



دانشگاه گواران و منابع آب

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و یکم، شماره اول، ۱۳۹۳
<http://jwsc.gau.ac.ir>

آسیب‌پذیری شبکه‌های آبیاری تحت شرایط تغییر اقلیم با بهینه نمودن سطح زیر کشت در شرایط محدودیت منابع آبی و آرایه راه‌کارهای تطبیق

*زهرا دهقان^۱، مهدی کوچکزاده^۲ و مهدی علیخاصی^۳

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس، استادیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس، ^۲دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس
تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۱۹

چکیده

هدف از این پژوهش بهینه‌سازی سطح زیر کشت و سپس ارزیابی عملکرد شبکه آبیاری تحت فشار بیل‌سوار در شرایط تغییر اقلیم می‌باشد. در این راستا داده‌های دما و بارش با استفاده از مدل Hadcm3 برای دوره‌های اقلیمی آتی ۲۰۱۰-۲۰۳۹ و ۲۰۸۰-۲۰۵۰ و دوره پایه ۱۹۷۰-۲۰۰۰ با استفاده از روش ریز مقیاس گردانی IDW برای دو سناریوی A2 و B2 تولید شدند. تبخیر و تعرق پتانسیل جدید و نیاز آبیاری جدید برای الگوی کشت محاسبه و عملکرد شبکه با فرض محدود بودن عرضه آب به شبکه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که، سناریوی A2 نسبت به B2 شرایط جدی‌تر را در پی دارد. به‌طوری‌که در بدترین حالت، دما ۱۸ درصد افزایش و بارندگی ۵۷ درصد نسبت به دوره پایه کاهش می‌یابد. هم‌چنین حجم آب مصرفی در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ به‌میزان تقریبی ۱۰-۸ درصد و در دوره ۲۰۸۰-۲۰۵۰ تقریباً ۱۳ درصد افزایش نسبت به دوره پایه را نشان می‌دهد. هم‌چنین تغییر بهینه سطح زیر کشت با استفاده از مدل Lingo به‌عنوان یک راه‌کار برای تطبیق با پدیده تغییر اقلیمی مورد بررسی قرار گرفت. بهینه‌سازی در دوره‌های آتی به‌ترتیب ۲۰۰ و ۴۳۰ هکتار کاهش سطح را نسبت به دوره پایه برآورد نمود. ارزیابی عملکرد شبکه بیانگر کاهش شاخص‌های ارزیابی (مانند عدالت و کفایت توزیع فشار) نسبت به دوره پایه و افزایش میزان انرژی مصرفی بر حسب کیلووات ساعت در ایستگاه‌های پمپاژ است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی عملکرد، بهینه‌سازی سطح زیر کشت، تغییر اقلیم، شبکه آبیاری بیل‌سوار

* مسئول مکاتبه: zohreh.dehghan64@gmail.com

مقدمه

افزایش ۲ برابری غلظت گازهای گلخانه‌ای در پایان این قرن در اثر فعالیت‌های انسان منجر به تغییرات اساسی در اقلیم جهانی آینده خواهد شد. این تغییر بر افزایش دمای هوا و دیگر پارامترهای اقلیمی اثر منفی می‌گذارد و به این پدیده تغییر اقلیم گفته می‌شود (هیئت بین‌دول تغییرات اقلیمی^۱، ۲۰۰۰). رشد سریع صنعت و بی‌توجهی به محیط زیست آن را تشدید می‌کند. فعالیت‌های کشاورزی، تخریب جنگل‌ها، مناطق ساحلی و وضعیت منابع آب به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شدت تحت تأثیر این پدیده قرار خواهند گرفت. پیش‌بینی می‌شود میانگین دما در سراسر جهان ۵-۲ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد و پیامدهایی مانند کاهش منابع آب شیرین، تغییرات آب و هوای منطقه‌ای را به دنبال داشته باشد. از آنجا که تبخیر و تعرق در یک منطقه توسط عوامل اقلیمی (دما، تابش خالص، باد و رطوبت نسبی) کنترل می‌شود، تغییر در رژیم‌های اقلیمی می‌تواند بر فرآیندهای هیدرولوژیکی، تولید محصول، گسترش و توزیع فعالیت‌های کشاورزی اثر بسیاری بگذارد (جان و همکاران، ۲۰۰۳؛ یانک و همکاران، ۲۰۰۷؛ آلن و همکاران، ۲۰۱۰؛ دفتر طرح ملی آب و هوا در ایران). تلاش‌های بسیاری در داخل و خارج از کشور به منظور بررسی چگونگی تغییرات دما و بارش در دهه‌های آینده در سال‌های اخیر صورت گرفته است که در بیش‌تر موارد از مدل‌های گردش عمومی جو-اقیانوسی (AOGCM)^۲ و سناریوهای SRES^۳ استفاده شده است. از جمله مطالعات می‌توان به پژوهش مساح و مرید (۲۰۰۵) در حوضه زاینده‌رود اشاره نمود که از مدل Hadcm3 و سناریوهای A2 و B2 استفاده نمودند. آذرانفر و همکاران (۲۰۰۶) نیز برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر بارش در ارتفاعات زاینده‌رود از مدل CGCM2 و تحت همان سناریوهای پژوهش مساح و مرید (۲۰۰۵) استفاده نمودند. در بیش‌تر موارد در پژوهش‌های نتایج بیانگر افزایش دما و کاهش بارندگی در منطقه مورد مطالعاتی می‌باشد. از این جمله می‌توان به مطالعه اسمیت و هیتز (۲۰۰۳) اشاره نمود؛ نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که اثرات افزایش میانگین دما در نقاط مختلف کره زمین متفاوت خواهد بود و در بالاترین سطح، ۳-۴ درجه سانتی‌گراد افزایش دما رخ خواهد داد. آرنل و همکاران (۲۰۰۴) روند تغییرات در بارش و دما را در مقیاس جهانی برای سال ۲۱۰۰ را پیش‌بینی نمودند. تامسون و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از مدل HadCM3 و تحت دو سناریوی A2 و B2 به بررسی اثرات تغییر اقلیم در

1- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

2- Atmosphere-Ocean General Circulation Models

3- Special Report on Emissions Scenarios

دشت شانگهای چین پرداختند. مرا و همکاران (۲۰۰۶) به منظور برآورد عملکرد ذرت و سویا سه پارامتر دما، تابش و بارش را تحت شرایط تغییر اقلیم مورد بررسی قرار دادند. ایشان برای این منظور از دو مدل CROPGRO و CERES-Maize از مجموعه مدل‌های DSSAT استفاده نمودند. نتایج کار آن‌ها بیانگر تأثیر بیش‌تر بارش روی عملکرد محصولات و تلفات آب ناشی از تبخیر و تعرق بود. تاچ و همکاران (۲۰۰۶) اثر تغییر اقلیم را بر عملکرد گیاهان دانه روغنی، غلات و گیاهان سوخت زیستی (مناسب اقلیم مدیترانه‌ای) ارزیابی کردند. آن‌ها با استفاده از مدل‌های GCM و سناریوهای SRES، A1FI، A2، B1 و B2 و ۴ مدل PCM، CSIRO2، HadCM3 و CGCM2 نشان دادند که مقدار تولید محصولات بالا در شمال اروپا به دلیل افزایش دما، افزایش یافته و در جنوب به دلیل مواجهه با خشک‌سالی‌های بیش‌تر، کاهش یافته است. در بخشی از غرب کالیفرنیا هاپمن و همکاران (۲۰۰۸) با در نظر گرفتن تغییرات احتمالی در تقاضای آب، پمپاژ آب‌های زیرزمینی، شوری خاک و عملکرد محصولات، افزایش قابل ملاحظه در تقاضای آب و کاهش عرضه آب تا ۳۰ درصد در سال ۲۱۰۰ را نسبت به شرایط فعلی پیش‌بینی نمودند. اما از میان پژوهش‌های فراوانی که به ارزیابی شبکه‌های آبیاری سطحی و تحت فشار پرداخته‌اند مشاهده گردید که در بیش‌تر موارد عملکرد شبکه در شرایط اقلیمی فعلی مورد ارزیابی قرار گرفته است. هم‌چنین در بیش‌تر مطالعات شاخص‌های ارزیابی در دیدگاه‌های مختلف مانند، مدیریتی، فنی، اقتصادی و اجتماعی و در ترم‌هایی مانند کفایت، عدالت و اطمینان‌پذیری شبکه و... تعریف و مورد ارزیابی قرار گرفتند. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به مطالعه ری و همکاران (۲۰۰۲) اشاره نمود که برای ارزیابی سیستم آبیاری گنجرات هند از روش سنجش از دور (RS) استفاده نمودند و به محاسبه شاخص‌هایی مانند عدالت و کفایت پرداختند. هم‌چنین کالیجو و همکاران (۲۰۰۸) برای ارزیابی سیستم آبیاری تحت فشار Lucefecit که بر حسب تقاضا طراحی گردیده است از دو مدل ICARE و AKLA استفاده نمودند. اما از محدود کارهایی که شبکه‌ها را در شرایط تغییر اقلیم ارزیابی نمودند، پژوهش پرز یورستارزو و همکاران (۲۰۱۰) می‌باشد. آن‌ها در این پژوهش از مدل HadCM3 و سناریوهای پخش SRES به منظور تولید داده‌های اقلیمی در دوره پایه ۱۹۶۱-۱۹۹۰ و دوره‌های آتی ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ استفاده و آسیب‌پذیری شبکه را با شاخص‌های عدالت و کفایت توزیع فشار در نقاط برداشت آب که از خروجی مدل EPANET محاسبه گردید بررسی نمودند. بر خلاف تحقیقات بادزهر (۲۰۰۰) و مهدوی (۲۰۰۸) رویکرد این پژوهش در ارزیابی عملکرد شبکه‌ها خیلی محدود بوده است. از کارهای مشابه این پژوهش می‌توان به پژوهش کارآموز و

همکاران (۲۰۱۱) که به ارزیابی بهبود عملکرد شبکه‌های زه‌کشی شهری تحت شرایط تغییر اقلیم پرداختند، اشاره کرد.

هدف از این پژوهش، بررسی اثر تغییر اقلیم بر عملکرد شبکه آبیاری بیل‌سوار با محاسبه برخی شاخص‌های فنی و مدیریتی می‌باشد. در این پژوهش فرض می‌گردد که در اثر افزایش دما و کاهش بارش، تقاضای آب در شبکه بالا رفته و از سوی دیگر تامین آب اضافی برای سیستم امکان‌پذیر نمی‌باشد و در دوره‌های آبی شبکه با محدودیت عرضه آب مواجه خواهد بود. در این شرایط فرض می‌شود حجم آب مورد نیاز در دور پایه (۲۰۰۰-۱۹۷۰) قابل تامین بوده و همین مقدار عرضه برای دوره‌های آبی نیز حفظ گردد.

مواد و روش‌ها

سناریوهای SRES: در گزارش سوم IPCC یک دسته سناریو با نام SRES منتشر گشت که جدیدترین سناریوهای غیراقلیمی می‌باشد. این سناریوها به‌طور کلی به دنبال کشف تحولات آینده در محیط زیست جهانی با اشاره‌ای ویژه به تولید گازهای گلخانه‌ای و گازهای پیش‌رو آئروسول می‌باشند (هود و همکاران، ۲۰۰۶). سناریوهای A سناریوهای زیست‌محیطی و سناریوهای B اقتصادی می‌باشند که در دو جهت منطقه‌ای و جهانی تقسیم‌بندی شده‌اند (ناکیک‌نویک و همکاران، ۲۰۰۰). دو سناریوی مورد بررسی در این پژوهش A2 و B2 می‌باشند.

مدل‌های شبیه‌سازی تغییر اقلیم: برای ارزیابی اثرات پدیده تغییر اقلیم مدل‌های عددی تحت عنوان AOGCM توسعه یافته است که فرآیندهای فیزیکی در اتمسفر، اقیانوس، کریوسفر و سطح زمین و تغییرات سیستم آب و هوای جهانی را در پی افزایش غلظت گاز گلخانه‌ای شبیه‌سازی می‌نماید. این مدل‌ها اقلیم جهانی را در یک شبکه سه‌بعدی که معمولاً دارای وضوح ۶۰۰-۲۵۰ کیلومتر می‌باشند، برای کل جهان شبیه‌سازی و به تصویر می‌کشند (ناکیک‌نویک و همکاران، ۲۰۰۰).

روش ریزمقیاس گردانی IDW: یکی از مشکلات مدل‌های GCM، بزرگ بودن در مقیاس زمانی و مکانی آن‌ها می‌باشد. به طوری که مدل Hadcm3 دارای وضوح ۲/۷۵ درجه عرض جغرافیایی و ۳/۷۵ درجه طول جغرافیایی (۳۲۰×۲۸۰ کیلومتر) می‌باشد که با این مقیاس قادر به نشان دادن جزئیات نمی‌باشند. بنابراین به‌منظور کوچک نمودن مقیاس داده‌ها و تبدیل آن‌ها از مقیاس جهانی به مقیاس

منطقه‌ای از یکی از روش‌های ریزمقیاس نمودن^۱ استفاده می‌شود (پرز یورستارزو و همکاران، ۲۰۱۰). برای این منظور روش‌های مختلفی وجود دارند و از آن جمله می‌توان به روش‌های آماری، دینامیکی و روش‌های درون‌یابی فضایی اشاره نمود. در این پژوهش از روش وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) برای ریزمقیاس نمودن داده‌های اقلیمی دما و بارش استفاده گردید. در این روش میان‌یابی نقاط نمونه در طول درون‌یابی وزن‌دهی شده‌اند، به طوری که تأثیر از یک نقطه نسبت به نقطه دیگر با فاصله از نقطه نامعلوم که می‌خواهیم ساخته شود، کاهش می‌یابد.

برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل: به منظور برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل و نیاز آبی گیاه در دوره‌های آبی از مدل Cropwat استفاده گردید. محاسبه‌های انجام شده در مدل بر مبنای رابطه فائو- پنمن مونثیت می‌باشد. به این منظور، پارامترهای باد، رطوبت نسبی، تابش خورشیدی، در شرایط موجود و دما و بارش در دوره‌های آبی مورد بررسی قرار گرفتند.

مدل بهینه‌سازی سطح زیر کشت: بهینه‌سازی کمک می‌کند تا جوابی را با بیش‌ترین سود یا رضایت‌مندی و با کم‌ترین هزینه به دست آورد. از میان ابزارهای موجود برای بهینه‌سازی در این پژوهش از مدل Lingo استفاده شده است. یکی از محدودیت‌های در نظر گرفته شده برای تعیین سطح زیر کشت هر محصول، تعیین محدوده تغییرات سطح زیر کشت با در نظر گرفتن حداقل ۲۰ درصد بیش‌تر و کم‌تر از سطح زیر کشت فعلی است (مقدسی، ۲۰۰۹). هم‌چنین با توجه به محدود بودن عرضه آب در شبکه قید شده است که حداکثر آب مصرفی نباید از حجم آب مصرفی فعلی بیش‌تر گردد. تابع هدف مورد استفاده با در نظر گرفتن محدودیت‌های ذکر شده در بالا، به صورت رابطه ۱ تعریف گردید (رابطه ۱).

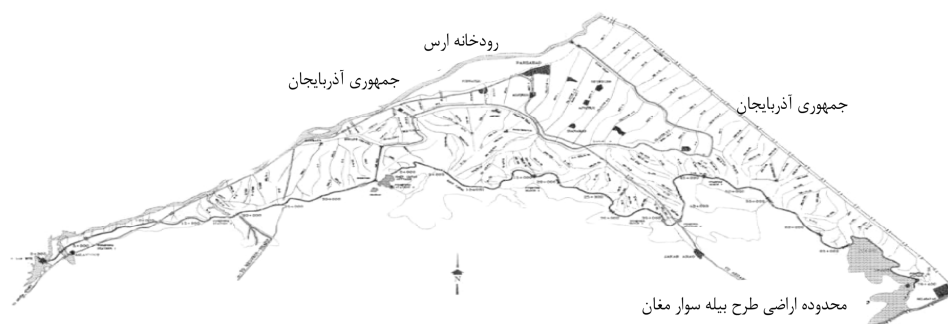
$$Max \text{ Benefit} = F \times P \times A \quad (1)$$

ارزیابی عملکرد شبکه تحت شرایط تغییر اقلیم: فرآیند ارزیابی شبکه‌های آبیاری سطحی و تحت فشار، با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی کامپیوتری، ریاضی یا مفهومی انجام می‌گیرد. هدف از این بررسی‌ها، آگاهی از میزان رضایت‌مندی عملکرد شبکه‌ها، برای انجام اقداماتی برای بهبود مدیریت شبکه می‌باشد. برای سیستم‌های بزرگ تحت فشار، ارزیابی عملکرد با استفاده از استانداردهایی از فشار یا دبی مورد نیاز، در هیدرانت‌های شبکه صورت می‌گیرد. به منظور اطمینان بیش‌تر از نیازهای

1- Downscaling

کشاورزان، طراحان و مدیران بیش‌تر زمان‌بندی تحویل آب را با درجه آزادی بالاتری برای کاربران براساس تقاضا انجام می‌دهند. در شرایط تغییر اقلیم که گیاه با افزایش تقاضای آب مواجه می‌باشد، برای جلوگیری از تنش و کاهش عملکرد محصول، نیازمند به آبیاری به موقع و به مقدار لازم که پاسخ‌گوی نیاز محصول در زمان اوج تقاضا می‌باشد. این هدف در شبکه‌های آبیاری تحت فشار تنها در صورت طراحی مناسب، در شرایط تعریف‌شده‌ای از فشار و دبی مشخص، برآورده خواهد گردید (پرز یورستارزو و همکاران، ۲۰۱۰). ارزیابی شبکه‌های سطحی و تحت فشار در داخل و خارج از کشور در سال‌های اخیر در دیدگاه‌های مدیریتی، فنی، زیست‌محیطی و اجتماعی و در ترم‌هایی مانند کفایت، عدالت، اطمینان‌پذیری و انعطاف‌پذیری انجام گرفته است (بادزهر، ۲۰۰۰؛ مهدوی و منعم، ۲۰۱۰؛ کالیجو و همکاران، ۲۰۰۸). در این پژوهش نیز برای ارزیابی شبکه بیل‌سوار از برخی شاخص‌ها در دیدگاه مدیریتی، فنی و اقتصادی استفاده گردید که در ادامه تشریح می‌گردند.

منطقه مطالعاتی و تشریح داده‌ها: شبکه آبیاری بیل‌سوار در غرب شهر بیل‌سوار واقع در جلگه حاصل‌خیز مغان استان اردبیل و در محدوده جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی طول جغرافیایی و ۳۹ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی عرض جغرافیایی می‌باشد. وسعت کل اراضی تحت پوشش شبکه ۳۲۰۰ هکتار است که از ۲۱ واحد زراعی و ۲۱ ایستگاه پمپاژ با ۵۵ پمپ برای تامین انرژی مورد نیاز برای آبیاری شبکه تشکیل شده است. در واحدهای زراعی، ۵۵ درصد از اراضی را گندم و جو، ۲۰ درصد یونجه، ۲۰ درصد پنبه و ۵ درصد را کشت عدس تشکیل می‌دهد (گزارش اول سامان آبراه، ۲۰۰۰). شکل ۱ موقعیت شبکه بیل‌سوار در دشت مغان را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت شبکه بیل‌سوار در دشت مغان (گزارش اول سامان آبراه، ۲۰۰۰).

به منظور بررسی تغییرات اقلیمی دما و بارش در منطقه، از داده‌های ایستگاه هواشناسی پارس‌آباد در دوره پایه ۲۰۰۰-۱۹۷۰ استفاده گردید. دمای متوسط، حداکثر و حداقل به ترتیب برابر با ۱۳/۷، ۳۰ و ۲/۳- درجه سانتی‌گراد و متوسط بارش ۲۸۳ میلی‌متر در سال گزارش شده است.

۴- شاخص‌های ارزیابی شبکه آبیاری بیله سوار

کفایت توزیع فشار: این شاخص بیان‌کننده چگونگی توزیع فشار در بین نقاط آبیاری شبکه می‌باشد (رابطه ۲).

$$\left(P_{s/a} \right) = \left(\frac{P_s}{P_a} \right) \quad (2)$$

که در آن، P_s : فشار شبیه‌سازی، اندازه‌گیری شده در نقطه موردنظر بر حسب متر و P_a : فشار طراحی شده در نقطه موردنظر می‌باشد.

چنانچه مقدار این شاخص کوچک‌تر از ۱ باشد، نشان‌دهنده آن است که آب‌گیر موردنظر در فشاری پایین‌تر از فشار مورد نیاز در حال کار می‌باشد (پرز یورستارزو و همکاران، ۲۰۰۹؛ گورانتیوار و اسموت، ۲۰۰۵).

عدالت توزیع فشار: شاخص دیگری که برای ارزیابی شبکه مورد مطالعه استفاده قرار گرفته است، شاخص عدالت توزیع فشار می‌باشد. این شاخص در واقع بیان‌کننده یکنواختی توزیع یا پراکندگی کفایت توزیع (فشار یا دبی) در بین آبیگرهای مختلف و نحوه چگونگی توزیع پارامتر موردنظر در آبیگرها است (رابطه ۳).

$$P_{eq} = \frac{\overline{P_{pq}}}{\overline{P_{bq}}} \quad (3)$$

که در آن، $\overline{P_{pq}}$: متوسط فشار در یک چهارم بدترین فشار در کل هیدرانت‌های شبکه و $\overline{P_{bq}}$: متوسط فشار در یک چهارم بهترین فشار در کل هیدرانت‌های شبکه می‌باشد. چنانچه مقدار این شاخص برابر با ۱ باشد، نشان‌دهنده تعادل در توزیع فشار در بین نقاط شبکه می‌باشد (پرز یورستارزو و همکاران، ۲۰۰۹).

شاخص نسبت حداکثر سرعت در لوله‌های انتقال آب: این شاخص مشخص‌کننده نسبت حداکثر سرعت موجود در لوله‌های انتقال به حداکثر سرعت مجاز در نظر گرفته شده می‌باشد. از آنجا که با افزایش این نسبت میزان افت و احتمال وقوع ضربه قوچ در لوله‌ها افزایش می‌یابد و نیز یکنواختی پخش در شبکه کاهش می‌یابد، این شاخص از اهمیتی بالایی برخوردار می‌باشد (رابطه ۴).

$$V_{\max}TR = \frac{V_{\max}T}{V_{\max}TP} - 1 \quad (4)$$

که در آن، $V_{\max}TR$: شاخص حداکثر سرعت در لوله‌های انتقال آب، $V_{\max}T$: حداکثر سرعت اندازه‌گیری شده در لوله‌های انتقال بر حسب متر بر ثانیه و $V_{\max}TP$: حداکثر سرعت مجاز آب در لوله‌های انتقال بر حسب متر بر ثانیه می‌باشد (مهدوی، ۲۰۰۸).

شاخص نسبت حداقل سرعت در لوله‌های انتقال آب: این شاخص مشخص‌کننده نسبت حداقل سرعت موجود در لوله‌های انتقال به حداقل سرعت مجاز در نظر گرفته شده می‌باشد (رابطه ۵).

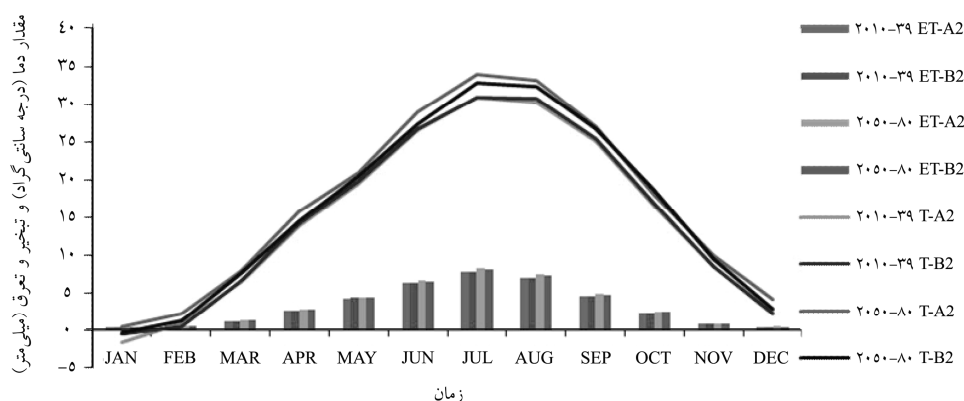
$$V_{\min}TR = \frac{V_{\min}T}{V_{\min}TP} \quad (5)$$

که در آن، $V_{\min}TR$: شاخص نسبت حداقل سرعت در لوله‌های انتقال آب، $V_{\min}T$: حداقل سرعت اندازه‌گیری شده در لوله‌های انتقال بر حسب متر بر ثانیه و $V_{\min}TP$: حداقل سرعت مجاز آب در لوله‌های انتقال بر حسب متر بر ثانیه می‌باشد و کاهش این نسبت احتمال رسوب ذرات ریزدانه در لوله‌های انتقال را موجب می‌گردد (مهدوی، ۲۰۰۸).

نتایج و بحث

داده‌های تغییر اقلیم: در ابتدا به بررسی نتایج به‌دست آمده از داده‌های تغییر اقلیم ریزمقیاس شده دما و بارش با استفاده از روش IDW و تحت سناریوهای A2 و B2 و با استفاده از مدل Hadcm3 برای دوره‌های آتی پرداخته می‌گردد. مشاهده گردید که در هر دو دوره آتی در ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست بیش‌ترین دما و کم‌ترین میزان بارش به وقوع می‌پیوندد. هم‌چنین بیش‌ترین افزایش دمای سالانه در دوره ۲۰۵۰-۲۰۸۰ و به‌میزان ۵/۲ درجه سانتی‌گراد انتظار می‌رود. بررسی مقادیر بارش ماهانه در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ حداکثر تا ۳۸ درصد و در دوره ۲۰۵۰-۲۰۸۰ حداکثر تا ۶۰ درصد کاهش در ماه جولای دیده شد.

پس از بررسی نتایج از بین دو سناریو، سناریوی A2 در هر دو دوره به عنوان سناریوی جدی‌تر به منظور ادامه محاسبه‌ها انتخاب گردید. بنابراین تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه با مدل Cropwat طی این سناریو محاسبه گردید. شکل ۲ تغییرات دما و تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه در دوره‌های آبی را نشان می‌دهد.



شکل ۲- تغییرات دما و تبخیر و تعرق منطقه در دوره‌های آبی.

همان‌طورکه در شکل ۲ مشاهده می‌گردد، در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ اختلاف دما تحت دو سناریو نزدیک به هم می‌باشد، در حالی‌که در دوره ۲۰۵۰-۲۰۸۰ اختلاف نتایج در دو سناریو بیش‌تر بوده و به‌طورکلی، افزایش دما در دوره ۲۰۵۰-۲۰۸۰ بیش‌تر از دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ مشاهده شد. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که تبخیر و تعرق تحت سناریو A2 در دوره آبی اول نسبت به دوره پایه بین $0/4-0/3$ میلی‌متر در روز افزایش خواهد داشت؛ به‌طوری‌که حداکثر مقدار آن در ماه جولای رخ می‌دهد. علاوه‌بر سناریو A2 نتایج برای سناریو B2 نیز به همین صورت می‌باشد؛ به‌طوری‌که میزان تبخیر و تعرق بین $0/1-0/2$ میلی‌متر در روز افزایش یافته است. در دوره آبی دوم مقدار تبخیر و تعرق نسبت به دوره قبل بیش‌تر می‌باشد، به‌طوری‌که این تغییرات تحت سناریو A2 بین $1-0/6$ میلی‌متر در روز افزایش نشان می‌دهد. در مورد سناریو B2 نیز تغییرات نسبت به دوره A2 اندکی کم‌تر می‌باشد. نتایج محاسبه نیاز آبی الگوی کشت در منطقه نشان داد که تحت پدیده تغییر اقلیم تا ۱۴ درصد نیاز آب آبیاری افزایش می‌یابد.

پاسخ به سطح مناسب در شرایط کاهش منابع آبی بهینه‌سازی خاص خود را احتیاج دارد. همان‌طور که بیان گردید، به این منظور از نرم‌افزار Lingo با در نظر گرفتن محدودیت‌های ذکر شده در بخش ۳ استفاده شد. در دوره پایه مقدار آب مصرفی الگوی کشت در حدود ۲۸ و در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ و ۲۰۸۰-۲۰۵۰ به ترتیب ۳۰ و ۳۲ میلیون مترمکعب می‌باشد. در شرایطی که محدودیت عرضه آب در منطقه وجود داشته و منبع تنها قادر به تامین ۲۸ میلیون مترمکعب در هر سه دوره باشد، نتایج بهینه‌سازی سطح با استفاده از مدل در دوره‌های مختلف متفاوت است. نتایج نشان داد که با توجه به قیمت فعلی محصولات و آب مورد نیاز در هر دوره سطح زیر کشت در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ و ۲۰۸۰-۲۰۵۰ باید به ترتیب ۱۵۹ و ۴۲۳ هکتار کاسته شود تا آبی که توسط شبکه به زمین می‌رسد به اندازه نیاز گیاه بوده و از تنش و افت عملکرد به دلیل کمبود عرضه آب جلوگیری نماید. مقادیر سطح زیر کشت بهینه و حجم آب مورد نیاز برای هر گیاه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- سطح زیر کشت بهینه (هکتار) و حجم آب مورد نیاز (مترمکعب) هر یک از گیاهان الگوی کشت شبکه پیله‌سوار.

محصول	دوره پایه					
	۲۰۵۰-۸۰		۲۰۱۰-۳۹		۲۰۸۰-۲۰۵۰	
	سطح	کاهش یافته	سطح	کاهش یافته	سطح	کاهش یافته
	(هکتار)	(هکتار)	(هکتار)	(هکتار)	(هکتار)	(هکتار)
گندم	۱۲۹۰/۸	۱۱۸۵	۱۱۸۵	۱۱۸۵	۱۱۸۵	۱۱۸۵
جو	۳۸۴	۳۸۴	۳۸۴	۳۸۴	۳۸۴	۳۸۴
یونجه	۵۶۵	۵۱۲	۵۱۲	۵۱۲	۵۱۲	۵۱۲
عدس	۱۹۲	۱۹۲	۱۹۲	۱۹۲	۱۹۲	۱۹۲
پنبه	۷۶۸	۷۶۸	۷۶۸	۷۶۸	۷۶۸	۷۶۸
مجموع	۳۲۰۰	۱۵۹	۱۵۹	۱۵۹	۱۵۹	۱۵۹

شاخص‌های ارزیابی: اگرچه تعداد نقاط برداشت آب در شبکه کاهش داده شد، اما این تغییر به‌منظور از بین بردن مشکل کفایت عرضه آب به شبکه می‌باشد. به‌منظور آگاهی از این‌که آیا این کاهش سطح تأثیری بر عملکرد سیستم آبیاری در جهت کاهش آسیب‌پذیری شبکه خواهد داشت یا خیر به ارزیابی عملکرد با استفاده از برخی شاخص‌های تعریف شده در بالا پرداخته شده است.

شاخص عدالت توزیع فشار: با توجه به مقادیر این شاخص که در جدول ۲ آورده شده است، نتیجه‌گیری می‌گردد که وضعیت عدالت توزیع فشار در دوره‌های آتی در شبکه بدتر شده و افت پیدا می‌کند. با توجه به این واقعیت که کاهش سطح اعمال شده در شبکه تنها برای رفع محدودیت عرضه آب بوده است و تقاضای آب مازاد در نقاط برداشت آب در شرایط اقلیمی جدید هم‌چنان در شبکه پا برجاست، تعدیل چندان را در کاهش آسیب‌پذیری شبکه نباید انتظار داشت. مشاهده می‌گردد که عدالت توزیع فشار در دوره ۲۰۵۰-۲۰۸۰ افت بیش‌تری را نشان می‌دهد. نتایج بیانگر آن است که با افزایش تقاضا در نقاط برداشت شرایط هیدرولیکی شبکه قادر به پاسخ‌گویی و عملکرد مناسب نبوده و نیز نقاط نزدیک‌تر به ایستگاه‌های پمپاژ به دلیل افت کم‌تر و فشار بیش‌تر، آب بیش‌تری را دریافت می‌کنند. هم‌چنین به دلیل طراحی شبکه در شرایطی متفاوت از شرایط وجود تغییر اقلیم، این عدالت توزیع در بین نقاط مشاهده نمی‌گردد.

جدول ۲- تغییرات شاخص Peq با تغییر سطح زیر کشت.

شرایط	دوره	Ppq	Pbq	Peq
محدودیت منابع آب	۲۰۱۰-۳۹	۲۴/۸	۴۰/۴	۰/۶۲
	۲۰۵۰-۸۰	۱۴/۲	۳۱	۰/۴۶

شاخص کفایت توزیع فشار: با توجه به نتایج جدول ۳ مشاهده می‌گردد که با وجود تغییر سطح و کاهش نقاط برداشت آب در شبکه بهبودی در شاخص Ps/a چندان قابل توجه نمی‌باشد. به‌طوری‌که با وجود محدودیت عرضه آب تعداد نقاط مشکل‌دار از نظر تامین فشار، در هر دو دوره آتی بالا می‌باشد، که بیانگر بالا بودن تقاضای آب در نقاط برداشت شبکه است که قابل پیش‌بینی می‌باشد. هم‌چنین بررسی‌ها نشان داد که برخی نقاط دارای فشاری بیش‌تر از حد تعریف شده و برخی نقاط دارای فشاری کم‌تر از حد مجاز تعریف شده می‌باشند. به‌طوری‌که در هر دو وضعیت آب مورد نیاز نمی‌تواند با فشار مناسب به گیاه عرضه و در سیستم عملکرد نامناسب مشاهده خواهد شد.

جدول ۳- تغییرات شاخص Ps/a با تغییر سطح زیر کشت.

شرایط	دوره	Ps/a ave	Ps/a max	Ps/a min	Ps/a < ۱
تغییر سطح زیر کشت	۲۰۱۰-۳۹	۰/۸	۱/۲۴	۰/۳۴	۵۱۷
	۲۰۵۰-۸۰	۰/۵۴	۱/۰۵	۰/۲۳	۷۰۵

شاخص نسبت حداکثر سرعت در لوله‌های انتقال: با توجه به مقادیر به دست آمده از شاخص $V_{max}TR$ در جدول ۴ مشاهده می‌گردد که با کاهش تعداد نقاط برداشت آب به منظور تطبیق با شرایط کمبود عرضه آب در شبکه، مشکل بالا بودن نسبت حداکثر سرعت در برخی لوله‌های انتقال هم‌چنان وجود خواهد داشت. بررسی سرعت در لوله‌ها بیانگر افزایش سرعت حداکثر در محدوده‌ای بالاتر از حد مجاز است و شاخص نسبت به دوره پایه افزایش یافته است. در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ این شاخص افزایش ۱۸ و در دوره ۲۰۸۰-۲۰۵۰ افزایش ۲۰ درصدی حداکثر سرعت در شبکه را نشان می‌دهد.

جدول ۴- تغییرات شاخص $V_{max}TR$ با تطبیق تغییر سطح زیر کشت.

شرایط	شاخص	۲۰۱۰-۳۹	۲۰۵۰-۸۰
تغییر سطح زیر کشت	V_{max}	۲/۹۵	۳/۵
	$V_{max}TR$	۰/۱۸	۰/۴

شاخص نسبت حداقل سرعت در لوله‌های انتقال: مقدار شاخص $V_{min}TR$ در جدول ۵ آورده شده است. در دوره‌های آبی با تغییر سطح زیر کشت و کاهش حجم آب مصرفی در شبکه هم‌چنان افزایش برداشت در نقاط آبیگیر وجود دارد، چرا که با افزایش دما و افزایش تبخیر و تعرق در منطقه، میزان آب عرضه شده پاسخ‌گوی گیاه نمی‌باشد هم‌چنان در جدی‌ترین حالت (دوره ۲۰۸۰-۲۰۵۰) با ۲۵ درصد کاهش غیرمجاز سرعت در برخی قسمت‌ها، امکان رسوب‌گذاری در لوله‌های انتقال بیش از سایر بخش‌ها می‌باشند.

جدول ۵- تغییرات شاخص $V_{min}TR$ با تطبیق تغییر سطح زیر کشت.

شرایط	شاخص	۲۰۱۰-۳۹	۲۰۵۰-۸۰
تغییر سطح زیر کشت	V_{min}	۰/۲۲	۰/۲۳
	$V_{min}TR$	۰/۳۴	۰/۳۸

راهکارهای تطبیق

تغییر تاریخ کشت: دما یکی از فاکتورهای محیطی تأثیرگذار بر مراحل مختلف رشد گیاه می‌باشد. مرحله تولیدمثل جنسی در گیاهان در مقایسه با مراحل رشد رویشی، به دمای بالا بسیار حساس می‌باشد و اندام‌های تولیدمثلی در برابر افزایش دما قبل و یا در زمان مراحل گل‌دهی بسیار آسیب‌پذیر هستند. تغییر اقلیم یک منطقه موجب ایجاد محدودیت در تاریخ کشت یک محصول می‌گردد. بنابراین تغییر تاریخ کشت می‌تواند یکی دیگر از راهکارهای تطبیق باشد که در پژوهش‌های دیگری نیز مدنظر قرار گرفته است (شاه‌کرمی، ۲۰۰۶). درجه حرارت بهینه برای کاشت هر یک از گیاهان الگوی کشت منطقه در جدول ۶ قابل مشاهده است. در ادامه شکل برخورد با هر یک از این گیاهان اشاره می‌گردد.

جدول ۶- درجه حرارت بهینه در زمان کاشت محصولات.

نوع گیاه	زمان کاشت	درجه حرارت بهینه در زمان کاشت	جوانه‌زنی
گندم و جو	اواخر اکتبر - اوایل نوامبر	۲۰-۲۵	۴
یونجه	آوریل و نیمه اول سپتامبر	۲۵	۱
عدس	نیمه دوم مارس	۱۸-۳۰	۱۵-۲۵
پنبه	اوایل می	۳۴	۱۵-۱۵/۵

گندم و جو: درجه حرارت بهینه برای جوانه‌زنی و رشد گندم و جو ۲۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با توجه به مقادیر جدول ۷ در دوره ۲۰۵۰-۲۰۸۰ در ماه نوامبر دمای مناسب برای جوانه‌زنی و رشد گندم و جو وجود خواهد داشت.

جدول ۷- درجه حرارت بهینه در زمان کاشت، در منطقه بیله‌سوار در دوره ۲۰۵۰ تا ۲۰۸۰.

ماه	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
T-A2	۰/۵	۲/۳	۸	۱۵/۷	۲۱	۲۹	۳۴	۳۳/۲	۲۷/۱	۱۸	۱۰	۴/۲

همان‌طورکه در جدول ۸ نشان داده شده است با جابه‌جایی تاریخ کشت از اوایل اکتبر به اوایل نوامبر در دوره ۲۰۵۰-۲۰۸۰ نیاز آب آبیاری گندم و جو افزایش می‌یابد. یکی از دلایل این افزایش را می‌توان، افزایش ضریب گیاهی دو گیاه، به دلیل قرار گرفتن مرحله رشد، توسعه و نیز قرارگیری مرحله پایانی رشد در ماه با درجه حرارت بالا دانست.

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۲۱)، شماره (۱) ۱۳۹۳

جدول ۸- نیاز ناخالص آب آبیاری (میلی‌متر) با تغییر تاریخ کشت گندم و جو در دوره ۲۰۸۰-۲۰۵۰.

شرایط	نیاز ناخالص آبیاری	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	جمع
بدون تطبیق	گندم	۰/۱	۰/۲	۱/۲	۴/۶	۵/۵	۹/۹					۲/۰	۱/۰	۲۱/۱
	جو	۰/۱	۰/۲	۱/۲	۴/۶	۵/۵	۹/۹					۲/۰	۱/۰	۲۱/۱
	پونجه	۰/۵	۰/۷	۱/۳	۳/۳	۶	۱۰/۳	۱۳/۲	۱۱/۱	۷/۴	۳/۵	۱	۶/۰	۶۹/۵
	علس			۰	۰/۸	۶/۴	۱۰/۵							۱۷/۷
	پنبه					۱/۹	۵/۷	۱۰	۱۲/۴	۱۷	۳/۷	۹/۰		۴۲/۳
جمع	۰/۶	۱/۱	۳/۷	۱۲/۳	۲۵/۲	۴۶/۵	۲۲/۲	۲۴/۴	۵۵/۱	۳/۸	۳/۴	۲/۴	۷/۰	۷۸۱/۱
تغییر تاریخ کشت گندم و جو	گندم	۰/۱	۰/۲	۱/۰	۴/۳	۷/۷	۹/۵					۱/۰	۱/۰	۳۲/۸
	جو	۰/۱	۰/۲	۱/۰	۴/۳	۷/۷	۹/۵					۱/۰	۱/۰	۳۲/۸
	پونجه	۰/۵	۰/۷	۱/۳	۳/۳	۶	۱۰/۳	۱۳/۲	۱۱/۱	۳/۸	۳/۵	۱	۶/۰	۵۹/۵
	علس			۰	۷/۰	۶/۴	۱۰/۵							۸۷/۱
	پنبه					۹/۱	۵/۷	۱۰	۳/۸	۱۷	۳/۸	۹/۰		۷۸/۳
جمع	۰/۷	۱/۱	۱/۶	۱۳/۳	۲۹/۶	۴۵/۷	۲۲/۳	۲۶/۲	۵۵/۱	۳/۸	۳/۴	۲/۴	۷/۰	۳۵۷/۱

پنبه: در مورد گیاه پنبه امکان جابه‌جایی تاریخی کشت از می به اوایل آوریل در دوره ۲۰۸۰-۲۰۵۰ نیز وجود خواهد داشت. همان‌طور که در جدول ۹ آورده شده است با این تغییر، نیاز سالانه ناخالص آب آبیاری تنها ۱ میلی‌متر نسبت به قبل از تطبیق کاهش می‌یابد که برای تطبیق با تغییر اقلیم قابل ملاحظه نمی‌باشد.

جدول ۹- میزان نیاز ناخالص آب آبیاری پنبه (میلی‌متر) با تغییر تاریخ کشت.

شرایط	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	مجموع نیاز سالانه
بدون تطبیق	-	۱/۸	۵/۷	۱۴/۳	۱۱/۹	۶/۲	۴۰
تغییر تاریخ کشت	۱	۳/۱	۸	۱۴/۴	۱۲/۴	-	۳۹

تغییر ساعت آبیاری: یکی دیگر از راه‌کارهایی مورد بررسی برای کاهش آسیب‌پذیری در این مطالعه، تغییر ساعت آبیاری است. محاسبه‌ها نشان داد، در شرایط جدید اقلیمی به دلیل افزایش تبخیر و تعرق دور آبیاری از ۷ روز به ۵ روز کاهش می‌یابد. هم‌چنین برای تامین نیاز آبیاری جدید در شبکه در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ مدت زمان آبیاری باید، از ۱۹ ساعت به ۲۷/۶ و در دوره ۲۰۸۰-۲۰۵۰ به‌طور تقریبی به ۲۹ ساعت در روز افزایش یابد. از آن‌جا که حداکثر ساعت آبیاری در روز با احتساب ۲ ساعت استراحت ایستگاه‌های پمپاژ ۲۲ ساعت در نظر گرفته می‌شود، در این پژوهش حداکثر ۲۲ ساعت کارکرد برای شبکه منظور گردید و عملکرد شبکه با شاخص‌های موردنظر مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج در ادامه نشان داده شده است.

شاخص عدالت توزیع فشار: مقادیر این شاخص در جدول ۱۰ نشان می‌دهد، با افزایش ساعت آبیاری عدالت توزیع فشار در شبکه به مقدار چشم‌گیری بهبود می‌یابد. یکی از دلایل افزایش عدالت توزیع فشار در شبکه را می‌توان، کاهش مقدار برداشت آب در نقاط آبیاری و بهبود عملکرد سیستم آبیاری منطقه بیان نمود. چرا که با افزایش مدت زمان آبیاری نیاز گیاه در مدت زمان بیش‌تری تامین می‌گردد بدون آن‌که عملکرد سیستم آبیاری کاهش یابد. اما با وجود کاهش آسیب‌پذیری در شبکه آنچه بروز مشکل می‌نماید، تامین نکردن بخشی از نیاز گیاه می‌باشد که بروز تنش و افت عملکرد محصولات را باید انتظار داشت. کاهش دبی برداشت در نقاط آبیاری یک عمل مدیریتی به‌منظور بهبود عملکرد شبکه تحت فشار می‌باشد که موجب کاهش تقاضای آب گیاه نمی‌باشد و افزایش تقاضای آب گیاه هم‌چنان پا بر جاست.

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۲۱)، شماره (۱) ۱۳۹۳

جدول ۱۰- تغییرات شاخص Peq با تغییر ساعت آبیاری.

شرایط	دوره	Ppq	Pbq	Peq
بدون تغییر ساعت	۲۰۱۰-۳۹	۲۴/۸	۴۰/۴	۰/۶۲
	۲۰۵۰-۸۰	۱۴/۲	۳۱	۰/۴۶
تغییر ساعت آبیاری	۲۰۱۰-۳۹	۳۵/۷	۴۹	۰/۷۳
	۲۰۵۰-۸۰	۲۴/۶	۴۰/۸	۰/۶

شاخص کفایت توزیع فشار: با توجه به جدول ۱۱ مقادیر شاخص کفایت توزیع فشار، با افزایش ساعت آبیاری و در نتیجه کاهش دبی در نقاط برداشت، مشاهده می‌شود که وضعیت فشار در شبکه بهتر شده و از تعداد نقاطی که در فشاری کم‌تر از فشار مورد نیاز کار خواهند نمود، کاسته می‌شود.

جدول ۱۱- تغییرات شاخص Ps/a با تغییر ساعت آبیاری.

شرایط	دوره	Ps/a ave	Ps/a max	Ps/a min	Ps/a < ۱
بدون تغییر ساعت	۲۰۱۰-۳۹	۰/۸	۱/۲۴	۰/۳۴	۵۱۷
	۲۰۵۰-۸۰	۰/۵۴	۱/۰۵	۰/۲۳	۷۰۵
تغییر ساعت آبیاری	۲۰۱۰-۳۹	۱/۰۴	۱/۴	۰/۶۷	۵۶
	۲۰۵۰-۸۰	۰/۸	۱/۲۴	۰/۳۴	۲۰۲

شاخص نسبت حداکثر سرعت در لوله‌های انتقال آب: مقادیر شاخص نسبت حداکثر با تغییر ساعت آبیاری در جدول ۱۲ آورده شده است، نتایج بیانگر کاهش حداکثر سرعت در لوله‌ها می‌باشد. این کاهش در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ چشم‌گیرتر از دوره ۲۰۵۰-۲۰۸۰ می‌باشد.

جدول ۱۲- تغییرات شاخص V_{max}TR با تغییر ساعت آبیاری.

شرایط	شاخص	۲۰۱۰-۳۹	۲۰۵۰-۸۰
تغییر ساعت آبیاری	V _{max}	۲/۷	۳/۱
	V _{max} TR	۰/۰۸	۰/۲۴

شاخص نسبت حداقل سرعت در لوله‌های انتقال آب: مقدار شاخص $V_{min}TR$ در دوره‌های آتی با افزایش ساعت آبیاری در جدول ۱۳ آورده شده است. مقادیر بیانگر آن است که با اعمال تغییر ساعت آبیاری، این نسبت در شبکه افزایش یافته و خطر رسوب ذرات در لوله‌ها مؤثر کاهش می‌یابد.

جدول ۱۳- تغییرات شاخص $V_{min}TR$ با تغییر ساعت آبیاری.

شرایط	شاخص	۲۰۱۰-۳۹	۲۰۵۰-۸۰
تغییر ساعت آبیاری	V_{min}	۰/۲۴	۰/۲۶
	$V_{min}TR$	۰/۴	۰/۴۴

نتیجه‌گیری

این پژوهش تلاشی برای بررسی پدیده تغییر اقلیم در منطقه بيله‌سوار و اثر آن بر شاخص‌های ارزیابی عملکرد شبکه آبیاری، تحت سناریوهای اقلیمی مختلف می‌باشد. یافته‌های این پژوهش به شرح زیر قابل ارایه هستند:

- نتایج نشان داد بیش‌ترین افزایش دمای سالانه در دوره ۲۰۵۰-۲۰۸۰ و به‌میزان ۵/۲ درجه سانتی‌گراد و بیش‌ترین کاهش بارش ماهانه حداکثر تا ۶۰ درصد مشاهده گردید. نتایج به‌دست آمده در این مبحث با نتایج پژوهش آشفته و مساح (۲۰۱۰) که افزایش دما در منطقه آیدوغموش را ۴-۱/۵ درجه و تغییرات بارش را ۴۰-۳۰ درصد تحت تأثیر تغییر اقلیم پیش‌بینی نمودند مطابقت دارد.

- تحت شرایط تغییر اقلیم نیاز آبی گیاهان در دوره‌های اقلیمی موردنظر افزایش یافته است. فیشر و همکاران (۲۰۰۷) تحت شرایط تغییر اقلیم برای سال‌های ۲۰۸۰-۱۹۹۰ افزایش تقاضای آب آبیاری در سراسر جهان را تا ۴۵ درصد پیش‌بینی نمودند. همچنین ناکس و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از سناریوهای این پژوهش، برای شرایط اقلیمی سال ۲۰۵۰، افزایش نیاز آبیاری را ۲۲-۲۰ درصد پیش‌بینی نمودند که در همین دوره برای الگوی کشت گندم، جو، یونجه، عدس و پنبه در شبکه بيله‌سوار به‌ترتیب ۱۳، ۱۲/۳، ۱۰/۷ و ۱۴/۵ درصد افزایش نسبت به دوره پایه مشاهده شده است.

- همان‌گونه که در نتایج پژوهش پرسیورستان و همکاران (۲۰۱۱) نیز مشاهده شد به‌دنبال تغییرات اقلیمی، شبکه آبیاری تحت مطالعه دچار اختلالاتی از منظر تامین دبی و فشار خواهد شد. با افزایش تقاضا در شبکه، دبی کل شبکه آبیاری از ۳/۷ در شرایط فعلی به ۴ و ۴/۳ مترمکعب بر ثانیه برای دو دوره آتی افزایش خواهد یافت.

- به منظور تطبیق با محدودیت عرضه آب در شبکه بیل‌سوار مغان، با استفاده از مدل Lingo سطح زیر کشت در منطقه، به بهینه‌ترین صورت ممکن کاهش پیدا نمود. نتایج به دست آمده از بهینه‌سازی سطح، بیانگر کاهش ۱۶۰ هکتار در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ و ۴۲۳ هکتار از اراضی در دوره ۲۰۸۰-۲۰۵۰ بود.

- برای ارزیابی عملکرد شبکه از شاخص‌هایی مانند عدالت و کفایت توزیع فشار استفاده گردید. در دوره ۲۰۵۰-۲۰۸۰ عدالت توزیع فشار از ۸۱ درصد به ۴۶ درصد و کفایت آن از ۱/۰۳ به ۰/۵۴ افت پیدا می‌کند. همچنین نسبت حداکثر سرعت در بدترین حالت، ۲۰ درصد بیش‌تر از حد مجاز و نسبت حداقل سرعت به میزان ۲۵ درصد کم‌تر از حد مجاز را نشان می‌دهد همان‌طور که گفته شد به دلیل محدودیت در مطالعات انجام شده در ارزیابی شبکه‌ها تحت شرایط تغییر اقلیم نتایج این مطالعه با نتایج پژوهش‌های پرزیورستان و همکاران (۲۰۱۱) مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج پژوهش آن‌ها در ارزیابی شبکه در شرایط تغییر اقلیم، افت در شاخص‌های کفایت و عدالت توزیع فشار و در نتیجه افت در عملکرد شبکه را نشان دادند که نتایج این پژوهش را نیز تأیید می‌کند.

- از میان راه‌کارهای بررسی شده تنها راه‌کار تغییر ساعت آبیاری مؤثر واقع خواهد بود.

منابع

1. Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kizberger, T., Rigling, A., Breshears, D.D., Hogg, E.H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J.H., Allard, G., Running, S.W., Semerci, A., and Cobb, N. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*. 259: 4. 660-684.
2. Arnell, N.W., Livermore, M.J., Kovats, S., Levy, P.E., Nicholls, R., Parry, M.L., and Gaffin, S.R. 2004. Climate and socio-economic scenarios for global-scale climate change impacts assessments: characterising the SRES storylines. *Global Environmental Change*. 14: 1. 3-20.
3. Ashofteh, P.S., and Massah Bavani, A.R. 2010. Effects of climate change on peak streamflow: A case study, Aidoghmosh basin, East Azarbaijan. *J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resou.* 53: 1-15.
4. Azaranfr, R., Abrishamchi, R., and Tajrishy, M. 2006. Evaluation of the effect of climate change on precipitation and temperature changes using the output general circulation models in Zayandeh Roud basin. 2th regional conference of water resources management. Isfahan University of Technology. Pp: 1-8.
5. Badzhar, A.A. 2000. Preparation of computer model for performance evaluation of irrigation network using a combination of classic and rapid evaluation method in Qazvin irrigation network. M.Sc. Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

6. Calejo, M.J., Lamaddalena, N., Teixeira, J.L., and Pereira, L.S. 2008. Performance analysis of pressurized irrigation systems operating on-demand using flow-driven simulation models. *Agricultural Water Management*, 95: 2. 154-162.
7. First report of designing of Bilesavar network. 2000. Saman Ab Rah Consulting Engineering Company.
8. Fischer, G., Tubiello, F.N., Van Velthuisen, H., and Wiberg, D.A. 2007. Climate change impacts on irrigation water requirements: effects of mitigation, 1990-2080. *Technological Forecasting and Social Change*. 74: 7. 1083-1107.
9. Gorantiwar, S.D., and Smout, L.K. 2005. Performance assessment of irrigation water management of heterogeneous irrigation schemes: A framework for evaluation. *Irrigation and Drainage Systems*. 19: 1. 1-36.
10. Hood, A., Cechet, B., Hossain, H., and Sheffield, K. 2006. Options for Victorian agriculture in a "new" climate: Pilot study linking climate change and land suitability modeling. *Environmental Modeling and Software*. 21: 9. 1280-1289.
11. Hopmans, J.W., and Maurer, E.P. 2008. Impact of Climate Change on Irrigation Water Availability, Crop Water Requirements and Soil Salinity in the SJV, CA. UC Berkeley: University of California Water Resources Center. Retrieved from: <http://www.escholarship.org/uc/item/0g21p5hs>.
12. <http://www.climate-change.ir/fa>.
13. Johns, T.C., Gregory, J.M., Ingram, W.J., Johnson, C.E.A., Jones, J.A., Lowe, J.F.B., Mitchell, D.L., Roberts, D.M.H., Sexton, D.S., Stevenson, S.F.B., and Tett, M.J. 2003. Anthropogenic climate change for 1860 to 2100 simulated with the HadCM3 model under updated emissions scenarios. *Climate Dynamics*. 20: 6. 583-612.
14. Karamouz, M., Hosseinpour, A., and Nazif, S. 2011. Improvement of Urban Drainage System Performance under Climate Change Impact: Case Study. *J. Hydrol. Engin.* 16: 5. 395-412.
15. Knox, J.W., Rodríguez Díaz, J., Nixon, D., and Mkhwanazi, M. 2010. A preliminary assessment of climate change impacts on sugarcane in Swaziland. *Agricultural Systems*. 103: 2. 63-72.
16. Mahdavi, P., and Monem, M.J. 2010. Development of performance assessment model of transition and distribution pressurized irrigation using classic method. 12th Conference of the National Committee on irrigation and drainage, Tehran. 14p.
17. Massah Bavani, A.R., and Morid, S. 2005. Effects of climate change on streamflow of Zayandeh river. *J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.* 9: 4. 17-28.
18. Mera, R.J., Niyogi, D., Buol, G.S., Wilkerson, G.G., and Semazzi, F.H.M. 2006. Potential individual versus simultaneous climate change effects on soybean (C₃) and maize (C₄) crops: An agrotechnology model based study. *Global and Planetary Change*. 54: 1. 163-182.

19. Muqaddasi, M. 2009. Strategies for reservoir operation with emphasis on optimum management of water supply and demand in the drought periods. Ph.D. Thesis, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.
20. Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., Vries, B.D., Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K. et al. 2000. Special Report on Emissions Scenarios: a special report of working group III of the IPCC. No. PNNL-SA-39650. Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA (US), Environmental Molecular Sciences Laboratory (US).
21. Perez Urrestarazu, L., Rodriguez Diaz, J.A., Poyato, E.C., and Luque, R.L. 2009. Quality of Service in Irrigation Distribution Networks: Case of Palos de la Frontera irrigation district (Spain). *J. Irrig. Drain. Engin.* 135: 6. 755-762.
22. Perez Urrestarazu, L., Smout, I.K., Rodriguez Diaz, J.A., and Carrillo Cobo, M.T. 2010. Irrigation Distribution Networks' Vulnerability to Climate Change. *J. Irrig. Drain. Engin.* 136: 7. 486-493.
23. Ray, S.S., Dadhwal, V.K., and Navalgund, R.R. 2002. Performance evaluation of an irrigation command area using remote sensing: a case study of Mahi command, Gujarat, India. *Agricultural Water Management.* 56: 2. 81-91.
24. Shahkarami, N. 2009. Climate change adaptation strategies involving risk analysis and comprehensive management of water resources in the Zayandeh Roud basin. Ph.D. Thesis, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.
25. Thomson, A.M., Izaurralde, R.C., Rosenberg, N.J., and He, X. 2006. Climate change impacts on agriculture and soil carbon sequestration potential in the Huang-Hai Plain of China. *Agriculture, ecosystems and environment.* 114: 2. 195-209.
26. Yang, X., Lin, E., Ma, S., Ju, H., Guo, L., Xiong, W., Li, Y., and Xu, Y. 2007. Adaptation of agriculture to warming in Northeast China. *Climatic Change.* 84: 1. 45-58.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(1), 2014
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Vulnerability of irrigation networks under climate change with optimum cultivation in limited water resources and implementation strategies

***Z. Dehghan¹, M. Kouchakzadeh² and M. Alikhasi³**

¹M.Sc. Student, Dept. of Irrigation and Drainage Engineering, Tarbiat Modares University,

²Assistant Prof., Dept. of Irrigation and Drainage Engineering, Tarbiat Modares University,

³Ph.D. Student, Dept. of Irrigation and Drainage Engineering, Tarbiat Modares University

Received: 06/16/2012; Accepted: 02/07/2013

Abstract

The goal of this paper is to optimize the cultivation area and evaluation of performance of Bilesavar irrigation network under climate change. In this regard, precipitation and temperature data was downscaled using IDW method under A2 and B2 scenarios, using Hadcm3 model for 2010-2039 and 2050-80 future and base (1970-2000) periods. Then the potential evapotranspiration and new irrigation demand were computed for cropping pattern and the performance of the network was evaluated in condition of limited water resources. Results of the research showed that A2 scenario in comparison with B2 has a critical condition. Therefore, in the worst case, temperature increases by 18% and rainfall decreases by 57% in comparison with base period. Also, the volume of water demand shows an increasing trend between 8-10% in the 2010-2039 period and 13% in the 2050-2080 period compared to base period. Moreover, changing optimal cultivation was investigated as a strategy to adapting to the climate change phenomenon using Lingo model. For instance, the optimization in future periods reduced 200 and 430 ha of cultivation area compared to the base period, respectively. Evaluation of network performance showed that the equity and adequacy indicators decreased and energy consumption (KWH) increased compared to the base period.

Keywords: Performance evaluation, Optimization of cultivation, Climate change, Bilesavar's irrigation network

* Corresponding Author; Email: zohreh.dehghan64@gmail.com

