزی است که با اختصاص سهم ۳/۲۷ درصدی، نقش عمده‌ای در تولیدات کشور دارد. در این استان، خشک‌سالی‌های اخیر سبب کاهش ذخیره مخازن آبی، اُفت شدید آب‌های زیرزمینی و کاهش آبدهی چاه‌ها و قنوات و خسارت به کشت محصولات دیم و کاهش سطح زیر کشت محصولات آبی شده است. ازاین‌رو، لازم است تا مسئله آب به‌صورت دقیقی مدیریت شود، چراکه موضوع کم‌آبی و بحران آب، یک واقعیت عینی در استان محسوب شده و پدیده خشک‌سالی به‌عنوان زیرمجموعه‌ای از کم‌آبی را نمی‌توان حادثه‌ای غیرمترقبه و موردی تلقی کرد (دریجانی و همکاران، ۱۳۸۹). در کل پتانسیل آب‌های سطحی و زیرزمینی استان در سال ۱۳۸۶ حدود ۲/۴۸۵ میلیارد مترمکعب برآورد شده است که ۵۰/۳ درصد آن آب زیرزمینی و ۴۹/۷ درصد آن آب‌های سطحی است، از این پتانسیل در حال حاضر ۱۹۵۴ میلیون مترمکعب بهره‌برداری می‌شود (شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان، ۱۳۸۹: ۴۷). لذا هدف از انجام پژوهش حاضر این است که اگر مصرف آب در بخش‌های مختلف به‌ویژه در کشاورزی و شرب با روند کنونی ادامه یابد تا سال ۱۴۵۰ شمسی این میزان چقدر خواهد شد و همچنین اگر برنامه مدیریت تطبیقی آب با اعمال طرح‌واره‌های پیشنهادی، موردبازنگری قرار گیرد آیا امکان مقابله با خشک‌سالی‌های آتی امکان‌پذیر خواهد بود.

داده‌ها و روش‌ها

استان گلستان در شمال ایران واقع‌شده است. این استان از جنوب به کوه‌های البرز، از شرق به کوه‌های آلا داغ، بینالود و هزار مسجد، از شمال به بیابان ترکمنستان و از غرب به دریای خزر می‌رسد. گلستان ازلحاظ موقعیت جغرافیایی در محدوده طول جغرافیای ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی و عرض ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۷ دقیقه شمالی واقع‌شده است. محدوده موردمطالعه در این پژوهش حوضه‌های اصلی آبریز این استان شامل گرگان رود،

قره‌سو، اترک و حوضه خلیج گرگان می‌باشد (شکل ۱). در این پژوهش جهت دسترسی به هدف پژوهش از سه نوع داده استفاده‌شده است که درنهایت نتایج بر مبنای این داده‌ها مورد واکاوی قرارگرفته‌اند؛ اما اولین سری داده‌های مورداستفاده شامل وضعیت جمعیتی سال ۱۳۹۰ با نرخ رشد این سال به‌صورت شهرستانی است. دومین داده‌ها، تغییرات کاربری اراضی آبی برای یک دوره ۲۸ ساله مربوط به مهر و موم‌های ۱۳۶۱ لغایت ۱۳۸۹ بوده که از آمارنامه محصولات زراعی جهاد کشاورزی استان گلستان استخراج و مورداستفاده قرارگرفته است. سومین دسته داده‌ها مربوط به داده‌های مربوط به منابع و مصارف آبی استان است. یکی از محدودیت‌های این پژوهش و تمام پژوهش‌های مشابه، دسترسی به منابع و مصارف واقعی آب است اما در این پژوهش این مقادیر برای استان گلستان برای سال ۱۳۸۹ توسط شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان تهیه‌شده است که تنها دادهٔ واقعی در این بخش به این دوره اختصاص دارد.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: حوضه‌های آبریز اصلی گرگان رود، قره‌سو، اترک و خلیج گرگان

بنابراین ابتدا جهت تعیین میزان مصرف آب برای بخش‌های مختلف حوضه‌های آبریز استان از این داده‌ها استفاده گردید. ازآنجاکه این داده‌ها مختصات محور بودند لذا به لایه نقطه‌ای تبدیل و با استفاده از فن آنالیز مکانی، میزان مصرف برای هر حوضه با توجه به منابع آبی سطحی و زیرزمینی مشخص شد. در این پژوهش میزان مصرف آب معادل نیاز آبی کنونی (سال ۱۳۸۹) برای زیرساخت‌های مختلف در نظر گرفته شد. ازآنجایی‌که در حال حاضر بیشتر مصرف آب استان در بخش کشاورزی (معادل ۶۶/۷۴ درصد) و بخش شرب (معادل ۱۲/۰۷ درصد) است بنابراین ملاک نیاز آبی برای

آینده را بر اساس جمعیت (تراکم جمعیت در هر حوضه) و نیاز کشاورزی آبی (بر مبنای مساحت) در نظر گرفته شد. در ادامه به‌منظور پیش‌بینی جمعیت در هریک از زیر حوضه‌ها ابتدا جمعیت سال ۱۳۹۰ شهرستان‌های استان از آمارنامه جمعیتی استخراج گردید و سپس نقشه تراکم جمعیتی برای شهرستان‌های مختلف تهیه و سپس بر این اساس میزان تراکم جمعیت برای هریک از حوضه‌های آبریز مشخص شد (شکل ۳) و در گام بعد با توجه به روند رشد جمعیت برای مهر و مومهای آتی، میزان آن برای هر یک از حوضه‌ها تا سال ۱۴۵۰ محاسبه و پیش‌بینی گردید.

$$P_y = p_b(1 + \frac{R}{100})^n$$ رابطه (۱)

Py = پیش‌بینی مهر و مومهای آتی به نفر؛

pb= جمعیت سال پایه؛

R= نرخ رشد جمعیت سال پایه؛

n= تعداد مهر و مومهای بعد از سال پایه.

در ادامه به‌منظور مشخص شدن میزان شرب برای هر نفر در مهر و مومهای آتی، بر مبنای جمعیت و مصرف آبی سال ۱۳۸۹ این نیاز برای هر نفر مشخص گردید. همچنین به‌منظور برآورد نیاز آبی کشاورزی، تغییرات کاربری اراضی آبی ۲۸ سال گذشته موردبررسی قرار گرفتند (شکل ۴). سپس با استفاده از تحلیل روند در نرم‌افزار مینی تب، مساحت این اراضی برای حوضه‌های استان تا سال ۱۴۵۰ پیش‌بینی گردید. آنگاه بر اساس الگوی مصرف آبی این اراضی در سال ۱۳۸۹، میزان نیاز آبی با توجه به روند رشد و توسعه اراضی کشاورزی آبی برای مهر و مومهای آتی پیش‌بینی گردید. درنهایت بر مبنای دو شاخص اختصاص سطح زیر کشت انواع کاربری اراضی آبی استان گلستان در سال ۱۳۸۹ (جدول ۲) و تغییرات سطح زیر کشت اراضی آبی استان، بخصوص از سال ۱۳۸۰ که تقریباً تبدیل کاربری اراضی آبی پنبه به کاربری‌های دیگر می‌باشد (شکل ۵) و شاخص دوم که شامل روند تغییرات رشد جمعیت بر مبنای سال ۱۳۹۰ بوده است، طرح‌واره‌هایی پیشنهادی در قالب جدول ۲ ارائه گردیده است. هدف از ارائه این طرح‌واره‌ها، راهکارهای عملیاتی جهت مدیریت تطبیقی منابع آب گلستان در مقابله با خشک‌سالی‌ها در خصوص میزان نیاز آبی در قالب بخش‌های عرضه و تقاضا است.

یافته‌های پژوهش

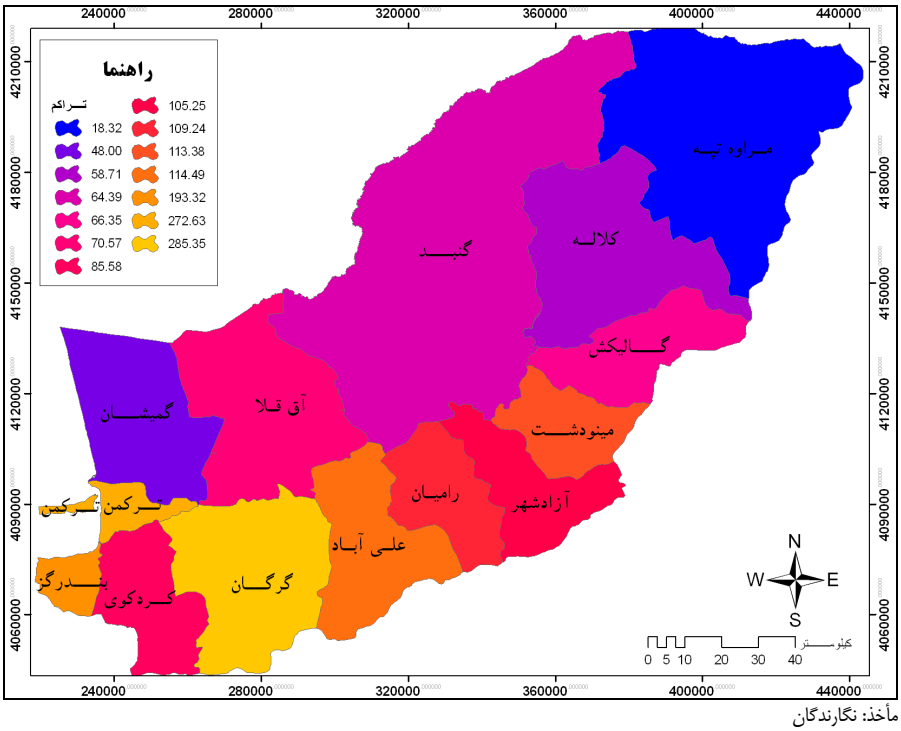
پیش‌بینی روند تغییرات جمعیت استان

همان‌گونه که از شکل (۲) ملاحظه می‌شود، بر مبنای آمار سرشماری سال ۱۳۹۰، بیشینه جمعیت استان با تراکم ۲۸۵ نفر در هر کیلومترمربع مربوط به شهرستان گرگان است که این محدوده در حوضه آبریز قره‌سو قرارگرفته‌اند؛ اما بر مبنای

پیش‌بینی‌ها بر اساس نرخ رشد شهرستان‌های مختلف مشخص می‌گردد که در کل استان تا سال ۱۴۰۰ به ۲۱۴۵۸۸۲، ۱۴۱۰ به ۲۵۹۱۳۱۸، ۱۴۳۰ به ۳۷۷۸۷۷۱ و ۱۴۵۰ به ۵۵۱۰۳۶۶ خواهند رسید البته لازم به ذکر است که مطابق جدول (۱) در شهرستان‌های مختلف این رشد متفاوت است به طوریکه بالاترین جمعیت قابل پیش‌بینی در شهرستان گرگان ۲/۸۷۲ درصد و کمترین آن در شهرستان بندرگز ۰/۳۸ درصد مشاهده می‌شود.

مصرف آب به‌وسیله زیرساخت‌های مختلف برای دوره کنونی

با توجه به روش‌شناسی موردبحث تحت عنوان تعیین نیاز آبی بخش‌های مختلف در قسمت مواد و روش‌ها، مشخص گردید که بالاترین میزان مصرف در بخش کشاورزی با ۶۶/۷۴ درصد و شرب روستایی و شهری معادل ۱۲/۷ درصد برای سال ۱۳۸۹ بوده است (شکل ۳). همچنین بر مبنای این شکل میزان آب بلااستفاده با ۱۶/۷۵ درصد بخش قابل‌توجهی را در برمی‌گیرد. همچنین قابل‌توجه بوده که مصرف آب در سایر بخش‌ها بسیار کم می‌باشد؛ بنابراین به‌منظور تعیین نیاز آبی، بدون در نظر گرفتن آب بلااستفاده و سایر زیر بخش‌هایی که مصرف بسیار کمی از منابع آبی داشته‌اند، از مجموع مصرف آب شرب و کشاورزی که ۷۸/۸۱ درصد بود میزان مصرف به دو گروه شرب و کشاورزی تقسیم گردید که سهم نیاز شرب جمعیتی از مجموع آب مصرفی شرب و کشاورزی ۱۵ درصد بوده و سهم نیاز کشاورزی ۸۵ درصد است. همان‌گونه که پیش‌تر بیان گردید ملاک نیاز جمعیتی بر اساس نفر در هر حوضه و نیاز کشاورزی را نیز نیاز آبی بر مبنای مساحت لحاظ شد.



مأخذ: نگارندگان

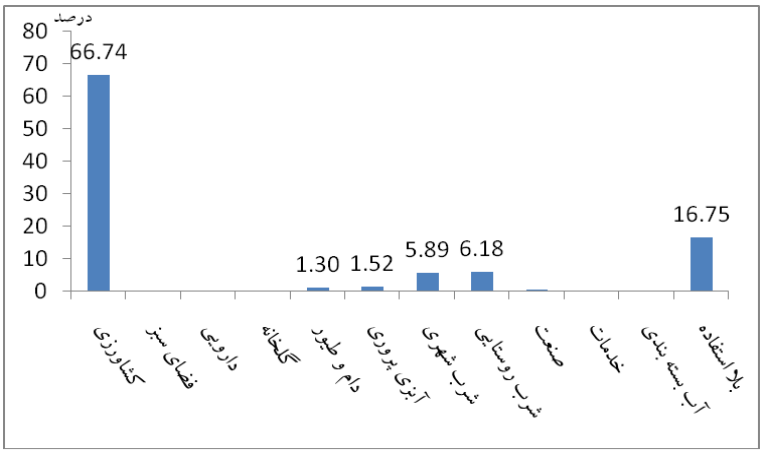
شکل ۲: تراکم جمعیتی استان بر اساس نفر در کیلومترمربع برای سال ۱۳۹۰

جدول ۱: پیش‌بینی جمعیتی شهرستان‌های استان گلستان بر مبنای سال ۱۳۹۰

شهرستان	نرخ رشد ۱۳۹۰	۱۳۹۰ سال	۱۴۰۰ سال	۱۴۱۰ سال	۱۴۳۰ سال	۱۴۵۰ سال
بندرگز	۰٫۰۳۸	۴۶۳۱۵	۴۶۴۹۴	۴۶۶۷۳	۴۷۰۳۳	۴۷۳۹۶
کردکوی	۰٫۷۰۴	۷۰۲۴۴	۷۵۳۴۸	۸۰۸۲۴	۹۲۹۹۷	۱۰۷۰۰۳
ترکمن	۲٫۰۳۷	۷۲۸۰۳	۸۹۰۷۱	۱۰۸۹۷۳	۱۶۳۱۱۴	۲۴۴۱۵۳
گمیشان	۲٫۰۳۷	۶۳۴۴۷	۷۷۶۲۴	۹۴۹۶۹	۱۴۲۱۵۲	۲۱۲۷۷۷
گرگان	۲٫۸۷۲	۴۶۲۴۵۵	۶۱۳۸۴۱	۸۱۴۷۸۴	۱۴۳۵۵۳۹	۲۵۲۹۲۲۷
آق‌قلا	۲٫۴۷۴	۱۲۴۱۸۵	۱۵۸۵۵۸	۲۰۲۴۴۵	۳۳۰۰۲۴	۵۳۸۰۰۲
علی‌آباد	۱٫۱۹۹	۱۳۲۷۵۷	۱۴۹۵۵۶	۱۶۸۴۸۰	۲۱۳۸۱۷	۲۷۱۳۵۲
رامیان	۰٫۷۱۲	۸۵۳۲۴	۹۱۵۹۴	۹۸۳۲۴	۱۱۳۳۰۵	۱۳۰۵۶۸
آزادشهر	۰٫۵۰۷	۹۱۷۶۷	۹۶۵۲۴	۱۰۱۵۲۸	۱۱۲۳۲۸	۱۲۴۲۷۶
گنبدکاووس	۲٫۳۸	۳۲۵۷۸۹	۴۱۲۱۶۵	۵۲۱۴۴۲	۸۳۴۵۹۴	۱۳۳۵۸۱۱
مینودشت	۱٫۰۴۹	۷۵۶۵۹	۸۳۹۸۰	۹۳۲۱۷	۱۱۴۸۴۹	۱۴۱۵۰۲
گالیکش	۱٫۰۴۹	۵۹۹۷۵	۶۶۵۷۱	۷۳۸۹۳	۹۱۰۴۱	۱۱۲۱۶۹
کلاله	۱٫۶۴۶	۱۱۰۴۷۳	۱۳۰۰۶۱	۱۵۳۱۲۱	۲۱۲۲۳۴	۲۹۴۱۶۸
مراوه	۱٫۶۴۶	۵۵۸۲۱	۶۵۷۱۸	۷۷۳۷۱	۱۰۷۲۴۰	۱۴۸۶۴۰
استان	۱٫۹۰۴	۱۷۷۷۰۱۴	۲۱۴۵۸۸۲	۲۵۹۱۳۱۸	۳۷۷۸۷۷۱	۵۵۱۰۳۶۶

مأخذ: نگارندگان

در شکل (۴)، بر اساس میانگین کلی حوضه‌های اصلی استان، تغییرات مساحت اراضی آبی برای یک دوره ۲۸ ساله از سال ۱۳۶۱ تا ۱۳۸۹ مشخص گردیده است. روند تغییرات نشان می‌دهند که در هر چهار حوضه اصلی افزایش شدید اراضی آبی اتفاق افتاده است به‌طوری‌که در حوضه‌های اترک، قره‌سو و خلیج تا سال ۱۳۸۰ روند مشابه هم است اما از این سال به بعد شیب روند به همراه افت‌وخیزهای آن افزایش بیشتری یافته است، درحالی‌که این تغییر روند در حوضه گرگان رود از سال ۱۳۷۳ تا سال ۱۳۸۹ تقریباً ثابت مانده است. در کل ضریب تغییرپذیری کاربری اراضی آبی در حوضه خلیج گرگان ۴۳٪، گرگان رود ۲۸٪، اترک ۲۴٪ و قره‌سو ۲۱٪ در دوره ۲۸ ساله می‌باشد.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۳: درصد مصرف آب بخش‌های مختلف در سطح استان

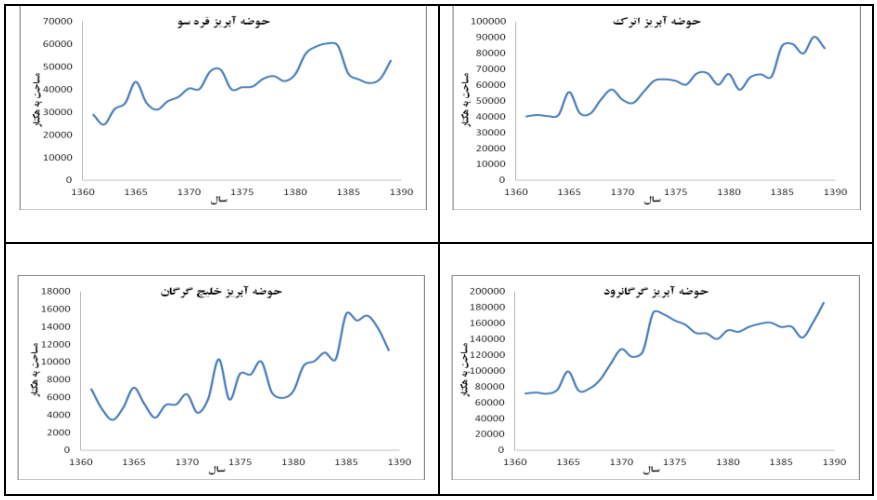
طرح‌واره‌های پیشنهادی جهت مدیریت ریسک خشک‌سالی در استان

طرح‌واره‌های پیشنهادی جهت مدیریت ریسک خشک‌سالی بر مبنای نیاز آبی بخش‌های کشاورزی و نیاز شرب بر مبنای افزایش جمعیت مطرح شدند. همان‌گونه که پیش‌تر نیز بیان شد، بر مبنای سه شاخص تغییرات سطح زیر کشت آبی، انواع کاربری کشت آبی و رشد جمعیت طرح‌واره‌هایی جهت مدیریت ریسک خشک‌سالی ارائه شدند. دلیل اصلی ارائه این سناریوها ازیک‌طرف وقوع پدیده خشک‌سالی و تداوم آن و از طرف دیگر تغییر الگوی کشت بدون برنامه در سطح حوضه‌های آبریز استان است که خود به‌عنوان مهم‌ترین عامل تشدیدکننده خشک‌سالی می‌باشد که در ادامه مختصری از تغییرات سطح و کاربری اراضی کشت آبی استان در مهر و موم‌های گذشته پرداخته می‌شود. بر مبنای جدول (۲) دیده می‌شود که در سال ۱۳۸۹ بیشینه مساحت اراضی آبی به کشت‌های گندم با ۴۶/۱۹ درصد مساحت، سپس شلتوک ۱۵/۶۳ درصد، سویا ۱۴/۶۳ و همچنین جو آبی نیز ۳/۷۱ درصد اختصاص‌یافته است. پس بنابراین حذف هرکدام از محصولات عمده زیر کشت آبی می‌تواند طرح‌واره‌ای برای وضعیت آتی منابع آب را رقم زند. البته لازم به توضیح است طرح‌واره‌ها الزاماً اجرایی نیستند بلکه محتمل‌ترین آن‌ها می‌تواند با توجه به استراتژی‌های مدیریتی مدنظر قرار گیرد. از طرف دیگر مطابق شکل (۵) تقریباً از سال ۱۳۸۰ به بعد سطح زیر کشت پنبه به کاربری‌های عمده شامل گندم، شلتوک، سویا و به‌صورت ناچیز به جو تبدیل شدند. پس بنابراین می‌توان تغییر سطح زیر کشت هرکدام آن‌ها را نیز به سناریوی پیشنهادی دیگری تبدیل نمود. به‌طوری‌که این تغییرات برای سطح زیر کشت گندم شامل ۳۱، شلتوک ۲۳، سویا ۶۱ و همچنین جو آبی نیز ۷۴ درصدی (نسبت به سال ۱۳۸۹) اراضی زیر کشت برمبنای تغییرات ۱۰ سال گذشته یعنی از سال ۱۳۸۰، سالی که کشت پنبه تقریباً به فراموشی گرفته شد، این تغییرات برای سطح زیر کشت گندم شامل ۱۴/۳، شلتوک ۳/۶، سویا ۸/۹ و همچنین جو آبی نیز ۲/۷ درصد از کل اراضی آبی استان می‌باشد، درمجموع کل این تغییرات معادل ۲۹/۵ درصد از اراضی را شامل می‌شود. پس بنابراین می‌توان گفت که این حالت نیز سناریوی محتملی برای تغییرات اراضی زیر کشت و بازگشت به شرایط گذشته و همچنین تا حدودی سازگاری با خشک‌سالی‌های آتی خواهد بود؛ بنابراین مطابق بحث انجام‌شده ۹ سناریوی احتمالی برای مدیریت تطبیقی منابع آب استان گلستان در مقابله با خشک‌سالی می‌توان در نظر گرفت که برای تمامی زیر حوضه‌ها میزان نیاز آبی که شامل عرضه و تقاضای آب است محاسبه گردید (جدول ۲). بررسی این سناریوها نشان می‌دهد که عملی‌ترین حالت آن سناریوی ۹ می‌باشد زیر تغییراتی که از سال ۱۳۸۰ به بعد اتفاق افتاده را موردبازنگری قرار می‌دهد.

جدول ۲: سطح زیر کشت اراضی آبی به درصد در سطح استان گلستان برای سال ۱۳۸۹

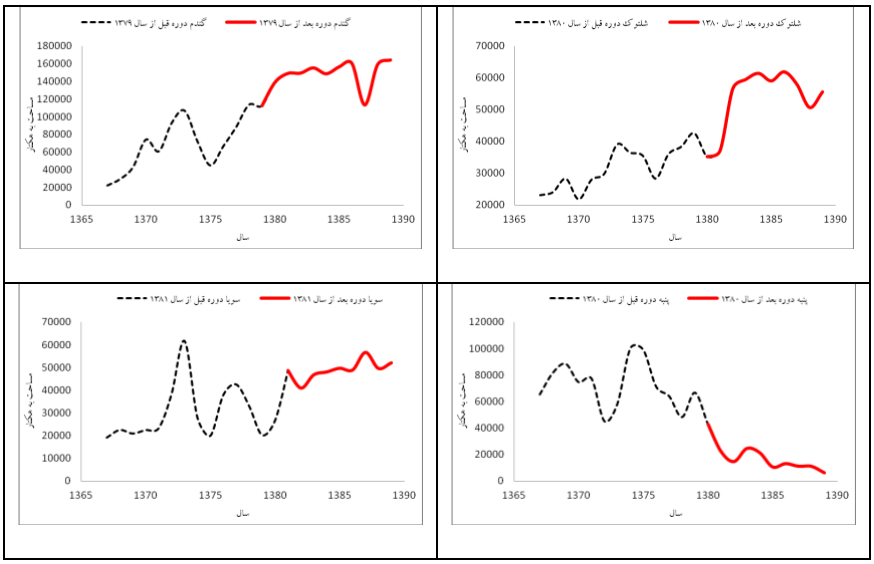
محصول	سطح زیر کشت اراضی آبی٪	محصول	سطح زیر کشت اراضی آبی٪	محصول	سطح زیر کشت اراضی آبی٪
سیب‌زمینی	۱/۶۱	جو	۳/۷۱	گندم	۴۶/۱۹
آفتابگردان روغنی	۱/۵	ذرت علوفه‌ای	۱/۹۸	شلتوک	۱۵/۶۳
خصیل	۱/۲۲	گوجه‌فرنگی	۱/۸۹	سویا	۱۴/۶۳
سایر محصولات	۶/۱۹	پنبه	۱/۷۱	کلزا	۳/۷۲

مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

شکل ۴: تغییرات اراضی کشاورزی آبی حوضه‌های آبریز چهارگانه استان گلستان



مأخذ: نگارندگان

شکل ۵: تغییرات سطح زیر کشت گندم، شلتوک، سویا و پنبه از سال ۱۳۶۷ لغایت ۱۳۸۹

جدول ۲: طرح‌واره‌های پیشنهادی جهت مدیریت تطبیقی منابع آب با نگاهی به الگوی تغییر در اراضی آبی کشاورزی و روند رشد جمعیت

سناریوهای پیشنهادی جهت مدیریت تطبیقی منابع آب	
سناریوی اول	حذف شلتوک (معادل ۱۵,۶ درصد از اراضی کشاورزی) بعلاوه افزایش جمعیت بر اساس محاسبه پایه ۱۳۹۰
سناریوی دوم	تغییر ۲۳ درصدی (نسبت به سال ۱۳۸۹) اراضی شلتوک برمبنای افزایش ۱۰ سال گذشته یعنی از سال ۱۳۸۰ سالی که کشت پنبه به فراموشی گرفته شد. این مقدار معادل ۳,۶ درصد از کل اراضی آبی است. بعلاوه افزایش جمعیت بر اساس محاسبه پایه ۱۳۹۰
سناریوی سوم	حذف گندم آبی (معادل ۴۶,۲ درصد از اراضی کشاورزی) بعلاوه افزایش جمعیت بر اساس محاسبه پایه ۱۳۹۰
سناریوی چهارم	تغییر ۳۱ درصدی (نسبت به سال ۱۳۸۹) اراضی گندم برمبنای افزایش ۱۰ سال گذشته یعنی از سال ۱۳۸۰ سالی که کشت پنبه به فراموشی گرفته شد. این مقدار معادل ۱۴,۳ درصد از کل اراضی آبی است. بعلاوه افزایش جمعیت بر اساس محاسبه پایه ۱۳۹۰
سناریوی پنجم	حذف سویای آبی (معادل ۱۴,۶ درصد از اراضی کشاورزی) بعلاوه افزایش جمعیت بر اساس محاسبه پایه ۱۳۹۰
سناریوی ششم	تغییر ۶۱ درصدی (نسبت به سال ۱۳۸۹) اراضی سویا برمبنای افزایش ۱۰ سال گذشته یعنی از سال ۱۳۸۰ سالی که کشت پنبه به فراموشی گرفته شد. این مقدار معادل ۸,۹ درصد از کل اراضی آبی است. بعلاوه افزایش جمعیت بر اساس محاسبه پایه
سناریوی هفتم	حذف جو آبی (معادل ۳,۷ درصد از اراضی کشاورزی) بعلاوه افزایش جمعیت بر اساس محاسبه پایه ۱۳۹۰
سناریوی هشتم	تغییر ۷۴ درصدی (نسبت به سال ۱۳۸۹) اراضی جو برمبنای افزایش ۱۰ سال گذشته یعنی از سال ۱۳۸۰ سالی که کشت پنبه به فراموشی گرفته شد. این مقدار معادل ۲,۷ درصد از کل اراضی آبی است. بعلاوه افزایش جمعیت بر اساس محاسبه پایه
سناریوی نهم	حذف ۳,۶ شلتوک، ۱۴,۳ گندم، ۸,۹ سویا و ۲,۷ جو (سرجمع ۲۹,۵ درصد از اراضی آبی) بعلاوه افزایش جمعیت بر اساس محاسبه پایه ۱۳۹۰

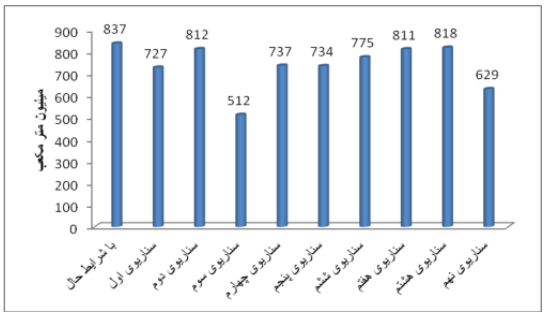
مأخذ: نگارندگان

آینده‌نگری برمبنای حوضه‌های اصلی آبریز استان گلستان

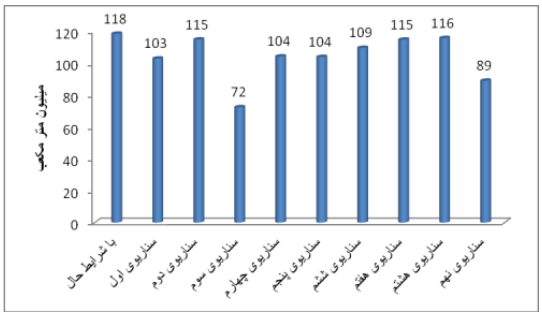
حوضه آبریز گرگان رود: مطابق جدول ۳ پیش‌بینی انجام‌شده برای میزان نیاز مصرف آب نیز در این حوضه نشان می‌دهد که بر اساس افزایش نیاز کشاورزی و روند رشد جمعیت در دوره ۱۴۰۰-۱۳۹۱ معادل ۸۵۸، ۱۴۱۰-۱۳۹۱ معادل ۹۳۴، ۱۴۳۰-۱۳۹۱ معادل ۱۰۹۱ و ۱۴۵۰-۱۳۹۱ معادل ۱۲۵۸ میلیون مترمکعب خواهد رسید. درحالی‌که مطابق همین جدول در دوره کنونی کل مصرف معادل ۷۵۹ میلیون کیلومتر مکعب است که از این میزان ۱۰ درصد از آب‌های سطحی و ۹۰ درصد آن از آب‌های زیرزمینی تأمین‌شده است و در کل در این حوضه از انواع مصارف در بخش‌های مختلف، کشاورزی، شرب شهری و شرب روستایی به ترتیب معادل ۶۶/۵۸، ۴/۴۴ و ۴/۹۷ درصد است درحالی‌که سایر بخش‌ها کمتر از یک درصد می‌باشد و فقط آب بلااستفاده معادل ۲۱/۵ درصد است؛ بنابراین، بر اساس پیش‌بینی انجام‌شده مصارف موردنیاز برای بخش کشاورزی برای دوره‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۱، ۱۴۱۰-۱۳۹۱، ۱۴۳۰-۱۳۹۱ و ۱۴۵۰-۱۳۹۱ به ترتیب ۵۷۱، ۶۲۲، ۷۲۷ و ۸۳۷ و در بخش شرب شهری ۳۸، ۴۱، ۴۸ و ۵۶ و همچنین بخش شرب روستایی ۴۳، ۴۶، ۵۴ و ۶۲ میلیون مترمکعب خواهد بود.

با توجه به وضعیت بحرانی منابع آب در آینده لازم است با اعمال سناریوهای پیشنهادی نیاز مصرفی را به تعادل کشاند به‌طوری‌که مجموع نیاز مصرفی برای بخش‌های مختلف با روند کنونی برای حوضه گرگان رود تا سال ۱۴۵۰ به ۱۲۵۸ میلیون مترمکعب پیش‌بینی می‌شود. بر این اساس با توجه به سناریوهای پیشنهادی برای دو بخش مهم کشاورزی و شرب (شهری و روستایی) نیاز آبی متفاوت است. به‌طوری‌که با توجه به جدول ۴ ازنظر حجمی کمترین میزان مصرف

با اعمال سناریوی سوم یعنی با حذف گندم آبی معادل ۴۶/۲ درصد از اراضی کشاورزی آبی و با روند رشد جمعیت سال ۱۳۹۰ برای دوره ۱۴۵۰-۱۳۹۱ به ۷۶۸ میلیون مترمکعب خواهد رسید، علاوه براین با اعمال سناریوی هشتم و دوم نیز بالاترین نیاز مصرفی که به ترتیب به ۱۲۲۹ و ۱۲۱۹ میلیون مترمکعب خواهد رسید بااین‌وجود این ارقام کمتر از روند افزایشی کنونی خواهند بود. در ارتباط با نیاز مصرفی در کشاورزی با توجه به روند کنونی تا برای دوره ۱۴۵۰-۱۳۹۱ به ۸۳۷ میلیون مترمکعب نیاز آبی خواهیم داشت اما با اعمال سناریوهای پیشنهادی به بخصوص در سناریوی سوم به ۵۱۱ میلیون مترمکعب خواهد رسید البته در سناریوهای دیگر از این مقدار بیشتر خواهد بود بطوریکه در سناریوی هشتم به ۸۱۸ میلیون مترمکعب خواهد رسید. در بخش شرب نیز ازنظر حجمی نسبت به کشاورزی کم است؛ اما با این اوصاف برای دوره زمانی فوق در سناریوی سوم ۷۲ و سناریوی هشتم نیز ۱۱۶ میلیون مترمکعب آب نیاز خواهیم داشت. البته لازم به توضیح است که با روند کنونی این میزان معادل ۱۱۸ میلیون مترمکعب خواهد بود.



شکل ۶: نیاز آبی مصرفی بخش کشاورزی با توجه روند کنونی و سناریوهای پیشنهادی ۹ گانه برای حوضه آبریز گرگان رود برای دوره ۱۴۵۰-۱۳۹۱



شکل ۷: نیاز آب مصرفی بخش شرب روستایی و شهری با توجه روند کنونی و سناریوهای پیشنهادی ۹ گانه برای حوضه آبریز گرگان رود برای دوره ۱۴۵۰-۱۳۹۱

مأخذ: نگارندگان

حوضه آبریز قره‌سو: پیش‌بینی انجام‌شده برای نیاز مصرف آبی در این حوضه نیز نشان می‌دهد که بر اساس افزایش نیاز کشاورزی و روند رشد جمعیت در دوره ۱۴۰۰-۱۳۹۱ معادل ۳۲۹، ۱۴۱۰-۱۳۹۱ معادل ۳۵۵، ۱۴۳۰-۱۳۹۱ معادل ۴۱۳ و ۱۴۵۰-۱۳۹۱ معادل ۴۷۹ میلیون مترمکعب خواهد رسید. درحالی‌که در دوره کنونی کل مصرف معادل ۲۹۰ میلیون کیلومتر مکعب است که از این میزان ۳ درصد از آب‌های سطحی و ۹۷ درصد آن از آب‌های زیرزمینی تأمین‌شده است و در این حوضه نوع مصرف شامل کشاورزی، فضای سبز، گلخانه، دام و طیور، صنعت، خدمات، شرب روستایی، شرب شهری، آبزی‌پروری و بلااستفاده است. بطوریکه که بالاترین مصرف در بخش‌های کشاورزی، شرب شهری و شرب روستایی به ترتیب معادل ۶۶/۹۴، ۱۱/۶۷ و ۸/۳۸ درصد می‌باشد درحالی‌که سایر بخش‌ها کمتر از یک درصد است و فقط آب بلااستفاده معادل ۱۱ درصد است.

جدول ۳: مصارف کنونی آب (میلیون مترمکعب) بخش‌های مختلف و پیش‌بینی نیاز مصرفی با توجه به روند رشد جمعیت و تغییرات کاربری اراضی

نوع مصرف	آب سطحی		آب زیرزمینی		درصد کل مصرف	نیاز مصرفی			
	میلیون مترمکعب	به درصد	میلیون مترمکعب	به درصد		۱۴۰۰-۱۳۹۱	۱۴۱۰-۱۳۹۱	۱۴۳۰-۱۳۹۱	۱۴۵۰-۱۳۹۱
کشاورزی	۷۰،۴۶	۹۳،۹	۴۳۵،۰۵	۶۳،۵۹	۶۶،۵۸	۵۷۱،۱۸	۶۲۱،۸۹	۷۲۶،۶۳	۸۳۷،۳۸
فضای سبز	۰	۰	۰،۶۷	۰،۱	۰،۰۹	۰،۷۶	۰،۸۲	۰،۹۶	۱،۱۱
دارویی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
گلخانه	۰	۰	۰،۲۹	۰،۰۴	۰،۰۴	۰،۳۳	۰،۳۶	۰،۴۲	۰،۴۸
دام و طیور	۰،۰۷	۰،۰۹	۶،۶۵	۰،۹۷	۰،۸۹	۷،۵۹	۸،۲۷	۹،۶۶	۱۱،۱۳
آبزی‌پروری	۱،۰۴	۱،۳۹	۴،۱۶	۰،۶۱	۰،۶۸	۵،۸۸	۶،۴	۷،۴۷	۸،۶۱
شرب شهری	۰	۰	۳۳،۶۸	۴،۹۲	۴،۴۴	۳۸،۰۶	۴۱،۴۳	۴۸،۴۱	۵۵،۷۹
شرب روستایی	۰،۰۴	۰،۰۵	۳۷،۷۲	۵،۵۱	۴،۹۷	۴۲،۶۷	۴۶،۴۵	۵۴،۲۸	۶۲،۵۵
صنعت	۱،۰۷	۱،۴۳	۳،۹۱	۰،۵۷	۰،۶۶	۵،۶۳	۶،۱۳	۷،۱۶	۸،۲۵
خدمات	۰	۰	۰،۷۱	۰،۱	۰،۰۹	۰،۸	۰،۸۷	۱،۰۲	۱،۱۸
آب بسته‌بندی	۰	۰	۰،۰۷	۰،۰۱	۰،۰۱	۰،۰۸	۰،۰۹	۰،۱	۰،۱۲
بلااستفاده	۲،۰۶	۲،۷۵	۱۶۱،۱۸	۲۳،۵۶	۲۱،۵	۱۸۴،۴۵	۲۰۰،۸۲	۲۳۴،۶۵	۲۷۰،۴۱
مجموع	۷۵،۰۴	۱۰۰	۶۸۴،۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۸۵۷،۸۶	۹۳۴،۰۳	۱۰۹۱،۳۴	۱۲۵۷،۶۶

مأخذ: نگارندگان

جدول ۴: نیاز آبی برای مدیریت تطبیقی منابع آبی با توجه به سناریوهای پیشنهادی گرگان رود

دوره پیش‌بینی	مصرف	با شرایط حال	سناریوی اول	سناریوی دوم	سناریوی سوم	سناریوی چهارم	سناریوی پنجم	سناریوی ششم	سناریوی هفتم	سناریوی هشتم	سناریوی نهم
۱۴۰۰-۱۳۹۱	کل نیاز آبی	۸۵۷،۸۶	۷۴۳،۷۶	۸۳۱،۵۳	۵۱۹،۹۶	۷۵۳،۲۷	۷۵۱،۰۸	۷۹۲،۷۶	۸۳۰،۸	۸۳۸،۱۱	۶۴۱،۹۷
	کشاورزی	۵۷۱،۱۸	۴۹۵،۲۱	۵۵۳،۶۵	۳۴۶،۲	۵۰۱،۵۴	۵۰۰،۰۸	۵۲۷،۸۴	۵۵۳،۱۶	۵۵۸،۰۳	۴۲۷،۴۳
	شرب	۸۰،۷۳	۶۹،۹۸	۷۸،۲۵	۴۸،۹۳	۷۰،۸۸	۷۰،۶۷	۷۴،۶	۷۸،۱۷	۷۸،۸۶	۶۰،۴۱
۱۴۱۰-۱۳۹۱	کل نیاز آبی	۹۳۴،۰۳	۸۰۹،۷	۹۰۵،۳۴	۵۶۵،۸۴	۸۲۰،۰۶	۸۱۷،۶۷	۸۶۳،۱	۹۰۴،۵۴	۹۱۲،۵۱	۶۹۸،۷۸
	کشاورزی	۶۲۱،۸۹	۵۳۹،۱۲	۶۰۲،۷۹	۳۷۶،۷۵	۵۴۶،۰۱	۵۴۴،۴۲	۵۷۴،۶۷	۶۰۲،۲۶	۶۰۷،۵۷	۴۶۵،۲۶
	شرب	۸۷،۸۸	۷۶،۱۹	۸۵،۱۹	۵۳،۲۴	۷۷،۱۷	۷۶،۹۴	۸۱،۲۲	۸۵،۱۲	۸۵،۸۶	۶۵،۷۵
۱۴۳۰-۱۳۹۱	کل نیاز آبی	۱۰۹۱،۳۴	۹۴۶،۵۶	۱۰۵۷،۹۳	۶۶۲،۵۶	۹۵۸،۶۲	۹۵۵،۸۴	۱۰۰۸،۷۴	۱۰۵۷	۱۰۶۶،۲۸	۸۱۷،۳۹
	کشاورزی	۷۲۶،۶۳	۶۳۰،۲۴	۷۰۴،۳۹	۴۴۱،۱۴	۶۳۸،۲۷	۶۳۶،۴۱	۶۷۱،۶۴	۷۰۳،۷۷	۷۰۹،۹۵	۵۴۴،۲۳
	شرب	۱۰۲،۶۹	۸۹،۰۷	۹۹،۵۵	۶۲،۳۴	۹۰،۲۱	۸۹،۹۴	۹۴،۹۲	۹۹،۴۶	۱۰۰،۳۳	۷۶،۹۱
۱۴۵۰-۱۳۹۱	کل نیاز آبی	۱۲۵۷،۶۶	۱۰۹۲،۴۲	۱۲۱۹،۵۳	۷۶۸،۲۹	۱۱۰۶،۱۹	۱۱۰۳،۰۱	۱۱۶۳،۳۹	۱۲۱۸،۴۷	۱۲۲۹،۰۶	۹۴۵،۰۱
	کشاورزی	۸۳۷،۳۸	۷۲۷،۳۵	۸۱۱،۹۹	۵۱۱،۵۴	۷۳۶،۵۲	۷۳۴،۴۱	۷۷۴،۶۱	۸۱۱،۲۸	۸۱۸،۳۳	۶۲۹،۲۱
	شرب	۱۱۸،۳۴	۱۰۲،۷۹	۱۱۴،۷۵	۷۲،۲۹	۱۰۴،۰۹	۱۰۳،۷۹	۱۰۹،۴۷	۱۱۴،۶۵	۱۱۵،۶۵	۸۸،۹۲

مأخذ: نگارندگان

بنابراین، با توجه به روند کنونی مصارف موردنیاز برای بخش کشاورزی برای دوره‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۱، ۱۴۱۰-۱۳۹۱، ۱۴۳۰-۱۳۹۱ و ۱۴۵۰-۱۳۹۱ به ترتیب ۲۱۸، ۲۳۵، ۲۷۳ و ۳۱۷ و در بخش شرب شهری ۳۸، ۴۱، ۴۸ و ۵۵ و همچنین

بخش شرب روستایی ۲۷، ۲۹، ۳۴ و ۴۰ میلیون مترمکعب خواهد بود (جدول ۵). به‌منظور بهره‌برداری مناسب منابع آب ضروری است نیاز مصرفی یا عرضه و تقاضای آب مدیریت شوند. با توجه به جدول ۶ با اعمال سناریوی سوم برای دوره ۱۴۵۰-۱۳۹۱ نیاز مصرفی به ۳۰۷ میلیون مترمکعب خواهد رسید، درحالی‌که با اعمال سناریوی دوم، هفتم و هشتم در بالاترین حد خود معادل ۴۶۶، ۴۶۵ و ۴۶۹ میلیون مترمکعب خواهد رسید. در ارتباط با نیاز مصرفی در کشاورزی با توجه به روند کنونی تا برای دوره ۱۴۵۰-۱۳۹۱ به ۳۱۷ میلیون مترمکعب نیاز آبی خواهیم داشت اما با اعمال سناریوهای پیشنهادی به بخصوص در سناریوی سوم به ۲۰۳ میلیون مترمکعب خواهد رسید. در بخش شرب (شهری و روستایی) باز برای این دوره با روند کنونی مصرف به ۹۵ میلیون مترمکعب خواهد رسید و اگر سناریوها اعمال شوند می‌توان این میزان را متعادل کرد.

جدول ۵: مصارف آب (میلیون مترمکعب) بخش‌های مختلف سال ۱۳۸۹ و پیش‌بینی نیاز مصرفی با توجه به روند رشد جمعیت و تغییرات کاربری اراضی

نوع مصرف	آب سطحی		آب زیرزمینی		درصد کل مصرف	نیاز مصرفی			
	میلیون مترمکعب	به درصد	میلیون مترمکعب	به درصد		۱۴۰۰-۱۳۹۱	۱۴۱۰-۱۳۹۱	۱۴۳۰-۱۳۹۱	۱۴۵۰-۱۳۹۱
کشاورزی	۷/۸۹	۸۳/۴۹	۱۸۴/۱۵	۶۶/۳۸	۶۶،۹۴	۲۱۷،۶۲	۲۳۵،۱۴	۲۷۳،۱۸	۳۱۶،۹۷
فضای سبز	۰	۰	۰/۱۸	۰/۰۶	۰،۰۶	۰،۲	۰،۲۲	۰،۲۶	۰،۳
گلخانه	۰	۰	۰/۱۵	۰/۰۵	۰،۰۵	۰،۱۷	۰،۱۸	۰،۲۱	۰،۲۵
دام و طیور	۰/۰۱	۰/۱۱	۲/۸۸	۱/۰۴	۱،۰۱	۳،۲۷	۳،۵۴	۴،۱۱	۴،۷۷
آبزی‌پروری	۰/۵۹	۶/۲۴	۰/۰۸	۰/۰۳	۰،۲۳	۰،۷۶	۰،۸۲	۰،۹۵	۱،۱۱
شرب	۰	۰	۳۳/۴۸	۱۲/۰۷	۱۱،۶۷	۳۷،۹۴	۴۰،۹۹	۴۷،۶۳	۵۵،۲۶
شرب	۰	۰	۲۴/۰۳	۸/۶۶	۸،۳۸	۲۷،۲۳	۲۹،۴۲	۳۴،۱۸	۳۹،۶۶
صنعت	۰/۱۴	۱/۴۸	۱/۳۷	۰/۴۹	۰،۵۳	۱،۷۱	۱،۸۵	۲،۱۵	۲،۴۹
خدمات	۰	۰	۰/۳۴	۰/۱۲	۰،۱۲	۰،۳۹	۰،۴۲	۰،۴۸	۰،۵۶
بلااستفاده	۰/۸۲	۸/۶۸	۳۰/۷۶	۱۱/۰۹	۱۱،۰۱	۳۵،۷۹	۳۸،۶۷	۴۴،۹۲	۵۲،۱۲
مجموع	۹/۴۵	۱۰۰	۲۷۷/۴۲	۱۰۰	۱۰۰	۳۲۸،۸۹	۳۵۵،۳۶	۴۱۲،۸۶	۴۷۹،۰۳

مأخذ: نگارندگان

حوضه آبریز اترک: پیش‌بینی انجام‌شده برای میزان مصرف آب نیز در این حوضه نشان می‌دهد که در این دوره‌ها بر اساس افزایش نیاز کشاورزی و روند رشد جمعیت در دوره ۱۴۰۰-۱۳۹۱ معادل ۶۵، ۱۴۱۰-۱۳۹۱ معادل ۷۲، ۱۴۳۰-۱۳۹۱ معادل ۸۵ و ۱۴۵۰-۱۳۹۱ معادل ۹۹ میلیون مترمکعب خواهد رسید. درحالی‌که در دوره کنونی کل مصرف معادل ۱۱۴ میلیون کیلومتر مکعب است که از این میزان ۶۴ درصد از آب‌های سطحی و ۳۶ درصد آن از آب‌های زیرزمینی تأمین‌شده است و در این حوضه نوع مصرف شامل کشاورزی، فضای سبز، دام و طیور، صنعت، خدمات، شرب روستایی، آبزی‌پروری و بلااستفاده می‌باشد.

مطابق جدول ۷ برای مصرف کنونی بخش‌های مختلف مشخص می‌گردد که بالاترین مصرف در بخش‌های کشاورزی، فضای سبز و شرب روستایی به ترتیب معادل ۷۳، ۶ و پنج درصد می‌باشد درحالی‌که سایر بخش‌ها کمتر از یک درصد می‌باشد و فقط آب بلااستفاده معادل ۱۴ درصد است؛ بنابراین، مصارف موردنیاز برای بخش کشاورزی برای دوره‌های ۱۴۰۰-۱۴۱۰،۱۳۹۱-۱۳۹۱، ۱۴۳۰-۱۳۹۱ و ۱۴۵۰-۱۳۹۱ به ترتیب ۴۸، ۵۲، ۶۲ و ۷۲ و در بخش فضای سبز ۴، ۴/۴، ۳/۲ و ۶/۱ و همچنین بخش شرب روستایی ۳/۴، ۳/۷، ۴/۴ و ۵/۲ میلیون مترمکعب خواهد بود.

جدول ۶: نیاز آبی برای مدیریت تطبیقی منابع آب با توجه به سناریوهای پیشنهادی حوضه قره‌سو

دوره پیش‌بینی	مصرف	با شرایط حال	سناریوی اول	سناریوی دوم	سناریوی سوم	سناریوی چهارم	سناریوی پنجم	سناریوی ششم	سناریوی هفتم	سناریوی هشتم	سناریوی نهم
۱۴۰۰-۱۳۹۱	کل نیاز آبی	۳۲۸/۸۹	۲۸۵/۷۶	۳۱۸/۹۴	۲۰۱/۱۶	۲۸۹/۳۵	۲۸۸/۵۲	۳۰۴/۲۸	۳۱۸/۶۶	۳۲۱/۴۲	۲۴۷/۳۳
	کشاورزی	۲۱۷/۶۲	۱۸۹/۰۸	۲۱۱/۰۳	۱۳۳/۱	۱۹۱/۴۶	۱۹۰/۹۱	۲۰۱/۳۴	۲۱۰/۸۵	۲۱۲/۶۸	۱۶۳/۶۵
	شرب	۶۵/۱۷	۵۶/۶۲	۶۳/۲	۳۹/۸۷	۵۷/۳۴	۵۷/۱۷	۶۰/۲۹	۶۳/۱۴	۶۳/۶۹	۴۹/۰۱
۱۴۱۰-۱۳۹۱	کل نیاز آبی	۳۵۵/۳۶	۳۰۹/۲۱	۳۴۴/۷۱	۲۱۸/۶۸	۳۱۳/۰۶	۳۱۲/۱۷	۳۲۹/۰۳	۳۴۴/۴۲	۳۴۷/۳۷	۲۶۸/۰۹
	کشاورزی	۲۳۵/۱۴	۲۰۴/۶	۲۲۸/۰۹	۱۴۴/۷	۲۰۷/۱۴	۲۰۶/۵۶	۲۱۷/۷۱	۲۲۷/۸۹	۲۲۹/۸۵	۱۷۷/۳۹
	شرب	۷۰/۴۱	۶۱/۲۷	۶۸/۳	۴۳/۳۴	۶۲/۰۳	۶۱/۸۶	۶۵/۲	۶۸/۲۵	۶۸/۸۳	۵۳/۱۳
۱۴۳۰-۱۳۹۱	کل نیاز آبی	۴۱۲/۸۶	۳۶۰/۶۶	۴۰۰/۸۱	۲۵۸/۲۷	۳۶۵/۰۱	۳۶۴/۰۱	۳۸۳/۰۸	۴۰۰/۴۸	۴۰۳/۸۲	۳۱۴/۱۵
	کشاورزی	۲۷۳/۱۸	۲۳۸/۶۴	۲۶۵/۲۱	۱۷۰/۹	۲۴۱/۵۲	۲۴۰/۸۶	۲۵۳/۴۸	۲۶۴/۹۹	۲۶۷/۲	۲۰۷/۸۷
	شرب	۸۱/۸۱	۷۱/۴۶	۷۹/۴۳	۵۱/۱۷	۷۲/۳۳	۷۲/۱۳	۷۵/۹۱	۷۹/۳۶	۸۰/۰۲	۶۲/۲۵
۱۴۵۰-۱۳۹۱	کل نیاز آبی	۴۷۹/۰۳	۴۲۰/۷۹	۴۶۵/۵۹	۳۰۶/۵۴	۴۲۵/۶۴	۴۲۴/۵۲	۴۴۵/۸	۴۶۵/۲۲	۴۶۸/۹۵	۳۶۸/۸۹
	کشاورزی	۳۱۶/۹۷	۲۷۸/۴۳	۳۰۸/۰۷	۲۰۲/۸۳	۲۸۱/۶۴	۲۸۰/۹	۲۹۴/۹۸	۳۰۷/۸۳	۳۱۰/۳	۲۴۴/۰۹
	شرب	۹۴/۹۲	۸۳/۳۸	۹۲/۲۶	۶۰/۷۴	۸۴/۳۴	۸۴/۱۲	۸۸/۳۴	۹۲/۱۹	۹۲/۹۳	۷۳/۰۹

مأخذ: نگارندگان

بدین منظور ضروری است نیاز مصرفی یا عرضه و تقاضای آب با توجه به سناریوهای پیشنهادی ۹ گانه مطرح‌شده مدیریت شوند. برای این هدف جدول ۸ نیاز عرضه و تقاضای آب را برای مدیریت تطبیقی منابع آب (میلیون مترمکعب) برای حوضه‌های منتهی به ایستگاه هیدرومتری دریاچه دانشمند نشان می‌دهد. با توجه به این جدول با اعمال سناریوی سوم برای دوره ۱۴۵۰-۱۳۹۱ نیاز مصرفی به ۶۲ میلیون مترمکعب خواهد رسید، همچنین با اعمال سناریوی دوم، هفتم و هشتم حتی تقریباً شبیه وضعیت روند افزایشی کنونی خواهد بود. در ارتباط با نیاز مصرفی در کشاورزی، فضای سبز و شرب روستایی با توجه به روند کنونی برای دوره ۱۴۵۰-۱۳۹۱ به ۷۲، ۶/۱۱ و ۵/۱۹ میلیون مترمکعب نیاز آبی خواهیم داشت اما با اعمال سناریوهای پیشنهادی بخصوص در سناریوی سوم به ۴۵، ۳/۸ و ۳/۲ میلیون مترمکعب خواهد رسید.

جدول ۷: مصارف کنونی آب (میلیون مترمکعب) بخش‌های مختلف و پیش‌بینی نیاز مصرفی با توجه به روند رشد جمعیت و تغییرات کاربری

نوع مصرف	آب سطحی		آب زیرزمینی		درصد کل مصرف	نیاز مصرفی			
	میلیون مترمکعب	به درصد	میلیون مترمکعب	به درصد		۱۴۰۰-۱۳۹۱	۱۴۱۰-۱۳۹۱	۱۴۳۰-۱۳۹۱	۱۴۵۰-۱۳۹۱
کشاورزی	۶۴٫۹۷	۸۹٫۳۸	۱۸٫۴	۴۴٫۲۸	۷۳٫۰۳	۴۷٫۷۵	۵۲٫۳۵	۶۱٫۹۸	۷۲٫۳۸
فضای سبز	۷٫۰۴	۹٫۶۹	۰	۰	۶٫۱۷	۴٫۰۳	۴٫۴۲	۵٫۲۳	۶٫۱۱
دام و طیور	۰	۰	۰٫۵۹	۱٫۴۲	۰٫۵۲	۰٫۳۴	۰٫۳۷	۰٫۴۴	۰٫۵۱
آبزی‌پروری	۰٫۴۵	۰٫۶۱	۰	۰	۰٫۳۹	۰٫۲۶	۰٫۲۸	۰٫۳۳	۰٫۳۹
شرب روستایی	۰	۰	۵٫۹۸	۱۴٫۳۹	۵٫۲۴	۳٫۴۲	۳٫۷۵	۴٫۴۵	۵٫۱۹
صنعت	۰	۰	۰٫۱۴	۰٫۳۴	۰٫۱۲	۰٫۰۸	۰٫۰۹	۰٫۱	۰٫۱۲
خدمات	۰٫۰۹	۰٫۱۲	۰٫۱۵	۰٫۳۵	۰٫۲۱	۰٫۱۴	۰٫۱۵	۰٫۱۸	۰٫۲۱
بلااستفاده	۰٫۰۶	۰٫۰۸	۱۶٫۲۹	۳۹٫۲۲	۱۴٫۳۲	۹٫۳۶	۱۰٫۲۷	۱۲٫۱۶	۱۴٫۱۹
مجموع	۷۲٫۶۱	۱۰۰	۴۱٫۵۵	۱۰۰	۱۰۰	۶۵٫۳۸	۷۱٫۶۸	۸۴٫۸۷	۹۹٫۱۱

مأخذ: نگارندگان

جدول ۸: نیاز آبی برای مدیریت خشک‌سالی (کشاورزی و مجموع) با توجه به سناریوهای پیشنهادی حوضه اترک

دوره پیش بینی	مصرف	با شرایط حال	سناریوی اول	سناریوی دوم	سناریوی سوم	سناریوی چهارم	سناریوی پنجم	سناریوی ششم	سناریوی هفتم	سناریوی هشتم	سناریوی نهم
۱۴۰۰-۱۳۹۱	کل نیاز آبی	۶۵/۳۸	۵۶/۷۳	۶۳/۳۹	۳۹/۷۷	۵۷/۴۵	۵۷/۲۹	۶۰/۴۵	۶۳/۳۳	۶۳/۸۹	۴۹/۰۳
	کشاورزی	۴۷/۷۵	۴۱/۴۳	۴۶/۲۹	۲۹/۰۴	۴۱/۹۶	۴۱/۸۴	۴۴/۱۴	۴۶/۲۵	۴۶/۶۵	۳۵/۸
	فضای سبز	۴/۰۳	۳/۵	۳/۹۱	۲/۴۵	۳/۵۴	۳/۵۳	۳/۷۳	۳/۹۱	۳/۹۴	۳/۰۲
	شرب روستایی	۳/۴۲	۲/۹۷	۳/۳۲	۲/۰۸	۳/۰۱	۳	۳/۱۷	۳/۳۲	۳/۳۵	۲/۵۷
۱۴۱۰-۱۳۹۱	کل نیاز آبی	۷۱/۶۸	۶۲/۲۳	۶۹/۵	۴۳/۶۹	۶۳/۰۲	۶۲/۸۴	۶۶/۲۹	۶۹/۴۴	۷۰/۰۵	۵۳/۸۱
	کشاورزی	۵۲/۳۵	۴۵/۴۵	۵۰/۷۶	۳۱/۹۱	۴۶/۰۲	۴۵/۸۹	۴۸/۴۱	۵۰/۷۱	۵۱/۱۵	۳۹/۳
	فضای سبز	۴/۴۲	۳/۸۴	۴/۲۹	۲/۶۹	۳/۸۹	۳/۸۸	۴/۰۹	۴/۲۸	۴/۳۲	۳/۳۲
	شرب روستایی	۳/۷۵	۳/۲۶	۳/۶۴	۲/۲۹	۳/۳	۳/۲۹	۳/۴۷	۳/۶۴	۳/۶۷	۲/۸۲
۱۴۳۰-۱۳۹۱	کل نیاز آبی	۸۴/۸۷	۷۳/۸۱	۸۲/۳۲	۵۲/۱۳	۷۴/۷۴	۷۴/۵۲	۷۸/۵۶	۸۲/۲۵	۸۲/۹۶	۶۳/۹۶
	کشاورزی	۶۱/۹۸	۵۳/۹۱	۶۰/۱۲	۳۸/۰۷	۵۴/۵۸	۵۴/۴۲	۵۷/۳۷	۶۰/۰۷	۶۰/۵۸	۴۶/۷۱
	فضای سبز	۵/۲۳	۴/۵۵	۵/۰۸	۳/۲۱	۴/۶۱	۴/۶	۴/۸۴	۵/۰۷	۵/۱۲	۳/۹۴
	شرب روستایی	۴/۴۵	۳/۸۷	۴/۳۱	۲/۷۳	۳/۹۱	۳/۹	۴/۱۲	۴/۳۱	۴/۳۵	۳/۳۵
۱۴۵۰-۱۳۹۱	کل نیاز آبی	۹۹/۱۱	۸۶/۴۴	۹۶/۱۸	۶۱/۶۱	۸۷/۵	۸۷/۲۶	۹۱/۸۸	۹۶/۱	۹۶/۹۱	۷۵/۱۶
	کشاورزی	۷۲/۳۸	۶۳/۱۳	۷۰/۲۴	۴۴/۹۹	۶۳/۹	۶۳/۷۲	۶۷/۱	۷۰/۱۸	۷۰/۷۸	۵۴/۸۹
	فضای سبز	۶/۱۱	۵/۳۳	۵/۹۳	۳/۸	۵/۴	۵/۳۸	۵/۶۷	۵/۹۳	۵/۹۸	۴/۶۴
	شرب روستایی	۵/۱۹	۴/۵۳	۵/۰۴	۳/۲۳	۴/۵۸	۴/۵۷	۴/۸۱	۵/۰۳	۵/۰۸	۳/۹۴

مأخذ: نگارندگان

حوضه آبریز کل حوضه خلیج: این حوضه مساحتی معادل ۳۱۴ کیلومترمربع است. پیش‌بینی انجام‌شده برای میزان مصرف آب نیز در این حوضه نشان می‌دهد که با توجه به افزایش نیاز کشاورزی و روند رشد جمعیت در دوره ۱۴۰۰-

۱۳۹۱ معادل ۵۸/۵، ۱۴۱۰–۱۳۹۱ معادل ۶۳/۷۱، ۱۴۳۰–۱۳۹۱ معادل ۷۴/۱۴ و ۱۴۵۰–۱۳۹۱ معادل ۸۴/۵۷ میلیون مترمکعب خواهد رسید. درحالی‌که مطابق جدول ۹ در دوره کنونی کل مصرف معادل ۵۱/۷۳ میلیون کیلومتر مکعب است که از این میزان تقریباً ۷۹ درصد آن از آب‌های زیرزمینی و ۲۱ درصد از آب‌های سطحی که صرفاً برای کشاورزی تأمین می‌شود. در این حوضه نوع مصرف شامل کشاورزی، دام و طیور، صنعت، خدمات، شرب شهری، شرب روستایی، آبزی‌پروری و بلااستفاده هست.

مطابق جدول ۹ برای مصرف کنونی بخش‌های مختلف مشخص می‌گردد که بالاترین مصرف در بخش‌های کشاورزی، دام و طیور، شرب شهری، شرب روستایی و خدمات به ترتیب معادل ۶۱/۷۴، ۳/۱۱، ۷، ۱۷/۱۹ و ۱/۳۹ درصد می‌باشد درحالی‌که سایر بخش‌ها کمتر از یک درصد می‌باشد و فقط آب بلااستفاده معادل ۱۰/۵۷ درصد است؛ بنابراین، مصارف موردنیاز برای بخش کشاورزی برای دوره‌های ۱۴۰۰–۱۳۹۱، ۱۴۱۰–۱۳۹۱، ۱۴۳۰–۱۳۹۱ و ۱۴۵۰–۱۳۹۱ به ترتیب ۳۶/۱۲، ۳۹/۳۴، ۴۵/۷۷ و ۵۲/۲۲ و در بخش دام و طیور ۱/۸، ۲، ۲/۳ و ۲/۶، در بخش شرب شهری ۴/۳، ۴/۷، ۵/۵ و ۶/۳، در بخش شرب روستایی ۱۰/۱، ۱۰/۹، ۱۲/۷ و ۱۴/۵ و همچنین بخش خدمات ۰/۸، ۰/۹، ۱ و ۱/۲ میلیون مترمکعب خواهد بود. جدول ۱۰ نیاز آب مصرفی را برای مدیریت تطبیقی منابع آب (میلیون مترمکعب) با توجه به سناریوهای پیشنهادی ۹ گانه برای این حوضه نشان می‌دهد. با توجه به این جدول با اعمال سناریوی سوم کمترین نیاز آبی برای دوره ۱۴۵۰–۱۳۹۱ به ۴۹/۲۴ میلیون مترمکعب خواهد رسید. در ارتباط با نیاز مصرفی در کشاورزی و شرب با توجه به روند کنونی به ۵۲/۲۲ و ۲۰/۸۲ میلیون مترمکعب نیاز آبی خواهیم داشت.

جدول ۹: مصارف کنونی آب (میلیون مترمکعب) بخش‌های مختلف و پیش‌بینی نیاز مصرفی با توجه به روند رشد جمعیت و تغییرات کاربری اراضی

نوع مصرف	آب سطحی		آب زیرزمینی		درصد کل مصرف	نیاز مصرفی			
	میلیون مترمکعب	به درصد	میلیون مترمکعب	به درصد		۱۴۰۰–۱۳۹۱	۱۴۱۰–۱۳۹۱	۱۴۳۰–۱۳۹۱	۱۴۵۰–۱۳۹۱
کشاورزی	۱۰/۷۵	۱۰۰	۲۱/۱۸	۵۱/۶۸	۶۱/۷۴	۳۶/۱۲	۳۹/۳۴	۴۵/۷۷	۵۲/۲۲
دام و طیور	۰	۰	۱/۶۱	۳/۹۳	۳/۱۱	۱/۸۲	۱/۹۸	۲/۳۱	۲/۶۳
آبزی‌پروری	۰	۰	۰/۱۴	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۲	۰/۲۳
شرب شهری	۰	۰	۳/۸۴	۹/۳۷	۷/۴۲	۴/۳۴	۴/۷۳	۵/۵	۶/۲۸
شرب روستایی	۰	۰	۸/۸۹	۲۱/۶۹	۱۷/۱۹	۱۰/۰۶	۱۰/۹۵	۱۲/۷۴	۱۴/۵۴
صنعت	۰	۰	۰/۲۶	۰/۶۳	۰/۵	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۳۷	۰/۴۳
خدمات	۰	۰	۰/۷۲	۱/۷۶	۱/۳۹	۰/۸۱	۰/۸۹	۱/۰۳	۱/۱۸
بلااستفاده	۰	۰	۴/۳۳	۱۰/۵۷	۸/۳۷	۴/۹	۵/۳۳	۶/۲۱	۷/۰۸
مجموع	۱۰/۷۵	۱۰۰	۴۰/۹۷	۱۰۰	۱۰۰	۵۸/۵	۶۳/۷۱	۷۴/۱۴	۸۴/۵۸

مأخذ: نگارندگان

جدول ۱۰: نیاز آبی برای مدیریت خشک‌سالی (کشاورزی، شرب و مجموع) با توجه به سناریوهای پیشنهادی حوضه خلیج

دوره پیش‌بینی	مصرف	با شرایط حال	سناریوی اول	سناریوی دوم	سناریوی سوم	سناریوی چهارم	سناریوی پنجم	سناریوی ششم	سناریوی هفتم	سناریوی هشتم	سناریوی نهم
۱۴۰۰-۱۳۹۱	کل نیاز آبی	۵۸/۵	۵۰/۶	۵۶/۶۸	۳۵/۰۹	۵۱/۲۶	۵۱/۱	۵۳/۹۹	۵۶/۶۳	۵۷/۱۴	۴۳/۵۵
	کشاورزی	۳۶/۱۲	۳۱/۲۴	۳۴/۹۹	۲۱/۶۶	۳۱/۶۴	۳۱/۵۵	۳۳/۳۳	۳۴/۹۶	۳۵/۲۷	۲۶/۸۹
	شرب	۱۴/۴	۱۲/۴۶	۱۳/۹۵	۸/۶۴	۱۲/۶۲	۱۲/۵۷	۱۳/۲۹	۱۳/۹۳	۱۴/۰۶	۱۰/۷۲
۱۴۱۰-۱۳۹۱	کل نیاز آبی	۶۳/۷۱	۵۵	۶۱/۷	۳۷/۹۱	۵۵/۷۳	۵۵/۵۶	۵۸/۷۴	۶۱/۶۵	۶۲/۲۱	۴۷/۲۴
	کشاورزی	۳۹/۳۴	۳۳/۹۶	۳۸/۰۹	۲۳/۴۱	۳۴/۴	۳۴/۳	۳۶/۲۷	۳۸/۰۶	۳۸/۴	۲۹/۱۶
	شرب	۱۵/۶۸	۱۳/۵۳	۱۵/۱۹	۹/۳۳	۱۳/۷۲	۱۳/۶۸	۱۴/۴۶	۱۵/۱۸	۱۵/۳۱	۱۱/۶۳
۱۴۳۰-۱۳۹۱	کل نیاز آبی	۷۴/۱۴	۶۳/۸۲	۷۱/۷۶	۴۳/۵۷	۶۴/۶۸	۶۴/۴۸	۶۸/۲۵	۷۱/۶۹	۷۲/۳۶	۵۴/۶۲
	کشاورزی	۴۵/۷۷	۳۹/۴	۴۴/۳	۲۶/۹	۳۹/۹۳	۳۹/۸۱	۴۲/۱۴	۴۴/۲۶	۴۴/۶۷	۳۳/۷۲
	شرب	۱۸/۲۴	۱۵/۷۱	۱۷/۶۶	۱۰/۷۲	۱۵/۹۲	۱۵/۸۷	۱۶/۸	۱۷/۶۴	۱۷/۸۱	۱۳/۴۵
۱۴۵۰-۱۳۹۱	کل نیاز آبی	۸۴/۵۸	۷۲/۶۴	۸۱/۸۲	۴۹/۲۴	۷۳/۶۴	۷۳/۴۱	۷۷/۷۷	۸۱/۷۵	۸۲/۵۱	۶۲/۰۱
	کشاورزی	۵۲/۲۲	۴۴/۸۵	۵۰/۵۲	۳۰/۴	۴۵/۴۶	۴۵/۳۲	۴۸/۰۱	۵۰/۴۷	۵۰/۹۴	۳۸/۲۸
	شرب	۲۰/۸۲	۱۷/۸۸	۲۰/۱۴	۱۲/۱۲	۱۸/۱۳	۱۸/۰۷	۱۹/۱۴	۲۰/۱۲	۲۰/۳۱	۱۵/۲۶

مأخذ: نگارندگان

بحث و نتیجه‌گیری

حوضه‌های آبریز اصلی استان به جزء نکارود هرکدام به ترتیب حوضه آبریز گرگان رود ۴۶/۴، اترک ۳۹/۸، قره‌سو ۸/۸ و خلیج ۱/۶ درصد از مساحت استان را به خود اختصاص می‌دهند که در حال حاضر وضعیت منابع آب در حال بهره‌برداری برمبنای سال ۱۳۸۹ در هرکدام به ترتیب ۷۵۹، ۲۹۰، ۱۱۴ و ۵۲ میلیون مترمکعب است که در حوضه گرگان رود ۹۰ درصد از آب‌های زیرزمینی و ۱۰ درصد از سطحی، قره‌سو ۹۷ درصد از آب زیرزمینی و ۳ درصد از آب سطحی، در حوضه اترک ۳۶ درصد از آب زیرزمینی و ۶۴ درصد از آب سطحی و درنهایت در حوضه خلیج ۷۹ درصد از آب‌های زیرزمینی و ۲۱ درصد از آب سطحی تأمین می‌شود. از طرف دیگر بیشترین مصرف آب در سطح استان در حال حاضر به بخش کشاورزی و در درجه بعد به شرب اختصاص دارد. در کل در سطح استان ۸۱۳ میلیون مترمکعب آب در بخش کشاورزی مصرف می‌شود که ۶۷ درصد از کل منابع آب مصرفی استان می‌باشد. بر اساس پیش‌بینی انجام‌شده بدون اعمال نظرات مدیریت تطبیقی منابع آب (سناریوها) نیاز مصرفی با روند شدیدی افزایش خواهد یافت بطوریکه برای دوره ۱۴۵۰-۱۳۹۱ این نیاز درمجموع به ۱۹۲۰ میلیون مترمکعب خواهد رسید. حال اگر اختصاص منابع زیرزمینی با دقت مورد لحاظ قرار

گیرد در آینده علاوه بر کاهش شدید منابع آب زیرزمینی، افزایش غلظت و بالا رفتن سختی آب، با کمیت و کیفیت آب شرب مواجه خواهیم شد. حال به‌منظور بهره‌برداری مناسب از منابع آب بهتر است راهکارهای مدیریتی اعمال شود. برای این منظور ۹ طرح‌واره با توجه به تغییر و تحولاتی که در الگوی کشت آبی در طی سالیان گذشته در سطح استان که بعضاً برمبنای برنامه‌ریزی بوده و یا اینکه این فرایند از برنامه خاصی تبعیت نمی‌کرده است پیشنهاد می‌گردد. همان‌طور که مطابق جدول (۲) ملاحظه می‌شود ۹ طرح‌واره معرفی گردیده‌اند که در این میان دو طرح‌وارهٔ دوم و نهم ازنظر اختصاص منابع آب نسبت به شرایط کنونی نیز، میزان مصرف حتی پایین‌تر و متعادل‌تر خواهند داشت؛ اما اگر محتوای سناریوی دوم که صرفاً به حذف گندم آبی توجه نموده است مورد ملاحظه قرار گیرد شاید این کار در بسیاری از نواحی عملاً امکان‌پذیر نخواهد بود. بر این اساس با توجه به سناریوی نهم مشخص می‌گردد که نیاز مصرفی استان گلستان برای دوره‌های تا ۱۴۰۰–۱۳۹۱ معادل ۹۸۲، ۱۴۱۰–۱۳۹۱ معادل ۱۰۶۸، ۱۴۳۰–۱۳۹۱ معادل ۱۲۵۰ و ۱۴۵۰–۱۳۹۱ معادل ۱۴۵۱ میلیون مترمکعب خواهد بود؛ اما اگر با روند کنونی مصرف آب ادامه یابد این مقدار برای دوره‌های تا ۱۴۰۰–۱۳۹۱ معادل ۱۳۱۱، ۱۴۱۰–۱۳۹۱ معادل ۱۴۲۵، ۱۴۳۰–۱۳۹۱ معادل ۱۶۶۳ و ۱۴۵۰–۱۳۹۱ معادل ۱۹۲۰ میلیون مترمکعب خواهد رسید که این میزان به ترتیب نسبت به سناریوی نهم معادل ۳۲۹، ۳۵۷، ۴۱۳ و ۴۶۹ میلیون مترمکعب افزایش نشان می‌دهد؛ بنابراین منطقی است که برای مدیریت ریسک خشک‌سالی‌های آتی الگوی سناریوی نهم عملیاتی شود.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر بخشی از پروژه پژوهش‌های ملی تحت عنوان بررسی و ارزیابی تغییر یا دگرگونی اقلیمی بر منابع آب به‌منظور اعمال مدیریت ریسک به‌جای مدیریت بحران در شرایط واقعی و پیش‌بینی با کد پروژه (GLW-91006) است که با حمایت مالی شرکت آب منطقه‌ای گلستان صورت گرفته است. بر این اساس مؤلفین مقاله بر خود لازم دانسته که صمیمانه از حمایت‌های مالی و معنوی شرکت آب منطقه‌ای گلستان کمال تقدیر و تشکر را داشته باشند.

منابع

۱– سلیقه، محمد، بریمانی، فرامرز، (۱۳۸۶): اثرات سیستم‌های آب و هوایی موسمی در کشاورزی بلوچستان. مجله جغرافیا و توسعه، صص ۲۵– ۳۹.

۲– شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان. (۱۳۸۹): طرح جامع تأمین آب شرب شهرهای استان گلستان. جلد ششم، گزارش اقتصادی (بخش اول). صص ۴۷.

۳- عادلی، بهزاد، مرادی، حمیدرضا، کشاورز، مرضیه. (۱۳۹۴): اثرات اجتماعی خشک‌سالی‌های کم‌دوام بر ساکنان جوامع روستایی: مطالعه موردی دهستان دودانگه در شهرستان بهبهان. فصل‌نامه روستا و توسعه، شماره ۴، صص ۱۳۳-۱۵۱.
۴- مقدسی، مهنوش، مرید، سعید، قائمی، هوشنگ، سامانی، جمال. (۱۳۸۴): پایش روزانه خشک‌سالی در استان تهران. ۱۳۸۴، مجله علوم کشاورزی ایران، شماره اول، صص ۵۱-۶۲.
۵- قانقرمه، عبدالعظیم، روشن، غلامرضا. (۱۳۹۴): کاربرد شاخص TOPSIS در پایش خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌های استان گلستان. مجله فیزیک زمین و فضا، شماره ۴۱، صص ۵۴۷-۵۶۳.
۶- قاسمی نژاد، سعیده، سلطانی، سعید، سفانیان، علیرضا. (۱۳۹۲): ارزیابی ریسک خشکسالی استان اصفهان، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. علوم آب و خاک، سال هجدهم، شماره ۶۸ صص ۲۲۵-۲۱۳.
۷- حجازی زاده، زهرا، جوی زاده، سعید. (۱۳۸۹): مقدمه‌ای بر خشک‌سالی و شاخص‌های آن. انتشارات سمت، تهران، ص ۳۸۵.
۸- روشن، غلامرضا، قانقرمه، عبدالعظیم. (۱۳۹۳): احتمال تأثیر تغییر اقلیم بر منحنی شدت و فراوانی بارش مؤثر در نواحی شمال غرب ایران. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۵۴ (۲)، صص ۸۴-۶۱.
۹- حسن زاده، یوسف، فیضی، اتابک. (۱۳۸۵): منابع آب و طرح مدیریتی برای دوران خشکسالی. مجموعه مقالات دومین کنفرانس مدیریت منابع آب در سال هزار و سیصد و هشتاد و پنج، شناسه (COI) مقاله: WRM02_080.
۱۰- قاسمی نژاد، سعید، سلطانی، سعید، سفیانیان، علیرضا. (۱۳۹۳): ارزیابی ریسک خشک‌سالی استان اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب‌وخاک، شماره ۶۷، صص ۲۱۳-۲۲۵.
۱۱- عرب، داوود، مهدیخانی، وحید. (۱۳۸۴): گذار از مدیریت بحران به‌سوی مدیریت ریسک: استراتژی‌های مدیریت خشک‌سالی. مجموعه مقالات اولین کنفرانس مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه، ۹-۱۰ بهمن، تهران.
۱۲- دریجانی، علی، شاه حسین، سمانه، شاهسونی، ناصر. (۱۳۸۹): تعیین اولویت‌های ریسک خشک‌سالی در بخش کشاورزی شهرستان گنبدکاووس با استفاده از فن تحلیل سلسله مراتبی. مجله اقتصاد کشاورزی، شماره ۱، صص ۳۷-۵۹.
۱۳- آل یاسین، محمدرضا. علیرضا سلامت. (۱۳۸۰): راهنمای مقابله با خشک‌سالی. چاپ اول، تهران، کمیته ملّی آبیاری و زهکشی ایران.
۱۴- مرید، سعید. مهنوش مقدسی. (۱۳۸۴): حرکت از مدیریت بحران به مدیریت ریسک خشک‌سالی در آمریکا و افق‌های کاری ما. مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران آب در حوادث غیرمترقبه، ۹-۱۰ بهمن، تهران.
۱۵- مساعدی، ابوالفضل، حسین شریفان. محبوبه شهابی. (۱۳۸۶): مدیریت ریسک با شناخت میکروکلیماهای استان گلستان . گزارش طرح پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

16- Akhtari R., Morid S., Mahdian M. H. and Smakhtin V. (2009): Assessment of Areal Interpolation Methods for Spatial of SPI and EDI Drought Indices. International Journal of Climatology. 29:135-145.
16- AnaIglesias, LuisGarrote. (2015): Adaptation Strategies for Agricultural Water Management Under Climate Change in Europe. Agricultural Water Management. Vol. 55, June 2015, Pages 113-124.
17- Byun H. R., Lee S. J., Morid S., Chio K. S., Lee, S. M. and Kim D., W. (2008): Study on The Priodicities of Droughts in Korea. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences. 44, 4, 417-441.
18- Backeberg, G.R., and Viljoen, M.F. (2003): Drought Management in South Africa. The ICID Working Group on Irrigation Under Drought and Water Scarcity, Tehran, Iran, 13-14 July.
19- Cody, K., Hayes, M., and Philips, T. (1998): How to Reduce Drought risk. Western Drought Coordination Council. 44 p. http://drought.unl.edu.
20- Carlos DionisioPérez-Blanco, Carlos Mario Gómez. (2014): Drought Management Plans and Water Availability in Agriculture: A Risk Assessment Model for a Southern European Basin. Weather and Climate Extremes. Vol. 4, August 2014, Pages 11-18

21- Denghua Yan, Baisha Weng, Gang Wang, Hao Wang. (2014): Theoretical Framework of Generalized Watershed Drought Risk Evaluation and Adaptive Strategy Based on Water Resources System. Nat Hazards. DOI 10.1007/s11069-014-1108-5

22- EleniKampragou, StylianiApostolaki, EleniManoli, Jochen Froebrich, Dionysis Assimacopoulos. (2011): Towards The Harmonization of Water-Related Policies for Managing Drought Risks Across the EU. Environmental Science & Policy, Vol. 14, Issue 7, November 2011, Pages 815-824.

23- G. Tsakiris, I. Nalbantis, H. Vangelis, B. Verbeiren, M. Huysmans, B. Tychon, I. Jacquemin, F. Canters, S. Vanderhaegen, G. Engelen, L. Poelmans, P. De Becker, O. Batelaan. (2013): A System-Based Paradigm of Drought Analysis for Operational Management. Water Resource Management. 27:5281–5297. DOI 10.1007/s11269-013-0471-4.

24- Justin D. Derner, David J. Augustine. (2016): Adaptive Management for Drought on Rangelands. Rangelands. Vol. 38, Issue 4, August 2016, Pages 211-215.

25- Morid S., SmakhtinV. and Moghaddasi M. (2005): Comparison of Seven Meteorological Indices for Drought Monitoring in Iran. International Journal of Climatology.Vol. 26: Pp. 971-985.

26- Riebsame, W.E., Changnon, S.A., and Karl, T.R. (1991): Drought and Natural Resources Management in The United States: Impacts and Implications of The 1987-89 Drought (Boulder, CO: Westview Press).

27- P. Giacomelli, A. Rossetti, and M. Brambilla. (2008): Adapting Water Allocation Management to Drought Scenarios. Nat.

28- Hazards Earth Syst. Sci., 8, 293–302.

29- VikasKumar, LuisDel Vasto-Terrientes, AidaValls, MartaSchuhmacher. (2016): Adaptation Strategies for Water Supply Management in A Drought Prone Mediterranean River Basin: Application of Outranking Method. Science of The Total Environment. Vol. 540, 1 January 2016, Pp 344-357

30- Wilhite, D.A. (1991): Drought Planning: A Process for State Government. Water Resources Bulletin, Vol. 1: Pp. 29-38

31- Xiao-jun Wang, Jian-yun Zhang, Xue-wei Tong, Shahid Shamsuddin, Rui-min He, Xing-hui Xia. (2014): Mechanism and Comprehensive Countermeasure For Drought Management From The View of Catastrophe Theory. Nat Hazards (2014): 71:823–835.DOI 10.1007/s11069-013-0915-4.