

آیا تغییر اقلیم فرصت است یا تهدید؟

(ارزیابی دگرگونی‌های محتمل اقلیمی بر محدوده کشت درختان مناطق گرمسیری

(ایران، مطالعه موردی؛ نخل خرما)

جواد عزیز زاده^{۱*}، حمزه احمدی^۲، محمد باعقیده^۳، علیرضا انتظاری^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی کاربردی، گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری
۲. دانش‌آموخته دکتری اقلیم‌شناسی کشاورزی، گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری
۳. دانشیار اقلیم‌شناسی، گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری
۴. دانشیار اقلیم‌شناسی، گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری

چکیده

بخش کشاورزی و زیربخش باغبانی، یکی از حساسترین و آسیب‌پذیرترین بخشها نسبت به تغییرات آب و هوایی محسوب میشود. تحقیق حاضر در صدد پاسخ به این سوال تحقیق بوده که آیا تغییرات آب و هوایی برای درختان نواحی گرمسیری میتواند فرصت باشد یا تهدید. در این راستا، در ابتدا محدوده کشت نخل خرما در دوره حاضر در ایران براساس اطلاعات اقلیمی مشخص شد. در ادامه روند بلند مدت مناطق کشت نخل براساس شاخص‌های اقلیم کشاورزی موثر بررسی شد. در ادامه براساس مدلهای CMIP5 در پایگاه MarksimGCM براساس دو خط سیر واداشتی بدبینانه و حد وسط RCP8.5 و RCP4.5 پیش‌نگری وضعیت آب و هوای دوره آینده در مقایسه با دوره پایه مشخص گردید. نتایج نشان داد که براساس تحلیل روند فراسنج‌های اقلیمی موثر، روند افزایشی معنی‌داری در مناطق کشت نخل ایران در دوره پایه وجود دارد. این روند افزایشی برای مولفه‌های دمایی مانند دمای کمینه و بیشینه، روزهای داغ و انباشت گرمایی در آستانه‌های زیستی و رویشی نخل خرما حائز اهمیت می‌باشد. براساس داده پیش‌نگری شده و افزایش دمای هوا در مناطق مجاور نخل خرما و عرضهای بالاتر در فلات مرکزی ایران نشان داد که در این مناطق پتانسیل گرمایی از نظر دمای کمینه، بیشینه و توان گرمایی برای رشد و نمو در آستانه‌های زیستی و رویشی درختان خرما وجود دارد. بنابراین تغییرات آب و هوایی برای درخت گرمسیری نخل خرما در مناطق عرضهای بالاتر و مجاور در نواحی داخلی و شرقی ایران، فرصت لازم برای رشد و نمو را فراهم می‌سازد. بنابراین مناطق کویری و بیابانی در نواحی داخلی کشور ایران، پتانسیل اقلیمی لازم برای کشت درختان خرما را دارا می‌باشد. تغییر برنامه‌های راهبردی در جهت توسعه این محصول ارزشمند در این نواحی حائز اهمیت می‌باشد...

کلید واژه‌ها: اقلیم، کشاورزی، درخت خرما، تغییر اقلیم، مناطق گرمسیری، محدوده کشت

مقدمه

آب و هوا یکی از مهم‌ترین عواملی است که در طول تاریخ بشر مورد توجه بوده و کمتر فعالیت کشاورزی است که در طول روز با یک یا چند عامل هواشناسی برخورد نداشته باشد. علت این موضوع نقش مهم آب و هوا بر زندگی بشر و خصوصاً تولیدات کشاورزی است. آب و هوا نه تنها منبع تولید است که انسان بدون پرداخت هزینه به هر مقدار می‌تواند استفاده کند (محمدی و مقتدری، ۱۳۸۳: ۱۶۵). آب و هوا مهم‌ترین متغیر مؤثر در تولید میوه‌ها است که بیش از هر عامل دیگری در پراکندگی میوه‌ها در سطح جهانی و منطقه‌ای مؤثر است (سیاری، ۱۳۹۰: ۵). اقلیم نقشی کلیدی در رشد و تولید گیاهان دارد و تغییرات آن به طور مستقیم بر کاشت و گستره زیر کشت محصولات کشاورزی اثرگذار است. از دو دهه آخر قرن بیستم تاکنون، مسئله تغییر اقلیم به یکی از مهم‌ترین چالش‌های بشر تبدیل شده است. نگرانی از کاهش عملکرد محصولات کشاورزی و امنیت غذایی از جمله مواردی است که این موضوع را در جهان مطرح ساخته است. در پنجمین گزارش ارزیابی مجمع بین الدول تغییر اقلیم در سال ۲۰۱۴، سناریوهای جدیدی با نام سناریوهای واداشت تابشی ارائه شد که ساختار آنها با سناریوهای قبلی، یا سناریوهای انتشار تفاوت دارد. واداشت تابشی گازهای گلخانه‌ای عامل ایجاد گرمایش در نظر گرفته شده است (حیدری بنی و همکاران، ۱۳۹۷: ۳۷۳). بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین قطب‌های اقتصادی کشور محسوب می‌شود و سرمایه‌گذاری و توجه ویژه به این بخش امری اجتناب ناپذیر است، چرا که اقتصاد ایران را باید اقتصادی بر پایه کشاورزی دانست. اقتصاد کشاورزی است که امنیت غذایی، توسعه اقتصادی و اشتغال و استقلال کشور را به دنبال خواهد داشت (آمار نامه محصولات کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۲: ۱).

درختان مناطق گرمسیری ایران و صنعت وابسته با آنها، یکی از عمده‌ترین کاربری‌ها و منبع درآمد عمده‌ای برای ساکنان آن مناطق محسوب می‌شود. در بین درختان گرمسیری، درخت خرما از اهمیت قابل توجه‌ای برخوردار می‌باشد. نیمه جنوبی و گرمسیر ایران در محدوده استانهای ایلام، خوزستان، بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان و

جنوب کرمان جزو منابع عمده تولید و پرورش درخت خرما محسوب می‌شود. درخت خرما به دلیل سازگاری با آب و هوای گرمسیری ایران، اهمیت بالایی در کنترل شن-های روان و حذف کانون‌های منشا گردوغبار ایفا می‌نماید. براساس آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال (۱۳۹۴) نشان می‌دهد که ۲۳۰۴۲۳ هکتار سطح زیر کشت خرما در ایران وجود دارد. از این سطح زیر کشت، ۱۰۶۳۴۶۹ تن محصول خرما تولید می‌شود. در کشت آبی ۵۶۳۷ کیلوگرم و برای کشت دیم ۲۰۶۰ کیلوگرم عملکرد مشخص شده است. بنابراین درختان خرما و محصول آن یکی از مهم‌ترین محصولات باغی غالب و صادراتی در ایران محسوب می‌شود که بررسی پیامدهای تغییر اقلیم برای آینده آن، حائز اهمیت است.

اهمیت تولیدات کشاورزی در امنیت غذایی و اشتغال و همچنین وابستگی بسیار بالای بخش کشاورزی و زیر بخش باغبانی به آب و هوا و تغییرات آن و از طرفی دیگر وجود تهدید عمده تغییر اقلیم برای آینده، موجب شده تا محققان مختلف همواره بررسی اثرات تغییرات آب و هوایی را بر بخش کشاورزی و درختان میوه در دستور کار قرار بدهند. اهمیت پدیده تغییر اقلیم موجب شده که اثرات و پیامدهای این پدیده همواره کانون توجه محققان مختلف می‌باشد. داویس و همکاران (davis et al, ۲۰۱۲)، با بررسی پیامدهای تغییر اقلیم بر روی قهوه عربی به عنوان یکی از گیاهان مناطق گرمسیری نشان دادند که تغییرات آب و هوایی بر روی گونه‌های گرمسیری اثر گذار خواهد بود و می‌تواند محدوده کشت آنها را توسعه ببخشد. ماچیونا و فیلی (Machovina & Feeley, ۲۰۱۳) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر محدوده کشت و تولید درخت موز در مناطق حاره ای پرداختند. نتایج نشان داد که تحت شرایط تغییر اقلیم بیش از نیمی از مناطق نامناسب برای کشت موز تا افق ۲۰۶۰ به شرایط مناسب تبدیل خواهند شد. به طور کل تغییر اقلیم در مناطق گرمسیری حاره ای، محدوده کشت درختان گرمسیری را افزایش خواهد داد. دوکو و همکاران (duku et al, 2018) به بررسی پیامدهای تغییر اقلیم بر الگوی کشت در مناطق گرمسیری حاره و جنب حاره را بررسی نمودند. تغییرات آب و هوایی موجب تغییرات

گسترده در محدوده کشت گونه‌های گرمسیری خواهد شد. گونه‌های گرمسیری از جنبه افزایش محدوده کشت خود به تغییر اقلیم واکنش نشان خواهند داد. الیکادیک و همکاران (alikadic et al 20189). پیامدهای تغییر اقلیم بر روی مراحل فنولوژی درخت انگور بررسی نمودند. نتایج آنها نشان داد که یکی از عمده ترین اثرات تغییر آب و هوا، ظهور زودهنگام مراحل فنولوژی درختان میوه می‌باشد. احمدی و همکاران (۲۰۱۹). در بررسی پیامدهای تغییر اقلیم بر محدود و مناطق کشت درخت سیب در ایران مشخص نمودند که تحت شرایط تغییر اقلیم دوره آینده، محدوده و مناطق کشت درخت سیب در ایران کوچکتر خواهد شد و به مناطق مرتفع تر کشیده خواهد شد. تغییر اقلیم محدوده و مناطق کشت درخت سیب در ایران از ۵۴ میلیون هکتار در دوره گذشته به ۲۹ میلیون هکتار کاهش خواهد یافت.

مساح بوانی و مرید (۱۳۸۴) اثرات تغییر اقلیم را بر منابع آب و تولید محصولات کشاورزی در حوضه زاینده رود اصفهان ارزیابی کردند. نتایج حاکی از کاهش بارندگی و افزایش دما تا سال ۲۱۰۰ میلادی است. فلاح قاله‌ری (۱۳۹۱) با بررسی ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر محدوده‌های کشت مرکبات در ایران، نشان داده که گرمایش جهانی سطح زیر کشت و کیفیت مرکبات را تحت تاثیر قرار خواهد داد. بطوری که براساس گزارش چهارم تغییر اقلیم محدوده کشت مرکبات در ایران به نواحی مرکزی فلات ایران کشیده خواهد شد. غریبی (۱۳۹۱) به ارزیابی فنولوژی گلدهی و احتمال وقوع خسارت در زیتون (Olea europaea L) بر مبنای پارامترهای دمایی پرداختند. نتایج نشان داده که مجموع ساعات سرمایی دریافتی زیتون دارای روند منفی است. به عبارت دیگر زمستان‌های گرمتری رخ خواهد داد. نوحی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی تاثیر تنش گرمایی بر محصول مرکبات را در جنوب ایران، نشان دادند که روزهای بحرانی بیشتر در نیمه شرقی در مناطق جنوبی رخ داده است. بررسی فاتح (۱۳۹۵) در ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر الگوی فصل رشد گندم در مناطق گندم خیز غرب ایران، نشان داده که تغییرات اقلیمی مهم‌ترین چالش پیش روی برای بخش کشاورزی محسوب می‌شود. احمدی

(۱۳۹۶). با بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی درخت سیب در ایران، نشان دادند که در دوره پایه، روند کاهشی در میزان انباشت سرمایی مناطق سردسیر و کشت درخت سیب در ایران وجود دارد. در اثر تغییر اقلیم، زمان رخداد مراحل فنولوژی درخت سیب تا ۱۴ روز در الگوی بدبینانه و ۷ روز در الگوی حد وسط به جلو کشیده خواهد شد. تغییر اقلیم برای درختان سردسیر یک تهدید محسوب می‌شود. احمدی و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی اثرات تغییر اقلیم بر الگوی انباشت گرمایی مناطق کشت درخت سیب در ایران نشان دادند که براساس سناریوهای واداشت تابشی، انباشت گرمایی مناطق عمده کشت درخت سیب در آینده نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت.

زیربخش باغبانی ایران یکی از آسیب پذیرترین بخش‌ها، به تغییرات آب و هوایی و گرمایش جهانی است. زیربخشی که در بستر آب و هوا به نتیجه مطلوب می‌رسد، به هر گونه تغییر در الگوهای آب و هوایی واکنش نشان می‌دهد. در میان محصولات باغی ایران، درختان مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری مانند خرما، بخش وسیعی از کاربری‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. به طوری که می‌توان گفت میوه و درخت غالب در نیمه جنوبی و مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری ایران، نخلستان‌ها هستند. تغییر پذیری و تغییرات آب و هوایی در آینده یکی از اولویت‌های کشورهای جهان برای برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها محسوب می‌شود. پیش بینی بلند مدت متغیرهای اقلیمی برای اطلاع از میزان تغییرات و در نتیجه در نظر گرفتن تمهیدهای لازم برای تخفیف اثرات سوء ناشی از تغییر اقلیم مورد توجه متخصصان مختلف قرار گرفته است. به طور کلی تحقیق حاضر درصدد پاسخگویی به این سوال تحقیق است؛ آیا تحت شرایط تغییر دوره آینده، افزایش دمای هوا و اثرات آن برای درخت خرما می‌تواند یک تهدید باشد یا یک فرصت؟

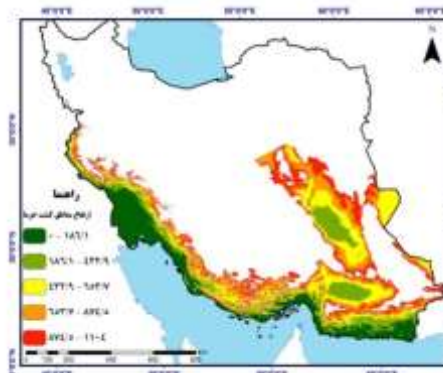
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، مناطق کشت درختان خرما در کشور را شامل می‌شود (شکل ۱). این مناطق با توجه به ویژگی ذاتی و شناسه گرمسیری بودن نخل خرما، بیشتر مناطق گرمسیری کشور را در بر می‌گیرد. بررسی مطالعات مختلف نشان داده

(عزیززاده، ۱۳۹۸، ۴۳). همانطور که در شکل ۱ نیز مشخص شده، شرایط ارتفاعی مناطق نخل خرما از ۰ تا ۱۸۶ متر ارتفاع شروع شده و تا ۱۱۰۴ متر ارتفاع از سطح دریا را در بر می‌گیرد. حداقل ارتفاع نخلستان‌ها به مناطق مجاور خلیج فارس و دریای عمان اختصاص دارد. هر چقدر به سمت مناطق داخلی فلات ایران و بیابان و کویری‌های داخلی پیشروی می‌شود، بر ارتفاع مناطق کشت نخل افزوده می‌شود به طوری که بیشترین ارتفاعات در مناطق استان فارس و خراسان جنوبی قرار دارد (عزیززاده، ۱۳۹۸؛ ۴۴).

که دمای کمینه قابل تحمل برای درخت خرما ۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در واقع مناطقی که میانگین دمای کمینه آنها کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد باشد، امکان رشد برای درخت خرما وجود ندارد. درختان خرما در مقابل سرما از خود مقاومتی نشان نمی‌دهند، بنابراین دمای زیستی پایه معیار اقلیمی مناسبی برای سنجش مناطق کشت درخت خرما محسوب می‌شود. از طرفی درخت خرما در مناطق مرتفع نیز قابلیت رشد و نمو را ندارد و حد ارتفاعی آن بایستی کمتر از ۱۲۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا باشد

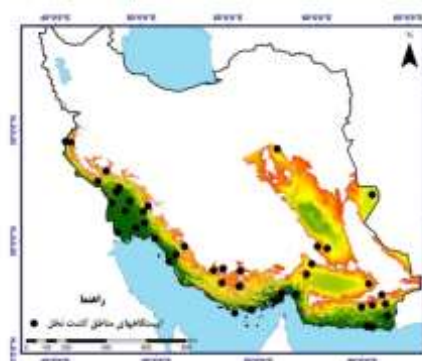


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و توزیع ارتفاعی مناطق کشت خرما

هواشناسی کشور تهیه و تنظیم شده است. قلمرو زمانی داده‌های تحقیق از بدو تاسیس ایستگاهها تا ۲۰۱۵ میلادی را شامل می‌شود. شکل ۲ پراکنش ایستگاههای هواشناسی مناطق کشت نخل خرما را نشان می‌دهد.

داده‌های تحقیق و روش بررسی

در این تحقیق از آمار و اطلاعات ایستگاههای هواشناسی عمده مناطق کشت نخل خرما در ایران که عمدتاً نیمه جنوبی کشور را پوشش می‌دهد، استفاده شده است. این آمار و اطلاعات در مقیاس زمانی روزانه و ماهانه از سازمان



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی ایستگاههای هواشناسی مناطق کشت درخت خرما در ایران

پیش‌نگری تغییر اقلیم آینده بر اساس مدل‌های CMIP5^۲ و سناریوهای جدید واداشت تابشی

در این تحقیق سناریوهای جدید تغییر اقلیم تحت عنوان سناریوهای واداشت تابشی RCP^۳، به‌عنوان گزارش پنجم و جدیدترین گزارش تغییر اقلیم پوشش داده‌شده است. دو سناریوی RCP8.5 و RCP4.5 به ترتیب با عنوان سناریوهای بدبینانه و حد واسط برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم منطقه در آینده مشخص گردید.

امروزه استفاده از پایگاه‌های داده ریزمقیاس شده جهانی حائز اهمیت می‌باشد. در این تحقیق از برون‌داد مدل‌های CMIP5 ارائه شده در پایگاه داده جهانی ریزمقیاس شده مارک سیم (MarkSimGCM) استفاده شد. هدف از انتخاب و پیشنهاد این مدل‌ها، براساس تفکیک و افق فضایی این مدل‌ها بوده است. این مدل‌ها در بین ۱۷ مدل CMIP5 ارائه شده در این پایگاه داده ریزمقیاس شده جهانی، از بهترین و مناسب‌ترین تفکیک مکانی برخوردار می‌باشند. فهرست مدل‌ها مورد مطالعه در این تحقیق در جدول ۱ مشخص شده است. علاوه بر تفکیک مکانی مناسب، سعی گردید مدلی انتخاب شود که از توانایی مناسب در پیش‌یابی‌ها و حداقل خطا در شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی بهره‌مند باشد. این پایگاه به عنوان یک پایگاه تحت وب، داده شبیه‌سازی شده دوره آینده را براساس ۱۷ مدل CMIP5 در چهار خط سیر سناریوهای واداشت تابشی، از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۹۵ ارائه می‌نماید. پایگاه مذکور به عنوان یک ابزار مبتنی بر وب، با استفاده از مدل تصادفی مرتبه سوم مارکوف داده‌های دمای کمینه و بیشینه، بارش و تابش آفتاب به روزانه ریزگردانی می‌کند (احمدی، ۱۳۹۶؛ احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). [۱۵]

برای بررسی روند تغییرات فراسنج‌های اقلیمی از آزمون ناپارامتری من - کندال استفاده شده است. برای اطلاعات بیشتر در مورد روش من - کندال به عزیززاده (۱۳۹۸) و احمدی (۱۳۹۶) مراجعه شود. با توجه به اهمیت دما به عنوان مهم‌ترین متغیر هواشناسی مؤثر بر رشد و نمو گیاهان بخصوص درختان نخل خرما، در این تحقیق مولفه‌های مرتبط با این فراسنج اقلیمی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. یکی از شاخص‌های اقلیم کشاورزی مؤثر در درختان خرما، بررسی انباشت گرمایی مناطق کشت نخل خرما براساس روش درجه روزهای مؤثر می‌باشد. در این راستا به منظور شناسایی میزان انباشت گرمایی مناطق کشت درختان خرما در ایران، تاریخ آخرین و اولین رخداد آستانه‌های دمایی (۱۰ درجه سانتیگراد به عنوان آستانه رویشی درختان خرما و ۱۸ درجه سانتیگراد به عنوان آستانه زایشی درختان خرما) براساس آمار دمای روزانه در دوره بلند مدت مشخص شد. در این راستا با شناسایی تاریخ اولین و آخرین زمان رخداد آستانه‌های مذکور از طریق دماهای کمینه، به صورت تجمعی میانگین دمای روزانه تا آستانه مذکور محاسبه شد. در ادامه نتایج انباشت گرمایی بعد از درونیابی در سطح مناطق کشت خرما در ایران، بر روی مدل رقومی ارتفاع پهنه بندی نهایی گردید.

$$GDD = \sum_i^N \left[\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right] - T_{BASE} \quad (۱)$$

در این معادله، GDD^۱ معرف درجه روز است که طی N روز جمع‌آوری شده است، Tmax بیشینه درجه حرارت روزانه، Tmin کمینه درجه حرارت روزانه و TBASE درجه حرارت پایه یا صفر فیزیولوژیکی گیاه و N تعداد روزها در یک زمان مشخص را نشان می‌دهد (احمدی، ۱۳۹۶).

با توجه به اینکه داده‌های اقلیمی به صورت نقطه‌ای اندازه‌گیری و ثبت می‌شود، برای پهنه‌بندی و توزیع فضایی در سطح مناطق کشت، از روش میان‌یابی کریجینگ استفاده گردید. برای مطالعه بیشتر از روش کریجینگ به (احمدی، ۱۳۹۶ و عزیززاده، ۱۳۹۸) مراجعه شود.

2 - Coupled model intercomparison project

3 Representative Concentration Pathway

جدول ۱- لیست مدل‌های CMIP5 مورد مطالعه

تفکیک فضایی	آژانس تهیه کننده مدل	کشور تهیه کننده مدل	نام مدل
2.8 deg x 2.8 deg	مرکز اقلیم چین- داده هواشناسی چین	چین	Bcc-csm1-1
1.1 deg x 1.1 deg	موسسه تحقیقات هواشناسی ژاپن	ژاپن	MRI-CGCM3
1.88 deg x 1.25 deg	مرکز مطالعات هواشناسی هندی	بریتانیا	HadGEM2-ES

روش وزن دهی برای اعتبارسنجی یا راستی‌آزمایی مدل-

های شبیه‌سازی کننده CMIP5

برای سنجش و اعتبارسنجی توانمندترین مدل‌ها از روش وزن دهی استفاده گردید. رابطه (۲) نحوه محاسبه این روش را نشان می‌دهد. در این تحقیق عدم قطعیت در شبیه‌سازی مدل‌های جفت شده جو- اقیانوسی به روش وزن‌دهی به برون‌داد هر مدل تحت سناریوهای واداشت تابشی داده شد. در این راستا، مقادیر شبیه سازی شده دوره آینده با مقدار مشاهده شده دوره پایه مقایسه گردید. میزان توانمندی هر مدل براساس وزنی که در این فرایند به دست می‌آورد مشخص می‌شود (باباییان و کوهی، ۱۳۹۱: ۹۵۶؛ احمدی، ۱۳۹۶).

$$W_{i,j} = \frac{1}{\Delta F_{i,j} \sum_{i=1}^n (1/\Delta I_{i,j})} \quad (2)$$

در رابطه فوق F متغیر هواشناسی مورد بررسی، ΔF اختلاف بین متغیر شبیه سازی شده تحت سناریوهای مختلف با مقدار مشاهداتی در دوره پایه و W وزن شبیه‌سازی های هر مدل گردش عمومی جو برای سناریوی مورد نظر می‌باشد. i و j به ترتیب نشان دهنده ماه و مدل گردش عمومی جو می‌باشد (باباییان و کوهی، ۱۳۹۱: ۹۵۶؛ احمدی، ۱۳۹۶: ۱۴۱). این رابطه بر روی مدل‌های مختلف در محیط اکسل به صورت برنامه مشخص گردید و براساس آن وزن مدل‌ها محاسبه گردید.

سنجش قلمرو بیوکلیمایی برای کشت نخل خرما در

شرایط تغییر اقلیم

از آنجایی جزو اهداف اصلی تحقیق حاضر سنجش پتانسیل‌های دیگر مناطق در شرایط تغییر اقلیم به عنوان مناطق جدید کشت درخت گرمسیری نخل خرما، لذا با در نظر گرفتن شرایط ارتفاعی برای رشد و نمو نخل خرما، مناطق مجاور با شرایط طبیعی نسبتاً مشابه برای مناطق نخل خرما در نیمه مرکزی و شمالی و شمال شرقی مشاهده و سپس اقدام به کنترل وضعیت دمایی این مناطق براساس ایستگاه‌های هواشناسی گردید. به طوری که ابتدا وضعیت اقلیمی در مناطق مجاور و مشابه از طریق آمار ایستگاه‌های هواشناسی براساس شرط دمای کمینه بالاتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد به عنوان دمای زیستی پایه، کنترل گردید و با در نظر گرفتن عامل ارتفاع مناطق مشابه به وضعیت نخل خرما در دوره پایه بررسی گردید.

نتایج

اعتبار سنجی مدل‌های پیش‌نگری کننده

نتایج اعتبار سنجی مدل‌ها براساس روش وزن دهی در جدول ۲ مشخص شده است. مدل‌های انتخابی در این تحقیق براساس تفکیک مکانی بهتری که نسبت به دیگر مدل‌های ۱۷ گانه CMIP5 ارائه شده در پایگاه داده MarkSimGCM انتخاب شده‌اند. نتایج نشان داد که مدل MRI.CGCM3 از وزن بالاتری نسبت به دیگر مدل‌ها برخوردار می‌باشد. بنابراین از آنجایی که این مدل از تفکیک مکانی بالاتری نسبت به دیگر مدل‌ها برخوردار می‌باشد، لذا نتایج شبیه سازی آن براساس سناریوهای RCP از انطباق بالاتری با داده‌های مشاهداتی برخوردار می‌باشد.

جدول ۲- نتایج اعتبار سنجی مدل‌های CMIP5 براساس روش وزن دهی

MRI.CGCM3	HadGEM2-ES	BCC-CSM1.1	
۰/۴۱	۰/۲۹	۰/۲۰	دمای کمینه
۰/۳۸	۰/۳۱	۰/۲۸	دمای بیشینه
۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۲۵	بارش

روند تغییرات پارامترهای اقلیمی موثر در دوره رشد و

نمو در مناطق کشت نخل خرما

نتایج روند تغییرات فراسنج‌های اقلیمی موثر در مناطق کشت نخل خرما در دوره پایه در جدول ۲ مشخص شده است. نتایج نشان داد که در تمام ایستگاه‌های مناطق کشت نخل خرما در دوره پایه برای پارامترها یا مولفه‌های دمایی (دمای کمینه، بیشینه و میانگین دمای هوا) روند افزایشی یا صعودی وجود دارد. این روند افزایشی در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ معنی‌دار بدست آمد. برای پارامتر بارش در بیشتر ایستگاه‌های مناطق کشت نخل خرما روند کاهشی وجود دارد. در بیش از نیمی از ایستگاه‌های مورد مطالعه، این روند کاهشی برای بارش سالانه در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار بدست آمد. در دیگر ایستگاه‌ها هر چند روند معنی‌دار مشاهده نشد، اما شیب کاهشی حائز اهمیت می‌باشد. برای پارامتر اقلیمی ساعات آفتابی در تمامی ایستگاه‌های مناطق کشت نخل خرما در ایران روند افزایشی معنی‌دار وجود دارد. این روند افزایشی در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ معنی‌دار مشاهده گردید. برای پارامتر روزهای داغ نیز روند افزایشی معنی‌داری در سطح مناطق کشت نخل خرما مشاهده گردید. این روند افزایشی در برای ۱۰ ایستگاه هواشناسی مورد مطالعه که جزو مناطق بسیار گرم نیز محسوب می‌شوند، در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار گردید. در دیگر ایستگاه‌ها روند افزایشی در

سطح ۰/۰۵ معنی‌دار مشاهده شد. در ایستگاه‌هایی که روند معنی‌دار نشده، اما مقدار شیب روند مثبت می‌باشد. بنابراین روند تغییرات افزایشی و کاهشی معنی‌دار در مناطق کشت نخل خرما در دوره پایه وجود دارد. نتایج تحلیل روند تغییرات فراسنج‌های اقلیمی نشان می‌دهد که در دوره پایه دمای هوا به عنوان یکی از مهم‌ترین فراسنج‌های اقلیمی از روند افزایشی برخوردار بوده و متناسب با دیگر مناطق کشور، مناطق گرمسیری کشت نخل خرما نیز با روند افزایشی دمای هوای مواجه بوده است. این روند افزایشی در ارتباط احتمالی با گرمایش جهانی می‌باشد. روند کاهشی بارش سالانه نشانه‌ای از کاهش بارش و افزایش دوره‌های خشکی و خشکسالی در این مناطق گرم از کشور می‌باشد، لذا برای این مناطق از کشور که جزو کم‌بارانترین نیز محسوب می‌شوند، مدیریت منابع آبی حائز اهمیت می‌باشد. روند افزایشی ساعات آفتابی نشان‌دهنده افزایش میزان تابش خورشیدی و به تبع آن افزایش خشکی محیط و همچنین افزایش تبخیر - تعرق می‌شود. روند افزایشی روزهای داغ در ماه‌های گرم، علاوه بر افزایش خشکی محیط و آفات و بیماری‌ها، می‌تواند فشار مضاعفی بر منابع آبی و همچنین نیاز به دفعات بیشتری آبیاری نخلستان‌ها را به وجود می‌آورد.

جدول ۲- نتایج روند تغییرات فراسنج‌های اقلیمی موثر در مناطق کشت خرما در ایران براساس روش من - کندال

نام ایستگاه	دمای کمینه	دمای بیشینه	میانگین دما	بارش	ساعات آفتابی	روزهای داغ
سرپل ذهاب	* ۲	* ۲	۱/۸۵	* -۲	* ۲/۲	* ۲
قصر شیرین	* ۲/۱	* ۲/۲	* -۱/۹۹	* -۱/۸۸	* ۳/۳	* ۲/۶
پل دختر	* ۱/۹۹	* ۲/۸	* ۱/۹۹	- ۱/۹۸	* ۱/۹۹	۱/۹۸
دزفول	* ۲	* ۲	* ۲	* -۱/۹۹	* ۲/۲	* ۲/۲
صفی‌آباد	* ۲/۱	* ۱/۹۹	* ۲/۱	- ۱/۹۸	* ۲/۳	* ۲/۲
اهواز	* ۲	* ۲/۱	* -۱/۹۹	* -۱/۸۸	* ۳/۳	* ۲/۶

۱/۹۸	*۱/۹۹	-۱/۹۸	*۱/۹۹	*۲/۳	*۲/۲	بندر ماهشهر
*۲/۲	*۲/۲	*-۱/۹۹	*۲	*۲/۱	*۲/۸	برازجان
۱/۹۸	*۱/۹۹	-۱/۹۸	*۱/۹۹	*۲	*۲	جهرم
*۲/۲	*۲/۲	*-۱/۹۹	*۲	*۲/۲	*۱/۹۹	جزیره قشم
*۲/۲	*۲/۳	-۱/۹۸	*۲/۱	*۲/۸	*۲/۱	حاجی آباد
*۲/۶	*۳/۳	*-۱/۸۸	*-۱/۹۹	*۲	*۲/۳	لارستان
۱/۹۸	*۱/۹۹	-۱/۹۸	*۱/۹۹	*۱/۹۹	*۲/۲	نیک شهر
*۲/۲	*۲/۲	*-۱/۹۹	*۲	*۲/۱	*۲/۲	کنارک
*۲/۲	*۲/۳	-۱/۹۸	*۲/۱	*۲/۳	*۲	قصرقند
*۲/۶	*۳/۳	*-۱/۸۸	*-۱/۹۹	*۲/۸	*۲/۲	چابهار
۱/۹۸	*۱/۹۹	-۱/۹۸	*۱/۹۹	*۲	*۱/۹۹	سرباز
۱/۹۸	*۱/۹۹	-۱/۹۸	*۱/۹۹	*۱/۹۹	*۲/۱	راسک
*۲/۲	*۲/۲	*-۱/۹۹	*۲	*۲/۱	*۲	کهنوج
*۲/۲	*۲/۳	-۱/۹۸	*۲/۱	*۲/۳	*۲/۴	دهلران
*۲/۶	*۳/۳	*-۱/۸۸	*-۱/۹۹	*۲/۲	*۲	بستان
۱/۹۸	*۱/۹۹	-۱/۹۸	*۱/۹۹	*۲/۲	*۲/۱	آبادان
*۲/۲	*۲/۲	*-۱/۹۹	*۲	*۱/۹۹	*۲	امیدیه
*۲/۲	*۲/۲	*-۱/۹۹	*۲	*۲/۱	*۲/۲	رامهرمز
*۲/۲	*۲/۳	-۱/۹۸	*۲/۱	*۲/۳	*۲	باغملک
*۲/۶	*۳/۳	*-۱/۸۸	*-۱/۹۹	*۲/۲	*۲/۲	آغاچاری
۱/۹۸	*۱/۹۹	-۱/۹۸	*۱/۹۹	*۱/۹۹	*۲/۴	بوشهر
۱/۹۸	*۱/۹۹	-۱/۹۸	*۱/۹۹	*۲/۱	*۲	کازرون
*۲/۲	*۲/۲	*-۱/۹۹	*۲	*۲/۳	*۲/۱	بندردیلم
*۲/۲	*۲/۳	-۱/۹۸	*۲/۱	*۲/۲	*۲	قیروکارزین
*۲/۲	*۲/۲	*-۱/۹۹	*۲	*۲/۱	*۲	خنج
*۲/۲	*۲/۳	-۱/۹۸	*۲/۱	*۲	*۲/۱	جزیره کیش
*۲/۶	*۳/۳	*-۱/۸۸	*-۱/۹۹	*۲	*۲/۳	بندرلنگه
۱/۹۸	*۱/۹۹	-۱/۹۸	*۱/۹۹	*۲/۱	*۲/۲	لار
*۲/۲	*۲/۲	*-۱/۹۹	*۲	*۲/۳	*۲	جیرفت
*۲/۲	*۲/۲	*-۱/۹۹	*۲	*۲/۲	*۲	میناب
*۲/۲	*۲/۳	-۱/۹۸	*۲/۱	*۲	*۲/۱	بندرعباس
*۲/۶	*۲/۶	*-۲	*۱/۹۹	*۲	*۲	فهرج
*۲/۱	*۲/۴	*-۲/۳	*۲	*۲/۱	*۲	بم
*۲/۲	*۳	*-۲/۴	*۱/۹۹	*۲	*۲/۱	طبس
*۳	*۳/۱	*-۲/۳	*۲/۳	*۲	*۲/۳	زابل
*۲/۹	*۳	*-۲	*۲/۴	*۲	*۲/۲	باهوکلالت
۱/۹۸	*۲/۲	*-۱/۹۹	*۲/۳	*۲/۱	*۲	کنارک
*۱/۹۹	*۲/۱	*-۱/۹۹	*۲	*۲/۳	*۲/۱	ایران‌شهر

* معنی داری در سطح ۰/۰۵ ** معنی داری در سطح ۰/۰۱

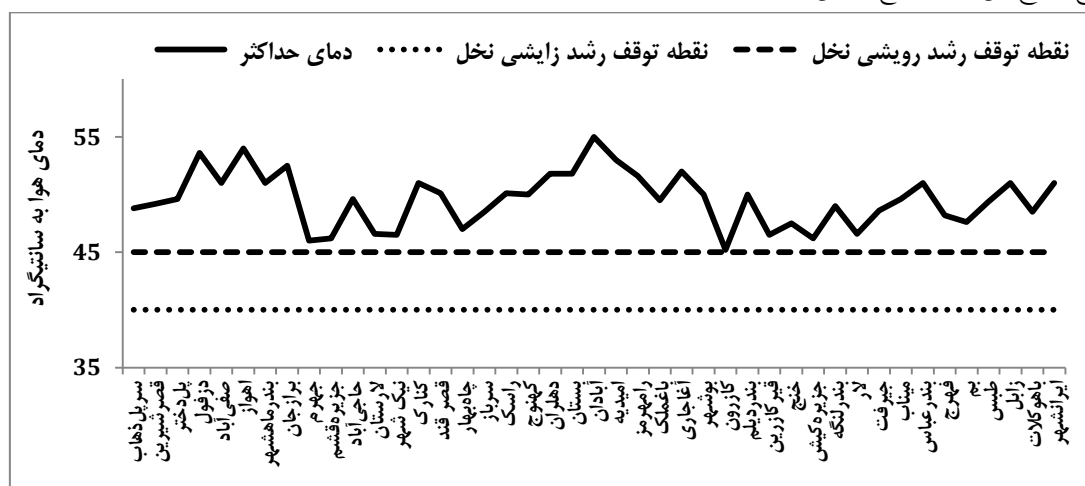
۴۱ درجه سانتیگراد تا ۵۴ درجه سانتی‌گراد رخ داده است. بالاترین دماها همچنان به نیمه غربی و مناطق مجاور ساحل با توجه به ارتفاع کمتر و دریافت ساعات تابش آفتاب بالاتر اختصاص دارد.

این شرایط نشان می‌دهد که وضعیت دمایی مناطق کشت نخل براساس آمار هواشناسی بالاتر از آستانه رویشی و زایشی قرار دارد. در واقع گرمایش دهه‌های اخیر در کره زمین و نمود آن در ایران می‌تواند تاثیر گذار باشد. تطبیق وضعیت دماهای بیشینه ایستگاههای هواشناسی مناطق کشت نخل خرما با آستانه رویشی و زایشی قابل تحمل نخل خرما، نشان داد که وضعیت دمایی مناطق کشت نخل بیشتر از آستانه‌های رویشی و زایشی قابل تحمل برای درختان نخل خرما بوده است. این شرایط می‌تواند گرم شدن دهه‌های اخیر در مناطق نخل خرما در دوره پایه را تداعی نماید. هر چند درختان نخل خرما به دلیل شرایط فیزیولوژیکی از سازگاری بالایی با دماهای گرم برخوردار می‌باشند، اما این نتایج نشان می‌دهد که از طرفی دمای هوا در مناطق نخل خرما افزایش یافته و همچنین لزوم توجه به ملاحظات اقلیمی و دمایی در مناطق نخل خرما حائز اهمیت می‌باشد. به طور کلی می‌توان بیان نمود که مقدار دمای هوا در مناطق کشت نخل خرما براساس آستانه‌های رویشی و زایشی در دوره پایه و دهه‌های اخیر افزایش یافته است.

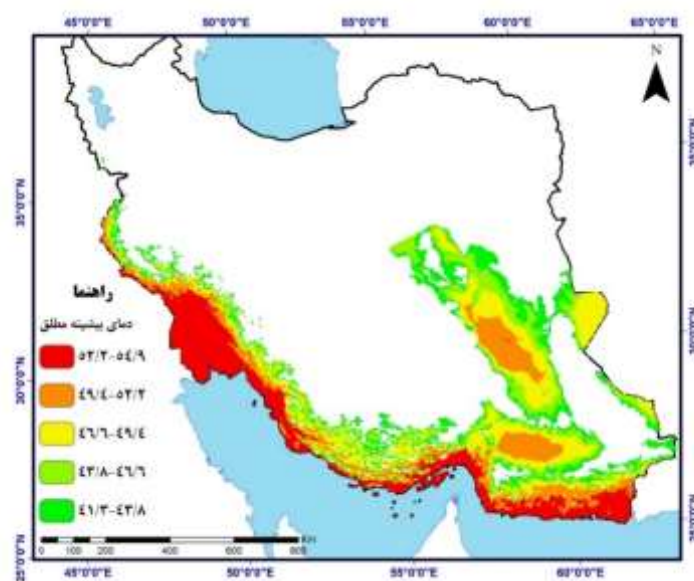
بررسی واکنش نخل خرما به درجه حرارت از طریق آستانه‌های دمایی یا نقاط توقف رشد رویشی و زایشی در دوره پایه

درختان نخل خرما به عنوان درختان مناطق گرمسیری، برای رشد رویشی و زایشی خود از آستانه‌های دمایی خاصی برخوردار می‌باشند. در این راستا آستانه دمایی ۴۰ درجه سانتیگراد به عنوان نقطه رشد رویشی و آستانه ۴۵ درجه سانتیگراد به عنوان نقطه رشد زایشی نخل خرما در نظر گرفته شده است. واکنش مناطق کشت نخل خرما براساس دماهای بیشینه ایستگاههای هواشناسی به این آستانه‌های دمایی در شکل ۴ مشخص شده است. نتایج نشان داد که در آستانه رویشی (۴۰ درجه سانتیگراد) تمامی ایستگاه‌های مناطق کشت نخل از وضعیت دمایی بالاتر از این آستانه برخوردار می‌باشند. در آستانه رشد زایشی (۴۵ درجه سانتیگراد)، تمامی ایستگاه‌ها از نظر اقلیمی از حد این آستانه دمایی بالاتر قرار گرفته‌اند. در هر دو آستانه مورد مطالعه، وضعیت دمایی ایستگاه کازرون پایین‌تر از حد آستانه‌های رویشی و زایشی واقع شده است.

توزیع مکانی دمای بیشینه مطلق قلمرو کشت نخل خرما در شکل ۵ مشخص شده است. نتایج نشان می‌دهد که بالاترین دماهای بیشینه مطلق در مناطق کم ارتفاع مجاور دریا و کمترین دماهای بیشینه نیز در مناطق عرض‌های بالا و نسبتاً مرتفع‌تر رخ می‌دهد. توزیع مکانی دماهای بیشینه مطلق از



شکل ۴- واکنش مناطق کشت نخل خرما به درجه حرارت از طریق آستانه‌های دمایی یا نقاط توقف رشد رویشی و زایشی



شکل ۵- توزیع مکانی دماهای بیشینه مطلق مناطق کشت نخل خرما براساس آمار واقعی دوره پایه

مقدار دمای کمینه به طور متوسط در مناطق کشت نخل تا ۲/۹ و ۴/۴ درجه سانتیگراد نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. همانطور که برای ایستگاه‌های منتخب مشخص شده، میانگین دمای ماهانه در تمام ماههای سال نسبت به دوره پایه از افزایش قابل توجهی برخوردار می‌باشد. براساس سناریوی RCP4.5 برای دوره های مورد مطالعه دوره آینده به ترتیب ۱/۹ و ۲/۴ درجه سانتیگراد، مقدار دمای کمینه افزایش خواهد یافت. بنابراین براساس هر دو سناریوی RCP مورد مطالعه، مقدار دمای کمینه دوره آینده در دوره پایه براساس شبیه سازی مدل‌های CMIP5 در قلمرو مکانی کشت نخل خرما در ایران افزایش خواهد یافت.

مقایسه نموداری دمای بیشینه دوره آینده با دوره پایه براساس سناریوهای RCP در قلمرو مکانی نخل خرما در شکل ۷ تا برای ایستگاه‌های منتخب مشخص شده است. نتایج نشان می‌دهد که در دوره (۲۰۲۰-۲۰۵۰) و (۲۰۸۱-۲۰۵۱) براساس سناریوی RCP8.5 مقدار دمای هوا ۲ و ۳/۹ درجه سانتیگراد افزایش خواهد یافت. براساس سناریوی RCP4.5 برای دوره مورد مطالعه در آینده، ۱ و ۲/۹ درجه سانتیگراد بر مقدار دمای بیشینه هوا افزوده خواهد شد. بنابراین با توجه به پیش‌نگری‌ها برای دمای بیشینه هوا، مقدار این پارامتر اقلیمی در دوره آینده نسبت

پیش‌نگری تغییرات آب و هوایی قلمرو مکانی کشت

نخل خرما براساس سناریوهای RCP

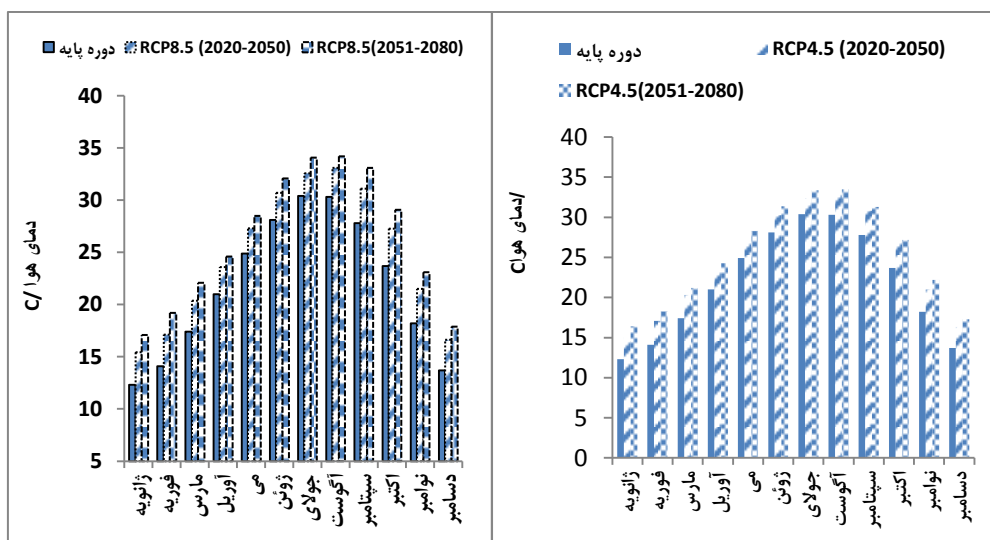
یکی از نمودهای تغییر اقلیم از طریق تغییرات دمای هوا و بارش در هر منطقه آشکار می‌گردد. در این راستا در خط سیرهای واداشتی مختلف داده دوره آینده برای دمای هوا و بارش در قلمرو مکانی کشت درخت خرما در ایران به صورت مقایسه نموداری دوره آینده با دوره گذشته و ارزیابی میانگین‌های دوره گذشته و آینده بررسی گردید. با توجه به یکسان بودن شرایط توپوگرافیکی و اقلیمی مناطق کشت نخل خرما در ایران، این شرایط بر روی ایستگاه‌های منتخب در مناطق مختلف نمایش داده شده است.

پیش‌نگری تغییرات دمای کمینه و بیشینه مناطق کشت

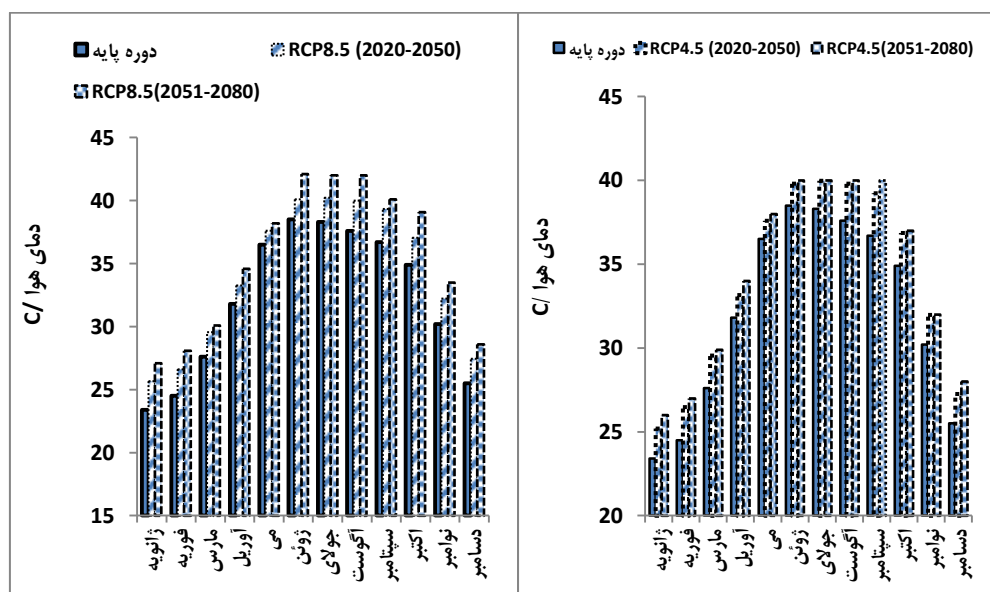
خرما

مقایسه نموداری دمای دوره آینده تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 برای ایستگاه‌های منتخب مناطق کشت نخل خرما در ایران در شکل ۶ مشخص شده است. نتایج نشان داد که در تمامی ایستگاه‌ها مقدار دمای کمینه در دوره آینده به صورت داده شبیه سازی شده، نسبت به دمای دوره پایه افزایش خواهد یافت. این شرایط تحت سناریوی RCP8.5 بیشتر از سناریوی RCP4.5 مشاهده می‌شود. در دوره (۲۰۲۰-۲۰۵۰) و (۲۰۸۱-۲۰۵۱) در سناریوی بدبینانه

دوره پایه در مناطق کشت نخل خرما افزایش خواهد یافت. مشاهده می‌شود. این شرایط در دهه‌های انتهای قرن بیست و یکم بیشتر



شکل ۶- پیش‌نگری دمای کمینه ایستگاه بندرعباس در خط سیر واداشتی RCP4.5 و RCP8.5



شکل ۷- پیش‌نگری دمای بیشینه ایستگاه آبادان در خط سیر واداشتی RCP4.5 و RCP8.5

گونه تغییر در وضعیت این واحد گرمایی بر فصل رشد و تغییر فازهای فنولوژیکی تاثیر می‌گذارد. آستانه ۱۰ درجه سانتیگراد (مبنای دمای زیستی درختان نخل خرما)

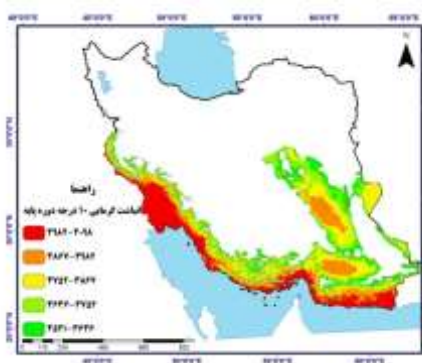
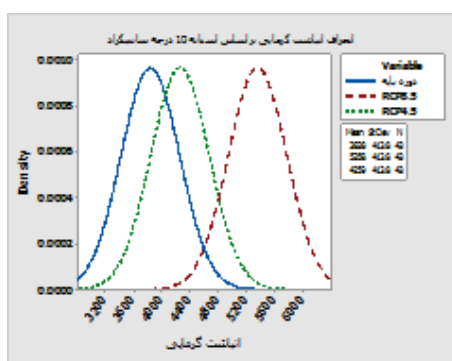
بررسی‌ها نشان داد که درختان گرمسیری نخل خرما در مناطق با دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد قادر به رشد و نمو نیستند. دمای ۱۰ درجه سانتیگراد به عنوان دمای پایه

تغییر انباشت گرمایی براساس درجه روزهای موثر در مناطق کشت نخل خرما در دوره آینده نسبت به دوره پایه بررسی‌ها نشان داده که تغییرات آب و هوایی از طریق افزایش دمای هوا و مولفه‌های وابسته به آن بیشتر خودنمایی خواهد کرد. هر گونه گیاهی و درختی برای تکمیل مراحل رشد و نمو و آغاز فعالیت زیستی خود، نیاز به انباشت و تجمع واحدها گرمایی یا درجه روزهای خاصی دارد. هر

نخل خرما دچار انحراف شده و در دوره آینده با تجمع واحدهای گرمایی بالاتری خودنمایی خواهد کرد. در واقع مناطق کشت نخل خرما به افزایش گرمای محیط به صورت انباشت گرمای بیشتر واکنش نشان خواهند داد. این شرایط در طول فصل رشد و افزایش تبخیر - تعرق محیط به واسطه افزایش دمای هوا نقش خواهد داشت.

توزیع مکانی انباشت گرمایی در دوره پایه در شکل ۸ مشخص شده است. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار انباشت گرمایی متناسب با شرایط اقلیمی و درجه گرمسیری بودن منطقه، به نواحی مجاور دریا بخصوص استان‌های خوزستان، نیمه جنوبی بوشهر و هرمزگان و سیستان و بلوچستان اختصاص دارد. از شمال به جنوب منطقه بتدریج به مقدار انباشت گرمایی افزوده می‌شود. کمترین میزان انباشت گرمایی در مناطق نخل خرما به مناطق مرتفع در عرض‌های بالاتر در حاشیه نواحی داخلی ایران فلات ایران اختصاص دارد. در این مناطق براساس داده‌های واقعی مقدار انباشت گرمایی در آستانه ۱۰ درجه سانتی گراد به عنوان آستانه زیستی نخل خرما از ۳۵۲۱ تا ۴۰۹۸ درجه روز فعال در متغیر می‌باشد.

زیستی برای درختان گرمسیری نخل خرما مشخص شده است. نتایج انحراف انباشت گرمایی مناطق نخل خرما از این آستانه زیستی در شکل ۸ مشخص شده است. همانطور که مشخص شده مقدار انباشت گرمایی مناطق کشت نخل خرما در دوره آینده تحت شرایط سناریوهای RCP8.5 و RCP4.5 نسبت به دوره پایه دچار انحراف شده است. فاصله و انحراف براساس سناریوی RCP8.5 بیشتر از RCP4.5 مشاهده می‌شود. در واقع مقدار انباشت گرمایی براساس آستانه زیستی درختان نخل خرما در دوره آینده نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. همانطور که در شکل ۸ مشخص شده، اوج منحنی انباشت گرمایی در مناطق نخل خرما در دوره پایه ۳۶۰۰ تا ۴۰۰۰ درجه روز فعال بوده که منحنی آبی رنگ انرا نمایش می‌دهد، در حالیکه براساس سناریوی RCP4.5 که منحنی سبز رنگ انرا نمایش می‌دهد مقدار انباشت گرمایی به ۴۴۰۰ درجه روز فعال و براساس RCP8.5 در منحنی قهوه ای رنگ تا ۵۶۰۰ درجه روز فعال افزایش پیدا کرده است. بنابراین انباشت گرمایی مناطق کشت نخل خرما در دوره پایه در آستانه زیستی ۱۰ درجه سانتیگراد به عنوان آستانه زیستی و پایه



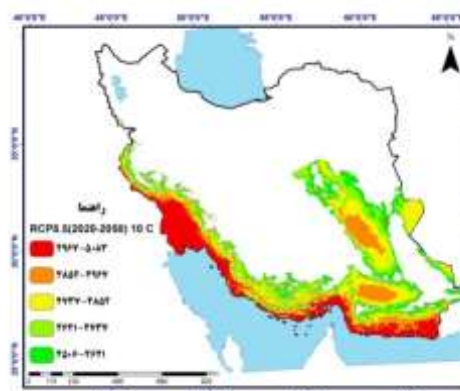
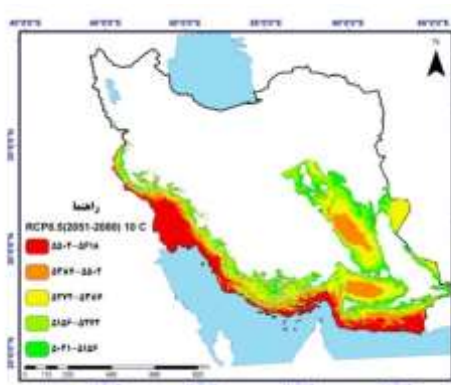
شکل ۸- انحراف انباشت گرمایی مناطق کشت درختان خرما در آستانه رویشی ۱۰ درجه سانتیگراد در دوره آینده نسبت به دوره پایه براساس سناریوهای RCP8.5 و RCP4.5 در شکل سمت راست و توزیع مکانی انباشت گرمایی در دوره پایه

بدبینانه در دوره آینده مورد مطالعه، مقدار انباشت گرمایی بتدریج تا دهه‌های انتهایی آینده افزایش خواهد یافت. از نظر مکانی بیشترین انباشت گرمایی متناسب با شرایط جغرافیایی به نواحی مجاور دریا در استانهای گرمسیری

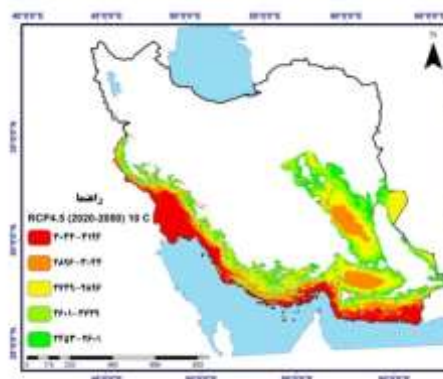
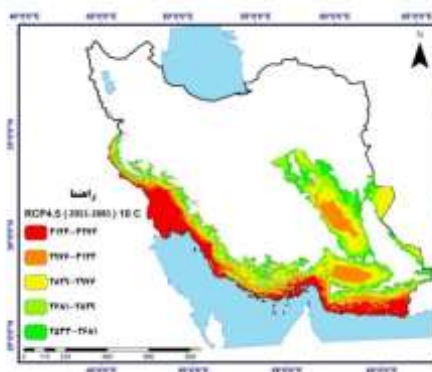
توزیع مکانی انباشت گرمایی مناطق نخل خرما در دوره آینده براساس سناریوی RCP8.5 برای دوره (۲۰۵۰-۲۰۲۰) و (۲۰۸۱-۲۰۵۱) در شکل ۹ مشخص شده است. نتایج نشان داد که در دوره آینده تحت شرایط سناریوی

نتایج نشان داد که در این سناریو نیز مقدار انباشت گرمایی نسبت به دوره پایه افزایش خواهد اما نسبت به سناریوی بدبینانه، با افزایش گرمایی کمتری همراه خواهد بود. براساس نتایج بدست آمده در این سناریو در دوره (۲۰۵۰-۲۰۲۰) به ترتیب به طور متوسط در مناطق کشت نخل ۳۲۱ و ۴۲۰ درجه روز بر میزان انباشت گرمایی افزوده خواهد شد.

جنوبی از غرب به شرق قرار دارد. از عرض‌های جنوبی به سمت نواحی مرتفع‌تر در عرض‌های در نواحی غربی، شرقی و مرکزی، مقدار انباشت گرمایی کمتر از نواحی جنوبی تر و مجاور دریا مشاهده می‌شود. بررسی‌ها نشان داد که تحت شرایط این سناریو در دوره (۲۰۵۰-۲۰۲۰) و (۲۰۸۱-۲۰۵۱) مقدار انباشت گرمایی به طور متوسط در مناطق نخل خرما ۹۰۰ و ۱۵۰۰ درجه روز افزایش خواهد یافت. توزیع مکانی انباشت گرمای در این آستانه زیستی براساس شرایط سناریوی RCP4.5 در شکل ۱۰ مشخص شده است.



شکل ۹- توزیع مکانی تغییرات انباشت گرمایی مناطق کشت درخت نخل در آستانه رویشی ۱۰ درجه سانتیگراد در دوره (۲۰۵۰-۲۰۲۰) و (۲۰۸۱-۲۰۵۱) نسبت به دوره پایه براساس سناریوی RCP8.5



شکل ۱۰- توزیع مکانی تغییرات انباشت گرمایی مناطق کشت درخت نخل در آستانه رویشی ۱۰ درجه سانتیگراد در دوره آینده (۲۰۵۰-۲۰۲۰) و (۲۰۸۱-۲۰۵۱) نسبت به دوره پایه براساس سناریوی RCP4.5

است. نتایج نشان داد که در مناطق مجاور کشت نخل خرما در عرض‌های بالاتر از مناطق مرکزی و شرقی فلات ایران، مقدار دمای کمینه براساس آمار و داده‌های واقعی مشاهده ای، از ۱۲/۶ تا ۱۴/۵ درجه سانتیگراد متناسب با شرایط

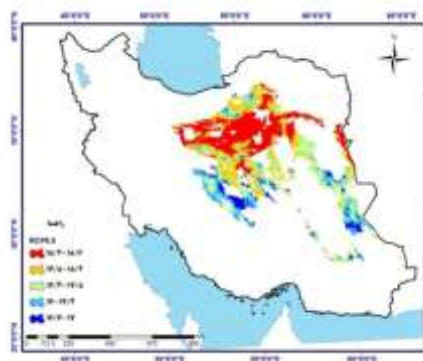
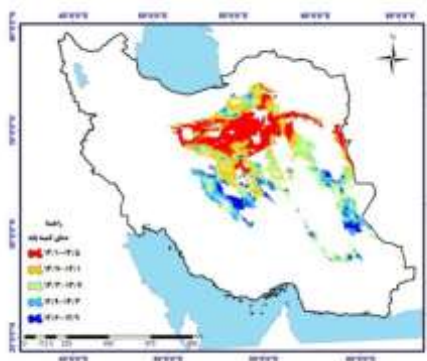
تغییرات محدوده کشت نخل خرما براساس شرایط اقلیمی در دوره آینده نسبت به دوره پایه نتایج وضعیت دمای کمینه در مناطق مجاور و نزدیک به مناطق نخل خرما در دوره پایه در شکل ۱۱ مشخص شده

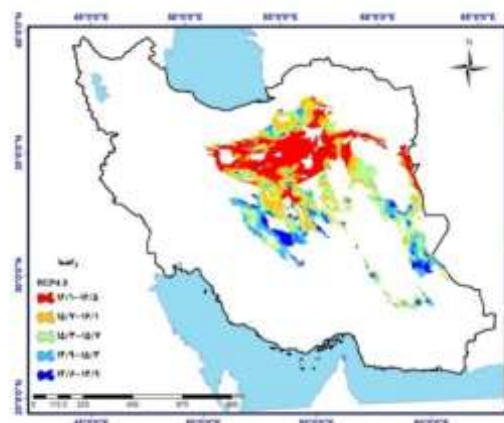
که مناطق مجاور کشت نخل خرما که از نظر جغرافیایی از شرایط نسبتاً همسانی بخصوص از نظر ارتفاعی برخوردار بوده، از شرایط دمایی کمینه بالاتری برخوردار بوده که این شرایط دمای کمینه برای درختان خرما فرصت مناسبی پیش خواهد آورد. همانطور که در شکل ۱۱ مشخص شده از نظر توزیع مکانی گرمترین دماها در مناطق پست و کم ارتفاع در دشت کویر و خنک‌ترین مناطق نیز در مناطق مرتفع مانند مناطق خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان و کرمان و یزد رخ خواهد داد.

بنابراین براساس خط سیرهای واداشت تابشی مورد مطالعه، مورد مطالعه شرایط میانگین دمای کمینه برای کشت نخل در عرض‌های بالاتر و مجاور مناطق کشت نخل وجود دارد. در واقع در اثر تغییر اقلیم در دوره آینده، مناطق مجاور و عرض‌های با شرایط طبیعی مناسب برای توسعه کشت نخل، از پتانسیل دمایی لازم براساس فراسنج دمای کمینه و داده پیش‌نگری شده برخوردار می‌باشد. تغییر اقلیم با افزایش دمای هوا در مناطق عرض‌های بالا زمینه توسعه کشت نخل در آینده برای آن مناطق را برای درخت گرمسیری نخل خرما فراهم خواهد کرد.

جغرافیایی در نوسان می‌باشد. همانطور که مشخص شده است، بیشترین دماها در طبقه دمایی $14/5 - 14/1$ درجه سانتیگراد، در مناطق دشت کویر و حاشیه آن در استان سمنان و غرب و جنوب غربی خراسان رضوی رخ داده است. کمترین دماها متناسب با شرایط ارتفاعی و توپوگرافیکی در مناطق مرتفع‌تر در استان‌های کرمان، یزد و خراسان جنوبی و سیستان و بلوچستان رخ می‌دهد. بنابراین شرایط میانگین دمای کمینه این مناطق در عرض‌های بالاتر پتانسیل دمایی و شرایط نزدیکی به مناطق کشت نخل خرما در دوره پایه دارد.

نتایج وضعیت میانگین دمای کمینه مناطق مجاور و نزدیک کشت نخل در ایران براساس سناریوی RCP8.5 به صورت داده پیش‌نگری شده در شکل ۱۱ مشخص شده است. نتایج نشان داد که براساس سازوکار سناریوی بدبینانه، مناطق مجاور کشت نخل در مناطق داخلی و شرقی فلات ایران، میانگین دمای کمینه از $16/7$ تا $18/6$ درجه سانتیگراد تغییر و انحراف پیدا خواهد کرد. گرمترین مناطق در نواحی مرکزی و حاشیه کویر شمالی یا دشت کویر به $18/6 - 18/2$ درجه سانتیگراد تغییر خواهد کرد. این شرایط نشان می‌دهد





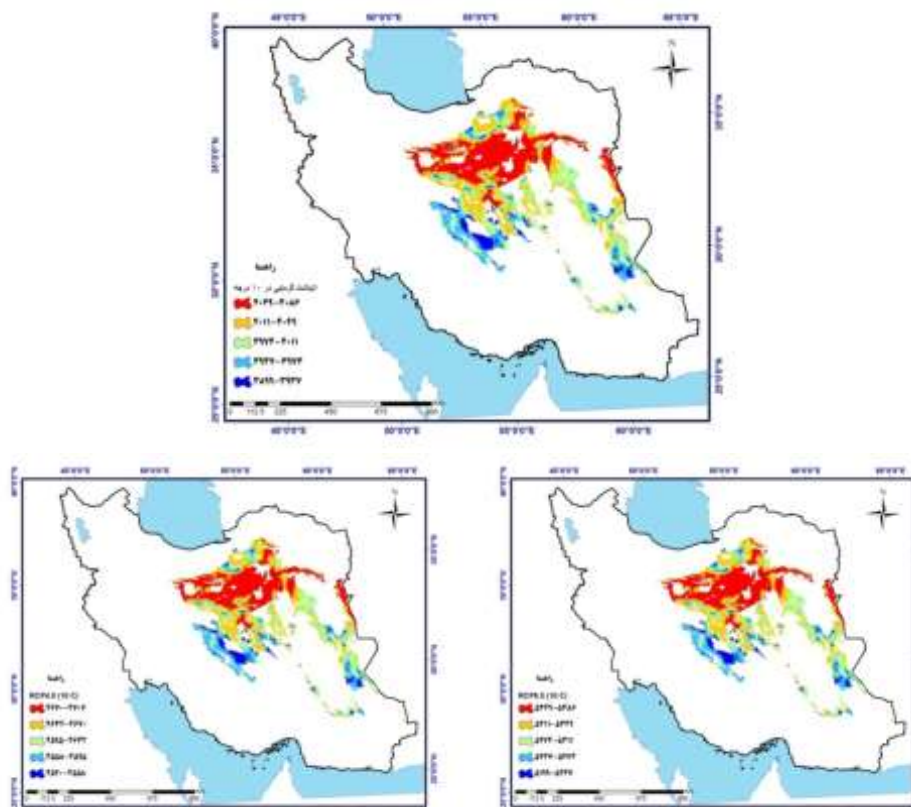
شکل ۱۱- وضعیت میانگین دمای کمینه مناطق همجوار کشت نخل خرما براساس داده‌های مشاهداتی و داده پیش‌نگری شده برای آینده براساس سناریوی RCP8.5

تغییرات انباشت گرمایی در مناطق مجاور کشت نخل در دوره آینده

در ابتدا وضعیت انباشت گرمایی مناطق مجاور و همسان با مناطق کشت نخل خرما در مناطق مرکزی و عرض‌های بالاتر فلات ایران در دوره پایه براساس آمار مشاهداتی در شکل ۱۲ مشخص شده است. نتایج نشان داد که این مناطق از کشور، ۳۸۹۹ تا ۴۰۸۶ درجه روز را در خود دارا می‌باشند. این مقدار انباشت گرمایی در بالاترین مقدار مربوط به مناطق کم ارتفاع و کمترین میزان نسبت به دیگر مناطق مجاور به مناطق مرتفع اختصاص دارد. بنابراین در این مناطق عامل ارتفاع نیز در تفاوت و توزیع مکانی انباشت گرمایی در آستانه زیستی نقش بارزی ایفا می‌کند. همانطور که مشخص شده، مناطق مجاور و همسان به مناطق کشت نخل در مناطق مرکزی و عرض‌های بالاتر، با توجه به شرایط جغرافیایی و اقلیمی، از پتانسیل گرمایی نسبتاً مناسبی برخوردار می‌باشد.

در ادامه وضعیت انباشت گرمایی این مناطق براساس آستانه زیستی ۱۰ درجه سانتی‌گراد برای نخل خرما براساس سناریوهای RCP8.5 و RCP4.5 و داده‌های پیش‌نگری شده در شکل ۱۲ مشخص شده است. نتایج نشان داد که در

الگوی سناریوی RCP8.5 مقدار انباشت گرمایی در مناطق مجاور و نزدیک به مناطق کشت نخل، تا بیش از ۵۰۰۰ درجه روز افزایش خواهد یافت. همانطور که مشخص شده تا افق ۲۰۸۱ میلادی براساس این سناریو انباشت گرمایی از ۵۱۹۹ تا ۵۳۸۶ درجه روز متناسب با شرایط جغرافیایی و ارتفاعی تغییر و افزایش خواهد یافت. براساس سناریوی RCP4.5 مقدار انباشت گرمایی از ۴۵۲۰ تا ۴۷۰۷ درجه روز تغییر و افزایش خواهد یافت. با توجه به نتایج بدست آمده در خط سیرهای واداشتی بدینانه و حد وسط میزان انباشت گرمایی در آستانه زیستی درختان خرما در مناطق همسان و مجاور با کشت نخل خرما افزایش خواهد یافت. میزان افزایش انباشت گرمایی به تبع در خط سیر واداشتی بدینانه با RCP8.5 بیشتر مشاهده می‌شود. در واقع براساس هر دو سناریو مقدار انباشت گرمایی در دوره آینده نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. از نظر توزیع مکانی، در دوره آینده نیز به مانند دوره پایه، مقدار انباشت گرمایی با تبعیت از عامل ارتفاع از سطح دریا، در بالاترین وضعیت در مناطق پست دشت کویر و حاشیه کویر و پایین‌ترین وضعیت نیز در نواحی مرتفع رخ خواهد داد.



شکل ۱۲- وضعیت انباشت گرمایی براساس آستانه زیستی نخل خرما (۱۰ درجه سانتیگراد) در مناطق همجوار کشت نخل خرما براساس داده‌های مشاهداتی و براساس داده پیش‌نگری شده برای دوره آینده

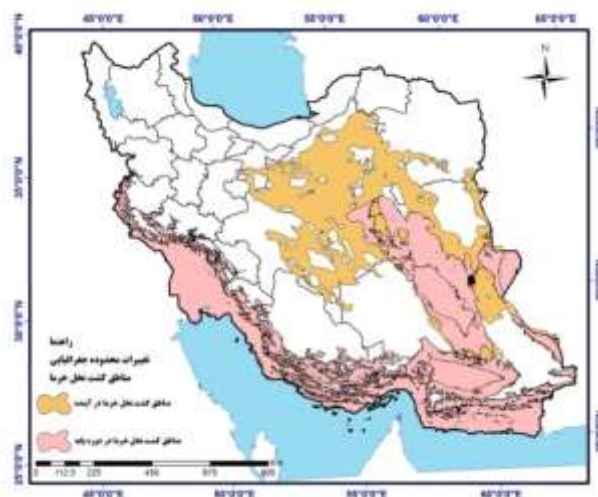
جهت توسعه محدوده کشت و اشیان اکولوژیک آنها حائز اهمیت می‌باشد.

در راستای شناخت جغرافیایی و فضایی از مناطق جدید برای کشت نخل خرما، براساس لایه‌های رقومی موجود در کشور از جمله لایه رقومی مرز استانها، شهرستان‌ها و موقعیت سکونتگاههای روستایی کشور در محیط نرم افزار ArcGIS10/2 و ابزارهای تحلیل مکانی، مشخصات جغرافیایی و فضایی مناطق با پتانسیل اقلیمی توسعه کشت نخل خرما تحت شرایط تغییر اقلیم در شکل ۱۳ مشخص گردید. نتایج نشان داد که این مناطق در محدوده سرزمینی استانهای (یزد، اصفهان، کرمان، سیستان و بلوچستان، خراسان جنوبی، خراسان رضوی، سمنان، تهران و قم) را در بر خواهد گرفت (جدول ۳). همچنین این محدوده جغرافیایی به عنوان مناطق جدید برای توسعه درختان گرمسیری نخل خرما در ایران، ۳۹۱۳۴۴۱/۹ هکتار معادل ۳۹۱۳۴۴۱/۹ کیلومتر مربع از مساحت کشور را شامل می-

با توجه به بررسی فراسنجهای اقلیمی موثر، محدوده جغرافیایی مناطق کشت نخل با قابلیت اقلیمی رشد و نمو در جوار مناطق کشت نخل در دوره گذشته برای دوره آینده تحت شرایط تغییر اقلیم در شکل ۱۳ مشخص شده است. همانطور که مشخص شده است، مناطق مجاور کشت نخل در دوره آینده از نظر اقلیمی و جغرافیایی از پتانسیل و همسانی نسبتاً بالایی با مناطق کشت نخل در نیمه جنوبی کشور برخوردار می‌باشند. در واقع گرمایش جهانی و تغییر اقلیم احتمالی دوره آینده با توجه به افزایش و انباشت گرمایی، زمینه توسعه مناطق جدید کشت نخل در نواحی مرکزی و شرقی ایران خواهد شد. به بیان دیگر، تغییر اقلیم برای درختان گرمسیری مانند نخل خرما فرصت توسعه مناطق بیشتر برای رشد و نمو را فراهم می‌سازد. از آنجایی که تغییر اقلیم را با افزایش دمای هوا می‌شناسیم، بنابراین این افزایش و انباشت دمای هوا برای درختان گرمسیری در

نشان می‌دهند که در مرکز کویر شمالی و مرکزی شرایط سکونت و کشت تا حال حاضر وجود ندارد. بررسی‌ها نشان داده که درختان نخل خرما شرایط شوری مناطق شوره زار که در سطح بالایی قرار دارد را نمی‌توانند تحمل کنند و امکان جوانه زنی در خاک شود برای این درخت وجود ندارد.

شود. نتایج نشان داد که در محدوده جغرافیایی نخل خرما در دوره آینده، ۵۸۷۲ سکونتگاه روستایی قرار می‌گیرد (شکل ۱۳). همانطور که در شکل ۱۳ مشخص شده است، بخش اعظمی از مناطق کشت نخل از نظر جغرافیایی در مناطق کویری و شوره زار قرار دارد که عمدتاً مناطق مرکزی دشت کویر یا کویر شمالی در نیمه جنوبی استان سمنان را شامل می‌شود. پراکنش سکونتگاه‌های روستایی به سادگی



شکل ۱۳- محدوده کشت نخل خرما در دوره آینده براساس برونداد سناریوهای RCP و داده‌های پیش‌نگری شده مدل MRI-CGCM3

جدول ۳- اسامی استان‌ها و شهرستان‌های مناطق کشت نخل خرما برای دوره آینده

استان	شهرستان
یزد	ابركوه، مهریز، تفت، اردكان، ميبدا، صدوق، بافق
اصفهان	آران و بیدگل، کاشان، اردستان، نائین، خورویبابانک، نطنز، برخوار، اصفهان، میمه، شهرضا
کرمان	راور، زرنند، رفسنجان، شهر بابک
سیستان و بلوچستان	زاهدان، زابل، سراوان
خراسان جنوبی	فردوس، سر پيشه، بیرجند، نهبندان، بشرویه، شرق قائنات
خراسان رضوی	شرق خواف، جنوب رشتخوار، شمال گناباد، خلیل آباد، بردسکن، جنوب و غرب سبزوار
سمنان	شاهرود، میامی، دامغان، سمنان، گرمسار، آرادان، خورویبابانک
تهران	ری، ورامین، پاکدشت
قم	شرق قم
مساحت	(۳۹۱۳۴۴۱۹۰ هکتار) معادل (۳۹۱۳۴۴۱/۹ کیلومتر مربع)

آمایش جدید در کشور، براساس پالایش‌های اقلیمی، مناطق کویری و بیابانی فلات ایران پتانسیل اقلیمی لازم برای کشت درختان خرما را دارا می‌باشند. تغییر برنامه‌های راهبردی در جهت توسعه این محصول ارزشمند در این

بنابراین در کنار پالایش اقلیمی این مناطق که برای درختان خرما مناسب قلمداد می‌شود، بخش‌هایی از مرکز دشت کویر به دلیل شوری بالا برای درختان خرما مناسب نخواهد بود. بطور کلی با توجه به افق چشم انداز توسعه کشور و سند

نواحی و استفاده بهینه از تمام منابع در جهت توسعه پایدار کشور حائز اهمیت می‌باشد.

بحث

به طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که: درک و شناخت از تغییرات آب و هوایی چون در بقا انسان نقش دارد، حائز اهمیت است. بررسی‌ها نشان داد که تغییرات آب و هوایی همواره کانون مطالعات مختلف بوده است. روند فزاینده معنی‌داری در فراسنج‌های اقلیمی در دوره گذشته تا حاضر حاضر وجود دارد. مناطق گرمسیری ایران به عنوان مناطق کشت و پزورش نخل خرما و دیگر گیاهان گرمسیری، روند افزایشی در مولفه‌های دمایی و کاهشی برای بارش را تجربه کرده‌اند. تحلیل روند نشان داد که در مناطق کشت نخل خرما دمای هوا و پارامترهای وابسته به آن مانند روزهای داغ و انباشت گرمایی، در حال افزایش می‌باشد. ارزیابی نقاط یا آستانه زیستی و رویشی درختان خرما نشان داد که براساس داده‌های واقعی، وضعیت انباشت گرمایی در مناطق گرمسیری جنوب برای درخت نخل در حد بالایی وجود دارد. همچنین روند افزایشی این مولفه اگر و کلیمایی برای درختان نخل خرما، تداعی کننده افزایش واحدهای حرارتی در اثر گرمایش جهانی احتمالی در دهه‌های اخیر بوده است. بنابراین این نتایج دلیل محکمی بر اثرات گرمایش جهانی بر کشور ایران و مناطق گرمسیری براساس داده‌های واقعی محسوب می‌شود. بررسی برون‌داد مدل‌های CMIP5 نشان داد که مدل MRI.CGCM3 انطباق بالاتری با داده‌های مشاهداتی مناطق کشت نخل در ایران برخوردار می‌باشد. بررسی الگو و خط سیر سناریوهای واداشت تابشی نشان داد که در میزان دمای هوا در دوره آینده تا افق ۲۰۸۱ میلادی، ۴/۲ و ۲/۴ درجه سانتیگراد افزایش خواهد یافت. افزایش دمای دوره آینده موجب تغییرات فراسنج‌های اقلیمی دمای کمینه و بیشینه در مناطق کشت نخل خواهد شد. متناسب با افزایش دمای هوا، انباشت گرمایی در مناطق کشت نخل با افزایش چشمگیری مواجه خواهد شد. در اثر افزایش دمای هوا میزان تبخیر - تعرق مرجع در دوره پایه و آینده افزایش خواهد یافت. این شرایط تنش خشکی این مناطق که جزو مناطق کم بارش کشور نیز محسوب می‌شوند، را تشدید می‌کند. افزایش

دمای هوا و انباشت گرمایی بالاتر در عرض‌های بالا و مناطق مجاور و همسان با نواحی کشت نخل در ایران نشان داد، که در دوره آینده محدوده کشت نخل در ایران بیشتر خواهد شد. در واقع مناطق جدید از نواحی مرکزی از شرایط اقلیمی و پتانسیل دمایی لازم برای کشت نخل برخوردار خواهند شد. بنابراین یکی از اثرات و پیامدهای تغییرات آب و هوایی بر مناطق گرمسیری به صورت توسعه مناطق و محدوده کشت این درختان بروز خواهد کرد.

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر پیامدهای تغییرات آب و هوایی درختان مناطق گرمسیری مطالعه موردی (نخل خرما) بررسی گردید. نتایج نشان داد که براساس داده مشاهداتی مناطق کشت نخل خرما در دوره پایه، روند افزایشی معنی داری در فراسنج‌های اقلیمی موثر وجود دارد. این روند در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ معنی دار مشاهده شد. ارزیابی انباشت گرمایی در آستانه‌های زیستی و رویشی نخل خرما نشان داد که در دوره پایه روند افزایشی در سری بلند مدت انباشت گرمایی وجود دارد. این شواهد نشانه‌های بارز و عمده ای از اثرات گرمایش جهانی احتمالی در دهه‌های اخیر بر مناطق گرمسیری و خرما خیز کشور در نیمه جنوبی بوده است. پیش نگرها و اعمال شاخص‌های معتبر آماری اعتبار سنجی بر برون‌داد مدل‌های CMIP5 نشان داد که مدل MRI.CGCM3 از اعتبار و انطباق بالاتری با داده‌های مشاهداتی برخوردار می‌باشد. در الگو و خط سیر واداشتی سناریوی بدبینانه و حد وسط به ترتیب ۴/۴ و ۲/۴ درجه سانتیگراد دمای هوا در مناطق کشت نخل برای دوره آینده تا افق زمانی ۲۰۸۱ میلادی افزایش خواهد یافت. بر پایه پیش نگر دوره آینده، مقدار بارش مناطق کشت نخل خرما در دوره آینده نسبت به دوره پایه کاهش خواهد یافت. متناسب با افزایش دمای هوا و کاهش بارش، ارزیابی تبخیر - تعرق مرجع در مناطق نخل خرما از افزایش قابل توجهی برای دوره آینده برخوردار خواهد بود. ارزیابی فراسنج‌های اقلیمی موثر (دمای کمینه و بیشینه و انباشت گرمایی در آستانه‌های زیستی و رویشی نخل خرما) براساس داده پیش نگر شده در مناطق مجاور و عرض‌های بالاتر در فلات مرکزی ایران نشان داد که در این مناطق پتانسیل گرمایی از

۲۰۱۸. Investigation of Climate Change Impacts on Rapeseed Yield and Phenological Stages (Case Study: Chaharmahal & Bakhtiari Province). *Natural Geography Research*, 50 (2): 389-373.
4. Agricultural Statistics, 2013, Volume Three, Horticultural Products, Ministry of Agriculture Jihad Publications. Deputy of Planning and Economics, Information and Communication Technology Center
5. Davis AP, Gole TW, Baena S, Moat J (2012) The Impact of Climate Change on Indigenous Arabica Coffee (*Coffea arabica*): Predicting Future Trends and Identifying Priorities. *PLoS ONE* 7(11): e47981. doi:10.1371/journal.pone.0047981.
6. Machovina, B. Feeley, K. 2013. Climate change driven shifts in the extent and location of areas suitable for export banana production, *Ecological Economics*, 95: 83-95.
7. Duku C, Zwart SJ, Hein L (2018) Impacts of climate change on cropping patterns in a tropical, sub-humid watershed. *PLoS ONE* 13(3): e0192642
8. Alikadic, A. Pertot, I. Eccel, E. Dolci, C. Zarbo, C. Caffarra, A. De filippi, R. Furlanello, C. 2019. The impact of climate change on grapevine phenology and the influence of altitude: A regional study, *Agricultural and Forest Meteorology* 271: 73-82.
10. Ahmadi, H. Fallahghalhari, Gh. Baaghdeh, M. 2018. Impacts of climate change on Apple tree cultivation areas in Iran. *Climate Change Journal*, (1&2): 91-153
11. Alireza Bayani Area, Murid Saeed, 2005, The Impacts of Climate Change on Water Resources and Crop Production Case Study: Zayandehrood Basin of Isfahan, *Iran Water Resources Research*, 1 (1), pp. 47-40.
12. Fallah Ghalahri, Gholam Abbas, 2012, Assessing the Impacts of Climate Change on Citrus Cultivation Areas in Iran, Doctoral Thesis, Department of Geography, University of Isfahan
13. gharibi, Khosrow. 2012. Study of flowering phenology and probability of damage in olive (*Olea europaea* L.) based on temperature parameters. MA dissertation, Islamic Azad University of Karaj, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Department of Horticulture, Supervisor Ali Asghar Ziananloo.
14. Noohi, keivan, Fatahi, Abraham, Fateh, Shahrokh. 2012, The Effect of Heat Stress on Citrus Products in Southern Iran, *Journal of*
- نظر دمای کمینه، بیشینه و توان گرمایی برای رشد و نمو در آستانه‌های زیستی و رویشی درختان خرما وجود دارد. بنابراین تغییرات آب و هوایی برای درخت گرمسیری نخل خرما در مناطق عرض‌های بالاتر و مجاور در نواحی داخلی و شرقی ایران، فرصت لازم برای رشد و نمو را فراهم می‌سازد. براساس پالایش‌های اقلیمی و داده‌های پیش‌نگری شده برون‌داد مدل MRI.CGCM3 در فلات مرکزی ایران، ۳۹۱۳۴۴۱/۹ هکتار معادل ۳۹۱۳۴۴۱/۹ کیلومتر مربع از مساحت کشور، از قابلیت اقلیمی لازم برای کشت نخل خرما در دوره آینده برخوردار می‌باشد. بطور کلی با توجه به افق چشم انداز توسعه کشور و سند آمایش جدید در کشور، براساس پالایش‌های اقلیمی، مناطق کویری و بیابانی فلات ایران پتانسیل اقلیمی لازم برای کشت درختان خرما را دارا می‌باشند. تغییر برنامه‌های راهبردی در جهت توسعه این محصول ارزشمند در این نواحی و استفاده بهینه از تمام منابع در جهت توسعه پایدار کشور حائز اهمیت می‌باشد. تغییر اقلیم و گرمایش جهانی احتمالی برای درختان گرمسیری مانند نخل خرما می‌تواند فرصتی برای توسعه محدوده کشت و کشف مناطق جدید در جهت کشت را فراهم آورد. این نتایج در برنامه ریزی راهبردی بلند مدت برای استفاده از مناطق جدید که تا کنون در آنها کشت درختان میوه انجام نشده اما از نظر اقلیمی از پتانسیل اقلیمی لازم برخوردار هستند، حائز اهمیت است. چون که درختان میوه برای تثبیت خود در مناطق جدید به چند سال زمان نیاز دارند.
- ### تشکر و قدردانی
- بدین وسیله از سازمان هواشناسی کشور برای در اختیار نهادن آمار و اطلاعات لازم برای تحقیق حاضر، تشکر و قدردانی می‌گردد.
- ### منابع
1. Mohammadi, Hossein, Moqtadari, Ghasemali. ۲۰۰۴. Evaluation of climatic potential of palm cultivation in Golestan province. *Geographical Research*, No. 48: 178-165.
 2. Sayyari, Muhammad. 2011. Temperate and subtropical fruits. Second edition, Ilam University Press
 3. Heydari Bani, Mehran, Yazdan Panah, Hojatollah, Mohnat Kash, Abdol Mohammad.

- Accumulation Pattern of Apple Tree Planting Areas in Iran in the Next Period. Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards, 5 (2): 54-35.
18. Azizzadeh, Javad. ۲۰۱۹. Evaluation of Climate Change Consequences on Tropical Trees of Iran (Case Study: Palm Tree), MSc Thesis, Hakim Sabzevari University, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Department of Meteorology.
 19. Babaeian, Iman, Kuhi, Mansoureh. ۲۰۱۲. Assessment of Agricultural Climate Indicators under Climate Change Scenarios at Selected Stations of Khorasan Razavi. Water and Soil, 26 (4), 953-967.
 - Climatological Research, Third Year, No. 9, pp. 22-13.
 15. fatch, Shahrokh. 2016. Impact of climate change on dry season wheat growing season Case Study: Rainfed Areas of Iran. PhD Thesis, Faculty of Geography and Planning, Tabriz University.
 16. Ahmadi, Hamza. ۲۰۱۸. Investigation of Climate Change Impacts on Apple Tree in Iran. PhD Thesis, Department of Meteorology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University
 17. Ahmadi, Hamzeh, Fallah Ghalehri, Gholam Abbas, Baqidah, Mohammad and Amiri, Mohammad Ismail. ۲۰۱۹. Investigation of Climate Change Effects on Heat