

بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تبخیر - تعرق گیاه مرجع در اقلیم‌های مختلف

فریبا هادی¹، عباس خاشعی سیوکی^{2*}، علی شهیدی³، محمدرضا فرزانه⁴

تاریخ دریافت: 1394/12/24 تاریخ پذیرش: 1395/12/24

چکیده

یکی از قسمت‌های بخش طراحی و بهره‌برداری از سیستم‌های تأمین‌کننده آب مورد نیاز کشاورزی، تخمین نیاز آبی گیاه می‌باشد. در این تحقیق، تلاش شده است تا تأثیر پدیده تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق در پنج ایستگاه با اقلیم خشک، نیمه‌خشک، مدیترانه‌ای، نیمه‌مرطوب و خیلی مرطوب بررسی شود. با استفاده از مدل گردش عمومی جو HadCM3 تحت دو سناریوی A2، B1 برای سه دوره آینده نزدیک (2010-2039)، آینده میانی (2069-2040) و آینده دور (2070-2099) و دوره 1971-2000 به‌عنوان دوره پایه و به وسیله‌ی روش کوچک‌مقیاس کردن مکانی تناسبی و روش کوچک-مقیاس کردن زمانی عامل تغییر ریزمقیاس شده، مورد بررسی قرار گرفت. تبخیر و تعرق برای این پنج ایستگاه به روش‌های فائوپنمن-مانتیت، مک کین، تورک مناطق خشک و مرطوب، پریستلی-تیلور، هارگریوز-سامانی و بلانی کریدل محاسبه گردید. نتایج نشان می‌دهد که ایستگاه‌ها در دوره آتی با افزایش 12 درصدی تبخیر و تعرق در فصل زمستان و کاهش 35 درصدی تبخیر و تعرق برای فصل تابستان رو به رو خواهند شد. در تمام ایستگاه‌ها بیش‌ترین تغییرات تبخیر-تعرق در دوره آینده دور و سناریوی A2 رخ خواهد داد. برای دوره آینده هم بیش‌ترین روشی که با مدل فائوپنمن-مانتیت تطبیق دارد روش پریستلی-تیلور می‌باشد و ایستگاه‌هایی که در اقلیم‌های با رطوبت بیش‌تر هستند تأثیر بیش‌تری از تغییر اقلیم پذیرفتند.

واژه‌های کلیدی: ریزمقیاس نمایی، عامل تغییر، Hadcm3

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل در ساختار کره زمین اقلیم می‌باشد که کلیه مظاهر طبیعی از آن متأثر می‌شوند. اقلیم، متوسط شرایط آب و هوایی یک منطقه است و تنها برای شرایط متوسط به کار نمی‌رود، بلکه سایر متغیرها نظیر حداقل‌ها و حداکثرها را نیز شامل می‌شود. تغییر معنی‌دار در متوسط داده‌های هواشناسی در طی یک دوره زمانی معین نیز تغییر اقلیم نامیده می‌شود (Mander., 1994). نگرانی درباره تغییر اقلیم ابعاد جهانی گرفته و تلاش‌های بین‌المللی از دهه گذشته برای حل این مسأله آغاز گردیده است. مطابق داده‌های ثبت شده اقلیمی، متوسط درجه حرارت سطح زمین تا پایان قرن بیستم حدود 0/6 درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا کرده که بیش‌ترین گرمایش از 1910 تا 1945 و از 1976 تا 2000 اتفاق افتاده است. بر اساس مدل‌های گردش عمومی تحت سناریوهای مختلف، برآورد می‌گردد که

متوسط دمای جهان طی دوره 1990-2100 بین 1/4 تا 5/8 درجه سانتی‌گراد افزایش یابد که توأم با تغییراتی در الگوهای مکانی و زمانی بارندگی خواهد بود (IPCC¹, 2001) تغییر جهانی اقلیم تا اندازه‌ای در ارتباط با افزایش غلظت دی اکسید کربن می‌باشد. بخش عمده گازهای گلخانه‌ای را دی اکسید کربن تشکیل می‌دهد. گازهای گلخانه‌ای اشعه مادون قرمز ساطع شده از زمین را جذب کرده و به زمین برمی‌گرداند و به همین دلیل موجب افزایش دما می‌شوند. میزان دی اکسید کربن از حدود 280 ppm در قبل از انقلاب صنعتی به 325ppm در سال 1990 و 360 ppm در سال 2009 رسیده است. همچنین انتظار می‌رود که غلظت دی اکسید کربن تا سال 2100 به 640ppm برسد که نسبت به شرایط کنونی افزایشی بیش از 300 ppm دارد (IPCC., 2001). تغییر اقلیم همه بخش‌های اقتصادی را تا اندازه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد، اما بخش کشاورزی شاید حساس‌ترین و آسیب‌پذیرترین بخش باشد، چرا که محصولات کشاورزی وابستگی زیادی به منابع اقلیمی دارند. بر اساس شواهد علمی تغییر اقلیم آینده، به‌ویژه اثرات ترکیبی افزایش دما، بالا رفتن غلظت CO₂ جو، افزایش احتمال وقوع حوادث حدی (خشکسالی‌ها، سیلاب‌ها، یخ‌بندان‌ها و ...) و کاهش آب قابل دسترس گیاه می‌تواند اثرات قابل ملاحظه‌ای بر روی محصولات کشاورزی داشته باشد (Chioti and

1- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی مهندسی آب دانشگاه بیرجند
2- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند
3- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه بیرجند
4- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(* - نویسنده مسئول: (Email: abbaskhashei@birjand.ac.ir

مکانی کمی شوند (Zamani-Nuri et al., 2013, Fakhri et al., 2012). نیاز آبی گیاهان و میزان تولید در بخش کشاورزی به تغییر در پارامترهای اقلیمی بسیار حساس می‌باشد. تغییر اقلیم بر دما و توزیع بارش اثرات متفاوتی دارد که در نتیجه آن بر روی توزیع مکانی و زمانی منابع آبی و همچنین نیاز آبی گیاهان و مصرف آب در بخش کشاورزی مؤثر می‌باشد.

بررسی‌ها نشان داد تاکنون تحقیقی برای بررسی تغییرات نیاز آبی گیاه در چند اقلیم متفاوت و تخمین بهترین مدل نیاز آبی تعیین نشده است. هدف از این مطالعه کمک به انتخاب مدل (مدل‌های) مناسب با کم‌ترین خطا در برآورد ETO می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق برای مقایسه اثرات تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق در اقلیم‌های مختلف، اطلاعات هواشناسی پنج ایستگاه بیرجند، همدان، بابلسر، رامسر و گرگان با اقلیم مختلف بر اساس شاخص دمارتن انتخاب شدند (شکل 1).

اطلاعات مربوط به مختصات جغرافیایی و اقلیم ایستگاه‌های انتخابی در جدول 1 آمده است.

تولید سناریوهای اقلیمی آینده در دوره‌های آتی

معتبرترین ابزار جهت سناریوهای اقلیمی، مدل‌های AOGCM می‌باشند (Wilby and Harris., 2006). این مدل‌ها بر پایه قوانین فیزیکی به وسیله معادلات 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 ECHAM ۴، HadCM3، CCSR، CSIRO، CGCM2، GFDL-30، NCAR اشاره کرد (IPCC-TGCIAR²., 1999). این تحقیق از خروجی مدل HadCM3، از مرکز تحقیقات و پیش‌بینی اقلیم Hadley انگلستان استفاده شده است.

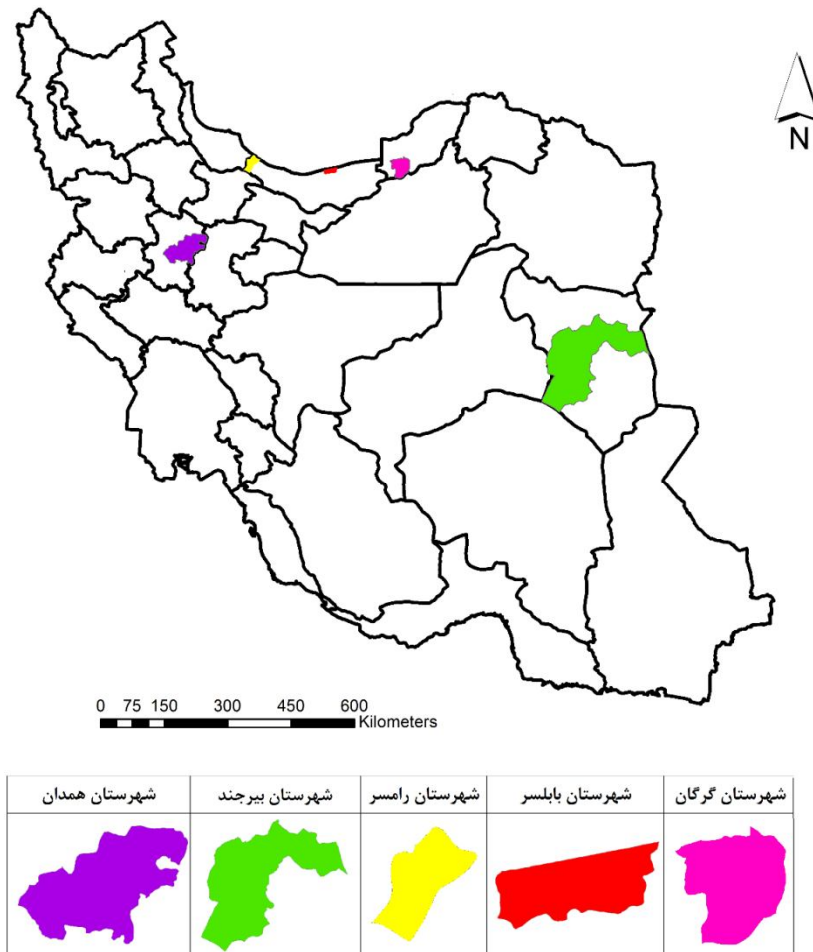
Johnston., 1995) بالا رفتن دما موجب بالا رفتن میزان تبخیر و تعرق پتانسیل گیاهی می‌شود که نتیجه آن افزایش نیاز آبی گیاهان است.

در تحقیقی با استفاده از مدل‌سازی نیاز آب آبیاری، افزایش حدود 15 تا 20 درصد نیاز آبی فصلی گیاهان زراعی در دهه 2050 را در اثر تغییر اقلیم پیش‌بینی نمودند. آن‌ها در تحقیق خود بیان کردند که این افزایش، وابسته به مکان و الگوی کشت است (Rodriguez et al., 2007). در مطالعه‌ای با استفاده از روش ریزمقیاس نمایی آماری و تحت سه سناریوی اقلیمی A1، A2، B1 به بررسی بارش، تبخیر-تعرق مرجع، کمبود بارش و کاهش نسبی عملکرد محصول پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که میزان تبخیر-تعرق در ماه‌های خشک با کاهش بارندگی و افزایش دما افزوده خواهد شد (Harmsen et al., 2009). عزیزاده و همکاران (1389) اثرات احتمالی تغییر اقلیم بر تبخیر-تعرق حوضه آبریز رودخانه کشف رود را با استفاده از ریزمقیاس نمایی خروجی مدل گردش عمومی جو Hadcm3 تحت سناریوی اقلیمی A2 و برای سه دوره 2010-2039، 2040-2069، 2070-2099 مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که در اثر افزایش دما میزان تبخیر-تعرق در تمامی ماه‌ها برای هر سه دوره تحت مطالعه افزایش خواهد یافت تأثیر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن هوا با افزایش دما را در دهه‌های آتی بر روی تبخیر-تعرق گیاهان زراعی در نواحی مرکزی بلژیک مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که در خصوص محصولات بهاره-پاییزه نظیر گندم، افزایش نیاز آبی مورد توجه نخواهد بود اما در عوض در مورد محصولات بهاره-تابستانه نظیر گوجه فرنگی، افزایش معنی‌داری در نیاز آبی رخ خواهد داد به نحوی که این افزایش تبخیر-تعرق حتی با بستن روزنه‌ها و کاهش دوره رشد گیاه نیز جبران نخواهد شد (Baguis et al., 2010).

در اکثر نقاط دنیا تغییر اقلیم اثری منفی بر تولیدات کشاورزی و منابع آبی دارد. شدت این تأثیرات از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر متفاوت است. جهت طراحی طولانی مدت منابع آبی و کشاورزی در رویارویی با اثرات تغییر اقلیم لازم است که تمامی این اثرات در مقیاس زمانی و

جدول 1- موقعیت جغرافیایی و اقلیم ایستگاه‌های منتخب

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)	اقلیم
بیرجند	59° 12'	32° 52'	1491	خشک
همدان	48° 43'	35° 12'	1679/7	نیمه‌خشک
گرگان	54° 24'	36° 54'	0	مدیترانه‌ای
بابلسر	52° 39'	36° 43'	-21	نیمه مرطوب
رامسر	50° 40'	36° 54'	-20	خیلی مرطوب



شکل 1- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

است. HadCM3 از دو مؤلفه جوی و اقیانوسی به نام‌های HadAM3 (مدل جوی) و HadOM3 (مدل اقیانوسی) که دارای یک مدل یخ-دریا نیز می‌باشد، تشکیل شده است. هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم از داده‌های مدل گردش عمومی HadAM3 برای تهیه گزارش سوم استفاده کرده است (در گزارش دوم از برون‌داد مدل HadCM2 استفاده شد). این مدل نیازی به تنظیمات شار سطحی (شار مصنوعی اضافی برای سطح اقیانوس) برای بهبود شبیه‌سازی ندارد. شبیه‌سازی‌ها بر مبنای تقویم سال 365 روزه و ماه‌های 30 روزه انجام می‌شود. قدرت تفکیک بالای مؤلفه اقیانوسی، مهم‌ترین مزیت این مدل می‌باشد. از جمله دیگر مزیت این مدل هماهنگی خوب بین مؤلفه‌های جوی و اقیانوسی آن می‌باشد. نرم‌افزار PRECIS از داده‌های مدل HadCM3 برای ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی استفاده می‌کند. خصوصیات مدل HadCM3 در جدول 2 آمده است.

یکی از مدل‌هایی که نسبت به سایر مدل‌ها عدم قطعیت کم‌تری را به خود اختصاص داده است مدل HADCM3 بوده است که نسبت به سایر مدل‌ها دقت بالاتری دارد لذا این مدل انتخاب شد (farzaneh et al., 2012). IPCC تاکنون سناریوهای متفاوتی را ارائه نموده که یکی از آن‌ها SRES می‌باشد. هر کدام از زیر سناریوهای SRES مربوط به یکی از گروه‌های B1، B2، A1، A2 می‌باشد، که در این تحقیق از سناریو B1 و A2 استفاده شد. برای این تحقیق سرعت باد، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی و دمای میانگین از سایت CCCSN استخراج گردید.

معرفی مدل گردش عمومی HadCM3

HadCM3 از نوع مدل‌های گردش عمومی جفت شده جوی - اقیانوسی (AOGCM) است که در مرکز هادلی سازمان هواشناسی انگلیس طراحی و توسعه یافته است. توصیف این مدل توسط (Gordone et al., 2014) و (Pope et al., 2000) انجام شده

جدول 2- خصوصیات مدل Hadcm3

HadCM3	خصوصیات
2/5 * 3/75	دقت مکانی (درجه) عرض * طول
CO2: 1860-1989 SO4: 1860-1989	دوره شبیه سازی گازهای گلخانه‌ای و ذرات معلق در گذشته
(دوره کنترل: 240) (سناریوهای SRES: 1950-2099)	طول دوره شبیه‌سازی (سال)
A1, A2, B1, B2 (Gordon et al, 2000)	سناریوهای شبیه‌سازی شده SRES مرجع

تولید سناریوی تغییر اقلیم

به منظور حذف اغتشاش در شبیه‌سازی نوسانات اقلیمی ناشی از بزرگ بودن سلول‌های محاسباتی مدل‌های AOGCM، معمولاً به جای استفاده مستقیم از داده‌های مدل در محاسبات تغییر اقلیم، از میانگین دوره‌های 30 ساله این داده‌ها استفاده می‌شود (Jones and Hulme., 1996).

$$\Delta T_i = (\bar{T}_{GCM, fut, i} - \bar{T}_{GCM, base, i}) \quad (1)$$

$$P_i = \left(\frac{P_{GCM, fut, i}}{P_{GCM, base, i}} \right) \quad (2)$$

در معادله‌های 1 و 2 ΔT_i و ΔP_i به ترتیب بیانگر سناریوی تغییر اقلیم مربوط به دما و بارندگی برای متوسط درازمدت 30 ساله برای هر ماه $(1 \leq i \leq 12)$ $\bar{T}_{GCM, fut, i}$ متوسط 30 ساله شبیه‌سازی شده توسط AOGCM در دوره آتی برای هر ماه $\bar{T}_{GCM, base, i}$ متوسط 30 ساله دمای شبیه‌سازی شده توسط AOGCM در دوره مشابه با دوره مشاهداتی (1971-2000) برای هر ماه می‌باشد. برای بارندگی نیز موارد ذکر شده برقرار می‌باشد.

کوچک مقیاس کردن داده‌ها

یکی از محدودیت‌های اصلی استفاده از داده‌های اقلیمی GCM این است که دقت تجزیه مکانی و زمانی آن‌ها با دقت مورد نیاز مدل‌های هیدرولوژیکی مطابقت ندارد (Zamani-Nuri et al. 2014). دقت مکانی این مدل‌ها که در حدود 200 کیلومتر است، برای بررسی مناطق کوهستانی و چندین روش برای کوچک‌مقیاس کردن و یا تبدیل خروجی‌های GCM به متغیرهای سطحی در مقیاس حوضه رودخانه توسعه یافته‌اند. بیشترین روش‌های به کار رفته شامل روش‌های نسبت و تفاوت، کوچک مقیاس کردن آماری و کوچک مقیاس کردن دینامیکی می‌باشد (Wood et al., 1997).

کوچک مقیاس کردن مکانی

یکی از مشکلات عمده در استفاده از خروجی مدل‌های

AOGCM بزرگ مقیاس بودن سلول محاسباتی آن‌ها، به لحاظ مکانی و زمانی نسبت به منطقه مورد مطالعه می‌باشد. روش‌های مختلفی جهت تولید سناریوهای اقلیمی منطقه‌ای از سناریوهای اقلیمی مدل‌های AOGCM وجود دارد که به این روش‌ها کوچک مقیاس کردن گفته می‌شود (Fakhri et al., 2012). در این تحقیق به منظور کوچک مقیاس کردن داده‌های طرح به لحاظ مکانی از روش تناسبی استفاده می‌شود. در این روش، متغیرهای اقلیمی شبیه‌سازی شده توسط AOGCM از اطلاعات مربوط به سلولی استخراج می‌شود که منطقه مورد مطالعه در آن قرار می‌گیرد (Wilby and Harris., 2006).

کوچک مقیاس کردن زمانی (Change Factor)

در این تحقیق به منظور کوچک مقیاس کردن داده‌های طرح به لحاظ زمانی از روش عامل تغییر استفاده می‌شود. در روش عامل تغییر برای به دست آوردن سری زمانی سناریوهای اقلیمی در آینده، سناریوهای تغییر اقلیم به مقادیر مشاهداتی (در اینجا 1971-2000) افزوده می‌شود.

$$T = T_{base} + \Delta T \quad (3)$$

$$P = P_{base} \times \Delta P \quad (4)$$

در معادله 3، T_{base} بیانگر سری زمانی دمای مشاهداتی (ماهانه) در دوره پایه (1971-2000)، T سری زمانی دما حاصل از پدیده تغییر اقلیم در دوره آتی و ΔT سناریوی تغییر اقلیم کوچک مقیاس شده می‌باشد. در معادله 4، برای بارندگی نیز موارد ذکر شده برقرار می‌باشد. در معادلات 3 و 4 ΔT و ΔP به ترتیب بیانگر سناریوی تغییر اقلیم مربوط به بارندگی و دما برای میانگین درازمدت 30 ساله برای هر ماه، T_{future} میانگین 30 ساله دمای شبیه‌سازی شده توسط AOGCM در دوره آینده برای هر ماه، T_{base} میانگین 30 ساله دمای شبیه‌سازی توسط AOGCM در دوره مشاهداتی یا پایه برای هر ماه می‌باشند. سپس تبخیر-تعرق ماهانه را به روش‌های مختلف برای دوره پایه و آتی محاسبه شد که این روش‌ها در جدول 3 آمده است.

برای مقایسه ایستگاه‌ها به صورت ریز فقط ایستگاه بیرجند و رامسر بررسی و بقیه ایستگاه به صورت کلی بیان می‌شود.

جدول 3- روش‌های محاسبه تبخیر- تعرق

ردیف	معادله	
1	$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{(T + 273)} \right) u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$	فائو پنمن مانتیث
2	$ET_p = 0.61 \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \times \frac{R_e}{50.5} - 0.12$	مک کین
3	$\text{if } RH \geq 50 \Rightarrow ET_0 = 0.013 \frac{T_{mean}}{T_{mean} + 15} (R_s + 50)$	تورک مناطق خشک
4	$\text{if } RH < 50 \Rightarrow ET_0 = 0.013 \frac{T_{mean}}{T_{mean} + 15} (R_s + 50) \left(1 + \frac{50 - RH}{70}\right)$	تورک مناطق مرطوب
5	$ET_0 = \alpha \left[\frac{R_n}{\lambda} \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) \right]$	پریستلی-تیلور
6	$ET_0 = 0.0023 R_a (T_{mean} + 17.8) \sqrt{T_{max} - T_{min}}$	هارگریوز-سامانی
7	$ET_0 = a + b[P(0.46T + 8.15)]$	بلانی کریدل

نتایج و بحث

در این تحقیق به دلیل محدودیت ارائه، تبخیر- تعرق برآورد شده در دو اقلیم متفاوت بیرجند و رامسر تشریح می‌گردد.

ایستگاه بیرجند

فائو پنمن-مانتیث

در دوره آینده نزدیک، میانی و دور برای هردو سناریو شاهد افزایش میزان ET نسبت به دوره مشاهداتی به میزان 12 درصد برای فصل‌های زمستان و بهار و کاهش ET به مقدار 40 درصد برای تابستان و پاییز خواهیم بود. در هر سه دوره آینده نزدیک، میانی و دور بیشترین افزایش ET مربوط به ماه جولای به میزان 1/6 میلی-متر در روز و بیشترین کاهش مربوط به ماه دسامبر به میزان 0/7 میلی-متر در روز می‌باشد. بیشترین مقدار کاهش و افزایش تبخیر- تعرق مربوط به سناریو A2 و دوره آینده دور می‌باشد (شکل 2).

هارگریوز سامانی

در هر سه دوره برای تمام ماه‌ها افزایش ET وجود دارد که این

افزایش در ماه ژوئن به میزان 2/44 میلی-متر در روز و سناریوی A2 دارای مقدار بیش تری می‌باشد.

تورک

در آینده نزدیک برای هر دو سناریو و تمام ماه‌ها افزایش تبخیر و تعرق دیده می‌شود. در آینده میانی کاهش تبخیر و تعرق برای هر دو سناریو مشاهده می‌شود فقط در ماه ژانویه افزایش تبخیر و تعرق را داریم و در آینده دور هم نسبت به دوره مشاهداتی برای فصل زمستان افزایش تبخیر و تعرق و برای سایر فصول ET به میزان 16 درصد کاهش می‌یابد.

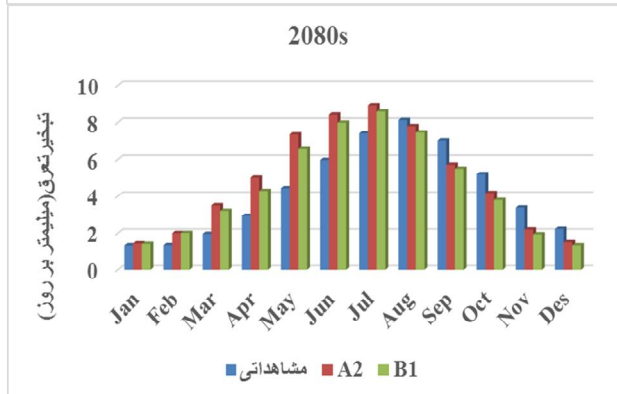
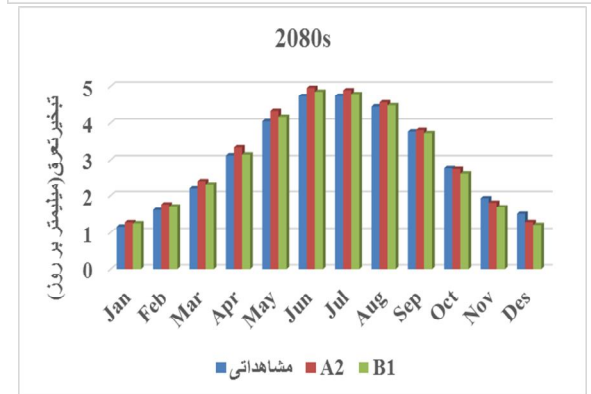
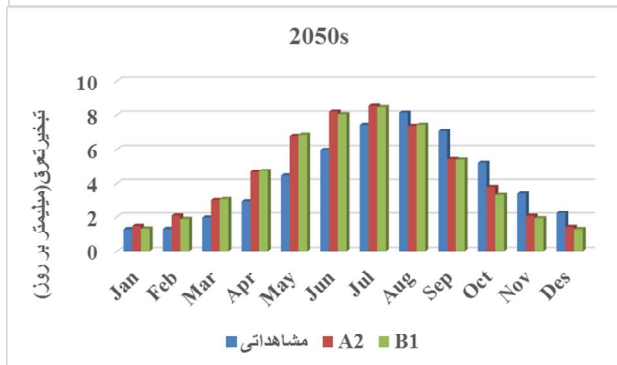
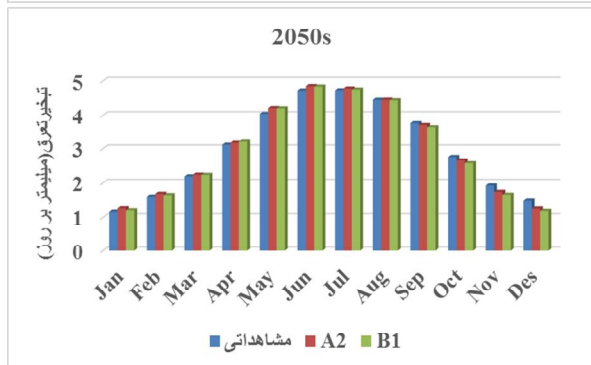
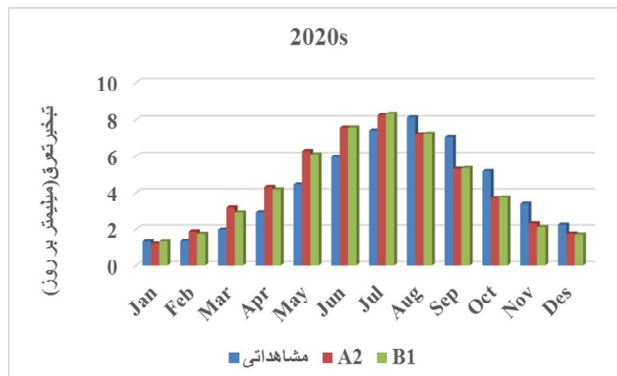
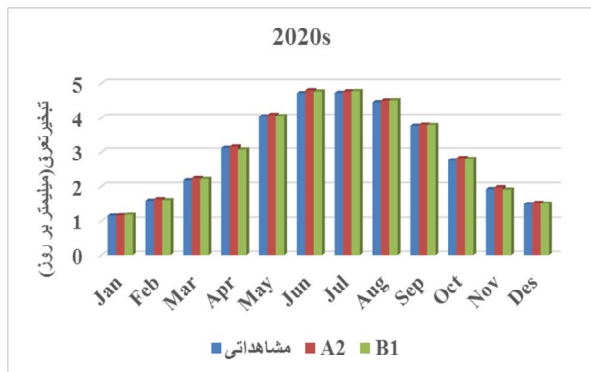
مک کین

در آینده نزدیک افزایش بسیار کم ET در اکثر ماه‌ها برای هر دو سناریو مشاهده شد. در دوره آینده میانی و دور کاهش ET برای هر دو سناریو برای ماه سپتامبر به میزان 0/04 میلی-متر در روز و فصل پاییز (اکتبر، نوامبر، دسامبر) و افزایش برای سایر ماه‌ها را نشان داد. در هر سه دوره با افزایش کمی ET روبه‌رو خواهیم بود (شکل 3).

پریستلی-تیلور

افزایش اندک ET برای سایر ماه‌ها مشاهده می‌شود. در هر سه دوره با افزایش کمی ET روبه رو خواهیم بود.

در آینده نزدیک افزایش اندک ET در اکثر ماه‌ها برای هر دو سناریو را نشان داد. در دوره میانی کاهش ET در فصل پاییز و



شکل 3- نمودار ET آینده نزدیک، میانی و دور به روش ریزمقیاس شده توسط Change Factor (MC) ایستگاه بیرجند

شکل 2- نمودار ET آینده نزدیک، میانی و دور به روش ریزمقیاس شده توسط Change Factor (F-P-M) ایستگاه بیرجند

میلی‌متر در روز در سناریو A2 می‌باشد و کاهش اندک تبخیر- تعرق را در ماه نوامبر خواهیم داشت. در دوره آینده دور افزایش برای اکثر ماه‌ها و شاهد کاهش برای ماه‌های می، اکتبر، نوامبر و دسامبر خواهیم بود (شکل 4).

ایستگاه رامسر

فائو پنمن - مانیتث

در دوره آینده نزدیک افزایش اندک تبخیر- تعرق در تمام ماه‌ها به ویژه ماه جولای به میزان 0/27 میلی‌متر در روز و سناریوی B2 می‌باشد. در دوره میانی افزایش ET در اکثر ماه‌ها و برای هر دو سناریو اتفاق می‌افتد که بیش‌ترین مقدار برای ماه جولای به میزان 1

هارگریوز سامانی

در دوره آینده نزدیک برای سناریو A2 نسبت به دوره مشاهداتی افزایش زیاد ET را برای فصل‌های پاییز و زمستان خواهیم داشت و کاهش زیاد در سناریوی A2 برای سایر ماه‌ها مشاهده شد. در هر سه دوره برای سناریو B1 شاهد افزایش ET در فصل‌های بهار و تابستان هستیم و برای سایر ماه‌ها سناریو B1 کاهش ET را نشان می‌دهد یعنی در ماه‌هایی که سناریو A2 بیش‌ترین ET را نسبت به دوره مشاهداتی دارد سناریو B1 کم‌ترین ET را نسبت به دوره مشاهداتی نشان می‌دهد و بر عکس.

تورک

در آینده نزدیک ماه‌هایی که سناریو A2 بیش‌ترین ET را نسبت به دوره مشاهداتی دارند سناریو B1 کم‌ترین ET را نسبت به دوره مشاهداتی نشان می‌دهد و برعکس. در فصل زمستان و ماه‌های آوریل، نوامبر و دسامبر سناریو A2 بیش‌ترین افزایش ET را نمایش می‌دهد و سناریو B1 کم‌ترین و در سایر ماه‌ها افزایش بسیار کم ET را در سناریو B1 نشان می‌دهد. برای دوره آینده میانی و دور افزایش ET را برای ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و آوریل و در سناریو A2 مشاهده می‌کنیم و برای سایر ماه‌ها ET نسبت به دوره مشاهداتی کاهش زیادی خواهند داشت.

مک کین

در دوره آینده نزدیک افزایش تبخیر - تعرق در سناریو A2 برای ماه‌های ژانویه، مارس، نوامبر و دسامبر مشاهده شده است و سناریو A2 برای بقیه ماه‌ها کم‌تر از دوره مشاهداتی می‌باشد. افزایش ET در سناریو B1 نسبت به دوره مشاهداتی برای ماه‌های ژوئن، جولای، سپتامبر و اکتبر و برای سایر ماه‌ها کاهش ET را خواهیم داشت. برای دوره میانی افزایش تبخیر - تعرق نسبت به دوره مشاهداتی برای سناریو A2 در ماه‌های ژانویه، فوریه، آوریل، آگوست و دسامبر اتفاق می‌افتد و در سایر ماه‌ها کاهش می‌یابد. برای سناریو B1 هم افزایش ET را در ماه‌های ژوئن، جولای، سپتامبر و اکتبر قابل مشاهده است. در دوره آینده دور هم با افزایش تبخیر - تعرق برای سناریو A2 در مقایسه با دوره مشاهداتی در فصل زمستان و ماه‌های آوریل، آگوست، نوامبر و دسامبر روبه رو خواهیم بود (شکل 5).

پرستلی - تیلور

در دوره آینده نزدیک در فصل زمستان و ماه‌های نوامبر و دسامبر افزایش ET را برای سناریو A2 خواهیم داشت و برای سناریو B1 هم در ماه‌های ژوئن، جولای، سپتامبر و اکتبر شاهد افزایش ET نسبت به دوره مشاهداتی و هم‌چنین در سناریو A2 می‌باشد. در دوره آینده میانی و دور هم بیش‌ترین تبخیر و تعرق برای ماه آگوست به

میزان 2 میلی‌متر در روز و سناریو A2 اتفاق می‌افتد و کم‌ترین ET هم برای ماه دسامبر به میزان 0/33 میلی‌متر در روز مشاهده می‌کنیم.

ایستگاه همدان

در روش فائو پنمن - مانتیث و هارگریوز سامانی در هر سه دوره آینده نزدیک، میانی و دور افزایش تبخیر - تعرق را به ویژه در ماه‌های ژوئن و جولای خواهیم داشت. در روش تورک با کاهش مقدار تبخیر - تعرق (تابستان و پاییز) مواجه خواهیم شد. در روش مک کین افزایش اندک تبخیر - تعرق را بیش‌تر ماه‌ها خواهیم داشت و در روش پرستلی - تیلور با کاهش 37% تبخیر تعرق در ماه دسامبر روبه‌رو خواهیم شد.

ایستگاه گرگان

برای تمامی روش‌ها و دوره‌های آینده نزدیک، میانی و دور با افزایش تبخیر و تعرق در فصل بهار و تابستان مواجه خواهیم شد.

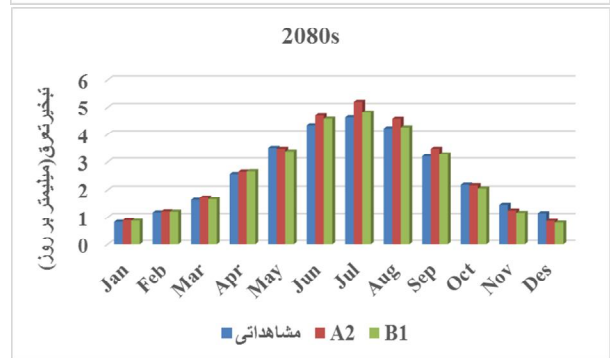
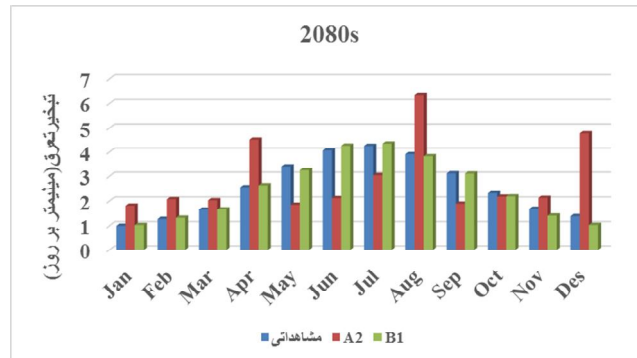
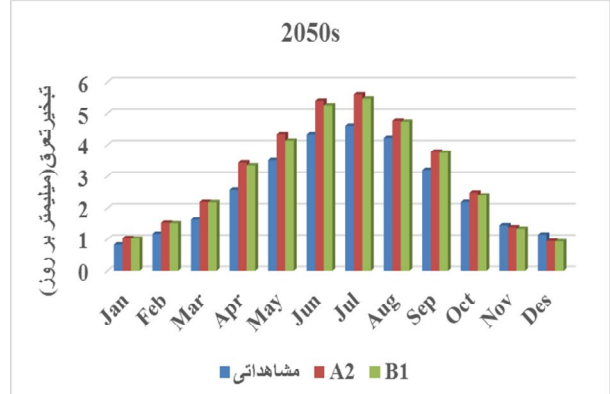
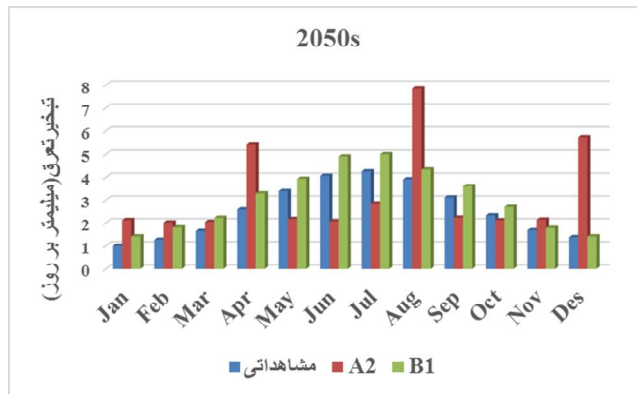
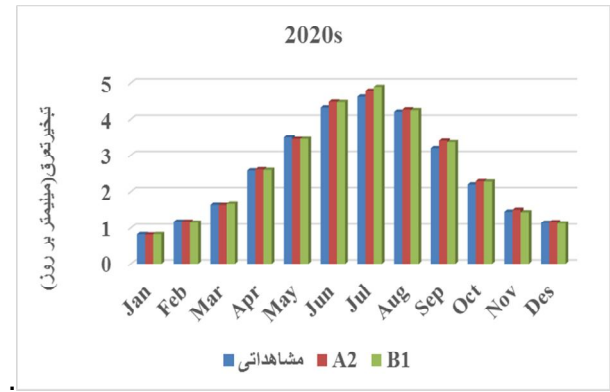
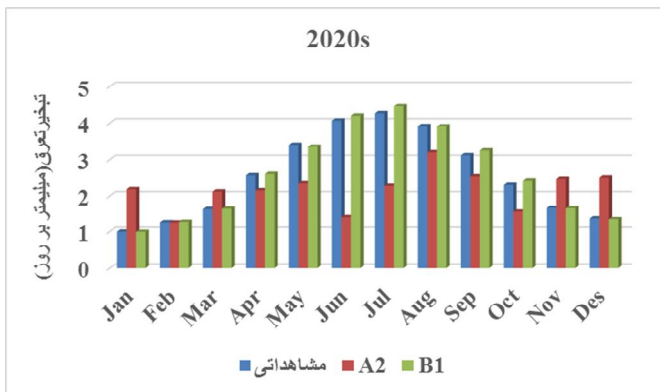
ایستگاه بابلسر

در تمامی روش‌ها، کاهش ET در فصل بهار، تابستان و پاییز را خواهیم داشت که این کاهش در دوره آینده دور بیش‌تر خود را نشان می‌دهد.

که این نتایج به دست آمده منطبق بر نتایج تحقیقات ابراهیم پور و همکاران (1392) در ایستگاه مشهد می‌باشد که نشان دادند تبخیر و تعرق به‌طور متوسط در دوره‌های 2020-2050 و 2050-2080 به ترتیب 5/35 و 10/49 میلی‌متر در روز تحت سناریو A2 و 3/54 و 8/08 میلی‌متر در روز تحت سناریو B2 نسبت به دوره پایه (1961-1994) افزایش خواهد داشت. یو و همکاران با بررسی روند تبخیر و تعرق اعلام کردند تا سال 2050 حدود 3 تا 5 درصد به تبخیر و تعرق برنج افزوده خواهد شد (Yu et al, 2002) و هم‌چنین بر نتایج علیزاده و همکاران (1389) منطبق می‌باشد آن‌ها عنوان نمودند که در صورت افزایش دمای هوا به میزان 1، 2 و 4 درجه سانتی‌گراد، برای تمامی ماه‌ها میزان تبخیر و تعرق افزایش خواهد یافت.

نتیجه‌گیری

گرمایش جهانی یک واقعیت انکارناپذیر زندگی امروزی بشر است و اثرات آن در سرتاسر جهان به صورت افزایش دما و تغییر الگوی بارندگی مشاهده می‌شود. این تغییرات بخش کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از جمله افزایش درجه حرارت موجب بالا رفتن میزان تبخیر و تعرق پتانسیل گیاهی می‌شود که به تبع آن نیاز آبی گیاهان افزایش می‌یابد. دو عنصر درجه حرارت و بارندگی مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی مؤثر در رشد و نمو گیاه می‌باشند.



شکل 5- نمودار ET آینده نزدیک، میانی و دور به روش
 Change Factor (MC) ریزمقیاس شده توسط
 ایستگاه رامسر

شکل 4- نمودار ET آینده نزدیک، میانی و دور به روش
 Change Factor (F-P-M) ریزمقیاس شده توسط
 ایستگاه رامسر

اقلیم، به‌ویژه از نظر دما، قابل مشاهده است. بنابراین، با در نظر گرفتن دما در افزایش میزان تبخیر و تعرق باید به دنبال راهکارهایی برای مدیریت بهتر منابع آب و اصلاح روش‌های بهره‌برداری آب، به ویژه در بخش کشاورزی بود. با توجه به اینکه بخش کشاورزی از نظر توزیع زمانی آب در آینده دچار تغییر خواهد شد، باید در جهت سازگاری با شرایط جدید که در ترکیب کشت منطقه تغییراتی ایجاد کرد.

این تحقیق تلاشی بود در راستای بررسی تغییر اقلیم بر تبخیر-تعرق در سه دوره آینده نزدیک، میانی و دور با استفاده از مدل گردش عمومی HADCM3 تحت دو سناریو A2، B1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نکته قابل توجه بیش‌ترین میزان تغییرات گفته شده برای دوره آینده دور و سناریو A2 اتفاق می‌افتد. ایستگاه‌هایی که با رطوبت بیش‌تری هستند مثل رامسر، بابلسر و گرگان تأثیر شدیدی از تغییر اقلیم پذیرفتند و عامل این اختلاف شدید می‌تواند عدم قطعیت ناشی از ریزنمایی در حد منطقه‌ای باشد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت نشانه‌های تغییر

پی نوشت

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

² Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Scenarios for Climate Impact Assessment (IPCC-TG CIA)

منابع

- Hadizadeh, M., Farzaneh, M.R., Shahidi, A., Khordadi, M.J. 2014. Quantitative assessment and prediction of drought under climate change impact in Birjand region, Iran. *International Journal of Hydrology Science and Technology*, 4(3), 245-264.
- Harmsen, E., Miller, N.L., Schlegel, N.J and Gonzalez, J.E. 2009. Seasonal climate change impacts on evapotranspiration, precipitation deficit and crop yield in Puerto Rico. *Agricultural Water Management*. 96: 1085-1095.
- IPCC-TG CIA, 1999, Guide lines on the use of 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. Jones, R.N. 2000. Managing uncertainty in climate change projections - issues for impact assessment. *Journal of Climatic Change*. 45: 403-419.
- IPCC. 2001. Intergovernmental Panel on Climate Change, WMO-UNDP, United Nations, Executive Summary Report. Cambridge University Press, New York, USA.
- Jones, P.D and Hulme, M. 1996. Calculating regional climatic times series for temperature and precipitation: methods and illustrations. *International journal of climatology*. 16: 361- 377.
- Mander, W.J. 1994. Dictionary of global climatic change. 2nd Revised ed. VCL Press. London.
- Pope, V.D., Gallani, M.L., Rowntree, P.R and Stratton, R.A. 2000. The impact of new physical parametrizations in the Hadley Centre climate model - HadAM3. *Climate Dynamics*. 16: 123-146.
- Rodriguez, J., Weatherhead, J., Knox, W and Camacho, E. 2007. Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. *Regional Environmental Change*. 7: 149-159.
- Rostamian, R., Eslamian, S., Farzaneh, M.R. 2013. Application of standardised precipitation index for predicting meteorological drought intensity in Beheshtabad watershed, central Iran. *International Journal of Hydrology Science and Technology*. 3.1: 63-76.
- wilby, R.L and Harris, I. 2006. A framework for assessing uncertainties in climate change impacts: low flow scenarios for the River Thames, UK. *Water Resources Research*, 42, W04,419.
- Wood, R.A. 2000. The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. *Climat. Dynamics*. 16: 147-168.
- Yu, P.S., Yang, T.C., Chou, C.C. 2002. Effects of climate change on evapotranspiration from paddy fields in southern Taiwan. *Climat. Change*. 54: 165-179.
- ابراهیم پور، م، قهرمان، ن، لیاقت، ع. 1392. استفاده از مدل SIMETA W جهت شبیه سازی متغیرهای اقلیمی و بررسی تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق پتانسیل (مطالعه موردی: مشهد). تحقیقات آب و خاک ایران. 43,4: 360-353.
- علیزاده، ا، سیاری، ن، حسامی کرمانی، م، ر، بنایان اول، م، فرید حسینی، ع. 1389. بررسی پتانسیل تغییر اقلیمی بر منابع و مصارف آب کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه کشف رود). مجله آب و خاک. 24,4: 815-835.
- Baguis, P., Roulin, E., Willems, P., Ntegeka, V. 2010. Climate change scenarios for precipitation and crop evapotranspiration over central Belgium. *Theoretical Applied Climatology*. 99: 273-286.
- Chiotti, Q.P and Johnston, T. 1995. Extending the boundaries of climate change research: A discussion on agriculture. *Journal of Rural Studies* 11: 335-350.
- Fakhri, M., Farzaneh, M.R., Eslamian, S., Khordadi, M.J. 2012. Confidence interval assessment to estimate dry and wet spells under climate change in Shahrekord Station, Iran. *Journal of Hydrologic Engineering*. 18.7: 911-918.
- Fakhri, M., Farzaneh, M.R., Eslamian, S., Khordadi, M.J. 2012. Uncertainty assessment of downscaled rainfall: impact of climate change on the probability of flood. *Journal of Flood Engineering*. 3.1: 19-28.
- Fakhri, M., Farzaneh, M., Eslamian, S., Hosseinipour, E. 2011. Uncertainty analysis of downscaled precipitation using LARS-WG statistical model in Shahrekord station, Iran. In *World Environmental and Water Resources Congress*. 4572-4578.
- Farzaneh, M.R., Eslamian, S., Samadi, S.Z., Akbarpour, A. 2012. An appropriate general circulation model (GCM) to investigate climate change impact. *Inderscience online*
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC 2001, "Summary for policymakers".
- Report of Working Group I. Climate Change 2001: The scientific basis. http://www.meto.gov.uk/sec5/CR_div/ipcc/wg1/WG I-SPM.pdf.
- Gordon, C., Cooper, C., Senior, C.A., Banks, H., Gregory, J.M., Johns, T.C., Mitchell, J.F.B.,

Zamani-Nuri,A.Z., Farzaneh,M., Espanayi,K. 2014. Assessment of climatic parameters uncertainty under effect of different downscaling techniques.

Zamani Nuri,A., Farzaneh,M. R., Fakhri,M., Dokoohaki,H., Eslamian,S., Khordadi,M.J. 2013. Assessment of future climate classification on Urmia Lake basin under effect of climate change. International Journal of Hydrology Science and Technology. 3.2: 128-140.

Examination the Effect of Climate Change on Potential Evapotranspiration in Different Climates

F. Hadi¹, A. Khashei Siuki^{*2}, A. Shahidi³, M. R. Farzaneh⁴

Recived: Mar.18, 2016

Accepted: Jun.15, 2016

Abstract

The most important of design and exploitation of water supply systems for agricultural needs, is the Estimation of crop water requirement. This aim of is studing the impact of climate change on evapotranspiration phenomena at five stations in the dry, semi-dry, Mediterranean, humid and very humid climates, using HadCM3 general circulation model under two scenarios A2, B1 for Near future (2039-2010), the intermediate future (2069-2040) and the Far future (2099-2070) and the period 2000-1971 as the base period and downscaling process is assessed by Proportional downscaling and change factor methods. The potential evapotranspiration for five stations was calculated using Monteith, Makkin, torque wet and dry areas, Priestley- Taylor , Hargreaves - Samani and Blany-Keridel methods was calculated The results showed that in the ET will increase by 12% and decrease by 35% in winter and summer, respectively. Stations the climates with more humidity greater impact of climate change is accepted. The changes in evapotranspiration stations A2 scenario will occur in the distant future. For future periods, the Priestley-Taylor method has more proximity with FAO- Penman-Monteith Than the other methods model and stations having high humidity climates will be affected more by climate change.

Keywords: Downscaling ,Change Factor, Hadcm3

1- M.Sc. Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand

2- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture University of Birjand

3- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand

4- Assistant Professor Department of Water Engineering, Gorgan University Agricultural Sciences and Natural Resources

(*- Corresponding Author Email: abbaskhashei@birjand.ac.ir)