نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۴۰۰، ص. ۹۲۲-۹۰۹

Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 6, Feb.-Mar. 2022, p. 909-922

مقاله پژوهشی

پیش‌نگری تغییرات قلمروی کشت خرمای گنطار و حلاوی در ایران در قرن بیست و یکم

سیده مریم افضلی[۱]- جواد خوشحال دستجردی[۲*]- عزیز تراهی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۷

چکیده

یکی از مسائل مهم کنونی بشر تولید مواد غذایی بیشتر برای جمعیت رو به رشد جهان است. اقلیم هر منطقه اهمیت بسزایی در بخش کشاورزی و میزان تولیدات آن دارد. کشور ایران یکی از کشورهای خرماخیز جهان است که از نظر تولید و صادرات خرما در جهان، رتبه دوم را دارا می‌باشد. این گیاه دارای ۲۰۰ جنس و ۴۰۰۰ گونه است که هر کدام توانایی تطبیق با منطقه‌ای از مناطق خشک را دارد و می‌تواند در محل مناسب خود بیشترین تولید و بازده اقتصادی را داشته باشد. با توجه به پدیده‌ی گرمایش جهانی و چالش‌های پیش‌آمده ناشی از آن، برنامه‌ریزان در تلاش هستند با آگاهی از شرایط اقلیمی کنونی و آتی و انتخاب گیاهان پایا با عمر طولانی‌تر حداکثر بازدهی اقتصادی را از هر منطقه به دست آورند. لذا یکی از بهترین مدل‌ها جهت شناخت رویشگاه‌های بالقوه کشت، مدل حداکثر آنتروپی است. در تحقیق حاضر، مدل CCSM4 با سناریوهای RCP2.6، RCP4.5، RCP6.0 و RCP8.5 برای پیش‌نگری و استعدادیابی مناطق مختلف کشور برای دو رقم خرمای حلاوی و گنطار انتخاب و مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج نشان داد که پراکنش و سطح زیر کشت ارقام خرمای گنطار و حلاوی متفاوت است و در دوره‌های آتی سطح مطلوب کشت رقم گنطار کاهش و سطح مطلوب کشت رقم حلاوی افزایش خواهد یافت. آزمون جک‌نایف نشان داد که این مدل در پیش‌بینی قلمرو مطلوب کشت بر اساس معیار سطح زیر نمودار (AUC[۴]) موفق بوده است (بالاتر از ۰/۹۰).

واژه‌های کلیدی: آنتروپی حداکثر (MaxEnt)، ایران، حلاوی، گنطار، مدل CCSM4، مطلوبیت قلمرو کشت

مقدمه

تغییراقلیم به شدت بر توزیع گونه‌های گیاهی تأثیرگذار است و منجر به ایجاد اکوسیستم‌های پیچیده و گاهی اختلال در سیستم‌های موجود می‌شود. از آنجا که کشت گونه‌ها ارتباط تنگاتنگی با اقلیم هر منطقه دارد و در ماهیت سیستم‌های اقلیمی عدم قطعیت یک مسئله ذاتی است، پراکنش آن‌ها یکی از مسائل مهم بخش کشاورزی محسوب می‌شود. در همین راستا و به منظور شناخت بیشتر از پراکنش گونه‌ها و ارقام گیاهان مختلف، تکنیک‌های مختلف مدل‌سازی ابداع شده است که به دلیل عدم وجود شناخت و اطلاعات کافی پیرامون قلمرو پراکنش گونه‌های مختلف گیاهی، استفاده از این تکنیک‌ها مورد توجه قرار گرفته است. اساس کار برخی از این مدل‌ها، داده‌های حضور است و بعضی دیگر هم به داده‌های حضور و هم به داده‌های عدم حضور (روش‌های رگرسیونی مانند GLM و GAM) نیازمند هستند. از آنجا که در مباحث مدل‌سازی، به طور کلی اطلاعات در دسترس، بیشتر مربوط به حضور گونه‌ها بوده و داده‌های عدم حضور بندرت در دسترس هستند و گاهی هم در صورت دسترسی، مقادیر آن‌ها با شک و تردید همراه است یا اینکه امکان دارد یک گونه در یک مکان حضور داشته باشد اما مشاهده نشود، لذا روش‌های مدل‌سازی که فقط به داده‌های حضور گونه نیاز دارند (مانند MaxEnt، GARP، DOMAIN و BIOCLIM)، از اهمیت بیشتری برخوردار هستند (۷ و ۲). از جمله این روش‌ها، روش آنتروپی حداکثر یا MaxEnt است. این الگوریتم یکی از الگوریتم‌های رایج یادگیری ماشینی است که در بسته نرم‌افزاری MaxEnt ارائه شده است. این نرم‌افزار برای اولین بار در سال ۲۰۰۴ توسط فیلیپس در بیست و یکمین کنفرانس فراگیری ماشینی مورد استفاده قرار گرفت (۱۳ و ۹). این روش در مقایسه با سایر روش‌ها، داده‌های زیادی لازم ندارد؛

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری آب و هواشناسی کشاورزی و دانشیار، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان
*- نویسنده مسئول: (Email: j.khoshhal@geo.ui.ac.ir)
۳- استادیار پژوهشکده خرما و میوه های گرمسیری
DOI: 10.22067/JSW.2021.72036.1083
4- AUC: area under the receiver operating curve

بنابراین راه‌حلی برای داده‌های کم حضور به وجود آورده است. علاوه بر این از لایه‌های محیط زیستی پس‌زمینه برای تمام منطقه مورد مطالعه استفاده می‌کند (۱۶ و ۹). کارایی این مدل به عنوان یکی از روش‌های مدل‌سازی پراکنش در مقایسه با سایر روش‌ها خوب ارزیابی‌شده است (۱۲ و ۱۷). مطالعات گسترده‌ای در زمینه پیش‌بینی قلمرو کشت گونه‌ها انجام‌گرفته است؛ مطالعات تغییر اقلیم در کشور اسپانیا علاوه بر آن که نشانگر افزایش قلمرو مناسب کشت خرما در آن کشور تا سال ۲۱۰۰ است، دارای اطلاعات مفیدی در زمینه برنامه‌ریزی استراتژیکی کشور در بخش کشاورزی خواهد بود تا ضمن شناسایی مناطق زیر کشت این محصول سودآور، مناطقی که به رسیدگی بیشتری نیاز دارند، بیش از قبل مورد توجه قرار گیرند (۱۳). باعقیده و همکاران (۳) با استفاده از خروجی‌های CMPI5 و بررسی روند من‌کندال نشان دادند که در دوره‌های آتی در مناطق مرکزی ایران، قلمرو کشت خرما افزایش خواهد یافت. در مطالعه دیگری تخمین زده شد مناطق مناسب کشت خرما که در زمان کنونی معادل ۴/۸ میلیون هکتار هستند تا سال ۲۱۰۰ به ۳۱/۳ میلیون هکتار خواهد رسید (۱۴).

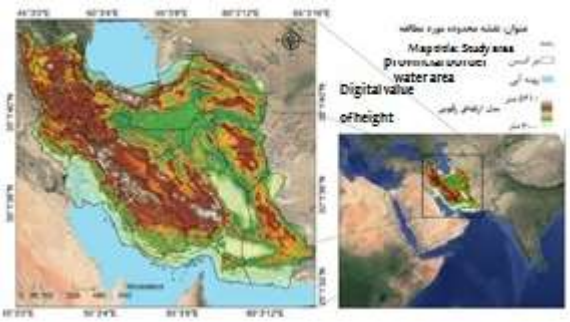
نخل یا درخت خرما یکی از درختان مهم و استراتژیک ایران است. کشور ما به علت دارا بودن شرایط مناسب کشت خرما، بر اساس آمار موجود از نظر سطح زیر کشت دارای مقام اول جهان و از نظر تولید و صادرات با برخورداری از ۱۶/۵ درصد صادرات جهان، دارای مقام دوم می‌باشد. این گیاه چندین قرن عمر می‌کند و برخی از انواع آن‌ها تا حدود ۲۰۰ سالگی نیز میوه داده‌اند اما عمر مفید و اقتصادی آن‌ها به طور متوسط حدود ۵۰ سال است. لازم به ذکر است این درخت تا قبل از ۱۰ سالگی نیز محصول اقتصادی تولید نمی‌کند و به شرایط محیطی و به خصوص شرایط آب و هوایی بسیار حساس است؛ از سویی دیگر هزینه‌های بالای تغییر رقم و تفاوت قیمت میوه نقش تعیین‌کننده‌ای در سوددهی سرمایه‌گذاران دارد (۴)؛ بنابراین احداث نخلستان یک سرمایه‌گذاری بلندمدت ریسک‌پذیر در کشور بحساب می‌آید و به نسبت گیاهان زراعی، انتخاب رقم در گیاهان باغی به مراتب دشوارتر است. علاوه بر این‌ها، خرما از جمله محصولات کشاورزی است که به علت مازاد تولید، پتانسیل بالایی جهت صادرات دارد و بدین دلیل یکی از مهم‌ترین محصولات صادراتی کشور محسوب می‌شود؛ بنابراین در نظر گرفتن اصل مزیت نسبی در کشت ارقام برتر و تجاری خرما، نقش مهمی در ارزآوری، ایجاد اشتغال، تأمین امنیت غذایی و در سطوح جهانی تقویت قابلیت رقابت از طریق تأمین درآمد حاصل از صادرات غیرنفتی را داراست.

حلاوی و گنطار، ارقام منتخب این پژوهش هستند که علت انتخاب آن‌ها، بازارپسندی داخلی و خارجی خوب آن‌هاست که آن‌ها را به ارقام تجارتی خرما در کشور تبدیل کرده است. علاوه بر تفاوت‌های ظاهری، رقم حلاوی از جمله ارقام نیمه‌خشک خرما و رقم گنطار از جمله ارقام تر کشور است. لذا هدف پژوهش حاضر، تعیین قلمرو کشت این دو رقم در سطح کشور در شرایط کنونی و آتی به منظور حداکثر بهره‌وری از نخلستان‌ها، جلوگیری از اتلاف عمر و سرمایه نخلکاران، تضمین درآمد تجاری و پایداری صنعت خرماست.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

ایران در عرض‌های جغرافیایی 25° تا 39° در جنوب منطقه معتدله نیمکره شمالی و همچنین در 44° تا 63° طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). مرتفع‌ترین بخش کشور مربوط به ارتفاعات البرز مرکزی با ارتفاع بیش از ۴۰۰۰ متر است. در محدوده دماوند ارتفاع ۵۶۱۰ متر و در مناطق شمال غرب ایران، در استان اردبیل، در سبلان و آذربایجان شرقی و سهند بیش از ۴۰۰۰ متر است. پست‌ترین بخش کشور هم در محدوده جلگه‌ای استان مازندران با ارتفاع ۳۰- متر پایین‌تر از سطح آب‌های آزاد در شهرستان‌های فریدون‌کنار و بندر انزلی و حوالی آن واقع شده است.



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

Figure 1- Map of the geographical location of the study area (Authors, 1400)

داده‌ها

۱- اطلاعات اقلیمی: داده‌های روزانه دمای حداقل، حداکثر و میانگین و بارش مربوط به ایستگاه همدید با طول دوره آماری ۲۰ سال (۱۳۷۶-۱۳۹۵) که از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید.

۲- آمار و اطلاعات کشاورزی: داده‌های مربوط به نقاط حضور ارقام خرما در سطح کشور که از موسسه خرما و میوه‌های گرمسیری اهواز اخذ گردید.

جدول ۱- متغیرهای محیطی استفاده‌شده در ساخت مدل پراکنش ارقام حلاوی و گنطار در ایران و یکاهای آن

Table 1- Bioclimatic variables used in constructing the distribution model of Halawi and Gantar cultivars in Iran and its units

Abbreviation	Environmental layers	Unit
Bio 1	Average annual temperature	Degrees Celsius (°C)
بیو۱	میانگین دمای سالانه	درجه سلسیوس
Bio 2	Average daily temperature range	Degrees Celsius (°C)
بیو۲	میانگین دامنه دمای روز	درجه سلسیوس
Bio 3	Isothermal (Bio2/Bio7*100)	Degrees Celsius (°C)
بیو۳	شاخص ایزوترمالیتی	درجه سلسیوس
Bio 4	Seasonal temperature	Degrees Celsius (°C)
بیو۴	تغییرات فصلی دما	درجه سلسیوس
Bio 5	Minimum temperature in the coldest month	Degrees Celsius (°C)
بیو۵	حداکثر دمای گرم‌ترین ماه	درجه سلسیوس
Bio 6	Maximum temperature in the warmest month	Degrees Celsius (°C)
بیو۶	حداقل دمای سردترین ماه	درجه سلسیوس
Bio 7	Annual temperature range	Degrees Celsius (°C)
بیو۷	دامنه سالانه دما	درجه سلسیوس
Bio 8	Average temperature of the wettest season	Degrees Celsius (°C)
بیو۸	دمای متوسط پربارش ترین سه‌ماهه متوالی	درجه سلسیوس
Bio 9	Average temperature of the driest season of the year	Degrees Celsius (°C)
بیو۹	دمای متوسط کم بارش ترین سه‌ماهه متوالی	درجه سلسیوس
Bio 10	Average temperature of the warmest season of the year	Degrees Celsius (°C)
بیو۱۰	دمای متوسط گرم‌ترین سه‌ماهه متوالی	درجه سلسیوس
Bio 11	Average temperature of the coldest season of the year	Degrees Celsius (°C)
بیو۱۱	دمای متوسط سردترین سه‌ماهه متوالی	درجه سلسیوس
Bio 12	Annual precipitation	Millimeter (mm)
بیو۱۲	مجموع بارندگی سالانه	میلی‌متر
Bio 13	Precipitation of the warmest month of the year	Millimeter (mm)
بیو۱۳	مجموع بارندگی گرم‌ترین ماه	میلی‌متر
Bio 14	Precipitation of the driest month of the year	Millimeter (mm)
بیو۱۴	مجموع بارندگی خشک‌ترین ماه	میلی‌متر
Bio 15	Seasonal precipitation	Millimeter (mm)
بیو۱۵	تغییرات فصلی بارش	میلی‌متر
Bio 16	Precipitation of the driest season of the year	Millimeter (mm)
بیو۱۶	مجموع بارندگی خشک‌ترین فصل	میلی‌متر
Bio 17	Precipitation of the wettest season of the year	Millimeter (mm)
بیو۱۷	مجموع بارندگی مرطوب‌ترین فصل	میلی‌متر
Bio 18	Precipitation of the warmest season of the year	Millimeter (mm)
بیو۱۸	مجموع بارندگی گرم‌ترین فصل	میلی‌متر
Bio 19	Precipitation of the coldest season of the year	Millimeter (mm)
بیو۱۹	مجموع بارندگی سردترین فصل	میلی‌متر

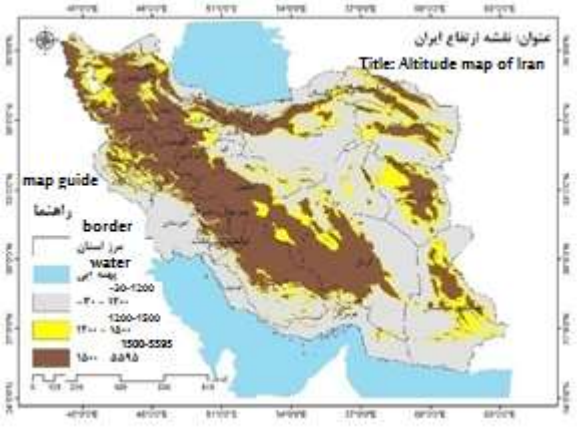
۳- اطلاعات ارتفاعی: داده‌های مربوط به ارتفاع مناطق کشت که از نقشه مدل رقومی سازمان نقشه‌برداری کشور با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ برداشت گردید. علاوه بر آن از این مدل جهت ترسیم نقشه شیب نیز استفاده شد.

۴- لایه‌های محیطی: ۱۹ متغیر زیست‌اقلیمی که از سایت www.worldclim.org با دقت مکانی ۳۰ ثانیه (تقریباً ۱ کیلومتر) در سطح جهان دانلود گردید. پایگاه داده‌های مذکور از متوسط ماهیانه درجه حرارت و بارندگی در طول سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۰ ایجاد شده‌اند که شامل شاخص‌های بارندگی و درجه حرارت متوسط، متغیرهای فصلی حداکثر و حداقلی می‌باشند (جدول ۱).

۵- اطلاعاتی نیز پیرامون میوه خرما و ارقام منتخب به صورت مکتوب و کتابخانه‌ای گردآوری شد.

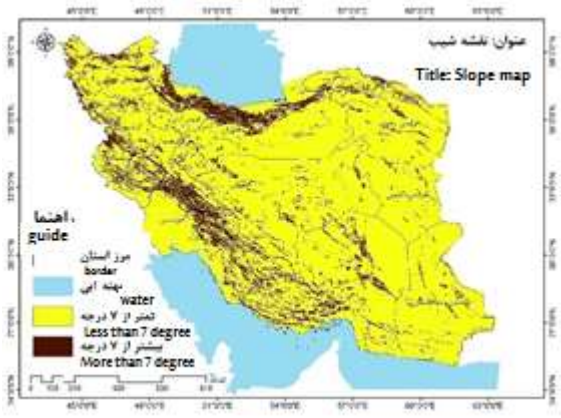
روش‌ها

این تحقیق به روش میدانی، آمار توصیفی و کتابخانه‌ای انجام گرفت. نخست با مراجعه به منابع موجود، مصاحبه با کارشناسان، متخصصان، باغداران و حضور میدانی در نخلستان‌ها، رفتار درخت و میوه خرما و عوامل محیطی و اقلیمی محدودکننده رشد خرما در طول فرآیند رشد شناخته شد. به منظور کاهش خطای پیش‌بینی‌ها برای هر یک از عواملی که می‌تواند محدودکننده رشد خرما باشد (از قبیل ارتفاع، بارش، دمای فرین بالا و پایین شیب)، نقشه‌ای جداگانه در محیط ARCGIS10.2.2 ترسیم گردید. شکل ۲ نشان‌دهنده نقشه طبقه‌بندی ارتفاعات است که در ارتفاعات بیشتر از ۱۲۰۰ متر، خرما غیرقابل کشت است. نقشه بارش بر اساس مجموع بارش‌های سه ماهه اوت، سپتامبر و اکتبر در طول سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۶ ترسیم گردید (شکل ۴). برای طبقه‌بندی آن مناطقی که بارندگی در طول هر یک از سه ماهه اوت، سپتامبر و اکتبر کمتر از ۵۰ میلی‌متر برسد، به‌عنوان طبقه خوب تا متوسط، اگر این مقدار به بیشتر از ۵۰ میلی‌متر در هر یک از سه ماه برسد، طبقه متوسط تا ضعیف و اگر به بیش از ۵۰ میلی‌متر در دو ماه برسد، به‌عنوان طبقه ضعیف جهت کشت خرما نام‌گذاری شد و طبقه خیلی ضعیف هم دربرگیرنده مناطقی است که در هر سه ماهه بارش بیشتر از ۵۰ میلی‌متر باشد (۶). سپس با استفاده از منابع و مصاحبه با متخصصان و باغداران، نیازهای حرارتی گیاه محاسبه و دماهای فرین بالا و پایین تعیین شد. دماهای فرین بالا و پایین برای خرما به ترتیب ۴۸ و ۴ درجه سانتی‌گراد و کمتر از آن در نظر گرفته شد (۱۳). به منظور تعیین فرین‌ها، در دوره‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰، مقدار کاهش در مقدار مطلق دمای فرین پایین هر کدام یک درجه سلسیوس در نظر گرفته شد و مناطق دارای دماهای مطلق فرین‌های پایین بالاتر از این مقادیر را غیرقابل کشت در نظر گرفته و از نقشه‌های تولیدی MaxEnt حذف شد. در مرحله بعد با وجودی که برای محصولات باغی یا درختان میوه معمولاً شیب زمین را حداکثر ۱۵ درصد در نظر می‌گیرند و یا حتی به طور خودرو درختانی ممکن است در شیب‌های بالاتر هم رشد کنند، اما در مورد درخت خرما در منابعی شیب‌های تا ۱۰ درصد ذکرشده است (۱۳ و ۱۴) اما دلیلی در مورد آن بیان نگردید. بهترین مطالعه‌ای که در این مورد انجام گرفته تحقیقی است که در عربستان صعودی برای کشت خرما انجام شده است و شیب مناسب را ۷ درصد پیشنهاد می‌نماید؛ چرا که بیش از ۹۰ درصد اراضی مناسب کشت خرما شیب کمتر از ۷ درصد داشته‌اند و شیب بیشتر باعث افزایش سرعت رواناب و فرسایش خاک خواهد شد (۱). لذا در این پژوهش نیز مقدار مذکور توسط محققان پذیرفته‌شده و مناطق بالاتر از آن، از نقشه‌های برآوردی MaxEnt کسر شده است.



شکل ۲- نقشه طبقه‌بندی کشور برحسب ارتفاع (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

Figure 2- Iran classification map in terms of height (Author, 1400)

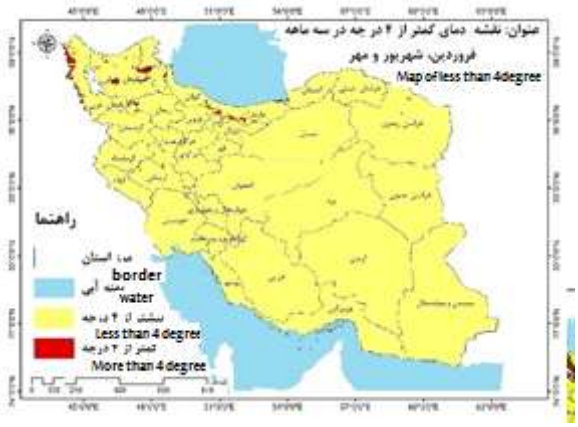


شکل ۳- نقشه طبقه‌بندی کشور برحسب شیب (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

Figure 3- Iran classification map in terms of slope (Author, 1400)

شکل ۴- نقشه طبقه‌بندی کشور برحسب بارش ۳ ماهه (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

Figure ۴- Iran classification map in terms of rainfall (Author, 1400)



شکل ۵- نقشه طبقه‌بندی کشور برحسب دماهای فرین بالا و پایین (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

Figure ۵- Iran classification map in terms of temperature (Author, 1400)

سپس ۱۹ متغیر زیست‌اقلیمی با قدرت تفکیک‌پذیری ۳۰ ثانیه و به‌صورت ریزمقیاس شده بر مبنای سناریوهای جدید انتشار برای مدل اقلیمی CCSM4 از سایت اخذ و با کمک ArcGIS برای کشور ایران از آن تفکیک شد. سناریوهای مذکور شامل RCP2.6 (که طبق آن واداشت تابشی در اواسط این قرن به حدود ۳/۱ رسیده و سپس کاهش‌یافته و به ۲/۶ وات بر متر مربع در سال ۲۱۰۰ می‌رسد)، RCP4.5 که در آن واداشت تابشی ناشی از گازهای گلخانه‌ای قبل از سال ۲۱۰۰ در مقدار ۴/۵ وات بر مترمربع ثابت می‌ماند، RCP6.0 (واداشت تابشی قبل از سال ۲۱۰۰ کمتر از ۶ وات بر مترمربع و بعد از ۲۱۰۰ به ۶ وات بر مترمربع می‌رسد و ثابت می‌ماند) و RCP8.5 (که واداشت تابشی به میزان ۸/۵ وات بر مترمربع در سال ۲۱۰۰ می‌شود. در این هنگام غلظت دی‌اکسید کربن به ۱۰۰۰ ppm می‌رسد و همچنان روند افزایش خواهد داشت). مدل CCSM4 نیز، نسخه چهارم مدل سامانه جامع اقلیم و مدل تدوین‌شده مرکز پژوهش‌های هواشناسی آمریکاست. این مدل اقلیمی از پنج مدل جداگانه اتمسفری، اقیانوسی، زمینی، زمین – یخ و دریا- یخ بعلاوه یک مؤلفه ترکیبی مرکزی تشکیل‌شده است (۱۰). سپس متغیرهای زیست‌اقلیمی مذکور در نرم‌افزار ARCGIS10.2.2 به فرمت ASCII تبدیل و وارد نرم‌افزار MaxEnt شد. درنهایت عوامل محدودکننده رشد از نقشه‌های خروجی مدل کسر گردید و نقشه‌های نهایی پراکندگی استعدادهای کشت ارقام منتخب خرما در زمان کنونی، سال ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ با توجه به تقسیمات سیاسی کشور در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰۰ ترسیم و با استفاده از نرم‌افزار ARCGIS10.2.2 مساحت طبقات کشت خرما در سطح کشور به تفکیک استان و شهرستان محاسبه شد.

به منظور ارزیابی عملکرد نرم‌افزار MaxEnt و مدل اقلیمی منتخب، داده‌های نقاط حضور ارقام منتخب به صورت تصادفی به دو قسمت تقسیم و ۷۵ درصد داده‌ها برای مدل‌سازی و ۲۵ درصد باقیمانده برای اعتبارسنجی استفاده شد. شایان ذکر است در اجرای این مدل ۱۰۰۰ بار تکرار انتخاب شد و برای حساسیت‌سنجی و مشخص کردن متغیرهای مهم در پراکنش از تحلیل جکنایف استفاده شد. جکنایف یک روش محاسباتی- آماری – کامپیوتری برای تعیین میزان دقت برآوردگرهای حاصل داده نمونه است. در این تکنیک فقط با یک روش خیلی ساده می‌توان تقریباً هر آماره‌ای از توزیع داده‌های نمونه را تخمین زد (۱۶). برای ارزیابی دقت و صحت مدل از معیار سطح زیر منحنی AUC استفاده شد. ارزش AUC پیشنهادی برای طبقه‌بندی مدل با استفاده از مساحت AUC شامل (۱-۰/۹) دقت عالی، (۰/۹- ۰/۸) دقت خیلی خوب، دقت خوب، (۰/۸-۰/۷) دقت متوسط و (۰/۶-۰/۵) دقت کم است (۹، ۱۰، ۱۵). مدل برگزیده این مطالعه CCSM4 بوده، چرا که بر اساس آزمون و خطا نسبت به سایر مدل‌های اقلیمی در پیش‌نگری قلمرو کشت خرما مقدار AUC این مدل بیشتر بوده است. از سویی دیگر RCP4.5، بعلت آن که AUC آن نسبت به سایر سناریوها بیشتر بوده است، به عنوان سناریو منتخب در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

شکل ۶ و ۷ نشان‌دهنده پراکنش خرمای ارقام گنطار و حلاوی در شرایط کنونی است. ارقام مذکور به علت داشتن خصوصیات متفاوت، پراکندگی یکسانی در سطح کشور ندارند.

شکل ۶- نقشه پراکنش رقم گنطار در ایران (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

Figure 6- Distribution map of Gantar cultivar in Iran (Source: Authors, 1400)

شکل ۷- نقشه پراکنش رقم حلاوی در ایران (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

Figure 6- Distribution map of Gantar cultivar in Iran (Source: Authors, 1400)

در شرایط کنونی پتانسیل سطح مطلوب کشت ارقام گنطار و حلاوی در کشور به ترتیب ۳۷۴۲۹/۱۵ و ۱۸۳۳۵/۸۳ کیلومتر مربع می‌باشد. جدول ۲ مقادیر سطح زیرپوشش ارقام مذکور در شرایط کنونی را برحسب استعدادهای رشد در سطح کشور نشان می‌دهد.

جدول ۲- مقادیر سطوح دارای پتانسیل کشت ارقام گنطار و حلاوی در شرایط کنونی بر اساس خروجی MaxEnt

Table 2- Values of potential area of Gentar and Halawi cultivars in the current conditions based on MaxEnt output

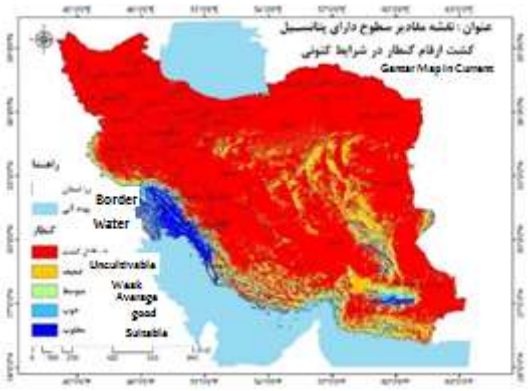
طبقات Classes	مساحت رقم گنطار Gantar area	مساحت رقم حلاوی Halawi area
غیرقابل کشت Non-cultivable	1458617.58	1538784.21
ضعیف Low	69966.64	36949.65
متوسط Medium	49139.15	30345.82
خوب Good	33042.49	23782.49
مطلوب Suitable	37429.15	18335.83

بیشترین سطح مطلوب کشت رقم گنطار را استان خوزستان با ۳۰۳۲۹ کیلومتر مربع داراست. بر اساس تقسیمات شهرستان‌های کشور، شهرستان ایرانشهر در استان سیستان و بلوچستان با ۵۱۵۸ کیلومتر مربع بیشترین سطح مطلوب را برای کشت این رقم را دارد (شکل ۸).

بیشترین سطح مطلوب کشت رقم حلاوی را استان هرمزگان با ۹۲۴۱ کیلومتر مربع دارد و بر اساس تقسیمات شهرستان‌های کشور، شهرستان ایرانشهر در استان سیستان و بلوچستان با ۳۸۱۶ کیلومتر مربع بیشترین سطح مطلوب را برای کشت این رقم دارد (شکل ۹).

بر اساس خروجی‌های مدل در ارقام گنطار و حلاوی بیشترین تأثیر در پراکنش ارقام مذکور را به ترتیب بیو۱۰ و بیو۱ دارند که مقدار آن به ترتیب برابر با ۷۷/۹ و ۷۳/۱ درصد است. مقادیر بیو۱۰ و بیو۱ در شهرستان ایرانشهر برابر با ۲۶/۷ و ۳۴/۸ درجه سلسیوس است و طبق تقسیم‌بندی آب و هوایی آمبرژه اقلیم شهرستان مذکور بیابانی گرم شدید است (۱۱). ارتفاع این شهرستان نیز ۵۹۱ متر از سطح دریاست و عوامل محدودیت‌زای شرح داده شده (از قبیل شرایط دمایی، بارشی، شیب زمین و ...) برای کشت این رقم در این شهرستان وجود ندارد، لذا تفسیر فوق از نظر علمی توجیه‌پذیر می‌باشد.

در ارزیابی استعدادهای رشد رقم گنطار در کشور ایران مدل MaxEnt نشان داد که در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ بر اساس سناریوهای RCP2,6، RCP4.5، RCP6.0 و RCP8.5 مساحت طبقات مطلوب، خوب، متوسط و ضعیف، کاهش و مساحت طبقه غیرقابل کشت افزایش می‌یابد (شکل ۱۰). جدول ۳ مقادیر مساحت سطوح طبقات غیرقابل کشت، ضعیف، متوسط، خوب و مطلوب برای کشت را نشان می‌دهد.



شکل ۸- نقشه پراکندگی استعدادهای رشد رقم گنطار در شرایط کنونی بر اساس خروجی MaxEnt (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

Figure 8- Distribution map of Gantar cultivar growth talents in the current situation based on MaxEnt output (Authors, 1400)

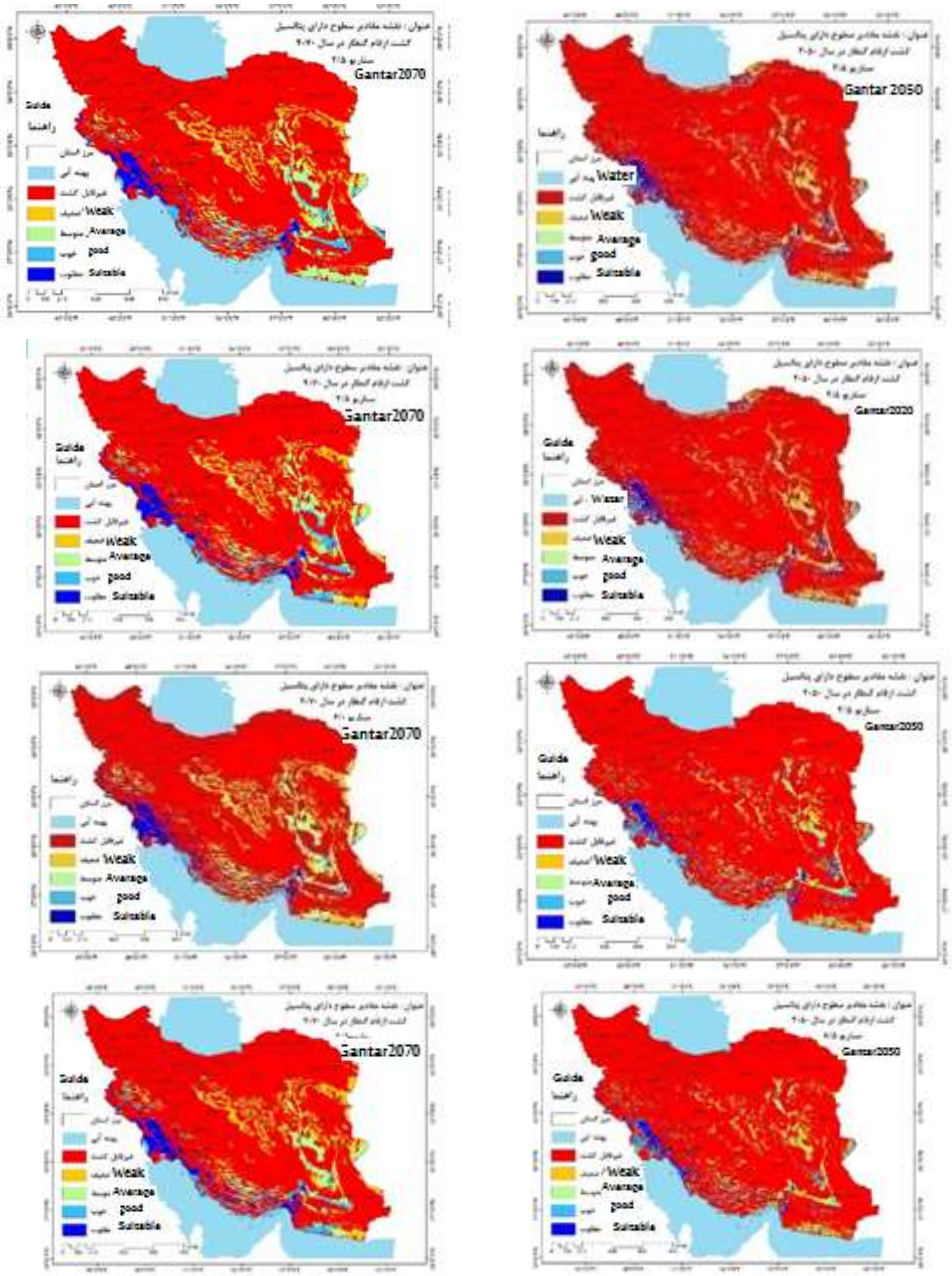
شکل ۹- نقشه پراکندگی استعدادهای رشد رقم حلاوی در شرایط کنونی بر اساس خروجی MaxEnt (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

Figure 9- Distribution map of Halawi cultivar growth talents in the current situation based on MaxEnt output (Authors, 1400)

جدول ۳- مقادیر سطوح دارای پتانسیل کشت ارقام گنطار در سال ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ بر اساس خروجی MaxEnt

Table 3- Values of potential area of Gantar cultivars in 2050 and 2070 based on MaxEnt output

طبقات Classes	2050			
	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5
غیرقابل کشت Non-cultivable	۱۵۲۷۹۸۵,۰۵	1527985.5	1535115.8	1538069.2
ضعیف Low	۴۵۹۲۹,۱۵	45929.15	37723.32	35846.65
متوسط Medium	۲۷۱۸۶,۶۶	27186.66	27458.32	26629.16
خوب Good	۲۲۰۹۴,۳۹	21094.16	23777.49	22042.49
مطلوب Suitable	۲۴۹۹۹,۷۶	25999.99	24119.99	25607.49
طبقات Classes	2070			
	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5
غیرقابل کشت Non-cultivable	1503237.5	1511243.3	1508954.2	1513361.6
ضعیف Low	22493.32	31136.65	33939.15	28731.66
متوسط Medium	54577.48	32464.15	44574.15	32969.99
خوب Good	37531.65	36643.32	29997.49	37087.49
مطلوب Suitable	30354.99	36707.48	30729.99	36044.21



شکل ۱۰- نقشه‌های پراکندگی استعدادهای رشد رقم گنطار با سناریوهای RCP2.6، RCP4.5، RCP6,0 و RCP8.5 در سال ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ بر اساس خروجی MaxEnt (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

Figure 10- Distribution maps of Gantar cultivar growth talents with scenarios of RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 and RCP8.5 in 2050 and 2070 based on MaxEnt output (Authors, 1400)

با توجه به نقشه پراکندگی استعدادهای رشد رقم گنطار (شکل ۱۰) و تقسیمات شهرستان‌های کشور، در سال ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰، شهرستان اهواز بیشترین سطح مطلوب کشت رقم گنطار را در سطح کشور خواهد داشت. بر اساس خروجی‌های مدل در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰، بیو۱۰ با ۴۲ درصد تأثیرگذاری در پراکنش رقم مذکور بیشترین نقش را دارد. مقدار بیو۱۰ در شهرستان اهواز برابر با ۳۱/۲ درجه سلسیوس است و اقلیم منطقه خشک و گرمسیری است که دارای تابستان‌های طولانی و گرم است. ارتفاع آن ۱۲ متر از سطح دریاست و عوامل محدودیت‌زای دیگر نیز برای کشت این رقم در این شهرستان وجود ندارد، بنابراین تفسیر فوق از نظر علمی توجیه‌پذیر می‌باشد.

بر اساس یافته شماره ۵، در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ شرایط

کشت رقم حلاوی نسبت به شرایط کنونی مساعدتر خواهد شد. به شکلی که بر اساس سناریو ۴/۵ مساحت طبقه مطلوب که در شرایط کنونی ۱۸۳۳۵/۸۳ بوده در سال ۲۰۵۰ به ۲۵۱۲۱/۶۶ کیلومتر مربع و در سال ۲۰۷۰ به ۲۴۹۶۹/۱۶ کیلومتر مربع خواهد رسید (شکل ۱۱). جدول ۴ مقادیر مساحت و درصد سطوح طبقات غیرقابل کشت، ضعیف، متوسط، خوب و مطلوب برای کشت این رقم را در سال ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ نشان می‌دهند.

براساس نقشه‌های پراکندگی استعدادهای رشد رقم حلاوی (شکل ۱۱) و تقسیمات شهرستان‌های کشور، در سال ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ شهرستان جاسک بیشترین سطح مطلوب کشت رقم مذکور را خواهد داشت. از میان متغیرهای زیست‌اقلیمی (جدول ۱) بیو۶ و بیو۸ با ۸۶/۹ و ۸۸/۷ درصد تأثیرگذاری بیشترین نقش را در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ بر روی پراکنش این رقم خواهند داشت. حداکثر دما در گرم‌ترین ماه و دمای متوسط مرطوب‌ترین فصل در این شهرستان ۳۰/۳ و ۲۴/۴ درجه سلسیوس است. ارتفاع آن ۴/۸ متر از سطح دریاست و عوامل محدودیت‌زای دیگر نیز برای کشت این رقم در این شهرستان وجود ندارد، لذا تفسیر فوق از نظر علمی توجیه‌پذیر می‌باشد.

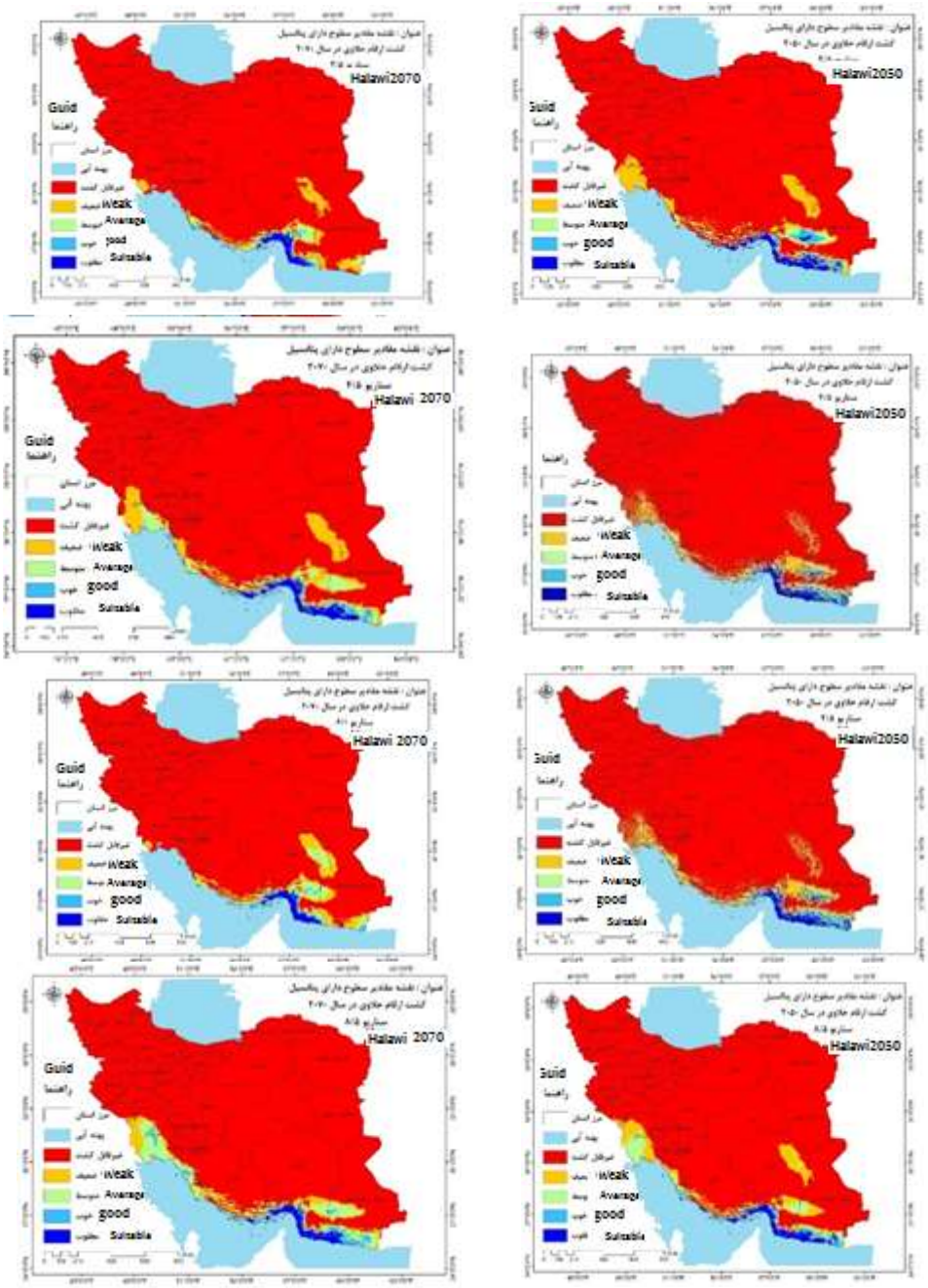
نتیجه‌گیری

پیش‌نگری پراکنش ارقام گیاهی باارزش در کشور می‌تواند گام بلندی در جهت مدیریت بخش کشاورزی و تأمین معاش مردم باشد. پژوهش حاضر نیز که با هدف پیش‌نگری دو نمونه از ارقام مهم خرما در کشور انجام شد، مؤید عملکرد عالی مدل انتخابی است. خروجی‌های مدل نشانگر بالاترین مقدار AUC در سناریو RCP4.5 نسبت به سایر سناریوهاست بنابراین این سناریو به‌عنوان سناریو منتخب این پژوهش قرار گرفت. بر اساس آن، سطح مطلوب کشت رقم گنطار در سال ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ به ترتیب ۰/۶ درصد (۱۱۴۲۹ کیلومتر مربع) و ۰/۲ درصد (۷۲۱ کیلومتر مربع) نسبت به سطح مطلوب کشت در شرایط کنونی کاهش خواهد یافت اما سطح مطلوب کشت رقم حلاوی در سال ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ نسبت به مساحت مطلوب در شرایط کنونی به ترتیب ۰/۴۱ درصد (۶۷۸۵ کیلومتر مربع) و ۰/۴ درصد (۶۶۳۳ کیلومتر مربع) افزایش خواهد یافت.

جدول ۴- مقادیر سطوح دارای پتانسیل کشت رقم حلاوی در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ بر اساس خروجی مکسنت

Table 4- Values of areas with cultivation potential of Halawi cultivar in 2050 and 2070 based on MaxEnt

طبقات Classes	2050			
	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5
غیرقابل کشت Non-cultivable	1522590.88	1529638.38	1510695.6	1521107.55
ضعیف Low	46821.65	44957.48	48182.48	61493.31
متوسط Medium	36467.49	26514.99	37154.15	20884.99
خوب Good	16959.16	21962.49	27897.49	18388.33
مطلوب Suitable	25355.82	25121.66	24265.82	26320.82
طبقات Classes	2070			
	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5
غیرقابل کشت Non-cultivable	1521440	1521485.88	1521653	1503202.56
ضعیف Low	51401.94	55757.48	59661.42	43599.15
متوسط Medium	29694.45	30699.99	37032.26	58791.31
خوب Good	23999.45	15282.49	9028.33	20791.66
مطلوب Suitable	21659.16	24969.16	20819.99	21803.32



شکل ۱۱- نقشه‌های پراکندگی استعدادهای رشد رقم حلاوی با سناریوهای RCP2.6، RCP4.5، RCP6.0 و RCP8.5 در سال ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ بر اساس خروجی MaxEnt (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

Figure 11- Distribution maps of Halawi cultivar growth talents with scenarios of RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 and RCP8.5 in 2050 and 2070 based on MaxEnt output (Source: Authors, 1400)

موطن اصلی رقم گنطار در غرب کشور است و بر اساس مطالعه دارند و حمیدی نیمه غربی کشور تا سال ۲۰۷۰ به مراتب افزایش دمای بیشتری را نسبت به نواحی دیگر کشور تجربه خواهد کرد (۵) بنابراین سیر صعودی متغیر بیو۱۰ در فصل رسیدن خرما می‌تواند منجر به ریزش بیش‌ازحد طبیعی خرماها، خسارت به میوه‌های خرما و کاهش سطح مطلوب کشت آن شود. سطح مطلوب کشت رقم حلاوی تا سال ۲۰۷۰ افزایش می‌یابد زیرا این رقم ازجمله ارقام زودرس و مقاوم خرماست و تنش‌های گرمایی خسارت چندانی به آن وارد نمی‌کند.

به‌طورکلی در دهه‌های آینده با توجه به سیر صعودی دما، قلمرو

کشت خرما جابه‌جا خواهد شد و مناطقی از کشور به خصوص مناطق پای‌کوهی دشتی برای کشت آن مستعدتر می‌شوند. در زمان کنونی برای ارقام گنطار و حلاوی حداکثر ارتفاعی که رقم مذکور استعداد رشد به صورت مطلوب دارد، ارتفاع ۷۰۰ متری از سطح دریاست ولی در سال ۲۰۷۰ حداکثر ارتفاعی که ارقام مذکور می‌توانند رشد مطلوبی داشته باشند به ترتیب در حدود ۱۱۰۰ و ۱۲۳۰ متری از سطح دریاست. همچنین مشخص شد استفاده از داده‌های worldclim برای گیاهان چندساله و به خصوص پایا با عمر طولانی، به تنهایی کافی نیست؛ زیرا در این داده‌ها، دماهای فرین بالا و پایین که می‌تواند گیاه را در طول زندگی خود نابود گرداند و یا عمر آن را کوتاه کرده و ثمره اقتصادی کشت و کار را کمتر کند، لحاظ نشده است و البته چون باغداری و درختان میوه یک سرمایه‌گذاری بلندمدت است نباید خطر سرمایه‌گذاری را زیاد نمود. علاوه بر این، تحقیق حاضر نشان داد برای کاربرد توان‌سنجی مناطق از لحاظ شرایط آب و هوایی برای کاشت گونه‌های گیاهان پایا بر اساس نیازها و خصوصیات کلی یک گونه کفایت نمی‌کند و بهتر است تا توان‌سنجی با توجه به ویژگی‌های ارقام مختلف آن گونه انجام گیرد زیرا ارقام مختلف یک گیاه رفتارهای فنولوژیک یکسانی ندارند و همین امر بر دوره رشد و مکان‌های مستعد رشد آن‌ها تأثیرگذار است. مطالعات پیشین حکایت از افزایش سطح مطلوب کشت خرما در کشور تا ۲۱۰۰ دارند (۱۵) اما تمایز این مطالعه نیز نسبت به سایرین (۳، ۱۳ و ۱۵) علاوه بر استفاده از مدل اقلیمی CCSM4 و سناریوهای جدید انتشار (RCP2.6، RCP4.5، RCP6.0 و RCP8.5)، پیش‌نگری پراکنش خرما با توجه به ارقام آن در سطح کشور و تعیین مطلوب‌ترین استان و شهرستان کشور جهت کشت ارقام منتخب است. درحالی‌که در مطالعات گذشته پیرامون پیش‌بینی پراکنش خرما، به ارقام آن توجهی نشده بود؛ بنابراین، تحقیق حاضر نتایج مطمئن‌تر و کاربردی‌تر برای بخش کشاورزی کشور به همراه دارد و این روش برای کاربران انتخاب بهترین رقم از هر گونه را در محل کشت فراهم می‌کند.

منابع

1- Allbed A., Kumar L., and Shabani F. 2017. Climate change impacts on date palm cultivation in Saudi Arabia. The Journal of Agricultural Science 155(8): 1203-1218.
2- Anderson R.P., Lew D., and Peterson A.T. 2003. Evaluating predictive models of species' distributions criteria for selecting optimal models. Ecological Modelling 162: 211-232.
3- Baaghideh M., Azizzadeh J., Ahmadi H., and Entezari A. 2020. Climate change impacts on the cultivation areas of date palm tree in Iran. Arabian Journal of Geosciences, 13(22): 1-20.
4- Chao C.T., and Krueger R.R. 2007. The date palm (*Phoenix dactylifera* L.): Overview of biology, uses, and cultivation. HortScience 42(5): 1077-1082.
5- Darand M., and Hamidi S. 2021. Prediction of temperature changes in Iran based on different scenarios. Scientific Research Journal of Natural Hazards 10(28): 85-104
6- Fao. 2002. Date Palm Cultivation. https://www.fao.org/3/Y4360E/y4360e00.htm
7- Graham C.H., Ferrier S., Huettman F., Moritz C., and Peterson A.T. 2004. New developments in museumbased informatics and applications in biodiversity analysis. Trends Ecology and Evolution 19(9): 497-503.
8- Maleki S., Saghanian A., SoltaniKoopai S., Pourmanafi S., and Rahdari V. 2009. Modeling the suitability of waterfowl habitats and waterfront habitats of Hamoon Wetland using the maximum entropy model. Scientific Journal of Wetland Ecobiology 11(40): 6. (In Persian with English abstract)
9- Mirzaei R., Homami M., Ismaili Sari A., Rezaei H., 2013. Modeling the distribution of Falco nanumanni in Golestan province. Environmental Research 4(8):152. (In Persian with English abstract)
10- Mohammadi A., Alavi S., and Hosseini S.M. 2016. Determining the potential habitat of UlmusglabraHuds. Iranian Forest Journal, Iranian Forestry Association 4(10): 479. (In Persian with English abstract)
11- Negaresh N. 2008. Analysis of recent droughts in Iranshahr region by SP method. Journal of Geographical Sciences 9(12): 32-58. (In Persian with English abstract)
12- Phillips S.J., Anderson R.P., and Schapire R.E. 2006. Maximum entropy modeling of speciesgeographic distributions. Ecological Modelling 190: 231–259.
13- Shabani F., Kumar L., Esmaeili A., and Saremi H. 2013. Climate change will lead to larger areas of Spain being conducive to date palm cultivation. Journal of Food, Agriculture & Environment 11(3&4): 2441-2446.
14- Shabani F., Kumar L., and Taylor S. 2014. Suitable regions for date palm cultivation in Iran are predicted to increase substantially under future climate change scenarios. The Journal of Agricultural Science 152(4): 543-557.
15- Weber T.C. 2016. Maximum entropy modeling of mature hardwood forest distribution in four U.S. states. Forest Ecology and Management 261: 779-788.
16- Zarabi M., Haghdadi R., and Yusefi H. 2019. Habitat utility modeling of organic (wild) pistachios (*Pistacia vera*) using Maximum entropy Method (Maxent) in Sarakhs Forest Area (Gonbadli in Khorasan Province). Iranian Journal of Ecohydrology 4(3): 820.
17- ZareChahouki M., Azarnivand H., and PiriSahragard H. 2013. Modeling the habitat distribution of plant species in

the rangelands of Hoz Sultan Qom by maximum entropy method. Rangeland 7(3): 212. (In Persian with English abstract)

Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 6, Feb.-Mar. 2022, p. 909-922

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۴۰۰، ص. ۹۲۲-۹۰۹

Predicting Changes in Cultivation of Gantar and Halawi Dates in Iran in the 21st Century

S.M. Afzali[1]- J. Khoshhal Dastjerdi[2]- A. Torahi[3]
Received: 08-09-2021
Accepted: 28-11-2021

Introduction: One of the most critical human issues globally is producing more food for the world's growing population. The climate of each region is an effective factor in the agricultural sector and the amount of its production. Iran is one of the world's date-producing countries, which ranks second in terms of date production and exports. This plant has 200 genera and 4000 species, each of which can adapt to arid regions and can have the highest production and economic efficiency in its proper place. It is a monocotyledonous plant from the Palmaceae family that needs at least 10 degrees Celsius for continued growth. Growth will stop at temperatures below 10 degrees Celsius, and temperatures below 4 degrees Celsius will encounter cold stress. This plant is sensitive to environmental conditions and cannot live qualitatively and quantitatively in all hot and dry regions. On the other hand, the palm tree is a plant that lives up to several hundred years, and some of its varieties bear fruit up to 200 years old, but their valuable and economic life is on average about 50 years. It is noteworthy that this tree did not produce an economic crop until ten years ago. Dates have an important role in currency exchange, job creation, food security, and strengthening global competitiveness by providing income from non-oil exports. Therefore, the construction of a palm tree is a risky long-term investment in the country. Dates have different varieties, each capable of adapting to a region of arid regions and can produce the most production and economic efficiency in its proper location. Global warming, its impact on different regions of the earth in the future, and the response of the living creatures of these regions in the last century have led planners and scientists of many disciplines, especially climatology researchers, and in particular agricultural climatologists, to understand climate conditions and design long-lived sustainable plants that can survive in future environmental conditions and have good economic returns, design programs, and awareness algorithms.

Materials and Methods: One of the best is the maximum entropy model (MaxEnt). By applying this algorithm, it can be predicted how the species will exist in different regions based on the presence of the species. The present study was conducted by field method, descriptive, and library statistics. The data used included WordClim site data (bioclimatic variables), presence data of two cultivars of date palm, Gantar and Halawi, daily meteorological data, elevation, and land slope based on the suitable land slope for palm tree cultivation, high and low temperatures, and phonological data. CCSM4 model with quadratic scenarios of 2.6, 4.5, 6.0, and 8.5 was used to predict and estimate different country regions in terms of talent for cultivation of two selected date varieties. Due to the higher value of AUC in Scenario 4.5, this scenario was considered as the selected scenario. This study is different from previous studies using the CCSM4 climatic model, new diffusion scenarios (RCP), and prediction of date distribution concerning its cultivars, while previous studies on prediction of date distribution have not paid any attention to it.

Results and Discussion: The results showed that the distribution and cultivation area of Gantar and Halawi are different, and in the future, the suitable area of cultivation of Gantar cultivar will decrease, and the suitable area of cultivation of Halawi cultivar will increase. Jacknife test showed that the model successfully predicted the potential of cultivation area based on the AUC criterion and temperature-related biological variables (Bio 1, Bio 6, Bio 8, and Bio 10) had the most significant impact on the distribution modeling of cultivars. Therefore, with the rising temperature, parts of the country, especially the foothills of the plains, become more susceptible to cultivation. So that at present, when the maximum height for the optimal growth of cultivars is about 700

1 and 2- Ph.D. Candidate in Agricultural Meteorology and Associate Professor, Faculty of Geography and Planning, University of Isfahan, respectively.
(*- Corresponding Author Email: j.khoshhal@geo.ui.ac.ir)
3- Assistant Professor of Date Palm and Tropical Fruits Research Institute
DOI: 10.22067/JSW.2021.72036.1083

meters, it will reach about 1200 meters in the coming decades. At present, Iranshahr city in Sistan and Baluchestan province has the most desirable area of Gantar and Halawi cultivar cultivation. However, in the next decade, the most desirable cultivation area will be the Gontar cultivar in Ahvaz city and Halawi cultivar in Jask city. It was also found that using WorldClim site data for perennial and especially long-lived plants was not sufficient. Because in these data, high and low temperatures that can destroy the plant during its life or shorten its life and reduce the economic fruit of cultivation are not included, and of course gardening and fruit trees are a long-term investment. The risk of investing should not be increased.

Keywords: CCSM4 model, Cultivation area suitability, Iran, Gantar, Halawi, MaxEnt entropy