مطالعات جغرافیایی مناطق خشک
سال پنجم، شماره هفدهم، پاییز ۱۳۹۳
دریافت مقاله : ۹۳/۲/۲۶ تأیید نهایی: ۹۳/۷/۲۰
صص ۸۶- ۷۱

مدل سازی تغییرات تبخیر و تعرق گیاه گندم دشت مراغه در شرایط خشک شدن دریاچه ارومیه

حسین محمدی*: استاد آب وهواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
محمدامین حیدری : دانشجوی دکتری آب وهواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

چکیده

فعالیت کشاورزی در هر منطقه به میزان زیادی به آب وهوا و تغییرات مولفه های آب وهوایی وابسته است. تغییر در پوشش سطحی مانند خشک شدن دریاچه ها نقش موثری بر مولفه های آب وهواشناسی در مقیاس خرد و محلی دارد. این پژوهش با استفاده از شبیه سازی رایانه ای (مدل TAPM) اثر خشک شدن دریاچه ارومیه را بر مولفه های هوا، و همچنین با استفاده از محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع به روش فائو-پنمن-مونتیث، اثر خشک شدن دریاچه ارومیه را بر تبخیر و تعرق گیاه گندم را در بازه کاشت-برداشت مورد مطالعه قرار داده است. بر اساس یافته های این پژوهش، افزایش دمای روزانه و کاهش رطوبت همراه با افزایش سرعت وزش باد، موجب افزایش تبخیر و تعرق گیاه گندم، به ویژه در ماه های مارس تا ژوئن بین ۱۰ تا ۲۵ میلیمتر در شرایط خشک شدن دریاچه ارومیه خواهد گردید. بر اساس نتایج بدست آمده این مقادیر برای ماه های مارس، آوریل، مه و ژوئن و ژوئیه به ترتیب از ۱۲۵ به ۱۳۵، ۲۰۰ به ۲۲۰، ۲۸۵ به ۳۱۰، ۳۱۰ به ۳۲۵ و ۹۵ به ۱۰۰ میلیمتر به ترتیب در طرحواره الف و ب تغییر می یابد. همچنین تغییرات کاهشی مقادیر تبخیر و تعرق گیاه گندم در ماه های دسامبر و ژانویه در طرحواره ب به نسبت طرحواره الف اندک (بین ۱ تا۳ میلیمتر کمتر) و قابل اغماض می باشد. بر اساس نتایج پژوهش گیاه گندم در ماه های مارس و اوریل در شرایط خشک شدن دریاچه بیشترین تغییر تبخیرو تعرق را تجربه را خواهد نمود، و بر این اساس نیاز به آبیاری بیشتری در این بازه خواهد داشت.

واژگان کلیدی

شبیه سازی عددی، تبخیر و تعرق، گندم،مدل TAPM، دریاچه ارومیه.

* - نویسنده مسئول
Email: hmmohammadi@yahoo.com

مقدمه و تعاریف

کره زمین بستر کلیه فعالیت های زیستی انسان می باشد، که با عنوان محیط زیست شناخته مـی شـود. ایـن محیط منظومه ای از پیچیده ترین روابط و فعالیت ها را در درون خود کنترل می کند. آب و هوا مهمتـرین عامـل محیطی موثر بر حیات بر روی کره زمین می باشد(کوچکی و نصیری،۱۳۷۰، و ۱۷۲:۱۳۸۵). آب وهوا (اقلیم) خود مجموعه ای از آب سپهر، سنگ سپهر، زیست سپهر، یخ سپهر و در نهایت هوا سپهر می باشد. در واقع اجزاء اصـلی سازنده اقلیم در لایه های زیرین جو متاثر از پنج عامل اساسی بـالا مـی باشـد(مسـعودیان و کاویـانی، ۸۱:۱۳۸۷). امروزه مداخلات بی برنامه انسان در طبیعت وضعیت بهنجار سـامانه هـا و زیسـت سـامانه هـای محیطـی را دچـار اختلال کرده است. در طول یک قرن اخیر انسان به صورت گسترده در محیط زیست تغییراتی را ایجاد نموده، کـه متاسفانه عمده این اقدامات بدون در نظر گرفتن شرایط محیطی صورت گرفته است. در این شرایط پیامد اقـدامات انسان عمدتا" پیش بینی نشده و در برخی موارد غیر قابل بازگشت بوده است. امـروزه اگـر فهرسـتی از ناهنجـاری های آب وهوایی چند دهه اخیر تهیه کنیم، مواردی چون رخ داد طوفان های کم سابقه، خشکسالی هـا و افـزایش فراوانی و شدت آن ها، و همچنین گرم شدن کره زمین و ذوب پهنه هـای یخـی کـره زمـین و در ایـن اواخـر نیـز خشک شدن دریاچه های داخلی قاره ها توجه انسان را به خود جلب می کند.

امروزه بحث تغییرات اقلیمی (در مقیاس خرد، منطقه ای و سیاره ای) به یک موضوع تمام عیار جهانی مبـدل شده است. طی چند دهه گذشته توجه متخصصان و پژوهشگران در کشور های مختلف به بحث تغییـرات اقلیمـی جلب شده است(تقدسیان و میناپور،۱۲۰:۱۳۹۲). از جمله مهمترین نگرانی هـا در بحـث تغییـر اقلـیم، اثـر آن بـر راندمان محصولات کشاورزی و به ویژه در مناطق کم بارش و افزایش دما و به تبـع آن افـزایش تبخیـر مـی باشـد. تغییرات میزان تبخیر متاثر از تغییرات آب و هوایی است. که تغییـرات آب وهـوایی در مقیـاس هـای مختلـف مـی تواند اثر قابل توجهی بر عملکرد گیاهان داشته باشد. از این رو با توجه بـه هشـدارهای مکـرر سـازمان هـای بـین المللی از جمله IPCC در زمینه اثرات تغییراقلیم بر امنیت غذایی جوامع بشری نشـان دهنـده یـک چـالش بـزرگ جهانی در زمینه عملکرد محصولات کشاورزی و تغذیه در جهان در اثر اینگونه تغییرات می باشد. بدین سـبب ایـن پژوهش درپی یافتن اثر خشک شدن دریاچه ارومیه بر مولفه های آب وهوایی منطقه مورد مطالعه و تبخیر و تعرق گیاه گندم در این بخش از کشور می باشـد. از جملـه مهمتـرین جلـوه هـای تغییـرات زیسـت محیطـی در ایـران دگرگونی شرایط آب اقلیم شناسی(هیدرواقلیم)، از جمله تغییرات در رژیم آبدهی رودها، تغییر در تراز آبهـای زیـر زمینی و ذخایر انباشتی سطحی مثل دریاچه های طبیعی مصنوعی و به ویژه رخداد این شرایط در حوضه دریاچـه ارومیه می باشد. اکنون و پس از چند دهه اقدامات غیر اصولی در این بخش از کشور همراه با خشکسالی های پـی در پی و در مجموع کاهش بارش مرگ کامل این دریاچه ارزشمند محتمل به نظر می رسد.

درسال های اخیر نگرانی های گسترده ای در زمینه اثرات خشک شدن دریاچه ارومیه بر محیط اطراف ان در بین متخصصین رشته های مختلف به وجود آمده است. حوضه آبریز دریاچه ارومیه علاوه بر تراکم بـالای جمعیـت به لحاظ کشاورزی نیز یکی از مهمترین قسمت های کشور پهناور ایران محسوب مـی گـردد. اسـتان هـای شـمال غربی ایران نقش موثری در تامین بسیاری از محصولات کشاورزی جمعیت ایران، به ویژه در تولید محصـول گنـدم را دارا می باشند. گندم از عمده ترین محصولات کشاورزی ایران و تامین کننده بیشـترین نیـاز غـذایی کشـور مـی

باشد، که روزانه در حدود ۴۷درصد از کالری سرانه جمعیت کشور را تامین می نماید (حسینی و همکاران، ۴۵:۱۳۸۶). براوردها نشان می دهد که نیاز گندم کشور تا سال ۱۴۰۰ از مرز ۲۰ میلیون تن در سال بیشتر خواهد شد، که حدود ۶۵ تا ۷۵ درصد از این مقدار از مزارع آبی و باقی باید از مزارع دیم تامین گردد(زارع فیض آبادی و همکاران،۵۵:۱۳۸۴). بدینگونه می توان پی برد که تغییرات آب وهوایی (در هر مقیاسی) با توجه به اثراتی که بر تولید محصول کشاورزی مانند گندم دارند، چالشی بسیار اساسی و قابل بحث می باشد. همچنین بر اساس مطالعات تغییر اقلیم که در مقیاس جهانی انجام شده است، کاهش ۱۰-۴۰ درصدی و ۵-۲۰ درصدی عملکرد به ترتیب برای غلات دیم و آبی ایران در طی ۵۰ سال آینده گزارش شده است(Parry et al, 2004;60).

بر اساس مطالعات پیشین (فرج زاده اصل و همکاران، ۱۳۹۰، ساسنری و چاکرواتی، ۱۹۸۲، بازگیر و همکاران، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸، تاواپراکاش و همکاران، ۲۰۰۷، و کین و همکاران، ۲۰۰۹)، محصول گندم از نخستین مراحل کاشت تا مرحله نهایی رشد و ثمر دهی (برداشت) به لحاظ عملکردی شش مرحله فنولوژیکی را طی می نماید. در طی این مراحل برخی از عناصر آب وهوایی به شرح زیر بر راندمان محصول اثر بیشتری دارند. در مرحله کاشت، تا سه برگی شدن، درجه حرارت بیشترین تاثیر را دارد. مرحله اول رشد قبل از خواب، متغیرهای رطوبتی خاک و تبخیر اثر بالقوه ای دارند. در مرحله سوم، خواب، متغیرهای حرارتی ازجمله اختلاف دمای کمینه و بیشینه بسیار مهم می باشند. در مرحله چهارم (مرحله دوم رشد پس از خواب) عمدتا" در صورت وجود شرایط مناسب در مراحل قبل گیاه مقاومت خوبی دارد، که در این مرحله دما و رطوبت بسیار مهم می باشند و در مرحله پنجم فنولوژی، رطوبت نسبی و دمای هوا همراه با سرعت باد کنترل کننده هستند و در نهایت در مرحله ششم تامین رطوبت و نیاز آبی گیاه در برابر تبخیر و تعرق بسیار اساسی و مهم می باشد.

در زمینه مدل سازی تاثیر دریاچه بر خشکی مجاور آن، شبیه سازی خشک شدن دریاچه آرال به وسیله دارمنووا و سوکولیک (۲۰۰۶) با مدل نرم افزار MM5انجام شده است و با سه طرحواره ی تمام دریاچه، نیم دریاچه و دریاچه کامل خشک شده به انتشار گردوخاک و میزان پراکندگی آن پرداختند. اشوک (۲۰۰۶) به مدل سازی آلودگی هوا با استفاده از انتشار PM10 در لانستون استرالیا در دوره زمستان پرداخت و از مدل TAPM جهت بررسی آلودگی سوخت های جنگلی در شهر استفاده نمود. مقایسه دو منطقهٔ شهری و روستایی با یکدیگر از نظر آلودگی و سنجش آن با داده های واقعی، کارایی مدل TAPM را تایید کرد.

قنبری و عزیزی (۱۳۸۷) الگوی باد را در تهران با استفاده از TAPM شبیه سازی کرده و اثر رشته کوه های اطراف تهران را در تمرکز آلاینده ها موثر دانسته اند. کاردان و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهشی با استفاده از نرم‌افزار TAPM تأثیر دریاچه جازموریان بر خشکی زمین های مجاور را شبیه‌سازی کردند. آنها با افزایش فرضی سطح آب و ایجاد یک دریاچه مجازی در حوزه، تغییرات منطقه‌ای مانند تغییر دما، سرعت باد و رطوبت‌نسبی منطقه در مقطع زمانی زمستانی و تابستانی را بررسی کردند که و نتایج خروجی مدل قابل قبول ارزیابی شد. خوش اخلاق و همکاران(۱۳۹۲)، در پژوهشی به بررسی اثرات دمایی شرایط حذف دریاچه ارومیه در مدل TAPM پرداختند، که نتایج نشان داد درشرایط خشک شدن دریاچه نسبت به شرایط طبیعی، در ماه های گرم در ساعات میانی روز و در ماه های سرد سال در ساعات پایانی شب، به ترتیب دمای هوا در حدود ۴+ و ۳- درجه سلسیوس تغییرات دمایی

خواهد داشت. در زمینه ارتباط عناصر آب و هوایی و محصولات کشاورزی نیز تاکنون تحقیقات گسترده ای در جهان صورت گرفته است که از جمله می توان به پژوهش های زیر و نتایج آن ها اشاره نمود.

بریگنال و رانسول (۱۹۹۵) مدلی جهت ارزیابی اثرات تغییرات عوامل آب وهوایی بر روی تولید محصول گندم را طراحی نمودند. نتایج نشان داد با افزایش یک درجه میانگین درجه حرارت ماهانه خطر خشکی افزایش یافته و به دلیل افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل، طول دوره ای که خاک رطوبت را در خود نگه می دارد به شدت کاهش می یابد. ردی و همکاران (۲۰۰۳)در شبیه سازی اثر تغییراقلیم بر کشاورزی آمریکا در دوره ۲۰۳۰ تا ۲۰۹۰ نشان دادند که در برخی مناطق کشور با افزایش بیشتر دما تا پایان قرن حاضر اثرات مثبتی در بازده محصولات کشاورزی این کشور رخ خواهد داد. نورود(۲۰۰۰)، تاثیرات پارامترهای اقلیمی را بر روی مناطق کشت گندم مورد مطالعه قرار داد، و مناطق مستعد کشت این محصول را در ایالات کانزاس شناسایی نمود، وی به این نتیجه رسید، که تبخیر و بارندگی نسبت به سایر عناصر اقلیمی بیشترین تاثیر را در طول مراحل رشد گندم دارند. لابل و اسفر(۲۰۰۳) به بررسی تغییرات آب وهوایی بر عملکرد ذرت و سویا در آمریکا و پنگ و همکاران (۲۰۰۴) به عملکرد برنج در فیلیپین و لیانگجی و همکاران (۲۰۰۵)، به بررسی عملکرد گندم در چین پرداختند و نتیجه گرفتند، افزایش درجه حرارت بر عملکرد محصولات اثر منفی دارد. اودا و همکاران(۲۰۰۵) اثر استرس آبی و تاریخ های مختلف کشت را بر محصول گندم مورد مطالعه قرار دادند که نتایج نشان داد استرس آبی مهمترین عامل عملکرد محصول گندم می باشد و در این رابطه آبیاری به موقع تاثیر بسزایی دارد. شارما و همکاران(۲۰۰۶) اثر دمای بالا بر رشد محصول گندم را بررسی نمودند، نتایج کار ایشان نشان داد، این عامل می تواند راندمان محصول را در حدود ۳۰درصد کاهش دهد.

صادق زاده اهری و همکاران(۱۳۸۲) جهت ارزیابی اثر تاریخ کاشت بر بازدهی محصول گندم در دشت های سردسیر شمال غرب ایران از جمله دشت مراغه، نشان دادند تاریخ کشت و شرایط دما و بارش نقش بسیار موثری بر راندمان محصول گندم دارند. نصیری و همکاران(۱۳۸۵)، به بررسی شاخص های اقلیمی کشاورزی ایران در دوره ۲۰۲۵-۲۰۵۰ با استفاده از مدل های گردش عمومی جو پرداختند. ایشان نشان دادند، با توجه به تاخیر در رخداد اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره طول فصل رشد محصولات زراعی در پهنه ایران بین ۵ تا ۴۲ روز در دوره مورد مطالعه افزایش خواهد یافت. کوچکی و همکاران (۱۳۸۵)، نیز در بررسی اثر تغییر اقلیم بر عملکرد گندم دیم رقم سرداری با استفاده از مدل گردش عمومی جو UKMO، نشان دادند به واسطه کاهش بارش و افزایش تبخیر و تعرق در مناطق خشک کشور، سرعت رشد گندم و عملکرد آن کاهش خواهد یافت. با توجه به توضیح هایی که ارائه شد، به طور خاص این پژوهش با هدف مطالعه اثر دریاچه ارومیه بر تغییرات نیاز آبی محصول گندم در منطقه مطالعاتی، براساس تغییرات تبخیر و تعرق گیاه، و به منظور تبیین شرایط خشک شدن دریاچه ارومیه و پیامدهای زیستی آن برای گیاه گندم در دشت مراغه انجام شده است.

بر اساس مفاهیم آب وهواشناسی دریاچه های داخلی قاره ها به ویژه در مناطق خشک نقش بسیار موثری در کنترل آب وهوای این مناطق دارند. در واقع پوشش سطحی یکی از مهمترین عوامل اثرگذار بر دمای هوا می باشد، که می تواند منجر به تغییرات زیادی در عناصر آب وهوایی یک منطقه شود، که تغییرات حاصله به نوبه خود می تواند منجر به پیامدهایی از جمله تغییر در شرایط اقلیمی در مقیاس خرد و محلی گردد(خوش اخلاق و

همکاران،۱۳۹۲). بطور کلی انرژی تابیده شده بر آبها در حجم و جرمی به مراتب بزرگتر از خشکی ها توزیع می شود و این حالت سبب می شود که آبها بطور متعادل تری نسبت به خشکی، گرم یا سرد شوند. چون گرمای ویژه آب در حدود ۳ تا ۴ برابر خاک معمولی است، از اینرو انرژی جذب شده آن در واحد حجم برابر با خاک حدود ۳ تا ۴ برابر کمتر است، از اینرو نوسان دما در سطح آب و نیز هوای مجاور آن باید به تقریب چنین باشد. (برگرفته از کاویانی و علیجانی، ۱۱۳:۱۳۸۶). از این جهت به نظر می رسد تغییر در شرایط آب وهوایی منطقه مورد مطالعه در صورت خشک شدن دریاچه ارومیه محتمل و این عامل نقش موثر در تغییر عملکرد محصول گندم، به ویژه در زمینه تبخیر و تعرق دارد به طور کلی گندم در بین گیاهان زراعی بیشترین پراکنش را در جهان دارد. ارقام مختلف گندم بر اساس واکنش آن ها به طول روز و درجه حرارت به سه تیپ پاییزه، بهاره و حد واسط تقسیم بندی می شوند. حداقل رطوبت مورد نیاز در طی مراحل مختلف رشد و نمو گیاه معادل ۲۲۵ میلی متر می باشد. ازاینرو در شرایطی که در طول دوره رشد کمتر از این مقدار به گیاه برسد، رشد آن دچار مشکل می شود (بلوم و همکاران، ۱۹۹۶)، که به اصطلاح به آن تنش خشکی می گویند. به طورکلی کشور ایران به لحاظ تنش خشکی شرایط نامناسبی را با توجه به میزان ریزش های جوی در برابر تبخیر و تعرق پتانسیل بالا دارد. بالا بودن مقدار تبخیر و تعرق محدودیت منابع آبی و سایر عوامل موجب بیشتر شدن تنش کم آبی گیاهان شده است(خدابنده،۱۳۷۳). یکی از راه های کاهش تنش آبی در محصولات زراعی تاریخ کشت مناسب است که مطابق با تقویم زراعی گندم ایران(وزارت جهاد کشاورزی،۱۳۸۷)، در منطقه مورد مطالعه اواخر اکتبر و اوایل نوامبر می باشد.

روش شناسی تحقیق

دشت مراغه در شمال غربی ایران و در شرق دریاچه ارومیه قرار دارد. با توجه به پتانسیل بالای کشاورزی این منطقه محصولات متنوعی در این ناحیه تولید می گردد، که یکی از مهمترین و اصلی ترین محصولات این منطقه، محصول مهم گندم می باشد. از این پژوهش در پی شناخت اثر خشک شدن دریاچه ارومیه بر میزان تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه و همچنین تغییر تبخیر و تعرق محصول گندم تمرکز اصلی آن براورد تبخیر و تعرق، گندم کشت آبی می باشد. بدین منظور از مدل شبیه ساز TAPM که یک مدل منطقه ای شبیه سازی عناصر هواشناسی می باشد، که بر اساس پژوهش پیشین (خوش اخلاق و همکاران،۱۳۹۲، شمسی پور و همکاران،۱۳۹۱ و کاردان و عزیزی،۱۳۸۹) توانایی بسیار بالایی در این زمینه دارد، استفاده شده است.

در این راستا از دو طرحواره، شامل طرحواره الف (شرایط دریاچه پر آب شرایط عادی) و طرحواره ب (شرایط دریاچه خشک شده)، با استفاده از داده های موجود، مربوط به سال های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ به مدت ۲۴ ماه و در تمام روزها شبیه سازی صورت گرفت. به منظور واسنجی مدل از داده های موثر در محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل (شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، متوسط رطوبت نسبی و متوسط سرعت باد) در طرحواره الف در مقایسه با داده های ایستگاهی استفاده شد. و با این روش مدل با استفاده از داده های ایستگاهی مراغه کالیبره گردید. میزان خطای مدل پس از برآورد در مقادیر شبیه سازی لحاظ گردید. از این جهت مقادیر طرحواره الف مشابه با داده های واقعی ایستگاهی می باشد. در مرحله بعد تفاوت مقادیر طرحواره های الف و ب بر روی نمودار

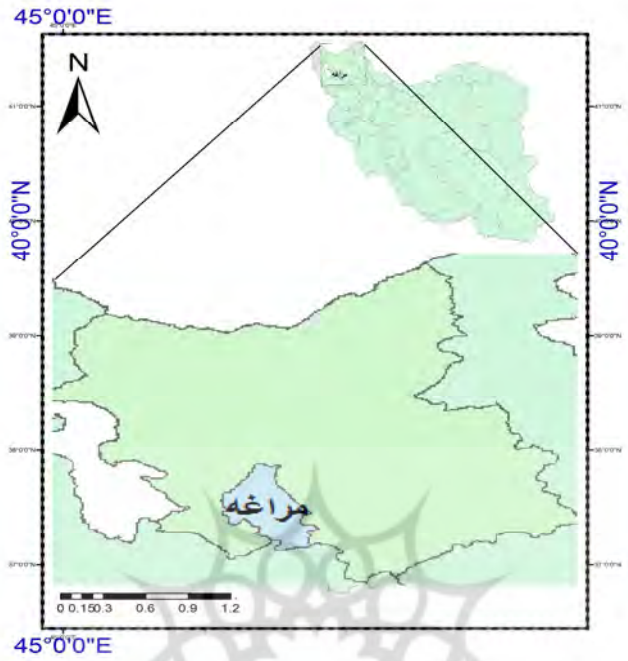
بر اساس مولفه های مورد مطالعه، ترسیم و تفسیر گردید. به منظور ارزیابی راثر خشک شدن دریاچه بر میزان تبخیر، از روش مورد تایید و استاندارد جهانی فائو – پنمن- مانتیث، در دو طرحواره استفاده شده است. در نهایت بر اساس ضرایب مربوط به تبخیر و تعرق گیاه گندم با توجه به دوره رشد و فصل کشت در منطقه مورد مطالعه، تبخیر و تعرق این گیاه محاسبه و در دوطرحواره الف و ب ضمن مقایسه اثرات خشک شدن دریاچه بر نیاز آبی این محصول مورد ارزیابی قرار گرفت.

مدل شبیه ساز TAPM

مدل TAPM توسط دانشمندان سازمان پژوهش صنعتی و علمی مشترک المنافع (CSIRO) در استرالیا گسترش یافت. این مدل به عنوان یک مدل سه بعدی غیر قابل تلخیص، غیر ایستایی، و مدل معادلات ساده است، که از سیستم مختصات داده‌های زمینی استفاده می‌کند (زواررضا و همکاران، ۲۰۰۷). TAPM یک مدل سریع است که برد آن در حد منطقه‌ایی و متوسط مقیاس (Meso scale) است و برای مدل‌سازی آلودگی هوا و پیش بینی هواشناسی مطرح است. در این مدل امکان حذف یا تغییر در برخی از عوارض سطح زمین و شبیه سازی اثر آنها بر رفتار فراسنجهای آب وهوایی وجود دارد. در مجموع مدل TAPM بر پایه دینامیک سیالات و معادلات انتقال عددی به منظور پیش بینی هواشناسی و همچنین تمرکز آلودگی در یک محدوده خاص استوار است. مولفه هواشناسی TAPM تراکم ناپذیر و غیر هیدرواستاتیکی و با لحاظ وضعیت مختصات عمومی سطح زمین برای شبیه سازی سه بعدی است. در این مدل، باد میانگین با مولفه های افقی u و v (متر بر ثانیه) از معادله گشتاوری، سرعت عمودی سطح زمینی σ از معادله پیوستگی و دمای واقعی پتانسیل QV (درجه کلوین) از معادله ترکیبی بقاء حرارت و بخار آب تعیین می شود (کاردان و همکاران،۱۳۸۸). زمینه در نظر گرفته شده برای نرم افزار TAPM شبیه سازی متوسط مقیاس هواشناسی، از جمله زمینه های پیچیده پراکندگی آلاینده های فیزیکی و شیمیایی، وهمچنین ارزیابی اثرات زیست محیطی عوامل سطح زمین، در مقیاس و واحد نقطه ، خط و سطح می باشد (Hurley et al,2005).

در این مدل سه نوع داده به عنوان ورودی به مدل معرفی می گردد که شامل، الف) داده های سطح زمین (شامل توپوگرافی، پوشش گیاهی، آب و خاک با قدرت تفکیک ۱*۱ کیلومتر می باشد) و ب) داده های همدیدی و هواشناسی مدل داده های واکاوی است که به وسیله هیئت استرالیایی هواشناسی تهیه می شود و هر ساله با قدرت تفکیک ۷۵ کیلومتر به روز می گردد. ج) داده های نوع سوم بستگی به هدف محقق دارد که می تواند شامل تغییرات داده های سطح زمین و یا اضافه نمودن میزان انتشار گازها از سطح به جو باشد، که در این پژوهش به منظور دستیابی به هدف شبیه سازی در شرایط دریاچه خشک شده پهنه آبی دریاچه در طرحواره ب مدل حذف و بافت خاک اطراف دریاچه به کل پهنه آن تعمیم داده شد. با توجه به توانایی مدل در ریز مقیاس گردانی دینامیکی در چند قلمرو (Domain) در فرایند یک شبیه سازی، از این رو شبیه سازی در دو قلمرو، به منظور ریزمقیاس نمایی بهتر و افزایش تفکیک مکانی صورت گرفت. بر این اساس منطقه مورد مطالعه در مدل به ۲۵ شبکه طولی و عرضی تقسیم و هر شبکه در قلمرو اول شامل ابعاد ۹*۹ و در زیر قلمرو ابعاد هر شبکه ۵*۵ کیلومتر در نظر گرفته شد. ابعاد ارتفاعی شبیه سازی شامل ۲۰ سطح و تا ارتفاع ۸۰۰۰ متری را شامل می شود و در مجموع شبیه

سازی بر اساس داده های موجود در سال های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ و به صورت ساعتی بر اساس دو طرحواره پیشتر اشاره شده انجام شد. شکل۱ موقعیت دشت مراغه و منطقه مورد مطالعه را به تصویر می کشد.



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه

پس از محاسبه مولفه های مهم موثر بر براورد تبخیر و تعرق از روش محاسبه فائو پنمن-منتیث اصلاح شده استفاده گردید. بطور کلی اندازه گیری تبخیر و تعرق نه تنها به عنوان یک عامل هواشناسی، بلکه به عنوان یکی از عوامل اصلی ترازمندی آب یک منطقه و همچنین به دلیل لزوم شناخت نیاز آبی گیاهان دارای اهمیت زیادی است(موسوی بایگی و اشرف،۱۳۸۸). روش فائو پنمن- مونتیث اصلاح شده در واقع از سال ۱۹۹۰، که سازمان خواروبار و کشاورزی (فائو) هیات مشورتی از کارشناسان را جهت بازنگری و ارائه یک روش استاندارد واحد جهت محاسبه تبخیر و تعرق مامور کرد، به شکل نهایی خود رسید. این مدل در شکل ساده خود در سال ۱۹۴۸ توسط پنمن ایجاد و بعدها توسط پژوهشگران دیگر اصلاح و بهبود یافت. در این پژوهش به منظور براورد تبخیر و تعرق بر اساس این روش از بسته نرم افزاری محاسبه تبخیر و تعرق (DAILYET[1]) محصول دانشگاه کرانفیلد انگلستان استفاده شده است. مدل اشاره شده دارای ورودی های متعددی از جمله متوسط کمینه دما، متوسط بیشینه دما، سرعت باد، متوسط رطوبت نسبی، ساعت آفتابی، طول و عرض جغرافیایی، و بازه زمانی می باشد. این مدل تبخیر و تعرق را به روش های مختلفی می تواند محاسبه نماید، که یکی از آن ها روش فائو-پنمن-مونتیث اصلاح شده است. مقادیر به دست آمده از مدل مربوط به تبخیر و تعرق گیاه مرجع(ET0) می باشد، که برای تبدیل آن به گیاه مورد نظر از ضرایب معینی تحت عنوان KC استفاده می شود . و در نهایت به منظور محاسبه

[1] . *http://www.ardebilmet.ir/to/in/download/DAILYET.zip*

تبخیر و تعرق گندم از ضریب پیش نهادی بر اساس پروژه دستورالعمل محاسبه آب مورد نیاز گیاهان بر اساس توصیه های فائو، و بر اساس ضرایب پیشنهادی کارگروه استفاده پایدار از منابع آب برای تولید محصولات کشاورزی، زیر مجموعه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، استفاده شده است.

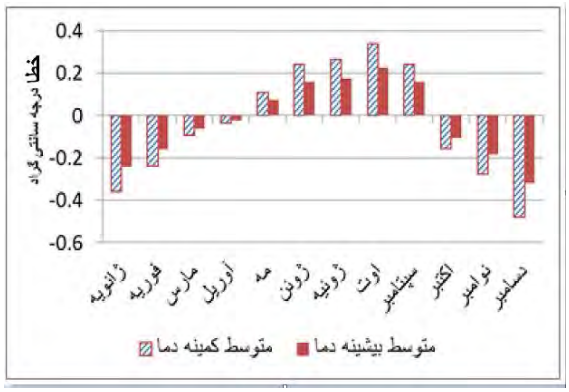
معادله فائو – پنمن- مانتیث (۱)

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_a - G) + \gamma \frac{900}{T_a + 273} U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)}$$

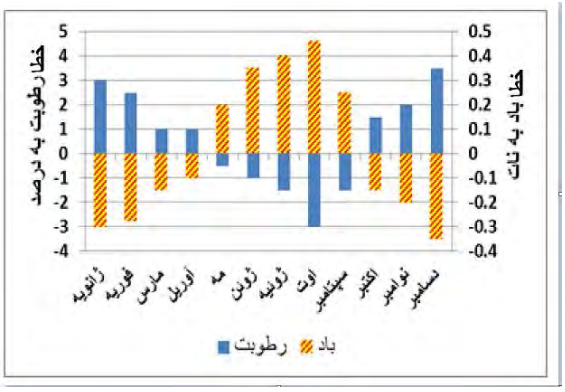
که در آن: ET0- تبخیر و تعرق گیاه مرجع به میلیمتر، ، Rn - تابش خالص، G- شار گرمای خاک، (es-ea)- کمبود فشار بخار آب، pa- میانگین جرم مخصوص (دانسیته) هوا در فشار ثابت، Cp- گرمای ویژه هوا، Δ- شیب منحنی فشار بخار آب نسبت به دما، r-ضریب ثابت سایکرومتری،rs- مقاومت سطحی ظاهری و ra- مقاومت ایرودینامیک می باشند. به دست آوردن برخی از موارد بالا خود دارای روابط پیچیده و طولانی آماری است که برای اطلاع بیشتر به کتب مربوطه از جمله نشریه فائو۲۴ ارجاع داده می شود. لازم به ذکر است در رابطه بالا مقدار به دست آمده مربوط به تبخیر و تعرق مرجع (چمن کوتاه آبیاری شده) می باشد، و به منظور تبدیل به تبخیر و تعرق گیاه خاص باید در ضریب مشخصی که برای هر محصول تحت عنوان Kc است ضرب و تبدیل گردد.

یافته های پژوهش

در مطالعات مدلسازی اولین گام قبل از هرگونه تجزیه و تحلیلی، ارزش گذاری داده های خروجی مدل و اثبات میزان صحت آن ها است (Warnen,2011). شکل ۲ و ۳ متوسط خطای شبیه سازی مدل در شرایط طرحواره الف (دریاچه پر آب) در دوره مورد بررسی را نسبت به داده های ایستگاهی مراغه نشان می دهند. این مقادیر ضمن تایید نسبی عملکرد مدل نشان می دهند، شبیه سازی متوسط کمینه و بیشینه دما در ماه های بسیار سرد و گرم خطای بیشتری را نسبت به ماه های معتدل دارد، که همین مسئله در خطای مولفه های رطوبت و باد نیز مشهود می باشد. از این رو به نظر می رسد بیشترین خطای مدل مربوط به مولفه حرارت محسوس به ویژه در زمان هایی است که اثر پوشش سطحی بیشتر است. و از این رو برآورد شار سطحی در شرایط کمینه و بیشینه در این ضریب خطا احتمالا" موثر می باشد. در مجموع در این بخش ضمن برآورد میزان خطای مدل در شرایط متوسط ماهانه، به منظور کاهش خطای شبیه سازی در مقادیر بدست آمده در هر دو طرحواره، مقادیر خطا اعمال گردید. به عبارت دیگر با کالیبراسیون مدل با استفاده از داده های ایستگاه، طرحواره الف با شرایط طبیعی و داده واقعی ایستگاه مشابه گردید. ضمن اینکه این مقادیر خطا برای طرحواره ب نیز در نظر گرفته شده است.

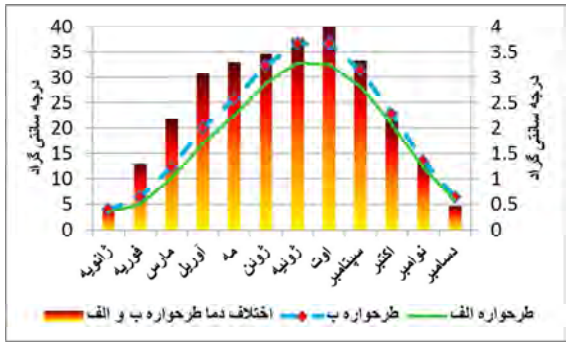


شکل ۱. متوسط خطای مدل در برآورد دمای کمینه و بیشینه روزانه

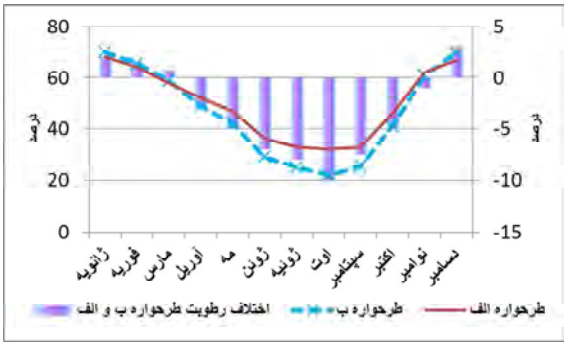


شکل ۲. متوسط خطای مدل دربراورد میانگین رطوبت نسبی (محور سمت چپ) و متوسط سرعت باد(محور سمت راست)

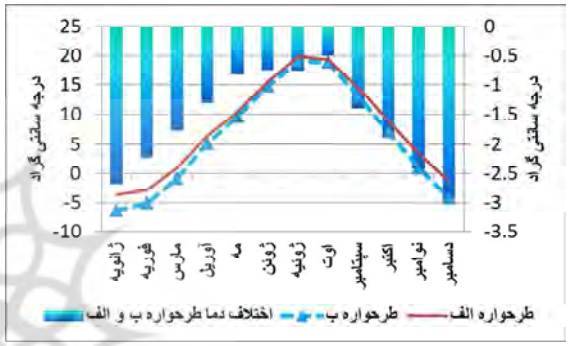
با توجه به یافته های این پژوهش به نظر می رسد، بیشترین تغییرات دمایی در سردترین و گرمترین ماه های سال شدیدتر گردد، در واقع شکل ۴ و ۵ در پی تعیین مسئله اثر خشک شدن دریاچه بر متوسط کمینه و بیشینه دمای ماهانه ارائه شده است. شکل ۴ نشان می دهد، متوسط بیشینه دما در تمام ماه ها در طرحواره ب نسبت به طرحواره الف دمای بیشتری محاسبه شده است، در صورتی که بر اساس شکل۵، متوسط دمای کمینه نیز در تمام ماه ها در طرحواره ب نسبت به الف کاهش را نشان می دهد. نکته مهم در اینجا میزان افزایش بیشینه در مقابل کاهش متوسط دمای کمینه و تفاوت آن در ماه های مختلف است. در حقیقت در ماه های سرد سال که سرمایش شبانه و به نوعی یخبندان به وقوع می پیوندد طرحواره ب شرایط سردتری را نشان می دهد، تا جایی که در این ماه ها با توجه به کوتاه بودن طول روز، متوسط بیشینه دما نیز افزایش کمی را نشان داده است. در مقابل در ماه های گرم، افزایش بیشتر متوسط بیشینه دما در مقابل کاهش کمتر متوسط کمینه آن، اثر پوشش سطحی بر تبدیل انرژی ورودی به حرارت محسوس را نشان می دهد. بر این اساس بیشترین تغییر در متوسط بیشینه دما روزانه مربوط به ماه اوت و سپس ژوئیه و کمترین ان مربوط به دسامبر و به ترتیب ۴+، ۳.۷+ و ۰.۴+ می باشد. از سوی دیگر بیشترین کاهش دمای شبانه مربوط به دسامبر با ۳- و کمترین آن مربوط به اوت با ۰.۵- می باشد. شکل ۶ تغییرات مولفه رطوبت را به تصویر کشیده است. بر اساس این شکل تغییرات رطوبت در ماه های سرد و دارای یخبندان در طرحواره ب نسبت به الف، افزایشی و در سایر ماه ها با توجه به افزایش دما کاهشی برآورد گردیده است، که بیشترین افزایش مربوط به ماه های دسامبر، ژانویه به میزان ۳ درصد و بیشترین کاهش نیز در ماه های اوت و ژوئیه به ترتیب با ۱۰- و ۷- درصد است. در شکل ۷ متوسط و تغییرات سرعت باد به نات، در طرحواره ب نسبت به الف نشان داده شده که الگویی مشابه واکنش شرایط رطوبت دارد و بر اساس آن کاهشی در حدود ۰.۲- نات مربوط به دسامبر و ژانویه و بیشترین افزایش در حدود ۰.۴۳+ نات مربوط به ماه اوت که به طور طبیعی با توجه به افزایش حرارت محسوس در منطقه سرعت باد بالا می رود.



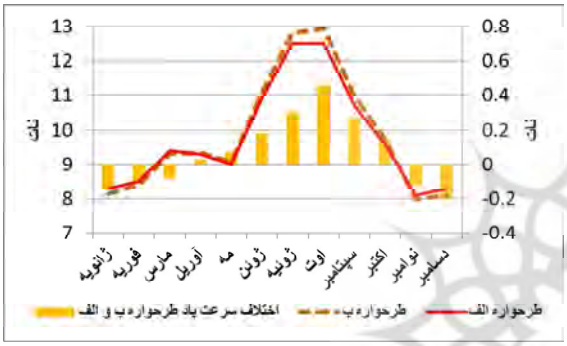
شکل ۳. براورد متوسط دمای بیشینه در شرایط طرحواره الف و ب نمودار خطی، و اختلاف دو طرحواره به صورت ستونی با محور راست.



شکل ۵. براورد متوسط رطوبت نسبی در شرایط طرحواره الف و ب نمودار خطی، و اختلاف دو طرحواره به صورت ستونی با محور راست



شکل ۴. براورد متوسط دمای کمینه در شرایط طرحواره الف و ب نمودار خطی، و اختلاف دو طرحواره به صورت ستونی با محور راست.



شکل ۶. براورد متوسط سرعت باد در شرایط طرحواره الف و ب نمودار خطی، و اختلاف دو طرحواره به صورت ستونی با محور راست

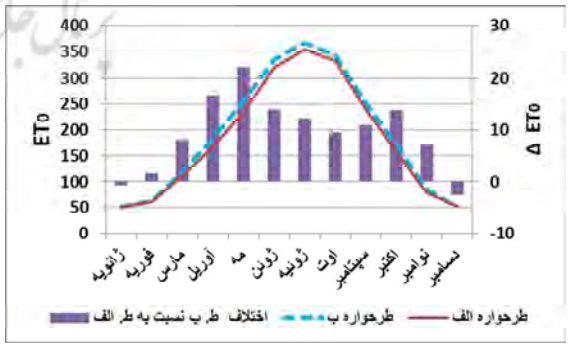
با توجه به مطالبی که اشاره گردید، کشاورزی یک نیاز اساسی و در نتیجه فعالیت پایه ای برای بشر می باشد. در این ارتباط، ارزیابی تاثیرات تغییر اقلیم منطقه ای بر کشاورزی یک نیاز ضروری است (یاراحمدی،۱۳۸۴). یکی از مهمترین مولفه های اثرگذار در راندمان محصولات کشاورزی، که از شرایط آب وهوایی بسیار تاثیر می پذیرد، نیاز آبی گیاه است. در این بخش از پژوهش با توجه به مولفه های هواشناسی مطرح شده در بالا بر اساس دو طرحواره الف و ب، تبخیر و تعرق گیاه مرجع بر اساس روش فائو- پنمن- مانتیث و در نهایت با استفاده از ضریب تبخیر و تعرق گیاه گندم، نیاز آبی این محصول در دو شرایط پیش گفته مورد بررسی قرار می گیرد. در شکل ۸ نتایج محاسبات مربوط به تبخیر و تعرق گیاه مرجع به روش فائو- پنمن- مانتیث در دو طرحواره الف و ب و همچنین اختلاف آن ها نشان داده شده است. بر این اساس بیشترین مقادیر تبخیر و تعرق مربوط به ماه های گرم به ویژه ژوئیه و اوت می باشد. کمینه میزان تبخیر و تعرق مربوط به ماه های سرد و دارای یخبندان دسامبر و ژانویه و فوریه می باشد و در حدود ۵۰ میلیمتر در ماه می باشد.

نکته مهم و قابل توجه براساس محاسبات انجام شده، در زمینه اختلاف تبخیر و تعرق گیاه مرجع در طرحواره ب نسبت به طرحواره الف، بیشینه اختلاف مربوط به ماه های مه و بعد از آن آوریل می باشد، که در این زمینه ماه های گرم در رده های بعدی قرار دارند. در مجموع می توان گفت، در طرحواره ب ماه های سرد دسامبر و ژانویه، کاهش و سایر ماه ها به ویژه ماه های اکتبر، مه، آوریل و ژوئن نسبت به طرحواره الف، افزایش تبخیر و تعرق مرجع را نشان می دهند. از این

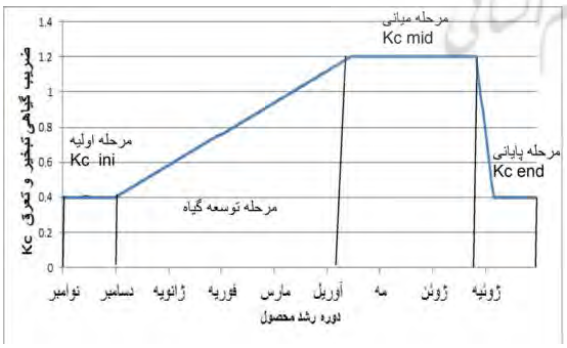
رو توجه به مقادیر اندک کاهش تبخیر و تعرق در ماه های دسامبر و ژانویه در حدود ۳ میلیمتر در ماه، در مقابل افـزایش بیش از ۱۵ و ۲۰ میلیمتری تبخیر و تعرق در ماه های آوریل و مه، افزایش شدید تبخیر و تعرق گیاه مرجع در مـاه هـای معتدل و گرم در مقابل کاهش اندک در ماه های یخبندان منطقه و در مجموع فزونی تبخیـر در طرحـواره ب نسـبت بـه طرحواره الف را نشان می دهد.

شکل۹ تغییرات ضریب تبخیر و تعرق گیاه گندم کشت پاییزه منطقه را (K_C)، بر اسـاس مراحـل مختلـف رشـد در چهـار مرحله کلی بر مبنـای پیشـنهاد سـازمان خواروبـار جهـانی (فـائو) و بـر اسـاس مطالعـه کمیتـه ملـی آبیـاری و زهکشـی ایران(۱۳۸۸) را نشان می دهد. ضرایب این نمودار به منظور ترسیم شکل ۱۰ (تبخیر و تعرق گنـدم پـاییزه منطقـه مـورد مطالعه) و بر اساس براورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع مورد محاسبه قرار گرفـت. بـر اسـاس ایـن شـکل(شـکل ۱۰) مقـدار بیشترین تبخیر و تعرق گیاه گندم در منطقه مورد مطالعه در ماه ژوئن و کمترین آن مربوط به سـه ماهـه اول رشـد مـی باشد، که با الگوی تغییرات تبخیر و تعرق در مراحل مختلف رشد گیاه (موسوی بایگی و اشرف،۱۳۸۸) مطابقت دارد.

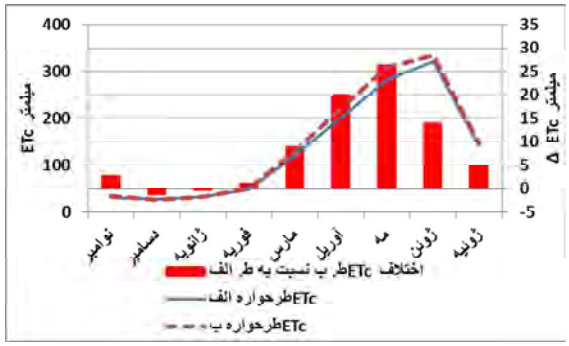
بر اساس یافته های این بخش هر دو طرحواره بیشترین تبخیر را مربوط به ماه های مارس تـا ژوئیـه دانسـته، کـه در اوج خود در ماه ژوئن به بیش از ۳۰۰ میلیمتر در ماه می رسـد. تغییـرات تبخیـر و تعـرق گنـدم در طرحـواره ب نسـبت بـه طرحواره الف، افزایش بیش از ۲۵ میلیمتری را در ماه مه نشان می دهد. اگرچه ماه های دسامبر و ژانویـه کـاهش تبخیـر در حدود ۱-۳ میلیمتر را در این طرحواره ثبت نموده اند، اما تغییرات در ماه های مارس تا ژوئیه کـه عمـدتا" مربـوط بـه دوره رشد و تکامل و میوه دهی گیاه است و به شدت به آب نیاز دارد، افزایش تبخیـر و تعـرق را بـین ۱۰ تـا بـیش از ۲۵ میلیمتر برآورد می نماید. رخداد این این مسئله با توجه به اراضی گندم دیم منطقه از یک طـرف و از طـرف دیگـر لـزوم آبیاری بیشتر در زمین های کشت آبی محصول گندم این منطقه با توجـه بـه کمبـود آب در ایـن بخـش از کشـور خـود چالشی جدی محسوب می گردد. نیاز به آبیاری بیشتر با توجه به هشدارهای متعدد در زمینه افـت سـطح آب هـای زیـر زمینی منطقه می تواند ابعاد این چالش را جدی و وسیع تر نماید. در مجموع خشک شدن دریاچه ارومیه به تـنش هـای آبی کشت گندم در ماه های منتهی به ثمردهی و در مرحله میانی رشد دامن خواهد زد، لازم به اشاره اسـت کـه مقـادیر محاسبه شده تبخیر و تعرق گیاه گندم مربوط به اراضی با آبیاری به موقع می باشند و اگر این مسئله را در اراضـی کشـت دیم بخواهیم بررسی کنیم، به مراتب تغییرات تبخیر و تعرق افزایشی تر و در مجموع شرایط بحرانی تر پـیش بینـی مـی گردد.



شکل ۷. براورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع(ET_0) در شرایط طرحواره الف و ب نمودار خطی، و اختلاف دو طرحواره به صورت ستونی با محور راست



شکل ۸. ضرایب تبخیر و تعرق گیاه گندم منطقه مورد مطالعه(KC) نسبت به گیاه مرجع در بازه زمانی کاشت تا برداشت



شکل ۹. براورد تبخیر و تعرق گندم منطقه مورد مطالعه (ETC) در شرایط طرحواره الف و ب نمودار خطی با محور چپ، و اختلاف دو طرحواره به صورت ستونی با محور راست

خلاصه و نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان می دهد، تغییر در پوشش سطح زمین به صورت عمدی یا غیر عمد، نقش موثری در اقلیم و مولفه های آب وهواشناسی منطقه مورد مطالعه دارد. بر اساس یافته های این پژوهش خشک شدن دریاچه ارومیه نقش موثری در افزایش تبخیر و تعرق و در نهایت نیاز آبی محصول گندم، مراغه (در جنوب شرق دریاچه ارومیه) خواهد گذاشت.

بررسی مولفه های هوا این منطقه در شرایط خشک شدن دریاچه نشان می دهد، در ماه های گرم متوسط بیشینه دما افزایش زیادی را تا حدود ۴+ درجه سلسیوس و کمینه دما کاهشی در حدود ۰.۵- درجه و همچنین رطوبت نسبی کاهشی در حدود ۵ تا ۱۰ درصد و متوسط سرعت باد نیز افزایشی در حدود ۰.۲ تا ۰.۴ نات را خواهد داشت.از دیگر سوی در ماه های سرد متوسط بیشینه دما افزایشی در حدود ۰.۵+ تا ۱+ درجه و متوسط کمینه دما کاهشی در حدود ۱.۵- تا ۳- درجه سلسیوس و متوسط رطوبت نسبی افزایشی در حدود ۱-۳ درصد و سرعت باد کاهشی در حدود ۰.۰۵ تا ۰.۲ نات را دارد. عمده این تغییرات مربوط به واکنش سطح خشکی نسبت به حرارت در مقایسه با پهنه های آبی(دریاچه)، و به عبارت بهتر گرم شدن روزانه و سرد شدن سریع شبانه سطح خاک نسبت به آب و نقش آن ها در شار انرژی بر هوا می باشد. همچنین برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع و همچنین تبخیر و تعرق گندم در منطقه مورد مطالعه نشان داد، در شرایط خشک شدن دریاچه کمترین تغییرات تبخیر و تعرق مربوط به ماه های سرد و بیشترین مربوط به ماه های مارس تا اکتبر و به صورت افزایش تبخیر و تعرق می باشد. بر اساس نتایج پژوهش تغییرات مقادیر تبخیر و تعرق گندم در شرایط خشک شدن دریاچه ارومیه نسبت به شرایط عادی (طرحواره الف) متفاوت خواهد بود. این مقادیر در ماه مارس از ۱۲۵ میلی متر در شرایط طرحواره الف به ۱۳۵ میلیمتر در طرحواره ب افزایش می یابد. همچنین در ماه آوریل از ۲۰۰ به ۲۲۰، در ماه مه از ۲۸۵ به ۳۱۰، در ماه ژوئن از ۳۱۰ به ۳۲۵ و در ماه ژوئیه از ۹۵ به ۱۰۰ میلیمتر افزایش خواهد یافت. در مجموع در صورت خشک شدن دریاچه ارومیه به ویژه در ماه های مارس تا ژوئن نیاز آبی محصول گندم با توجه به افزایش تبخیر و تعرق به شدت افزایش خواهد یافت. همچنین با توجه به بازه کاشت تا برداشت گندم به نظر می رسد تغییرات پیش بینی شده در شرایط خشک شدن دریاچه ارومیه در اثر افزایش تبخیر و تعرق اثر قابل توجهی را برعملکرد و تولید محصول گندم منطقه مورد مطالعه داشته باشد. بر اساس نتایج بدست آمده بیشترین اثر افزایش تبحیر و تعرق گیاه در شرایط طرحواره ب (دریاچه خشک شده) مربوط به سه ماهه پایانی قبل از برداشت گندم در منطقه می باشد. با توجه به اینکه تنش کم آبی و خشکی در عملکرد محصول در این بازه بسیار مهم است، به نظر می رسد خشک شدن دریاچه ارومیه به صورت محسوس ضمن افزایش تنش خشکی عملکرد محصول گندم در این منطقه را

کاهش خواهد داد. در پایان اضافه می گردد؛ نتایج کالیبراسیون خروجی شبیه سازی عددی مدل TAPM در شرایط طبیعی دریاچه نشان داد اگرچه توانایی مناسبی در این زمینه دارد، با این حال کالیبراسیون خروجی مدل با داده های ایستگاهی ضروری به نظر می رسد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فهرست منابع

۱- تقدسیان،حسین، میناپور، سعید (۱۳۸۲)، **تغییرات آب و هوا، آنچه باید بدانیم**، انتشارت مرکز تحقیقات زیست محیطی سازمان حفاظت محیط زیست، دفتر طرح ملی آب وهوا، تهران.

۲- حسینی، سیدمحمدطاهر, و همکاران (۱۳۸۶)، **کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره در برآورد عملکرد گندم دیم منطقه قروه استان کردستان**، پژوهش کشاورزی،(7).54-41.

۳- خدابنده ، ناصر(۱۳۷۲)، غلات . چاپ سوم . انتشارات دانشگاه تهران .

۴- خوش اخلاق، فرامرز، و همکاران(۱۳۹۲)، **شبیه سازی تغییرات رژیم دمای مراغه در اثر خشک شدن دریاچه ارومیه، مخاطرات جغرافیایی**، شماره هشتم، صص۱-۱۸.

۵- زارع فیض آبادی، احمد، و همکاران(۱۳۸۴)، **روند ۵۰ ساله تغییرات سطح زیر کشت، عملکرد و تولید غلات در کشور و پیش بینی آینده**، پژوهش های زراعی ایران،۴: ۴۹-۷۱.

۶- سرمدنیا ، غلامحسین(۱۳۷۲)، **اهمیت تنش های محیطی در زراعت . مقالات کلیدی اولین کنگرۀ زراعت و اصلاح نباتات ایران** . دانشگاه تهران . صفحات ۱۵۷ الی ۱۷۲ .

۷- ششمسی پور، علی اکبر، و همکاران (۱۳۹۱)، **واکاوی رفتار روزانه جزیرۀ گرمایی شهر تهران، مجله محیط شناسی**، دوره ۳۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۱.

۸- صادق زاده اهری، داوود، و همکاران (۱۳۸۲)، **اثر تاریخ کاشت بر عملکرد ارقام گندم و تعیین تیپ رشد مناسب در دو منطقه سردسیر دیم کشور**، دانش کشاورزی،(2)13 ،75-57 .

۹- فرج زاده اصل، منوچهر، و همکاران (۱۳۹۰)، **شناسایی و تحلیل پارامترهای اقلیمی و شاخص های اقلیم شناسی کشاورزی بر مراحل مختلف فنولوژی گندم دیم در استان کردستان**، مدرس علوم انسانی، برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره پانزدهم، شماره ۴.

۱۰- قنبری، حسین علی، عزیزی،قاسم (۱۳۸۷)، **شبیه سازی عددی رفتار آلودگی هوای تهران براساس الگوی باد**، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۸،صص ۳۷-۵۵.

۱۱- کاردان، رحمت‌اله، (۱۳۸۸)، **مدل‌سازی تأثیر دریاچه بر مناطق مجاور (مطالعه موردی: مدل‌سازی اقلیمی حوزه آبخیز جازموریان با ایجاد دریاچه مصنوعی)**، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال سوم شماره ۷.

۱۲- کاویانی، محمدرضا، علیجانی، بهلول (۱۳۸۶)، **مبانی آب وهواشناسی**،چاپ سیزدهم، انتشارات سمت.

۱۳- کوچکی، عوض، نصیری، مهدی(۱۳۷۰)، **اکولوژی گیاهان زراعی، روابط گیاهان و محیط**، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۱۴- مسعودیان، ابوالفضل، کاویانی، محمدرضا(۱۳۸۷)، **اقلیم شناسی ایران**، انتشارات دانشگاه اصفهان.

۱۵- نصیری، مهدی، کوچکی، عوض(۱۳۸۵)، **آنالیز شاخص های آگروکلیماتیک ایران در شرایط تغییر اقلیم**، پژوهش های زراعی ایران، شماره۴، ۱۶۹-۱۸۲.

۱۶- وزارت جهاد کشاورزی(۱۳۸۷)، **دستورالعمل محاسبه آب مورد نیاز گیاهان**، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

*17- Ashok K., 2006, **Modelling PM10 Concentrations and Carrying Capacity Associated With Woodheater Emissions in Launceston**, Tasmania, Atmospheric Environment 40, 5543–5557.*

*18- Bazgeer, S., Gh. Kamali, A. Sedaghatkerdar & A. Moradi, "**Pre-Harvest Wheat Yield Prediction Using Agrometeorological Indices for Different Regions of Kordestan Province", Iran**. Research Journal of Environmental Sciences, 2 (4). Pp. 275-280, 2008.*

*19- Bazgeer, S., Gh. Kamali & A. Mortazavi, "**Wheat Yield Prediction through Agrometeorological Indices for Hamedan Iran**", Biaban Journal, 12, Pp. 33-38, 2007.*

*20- Blum,A.,C.Y. Sullivan, and H.T.Nguyen.1996.**The effect of plant size on wheat response to agents of drought stress**.CAB abstracts.*

*21- Brignall A.P., and Rounsevell M.D.A. 1995. **Land evaluation modelling to assess the effects of climate change on winter wheat potential in England and Wales**, Journal of Agricultural Science, 124: 159-172.*

*22- Darmenova, K., Sokolik, I. N. 2006. **Assessing uncertainties in dust emission in the Aral Sea region caused by meteorological fields predicted with a mesoscale model**, Global and Planetary Change 56, 297-310.*

*23- Hurley P. (2005a). '**The Air Pollution Model (TAPM)** Version 3. Part 1: Technical description.' CSIRO Atmospheric Research Technical Paper No. 71. 54 pp.*

*24- Liangzhi, Y. , W. Mark, F. Cheng And W. Stanly (2005), **Impact of global warming on Chinese Wheat roductivity**, International Food Policy Research Institute , Ept Discussion paper 143-158 .*

*25- Lobell, D. and G. Asner (2003), **Climate and management contributions to recent trends in U.S agricultural yields**, Journal of Science, 1002-1023.*

*26- Norwood charls A. 2000. **Dry land winter wheat as Affected by previous crops**, Agronomy Journal, 92:121-127.*

*27- Ouda S.A. El-Marsafawy S.M., El-Kholy M.A., and Gaballah M.S., 2005, **Simulating the effect of water stress and different sowing dates on wheat production in South Delta**, Journal of Applied Sciences Research, 1(3): 268-276.*

*28- Parry, M., C. Rosenzweig, A. Inglesias, M. Livermore and G. Gischer (2004), **Effect of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios**, Journal of Global Environ Change, 14: 53-67.*

*29- Peng, S., J. Huang, J. E. Sheehy, R. C. Laza, R. M. Visperas, X. Zhong, G. S. Centeno, G. S. Khush and K. G. Cassman (2004), **Rice yields decline with higher night temperature from global warming,** Proc, tionl Academies of Science USA, 101: 9971-9975.*

*30- Qian, B., R. D. Jong, R. Warren, A. Chipanshi & H. Hill, "**Statistical Spring Wheat Yield orecasting for the Canadian Prairie Provinces**", Agricultural and Forest Meteorology, 149, Pp. 1022-1031, 2009.*

*31- Reddy, T. Y. & G. H. S. Reddi, "**Principles of Agronomy", Kalyani Pulishers**, Ludhiana, Pp. 48-77, 2003.*

*32- Sastry, P. S. N. & N. V. K. Chkravarty, "**Energy Summation Indices for Wheat Crop in India**", Agric Met, 27, Pp. 45-48, 1982.*

*33- Sharma Natu P., Sumesh K.V., **Lohot Vaibhav, D. and Ghildiyal M.C. 2006. High temperature effect on grain growth in wheat cultivars an evaluation of responses**, Indian Journal of Plant Physiology, 11:239-245.*

*34- Thavaprakaash, N., R Jagannathan, K. Velayudham & L. Gurusamy, "**Seasonal Influence on Phenology nd Accumulated Heat Units in Relation to Yield of Baby Corn"**, International Journal of Agricultural Research, 2 (9), Pp. 826-831, 2007.*

*35- Zawar-Reza et al., 2007, **Long Term Simulation of Mesoscale Floe and Air Pollution Dispersion over Tehran, part1**: low-level flow features, Conference on urban air quality,27-29.*