

تأثیر تغییر اقلیم بر نیاز آبی محصولات با استفاده از مدل HadCM3 در شبکه آبیاری آیدوغموش

پریسا سادات آشفته^۱

چکیده

این تحقیق تأثیر پدیده تغییر اقلیم بر نیاز آبی محصولات را در شبکه آبیاری آیدوغموش برای دوره آبی ۲۰۳۹-۲۰۲۶، با استفاده از مدل HadCM3، بررسی می‌نماید. ابتدا مقادیر دما و بارش ماهانه از مدل HadCM3 تحت سناریوی A2 در دوره‌های آبی و پایه (۲۰۰۰-۱۹۸۷)، تهیه و کوچک مقیاس شدند. نتایج نشان از افزایش ۱۰٪ تا ۱/۸ درجه‌ای دما و تغییرات ۲۸- تا ۳۳ درصدی بارش دوره آبی نسبت به دوره پایه دارد. به‌منظور برآورد نیاز آبی، تبخیر و تعرق گیاهی و بارندگی موثر محاسبه شدند. محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل به روش پنمن مانیتس فائو و تبخیر و تعرق گیاهی به روش فائو ۲۴ بوده است. محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل در دوره‌های آبی (به دلیل نبودن اطلاعات لازم) از طریق رابطه دما و تبخیر و تعرق پتانسیل در دوره پایه انجام شد. در نهایت، با معرفی سری زمانی ماهانه دما و بارش کوچک مقیاس شده دوره آبی به مدل مناسب، نیاز آبی و ریسک تغییرات تقاضای آبی محصولات گندم، جو، یونجه، سویا، ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای، سیب زمینی و باغات گردو، بررسی شد. نتایج نشان از افزایش ریسک میزان نیاز آبی محصولات دارد، به‌گونه‌ای که این افزایش تا حدود ۱۰ و ۱۳ درصد به ترتیب برای ریسک ۵۰ و ۲۵ درصد می‌رسد. همچنین بر اساس سطح کشت فعلی شبکه به‌طور متوسط، حجم تقاضای آب، تنها برای این گیاهان تا حدود ۶ و ۹ میلیون متر مکعب در سال برای دوره ۲۰۳۹-۲۰۲۶ به ترتیب با ریسک ۵۰ و ۲۵ درصد خواهد رسید. همچنین واکنش محصولات نسبت به این پدیده یکسان نبوده و گندم و جو حساسیت کمتری را از خود نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، مدل HadCM3، نیاز آبی، ریسک تقاضای آب، کوچک مقیاس کردن، شبکه آبیاری آیدوغموش

مقدمه^۱

تأثیر تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات اصلی حوضه زاینده‌رود توسط (Massah & Morid 2005) مورد بررسی قرار گرفت. این تحقیق تحت داده‌های مدل گردش عمومی HadCM3 و دو سناریوی A2 و B2 در دو دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ انجام شد که نتایج حاکی از کاهش عملکرد و افزایش ضریب تغییرات سالانه تولید محصولات بود. در ادامه، در جهت تطبیق با این شرایط، تغییر در الگوی کشت و به‌طور مشخص جایگزینی گندم به جای برنج به‌منظور کاهش مصرف آب و افزایش تولید کالری بررسی و توصیه گردید.

تحقیقی توسط (Joyce et al., 2006) در مرکز تغییر اقلیم کالیفرنیا انجام شد. هدف تحقیق، شناخت اثرات تغییر اقلیم بر سه مؤلفه اصلی هیدرولوژی حوضه شامل مقادیر جریان ورودی سالانه به مخازن، تغییرات زمانی جریان رودخانه و استمرار خشکسالی بود. در ادامه تأثیر اقدامات تطبیق در بهبود وضعیت این سه مؤلفه در آینده ارزیابی شد. در بررسی اثرات تغییر اقلیم، فرض گردید که وضعیت الگوی کشت و راندمان آبیاری در طول ۱۰۰ سال آینده (تا سال ۲۱۰۰) بدون تغییر باقی بماند که این حالت منجر به کاهش شدید در تحویل آب سطحی و افزایش پمپاژ از آب زیرزمینی می‌گردد. سپس به‌منظور ارزیابی استراتژی‌های تطبیق، تأثیر افزایش راندمان آبیاری و

میانگین دمای سطح زمین بر اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتباً در حال افزایش است. به‌گونه‌ای که سناریوهای اخیر IPCC^۲ که در سال ۲۰۰۷ منتشر کرد، افزایش متوسط جهانی دما را ۰/۷۶ درجه سانتی‌گراد در قرن گذشته و تا ۶/۴ درجه سانتی‌گراد تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی می‌کنند. این پدیده که به آن تغییر اقلیم اطلاق می‌شود، می‌تواند با احتمال زیاد بر بخش‌های مختلفی تأثیر بگذارد که بخش منابع آب و کشاورزی از اصلی‌ترین آنها می‌باشد. از آنجا که افزایش این احتمال برای دوره‌های آبی می‌تواند آثار زیانباری برای جوامع بشری داشته باشد، لذا در سال‌های اخیر تحقیقاتی در این مورد در دنیا صورت گرفته است. همچنین در کشور ما نیز از آنجایی که بخش کشاورزی عمده‌ترین مصرف کننده آب است، لذا مطالعه و ارزیابی آن می‌تواند در آمادگی برای کاهش اثرات منفی این پدیده و مدیریت بهتر آن، بسیار مؤثر و حائز اهمیت باشد.

۱- دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
Email: Pashofteh@ut.ac.ir

2 - Intergovernmental Panel Climate Change

اوزن به شمار می‌آید. وسعت حوضه آبریز این رودخانه حدود ۱۸۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. این رودخانه در استان آذربایجان شرقی واقع شده و در مجاورت شهرستان میانه پس از دریافت جریان رودخانه‌های قرقو و شهرچای به قزل‌اوزن می‌ریزد. هدف اصلی طرح، تنظیم آب رودخانه آیدوغموش توسط احداث سد مخزنی و تحت پوشش قرار دادن بخش عمده‌ای از اراضی به کشت آبی توسط احداث شبکه آبیاری می‌باشد. حدود ۱۳۵۰۰ هکتار از اراضی، تحت پوشش واحدهای عمرانی توسعه قرار دارد. منطقه طرح که مشتمل بر ناحیه‌های عمرانی اکرم‌آباد، شیخدرآباد، داشکسن، آچاچی، فراهیه و تراس رودخانه آیدوغموش می‌باشد، در جنوب و جنوب غربی شهرستان میانه بین ۴۷ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۴۹ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۱ دقیقه عرض جغرافیایی قرار گرفته است (شکل ۱).

محصولات عمده کشاورزی محدوده طرح شامل گندم، جو، یونجه، سویا، ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای، سیب زمینی و باغات گردو می‌باشد. آمار و اطلاعات هواشناسی لازم برای دوره پایه (۲۰۰۰-۱۹۸۷) از ایستگاه سینوپتیک میانه در پایین‌دست سد آیدوغموش و اطلاعات مربوط به الگو و سطح زیر کشت محصولات در جدول (۱) ارائه شده است. همچنین تقویم زراعی نیز بر اساس اطلاعات محلی تهیه شد (جدول (۲)).

برآورد نیاز آبی

با توجه به رابطه مستقیم بین متغیرهای اقلیمی (دما و بارش) و تبخیر و تعرق گیاهی، ابتدا لازم است که سناریوهای مختلف اقلیمی دما و بارش مورد ارزیابی قرار گرفته و سپس این اطلاعات برای برآورد نیاز آبی گیاهان مورد بررسی واقع گردد.

مدل‌های AOGCM

معتبرترین ابزار جهت تولید سناریوهای اقلیمی، مدل‌های AOGCM می‌باشند (Wilby and Harris, 2006). این مدل‌ها بر پایه قوانین فیزیکی که بوسیله روابط ریاضی ارائه می‌شوند، استوار هستند. تاکنون مدل‌های گردش عمومی مختلفی در مراکز مختلف تحقیقاتی تدوین و طراحی شده است. از آن جمله می‌توان به مدل‌های CSIRO-CGCM2، CCSR-NIES، NCAR DOE PCM، اشاره کرد (IPCC-TGCI, 1999). MK2، HadCM3، GFDL-R30، ECHAM4-OPYC3 و پیش‌بینی اقلیم Hadley انگلستان، تحت سناریوی A2 از مجموعه سناریوهای انتشار^۲ استفاده شده است.

تغییر الگوی کشت در بهبود وضعیت تأمین آب با استفاده از مدل جامع Weap (Raskin et al., 2001) بررسی شد. نتایج نشان داد که اعمال این راهکارها سبب کاهش تقاضای آب کشاورزی در دوره‌های آتی خواهد شد، در مقایسه با زمانی که هیچ‌گونه اقدام تطبیقی انجام نمی‌گردد. به طوری که در بخشی از ناحیه آبیاری در کالیفرنیا، تقاضای آبی از ۶۳۹ به ۶۱۶ ایکر-فوت در دوره ۲۰۹۹-۲۰۷۵ کاهش.

Knox et al. (2009) تأثیر تغییر اقلیم را بر نیاز آبیاری و عملکرد نیشکر در کشور سوئیس مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق از مدل گردش عمومی HadCM3 و تحت سناریوهای انتشار A2 و B2 برای دوره پایه ۱۹۹۷-۱۹۸۰ و دوره آتی ۲۰۶۹-۲۰۴۰ استفاده شد. به منظور تعیین نیاز آبی در دوره آتی از مدل رویش گیاهی CANEGRO استفاده شد. تحقیق نشان داد، نیاز آبیاری نسبت به دوره پایه بین ۲۰ تا ۲۲ درصد افزایش نسبت به وضعیت موجود یا دوره پایه می‌یابد.

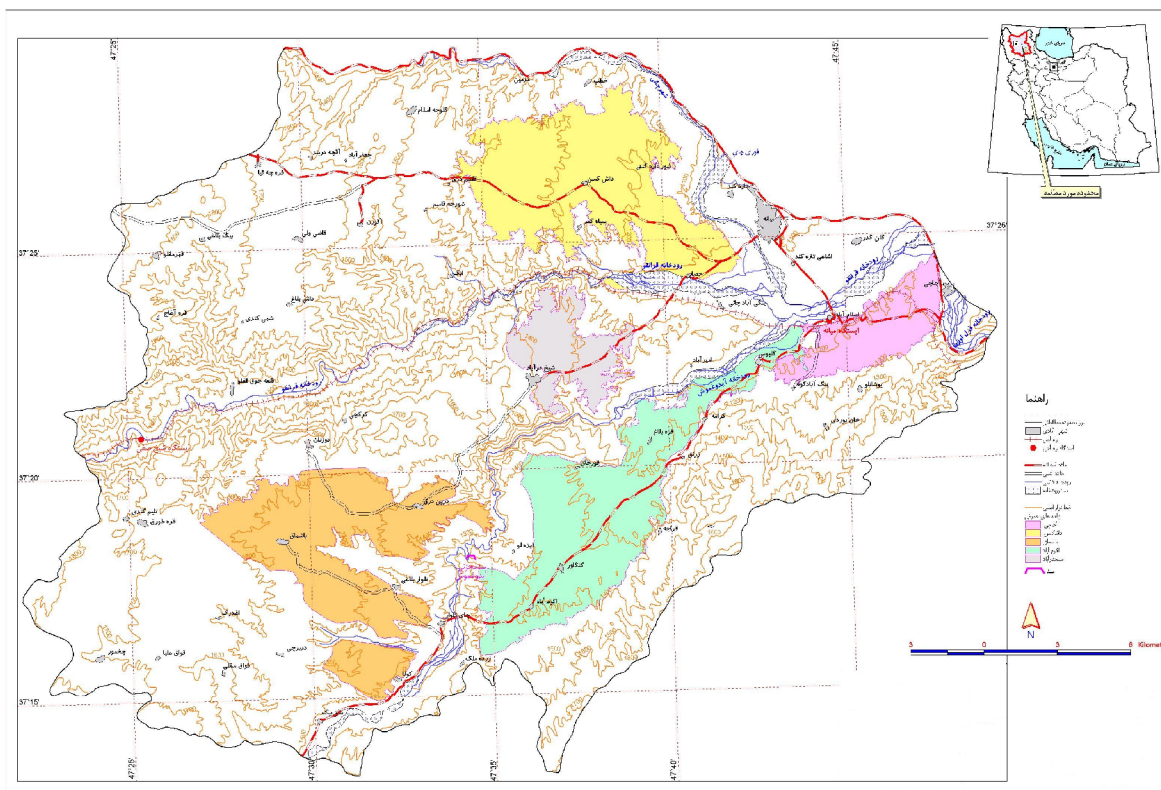
تأثیر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول جو و نیاز آبیاری در دشت هنگ-های چین توسط Liu et al., (2010) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در اثر این پدیده، دما بین ۲ تا ۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. همچنین محدوده تغییرات بارش بین ۳۰- تا ۱۵ درصد خواهد بود. در این تحقیق از مدل‌های گردش عمومی AOGCM^۱ و برای دوره ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۴ استفاده گردید. نتایج نشان داد که افزایش دما بر عملکرد گیاهی تأثیر منفی داشته، به گونه‌ای که افزایش دما به مقدار ۲ درجه سانتی‌گراد، کاهش عملکردی به مقدار $22/8 \pm 18/5$ درصد و افزایش دما به مقدار ۵ درجه سانتی‌گراد، کاهش عملکردی به مقدار $13/2 \pm 2/3$ خواهد داشت. موارد مشابهی نیز توسط Rosenweig et al., Payne et al., (2004) و Xiong et al., (2009) به انجام رسیده است.

در این مقاله سعی شده تأثیر پدیده تغییر اقلیم بر تقاضای آب و نیاز آبی شبکه آبیاری آیدوغموش واقع در استان آذربایجان شرقی در دوره ۲۰۳۹-۲۰۲۶ با لحاظ نمودن بحث ریسک مورد ارزیابی قرار گیرد. بخش اول به معرفی پدیده تغییر اقلیم و ارائه مطالعات کتابخانه‌ای مربوط به تأثیرات این پدیده بر نیاز آبی شبکه‌های آبیاری مختلف دنیا، اختصاص یافته است. در بخش دوم، مواد و روش‌های مورد نیاز این تحقیق معرفی می‌شود. و در بخش آخر، به بحث و نتیجه‌گیری در مورد نتایج بدست آمده از این تحقیق اختصاص داده شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

رودخانه آیدوغموش یکی از رودخانه‌های اصلی حوضه آبریز قزل



شکل ۱- موقعیت شبکه آبیاری آیدوغموش در استان آذربایجان شرقی

جدول ۱- مجموع سطح زیر کشت هر محصول در شبکه آبیاری آیدوغموش

نام محصول	گندم	جو	یونجه	سویا	ذرت علوفه‌ای	ذرت دانه‌ای	سیب‌زمینی	باغات (گردو)
سطح زیر کشت (هکتار)	۱۶۲۰	۱۰۸۰	۱۶۲۰	۱۰۸۰	۶۷۵	۱۰۸۰	۱۶۲۰	۴۷۲۵

جدول ۲- تقویم زراعی محصولات زراعی در شبکه آبیاری آیدوغموش

نام محصول	ماه											
	اکتبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر
گندم											*	
جو											*	*
یونجه				*	*	*	*	*	*	*		
سویا	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
ذرت علوفه‌ای	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
ذرت دانه‌ای	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
سیب‌زمینی				*	*	*	*	*	*	*		
باغات (گردو)				*	*	*	*	*	*	*		

$$P = P_{obs} \times \Delta P \quad (۴)$$

در رابطه (۳)، T_{obs} : سری زمانی دمای مشاهداتی (ماهانه) در دوره پایه (۱۹۸۷-۲۰۰۰)، T : سری زمانی دما حاصل از پدیده تغییر اقلیم در دوره آتی (۲۰۲۶-۲۰۳۹) و ΔT : سناریوی تغییر اقلیم کوچک مقیاس شده می‌باشد. در رابطه (۴)، برای بارندگی نیز موارد ذکر شده برقرار می‌باشد.

محاسبه تبخیر و تعرق گیاهی محصولات کشاورزی شبکه آبیاری آیدوغموش

برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاهی از روش فائو ۲۴ استفاده شده است (Doorenbos and Pruitt, 1984). اساس کلی این روش بر مبنای رابطه (۵) است:

$$ET_C = K_C \times ET_0 \quad (۵)$$

در رابطه (۵)، ET_C : تبخیر و تعرق گیاه مورد نظر، ET_0 : تبخیر و تعرق گیاه مرجع یا تبخیر و تعرق پتانسیل و K_C : ضریب گیاهی می‌باشد.

برای محاسبه ET_0 از روش پنمن مانیتیس فائو استفاده شده است. به منظور تعیین ضریب گیاهی نیز، نیاز به داشتن سه متغیر اقلیمی تبخیر و تعرق پتانسیل، میانگین رطوبت نسبی و سرعت باد ماهانه، همچنین دانستن طول چهار دوره (ابتدایی رشد، توسعه گیاه، میانی و نهایی) می‌باشد که در هر قسمت ضریب گیاهی به صورت یک خط و سپس منحنی مشخص می‌گردد.

محاسبه بارندگی مؤثر

آن قسمت از بارش که به طور مستقیم و غیر مستقیم سهمی از نیاز آبی گیاه را تأمین نماید به بارش مؤثر موسوم بوده که در محاسبه نیاز آبی گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان بارندگی مؤثر با توجه به شرایط کليما تولوژی محدوده طرح و با استفاده از آمار بارندگی ماهانه و به روش SCS توسط نرم افزار Cropwat محاسبه شده است. در این روش ارتباط بین میزان بارندگی و بارندگی مؤثر به صورت روابط (۶) و (۷) بیان می‌شود:

$$P_{eff} = P/125 \times (125 - 0.2P) \quad P \leq 250mm \quad (۶)$$

$$P_{eff} = 125 + 0.1 \times P \quad P > 250mm \quad (۷)$$

در روابط (۶) و (۷)، P_{eff} : متوسط بارندگی مؤثر ماهانه و P : متوسط بارندگی ماهانه می‌باشد.

محاسبه نیاز خالص آبیاری

نیاز خالص آبیاری طبق رابطه (۸) از تفاضل تبخیر و تعرق گیاهی (ET_C) و باران مؤثر (P_{eff}) برای هر ماه بدست می‌آید:

سناریوهای انتشار

از ورودی‌های مورد نیاز مدل‌های AOGCM، مقادیر انتشار گازهای گلخانه‌ای در دوره‌های آتی می‌باشد. IPCC تاکنون سناریوهای متفاوتی را ارائه نموده که SRES^۱ از جدیدترین آنها می‌باشد. هر کدام از زیر سناریوهای این گزارش مربوط به یکی از گروه‌های A1، A2، B1 و B2 می‌باشد. در خانواده A2 تأکید بر رسوم خانوادگی، رشد زیاد جمعیت و وابستگی کمتر به پیشرفت اقتصادی می‌باشد (IPCC, 2007). به دلیل انتشار بیشتر گازهای گلخانه‌ای در خانواده A2، در این تحقیق از این سناریو استفاده می‌شود.

تولید سناریوی تغییر اقلیم

به منظور حذف اغتشاش در شبیه‌سازی نوسانات اقلیمی ناشی از بزرگ بودن سلول‌های محاسباتی مدل HadCM3، معمولاً به جای استفاده مستقیم از داده‌های مدل در محاسبات تغییر اقلیم، از میانگین دوره‌ای درازمدت این داده‌ها استفاده می‌شود (روابط (۱) و (۲)) (Jones and Hulme, 1996):

$$\Delta T_i = (\bar{T}_{HadCM3, fut, i} - \bar{T}_{HadCM3, base, i}) \quad (۱)$$

$$\Delta P_i = \left(\frac{\bar{P}_{HadCM3, fut, i}}{\bar{P}_{HadCM3, base, i}} \right) \quad (۲)$$

در رابطه (۱)، ΔT_i : سناریوی تغییر اقلیم مربوط به دما برای متوسط درازمدت ۱۴ ساله برای هر ماه ($1 \leq i \leq 12$)، $\bar{T}_{HadCM3, fut, i}$: متوسط ۱۴ ساله دمای شبیه‌سازی شده توسط HadCM3 در دوره آتی برای هر ماه (در اینجا ۲۰۲۶-۲۰۳۹) و $\bar{T}_{HadCM3, base, i}$: متوسط ۱۴ ساله دمای شبیه‌سازی شده توسط HadCM3 در دوره مشابه با دوره مشاهداتی (۱۹۸۷-۲۰۰۰) برای هر ماه می‌باشد. در رابطه (۲)، برای بارندگی نیز موارد ذکر شده برقرار می‌باشد.

کوچک مقیاس کردن^۲

به منظور کوچک مقیاس کردن داده‌های طرح به لحاظ مکانی از روش تناسبی استفاده می‌شود. در این روش، متغیر اقلیمی شبیه‌سازی شده توسط HadCM3 از اطلاعات مربوط به سلولی استخراج می‌شود که منطقه مورد مطالعه در آن قرار می‌گیرد (روابط (۳) و (۴)) (Wilby and Harris, 2006):

$$T = T_{obs} + \Delta T \quad (۳)$$

1- Special Report on Emission Scenarios
2 - Downscaling

$$IR = ET_c - P_{eff} \quad (۸)$$

در رابطه (۸)، IR: نیاز خالص آبیاری می‌باشد.

نتایج و بحث

محاسبه ریسک تغییرات در تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_0)

در این تحقیق، محاسبه ET_0 در دوره پایه بر مبنای روش پنمن ماننیتس فائو بوده است. ولی با توجه به اینکه تهیه کلیه اطلاعات لازم برای محاسبات در دوره‌های آبی میسر نبود، این کار از طریق بررسی رابطه دما و ET_0 در دوره پایه انجام شد. پس از بررسی‌های لازم روش رگرسیون با ضریب همبستگی ۰/۹۳ مورد پذیرش قرار گرفت (در هر ماه رابطه رگرسیونی ET_0 با دما بدست آمد). در ادامه از این رابطه برای بدست آوردن ET_0 دوره آبی استفاده شد. شکل (۲)، (۳) و (۴) تغییرات ماهانه دما، بارش و ET_0 را در دوره پایه و دوره آبی نشان می‌دهد. در ادامه، با استفاده از سری زمانی دما، سری زمانی تبخیر و تعرق پتانسیل برای دوره ۲۰۳۹-۲۰۲۶ تولید گردید.

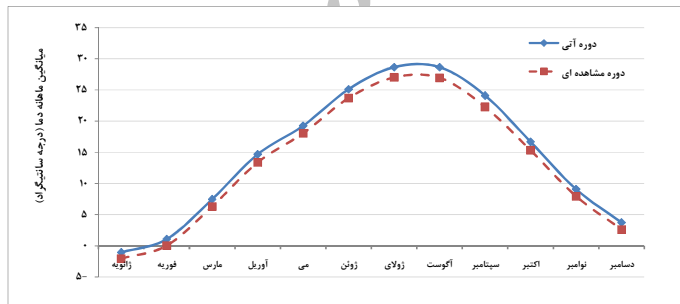
محاسبه ضریب گیاهی (K_c)

به منظور محاسبه ضریب گیاهی در دوره آبی میزان تبخیر و تعرق پتانسیل از بند قبل استخراج شد. برای کسب مقادیر رطوبت نسبی از رابطه رگرسیونی آن با ET_0 در دوره پایه استفاده گردید. سرعت باد

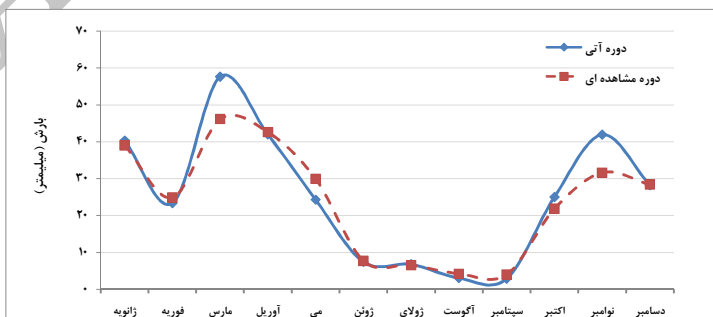
نیز مشابه دوره پایه در نظر گرفته شد. همانگونه که آمد، محصولات کشاورزی شبکه آبیاری آیدوغموش که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند شامل گندم، جو، یونجه، سویا، ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای، سیب‌زمینی، باغات (گردو) هستند که طول دوره‌های رویشی هر محصول بر اساس اطلاعات محلی تعیین شد. بر این اساس برای دوره ۲۰۳۹-۲۰۲۶ مقدار K_c محاسبه گردید که نتایج بدست آمده برای ریسک ۵۰٪ در دوره ۲۰۳۹-۲۰۲۶ در جدول (۳) آمده است.

ریسک تغییر در تبخیر و تعرق گیاهی

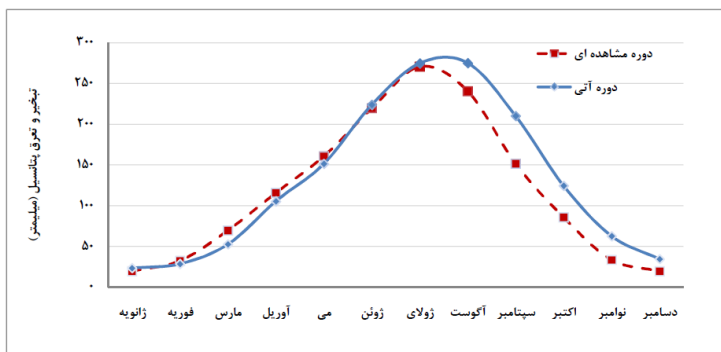
با استفاده از اطلاعات بدست آمده برای ET_0 و K_c ، تبخیر و تعرق گیاه مورد نظر شبکه آبیاری آیدوغموش با استفاده از رابطه (۵) محاسبه و در جدول (۴) مقادیر آن نسبت به دوره پایه برای ریسک ۲۵ و ۵۰ درصد ارائه شده است. بر این اساس، با ریسک ۵۰ درصد به طور متوسط ۳ تا ۱۲ درصد افزایش تبخیر و تعرق گیاهی برای محصولات مورد نظر به جز گندم، جو و باغات گردو (به ترتیب ۷، ۱۱ و ۱ درصد کاهش) در دوره ۲۰۳۹-۲۰۲۶ انتظار می‌رود. این افزایش برای ریسک ۲۵ درصد، به میزان ۱ تا ۱۳ درصد به جز جو (۳ درصد کاهش) خواهد رسید.



شکل ۲- مقایسه میانگین ماهانه دمای شبکه آبیاری آیدوغموش در دوره پایه و دوره آبی



شکل ۳- مقایسه میانگین ماهانه بارش شبکه آبیاری آیدوغموش در دوره پایه و دوره آبی



شکل ۴- مقایسه میانگین ماهانه تبخیر و تعرق پتانسیل شبکه آبیاری آیدوغموش در دوره پایه و دوره آبی

جدول ۳- مقدار K_c در دوره ۲۰۳۹-۲۰۲۶ بر اساس ریسک افزایش ET_0 به میزان ۵۰ درصد

نام محصول	ماه											
	اکتبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	اگوست	سپتامبر
گندم	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۵۳	۱/۰۶	۱/۰۸	۰/۸۰			۰/۳۵
جو	۰/۳۷	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۵۲	۱/۰۶	۱/۰۸	۰/۷۷			
سویا										۰/۴۳	۱/۰۵	۰/۶۵
یونجه	۰/۹۳								۰/۹۸	۱/۰۵	۱/۰۶	۰/۹۵
ذرت علوفه‌ای									۰/۶۵	۰/۹۳	۱/۱۰	۱/۰۳
ذرت دانه‌ای	۰/۶۲								۰/۶۵	۱/۰۲	۱/۰۹	۱/۰۰
سیب‌زمینی	۰/۷۳								۰/۵۳	۱/۰۱	۱/۰۹	۰/۹۶
باغات (گردو)	۰/۶۴						۰/۳۲	۰/۴۶	۰/۶۴	۰/۷۷	۰/۹۲	۰/۸۲

جدول ۴- تغییرات تبخیر و تعرق گیاهی سالانه محصولات عمده شبکه آیدوغموش در دوره آبی با ریسک ۲۵ و ۵۰ درصد و بیشتر

نام محصول	$ET_{c_{obs}}$ (mm)	$ET_{c_{fut}}$ (mm)		$ET_{c_{fut}}/ET_{c_{obs}}$ (mm)	
		ریسک ۲۵٪	ریسک ۵۰٪	ریسک ۲۵٪	ریسک ۵۰٪
گندم	۶۹۶/۵۶	۷۰۴/۸۸	۶۴۸/۳۰	۱/۰۱	۰/۹۳
جو	۶۱۷/۶۴	۵۹۸/۷۰	۵۴۹/۰۶	۰/۹۷	۰/۸۹
یونجه	۱۱۸۷/۷۲	۱۳۳۹/۱۱	۱۲۶۴/۲۵	۱/۱۳	۱/۰۶
سویا	۹۴۷/۵۴	۱۰۳۰/۷۹	۹۷۵/۵۷	۱/۰۹	۱/۰۳
ذرت علوفه‌ای	۹۵۶/۷۲	۱۰۶۱/۵۰	۱۰۰۵/۹۲	۱/۱۱	۱/۰۵
ذرت دانه‌ای	۱۰۱۸/۱۱	۱۱۴۳/۰۶	۱۱۴۳/۰۶	۱/۱۲	۱/۱۳
سیب زمینی	۹۸۹/۱۴	۱۱۲۰/۰۸	۱۰۶۲/۰۹	۱/۱۳	۱/۰۷
باغات (گردو)	۹۷۷/۴۶	۱۰۲۶/۸۳	۹۷۰/۷۵	۱/۰۵	۰/۹۹

جدول ۵- افزایش نیاز آبی سالانه محصولات شبکه آیدوغموش در دوره آبی با ریسک ۲۵ و ۵۰ درصد و بیشتر

نام محصول	IR_{obs} (mm)	IR_{fut} (mm)		IR_{fut}/IR_{obs} (mm)	
		ریسک ۲۵٪	ریسک ۵۰٪	ریسک ۲۵٪	ریسک ۵۰٪
گندم	۵۰۵/۵۳	۴۹۳/۶۲	۴۸۴/۶۴	۰/۹۸	۰/۹۶
جو	۴۴۱/۵۰	۴۱۱/۷۴	۴۰۷/۵۷	۰/۹۳	۰/۹۲
یونجه	۱۱۱۵/۹۹	۱۲۵۳/۳۵	۱۲۱۲/۷۱	۱/۱۲	۱/۰۹
سویا	۸۹۶/۸۶	۹۷۴/۳۸	۹۴۲/۵۸	۱/۰۹	۱/۰۵
ذرت علوفه‌ای	۹۰۶/۰۴	۱۰۰۵/۰۹	۹۷۲/۹۴	۱/۱۱	۱/۰۷
ذرت دانه‌ای	۹۴۶/۲۸	۱۰۵۷/۳۰	۱۰۳۱/۶۵	۱/۱۲	۱/۰۹
سیب زمینی	۹۱۷/۴۱	۱۰۳۴/۳۲	۱۰۱۰/۵۵	۱/۱۳	۱/۱۰
باغات (گردو)	۸۶۶/۰۳	۹۰۵/۲۴	۸۷۸/۷۷	۱/۰۵	۱/۰۱

جدول ۶- افزایش حجم تقاضای آب محصولات مختلف منطقه در دوره آبی با ریسک ۲۵ و ۵۰ درصد

نام محصول	V _{obs} (MCM)	V _{fit} (MCM)		ΔV_{fit} (MCM)	
		ریسک ۲۵٪	ریسک ۵۰٪	ریسک ۲۵٪	ریسک ۵۰٪
گندم	۸/۱۹	۸/۰۰	۷/۸۵	-۰/۱۹	-۰/۳۴
جو	۴/۷۷	۴/۴۵	۴/۴۰	-۰/۳۲	-۰/۳۷
یونجه	۱۸/۰۸	۲۰/۳۰	۱۹/۶۵	۲/۲۳	۱/۵۷
سویا	۹/۶۹	۱۰/۵۲	۱۰/۱۸	-۰/۸۴	-۰/۴۹
ذرت علوفه‌ای	۶/۱۲	۶/۷۸	۶/۵۷	-۰/۶۷	-۰/۴۵
ذرت دانه‌ای	۱۰/۲۲	۱۱/۴۲	۱۱/۱۴	۱/۲۰	-۰/۹۲
سیب زمینی	۱۴/۸۶	۱۶/۷۶	۱۶/۳۷	۱/۸۹	۱/۵۱
باغات (گردو)	۴۰/۹۲	۴۲/۷۷	۴۱/۵۲	۱/۸۵	-۰/۶۰

میلیون متر مکعب در سال خواهد بود (جدول ۶)). بنابراین اقدامات خاصی برای این دوره نیاز خواهد بود.

نتیجه گیری

در این مقاله سعی شده تأثیر تغییر اقلیم بر ریسک تغییر در نیاز آبی محصولات عمده شبکه آبیاری آیدوغموش در دوره ۲۰۳۹-۲۰۲۶ با استفاده از مدل HadCM3 و تحت سناریوی انتشار A2 مورد بررسی قرار گیرد.

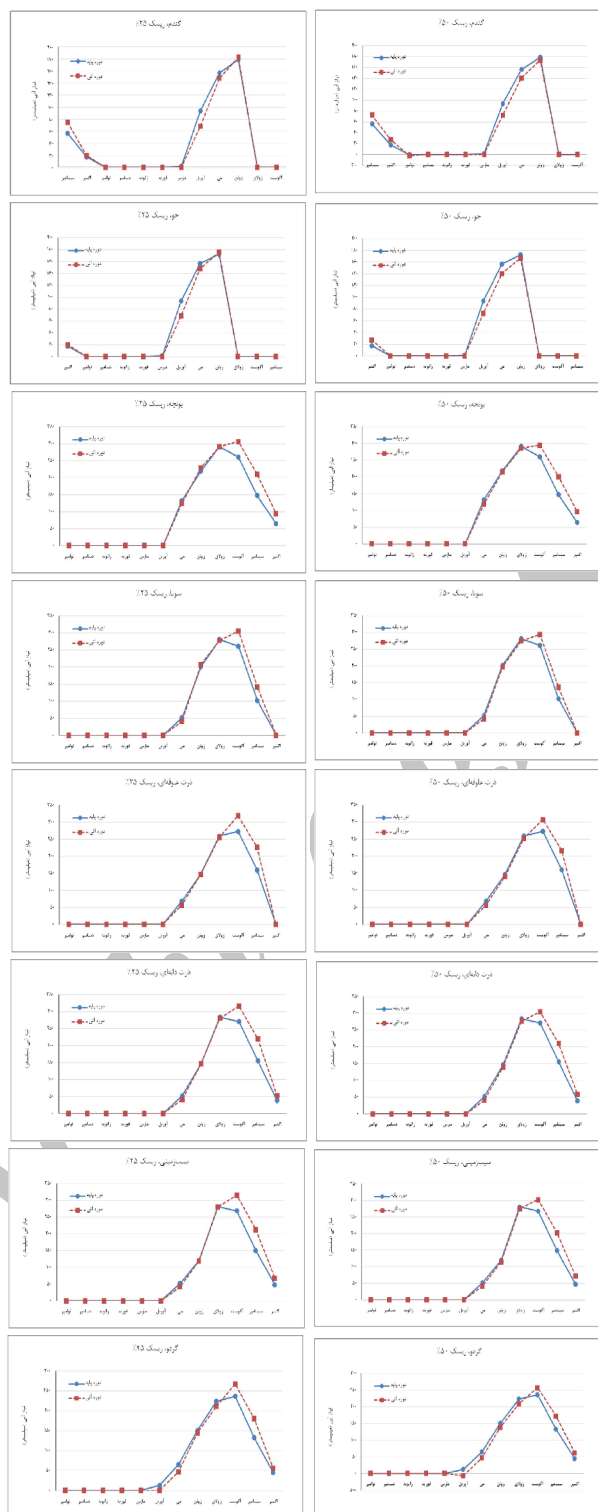
- با بررسی سناریوهای تغییر اقلیم دما و بارندگی از داده‌های مدل HadCM3 نشان می‌دهد که دمای حوضه در دوره ۲۰۳۹-۲۰۲۶ برای سناریوی A2 بین ۱/۰ تا ۱/۸ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد. این در حالی است که حوضه در دوره ۲۰۳۹-۲۰۲۶ شاهد افزایش بارندگی عمدتاً برای فصل پاییز و کاهش آن برای فصل تابستان بوده و همچنین محدوده تغییرات بارش برای سناریوی A2 بین ۲۸- تا ۳۳٪ خواهد بود.

- پس از معرفی سری زمانی ماهانه دما به مدل نیاز آبی و با داشتن سری زمانی ماهانه بارش و به کمک روابط (۳) تا (۸) سری زمانی نیاز آبی ماهانه برای شبکه آبیاری آیدوغموش در دوره ۲۰۳۹-۲۰۲۶ تولید گردید. نتایج نشان داد در این دوره، ریسک افزایش میزان نیاز آبی محصولات در منطقه عمدتاً افزایش می‌یابد. به طوری که این افزایش تا حدود ۱۰ درصد با ریسک ۵۰ درصد و تا حدود ۱۳ درصد با ریسک ۲۵ درصد خواهد رسید. این افزایش می‌تواند بر اساس سطح کشت فعلی شبکه‌ها به طور متوسط، حجم تقاضای آب را تنها برای این گیاهان تا حدود ۶ میلیون متر مکعب در سال برای دوره ۲۰۳۹-۲۰۲۶، با ریسک ۵۰ درصد و ۹ میلیون متر مکعب در سال برای دوره آبی با ریسک ۲۵ درصد افزایش دهد. از طرفی آورد رودخانه آیدوغموش نیز در اثر این پدیده ریسک بالایی برای کاهش دارد (آشفته، ۱۳۸۷). لذا هم افزایش تقاضا و هم کاهش آورد را در محدوده طرح می‌توان انتظار داشت.

ریسک تغییر نیاز آبی گیاهان

پس از تعیین بارندگی مؤثر با ریسک ۲۵ و ۵۰ درصد بوسیله روابط (۶) و (۷) و همچنین با داشتن تبخیر و تعرق گیاهی از بند قبلی نیاز آبی محصولات مطابق رابطه (۸) تعیین گردید. در شکل (۵) مقادیر آن نسبت به دوره پایه برای ریسک ۲۵ و ۵۰ درصد نشان داده شده است. تغییرات در نیاز آبی سالانه دوره آبی (۲۰۳۹-۲۰۲۶) نیز در جدول (۵) آورده شده است. بر این اساس با ریسک ۵۰ درصد به طور متوسط ۱ تا ۱۰ درصد افزایش تقاضای آبی برای محصولات مورد نظر در دوره ۲۰۳۹-۲۰۲۶ به جز گندم و جو (به ترتیب ۴ و ۸ درصد کاهش) انتظار می‌رود. این افزایش برای ریسک ۲۵ درصد به جز گندم و جو (به ترتیب ۲ و ۷ درصد کاهش)، به میزان ۵ تا ۱۳ درصد در دوره آبی خواهد رسید.

در تحقیقاتی مانند تحقیق Steinemann and Cavalcanti (2006) افزایش تقاضای ۱۰ درصد و بیش از آن به عنوان مرز مواجه شدن سیستم با تنش‌ها معرفی شده است. چنانچه این مرز در اینجا مبنای قرار گیرد، به احتمال ۵۰ درصد در دوره ۲۰۳۹-۲۰۲۶ محصولات سیب‌زمینی با افزایش نیاز آبی مواجه خواهند بود (یونجه و ذرت دانه‌ای در معرض تنش هستند). همچنین اگر مبنای ریسک احتمال ۲۵ درصد باشد، محصولات یونجه، سیب‌زمینی، ذرت علوفه‌ای و دانه‌ای ریسک تقاضای بیشتر از ۱۰ درصد را خواهند داشت. لازم به ذکر است که در کارهای خشکسالی ریسک ۱۰ درصد ملاک عمل بوده است که سیستم طی دوره‌ای خاص با شرایط کم آبی مواجه است ولی در بحث تغییر اقلیم صحبت از تغییر بلندمدت متغیرها و به تبع آن نیازها خواهد بود. همین تغییرات، سبب خواهد شد تا نیاز آبی بر اساس سطح زیر کشت فعلی برای محصولات بین ۰/۴۵ تا ۱/۵۷ میلیون متر مکعب در سال با ریسک ۵۰ درصد و بین ۰/۶۷ تا ۲/۳۳ میلیون متر مکعب در سال با ریسک ۲۵ درصد افزایش یابد (به جز گندم و جو که به ترتیب ۰/۳۴ و ۰/۳۷ با ریسک ۵۰ و ۰/۱۹ و ۰/۳۳ با ریسک ۲۵ درصد کاهش می‌یابد). به گونه‌ای که بیشترین مقدار افزایش نیاز آبی برای یونجه با ریسک ۵۰ و ۲۵ درصد به ترتیب ۱/۵۷ تا ۲/۳۳ میلیون متر مکعب در سال و کمترین مقدار افزایش آبی برای ذرت علوفه‌ای با ریسک ۵۰ و ۲۵ درصد به ترتیب ۰/۴۵ تا ۰/۶۷



شکل ۵- نیاز آبی محصولات محدوده طرح با احتمال ریسک ۲۵ و ۵۰ درصد در دوره آبی در مقایسه با دوره پایه

- Knox, J.W., Rodríguez Díaz, J.A., Nixon, D.J. and Mkhwanazi, M. (2009), A preliminary assessment of climate change impacts on sugarcane in Swaziland. *Agricultural Systems*, 103(3): 63- 72.
- Liu, S., Mo, X., Lin, Zh., Xu, Y., Ji, J., Wen, G. and Richey, J. (2010), Crop yield responses to climate change in the Huang-Huai-Hai Plain of China. *Agricultural Water Management*, 97(4): 1195- 1209.
- Massah Bavani A. R. and Morid S. (2005), Risk assessment of climate change and its impact on water resources. PhD thesis, Tarbiat Modares University.
- Payne, J. T., Wood, A. W., Hamlet, A. F., Palmer, R. N. and Lettenmaier, P. (2004), Mitigating the effects of climate change on the water resources of the Columbia River. International Water Management Institute.
- Raskin, P., Sieber, G., Huber-Lee, A. (2001), User Guide for WEAP21. Stockholm environment institute.
- Rosenweig, C., Strzepek, K. M., Major, D. C., Iglesias, A., Yate, D. N., McCluskey, A. and Hillel, D. (2004), Water resources for agriculture in a changing climate: international case studies. *Journal of Global Environmental Change*, 14(3): 345- 360
- Steinemann, A. and Cavalcanti, L. (2006), Developing Multiple Indicators and Triggers for Drought Plans. *Journal of Water Resources Planning and Management.*, 132(3): 164- 173.
- Wilby R.L. and Harris, I. (2006), A frame work for assessing uncertainties in climate change impacts: low flow scenarios for the River Thames, UK. *Water Resources Research* (in press).
- Xiong, W., Holman, I., Lin, E., Conway, D., Jiang, J., Xu, Y., and Li, Y. (2009), Climate change, water availability and future cereal production in China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 135(2): 58- 69.
- همچنین نتایج نشان داد که در منطقه طرح، گندم و بخصوص جو می‌تواند مقاومت بیشتری به تغییرات اقلیم داشته باشد. لذا تغییر الگوی کشت مسلماً از راهکارهای تطبیق (سازگاری) با تغییرات اقلیم می‌تواند محسوب گردد.

مراجع

- آشفته، پ و مساح بوانی، ع. (۱۳۸۷). آنالیز عدم قطعیت تأثیر تغییر اقلیم بر رژیم سیلاب با رویکرد بی‌زی؛ مطالعه موردی حوضه آیدوغموش، آذربایجان شرقی. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد، گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران. ۵۷ ص.
- Doorenbos, J., and Pruitt, W. O. (1984), Guidelines for predicting crop water requirements. *Irrig. Drain. Paper 24*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- IPCC-TGCI. (1999), Guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment. eds. Carter, T.R., Hulme, M. and Lal, M., Version 1, 69pp. Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Scenarios for Climate Impact Assessment.
- IPCC. (2007), Summary for Policymakers, in: *Climate Change 2007. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.) (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, 1-18P.*
- Joyce, B., Vicufia, S., Dale, L., Dracup, J., Hanemenn, M., Purkey, D., and Yates, D. (2006), Climate change impacts on water for agriculture in California: a case study in the Sacramento valley. A Report From: California Climate Change Center.
- Jones, P.D. and Hulme, M. (1996), Calculating regional climatic times series for temperature and precipitation: methods and illustrations. *International journal of climatology*, 16(2): 361-377.

تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۱۱

Climate Change Impact on the Crop Water Requirement Using HadCM3 Model in Aidoghmoush Irrigation Network

P. Ashofteh¹

Abstract

This research work was aimed to investigate agricultural water demand and water requirement using HadCM3 model that occur due to climate change in Aidoghmoush irrigation network at time period 2026-2039. At first, monthly temperature and precipitation data of HadCM3 model were provided and downscaled in the baseline period (1987-2000) and the future period (2026-2039) under the SRES emission scenario, namely A2. Results showed that the temperature increased (Between 1.0 to 1.8) and precipitation varied (-28 to 33 percent) in 2026-2039 compared with baseline period (1987-2000). In order to estimate the water requirements, crop evapotranspiration and effective rainfall were calculated. The potential evapotranspiration and the crop evapotranspiration were calculated to FAO Penman-Monteith and FAO-24 method, respectively. Calculation the potential evapotranspiration in future periods (due to lack of information) through the relationship of temperature and potential evapotranspiration in the base period was conducted. Then, for risk analysis, downscaled temperature and precipitation for 2026-2039 were introduced to water requirement model and monthly net water requirement was simulated in the future and in the sequel, water demand and the risk increase of its changing considered. The study also revealed risk increase in agriculture water demand, as these increase is of 10 to 13 (for the risk of 50% and 25%). Considering the present areas of the selected crops (wheat, barley, alfalfa, soya, feed corn, forage maize, potato and walnut) and their augmented requirements, volume of 6 to 9 MCM/y for 2026-2039 period (for the probability of 50% and 25%) will be required to meet the demands. Finally, it is found that responses of the crops were different where wheat and barley more variability to this phenomenon.

Keywords: Climate change, HadCM3 model, Water requirement, Water demand risk, Downscaling, Aidoghmoush irrigation network

1- Ph.D. Candidate, Department of Irrigation & Reclamation, Faculty of Agricultural Engineering & Technology, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Tehran, Iran. Email: Pashofteh@ut.ac.ir