Journal of the Nivar Vol. 47, No. 120-121, Spring and Summer 2023, P. 137-152
Homepage: https://nivar.irimo.ir (Research Article)

Spatial distribution of the probability of satisfying the chill requirements of pistachio in Iran Using ERA5-Land Reanalysis data

Asadi Oskouei, E.[1] | Kouzegaran, S.[2] | Kouhi, M.[3]✉ | Hokmabadi, H.[4] | Eslami, M.[5]

1. Assistant Professor, Climatological Research Institute, RIMAS, Mashhad, Iran. E-mail: e.asadi.o@gmail.com
2. Ph.D. in Agrometeorology, Applied Meteorological Research Center, Mashhad, Iran. E-mail: saeedeh.kouzegaran@mail.um.ac.ir
3. **Corresponding Author**, Assistant Professor, Climatological Research Institute, RIMAS, Mashhad, Iran. E-mail: man_koohi@yahoo.com
4. Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre of Semnan province (Shahrood), Semnan, Iran. E-mail: hokmabad@yahoo.com
5. MS.c. in Agricultural meteorologist. Rafsanjan Applied Meteorology Research Center, Kerman, Iran. E-mail: mohsen.eslami88@gmail.com

(Received: 26 Jun 2023, Revised: 29 Jul 2023, Accepted: 19 Sep 2023, Published online: 19 Sep 2023)

Abstract

The pistachio nut is native to Iran and this country has the most favorable climate for cultivating pistachio trees. Generally, there were only five main pistachio producing-provinces in Iran including Kerman, Khorasan, Yazd, and Semnan. Temperature, specifically winter chill accumulation, is generally considered to be a decisive climatic factor in flowering and fruit sets. Pistachio trees require winter chilling to overcome their dormancy and initiate fruiting. If the winter chilling requirements are not met, the pistachio tree may not achieve the best yield the following year, or may not produce any fruit at all. The main goal of this work is to calculate the chilling requirements for breaking the dormancy of four pistachio cultivars, using the CH method. ERA5-Land reanalysis data of temperature have been used to delimit the potential spatial distribution of chill accumulation for these cultivars in Iran during 1981-2021. Moreover, the probability of satisfying the chilling requirements has been mapped to delineate the appropriate zones of the country where the chilling requirements can be met. The results showed the Kalle-Ghuchi cultivar could be potentially cultivated in almost every location of Iran, except coastal and mountainous areas where the chilling requirements would not be met. If a higher probability of satisfying the chilling requirements is desired (75% of the years, the requirements of winter chilling are achieved) around 0.2, 29, 47 and 66 percent of the area of Iran are potentially suitable for Akbari, Owhadi, Ahamd-Aghaei and Kalle-Ghuchi cultivars respectively. Kalle-Ghuchi can be grown with a high probability of chilling requirement satisfaction in wide areas of Iran. This information can be used to advise pistachio farmers about which cultivars are best suited to their area and which areas of our region are the most appropriate for pastiche production.

Keywords: The chill requirement, Gridded data, spatial distribution.

.

Cite this article: Asadi Oskouei, E., & Kouhi, M. (2023). Spatial distribution of the probability of satisfying the chill requirements of pistachio in Iran Using ERA5-Land Reanalysis data. Journal of the Nivar, 47(120-121), 137-152. DOI: https://doi.org/10.30467/nivar.2023.416976.1263

CC BY

Publisher: Iran Meteorological Organization
DOI: https://doi.org/10.30467/nivar.2023.416976.1263
Print ISSN: 1735-0565
Online ISSN: 2645-3347

نیوار
دوره ۴۷، شماره ۱۲۰-۱۲۱، بهار و تابستان ۱۴۰۲، صفحه ۱۳۷-۱۵۲
نشانی اینترنتی مجله:https://nivar.irimo.ir
(مقاله پژوهشی)

توزیع مکانی احتمال تامین نیاز سرمایی پسته در ایران با استفاده از داده های بازتحلیل ERA5-Land

ابراهیم اسعدی اسکویی[۱] | سعیده کوزه گران[۲] | منصوره کوهی[۳]✉ | حسین حکم آبادی[۴] | محسن اسلامی[۵]

۱. استادیار پژوهشکده اقلیم‌شناسی و تغییر اقلیم، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، مشهد، ایران. رایانامه: e.asadi.o@gmail.com
۲. محقق، دکترای هواشناسی کشاورزی، گروه تحقیقات هواشناسی کاربردی مشهد، ایران. رایانامه:saeedeh.kouzegaran@mail.um.ac.ir
۳. استادیار، پژوهشکده اقلیم‌شناسی و تغییر اقلیم، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، مشهد، ایران. رایانامه:man_koohi@yahoo.com
۴. استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، ایستگاه تحقیقات پسته دامغان، دامغان، ایران. رایانامه: hokmabad@yahoo.com
۵. کارشناس هواشناسی کشاورزی،مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی، رفسنجان،کرمان، ایران. رایانامه: mohsen.eslami88@gmail.com

(دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۵، بازنگری: ۱۴۰۲/۰۵/۰۷، پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۸، انتشار آنلاین: ۱۴۰۲/۰۶/۲۸)

چکیده

انباشت سرمایی و توجه به تامین نیاز سرمایی یکی از مهم‌ترین عوامل در مکان یابی احداث باغ پسته و انتخاب رقم مناسب این محصول برای یک منطقه به شمار می‌رود. باغداران پسته در مناطق معتدله مجبور به انتخاب ارقامی با نیازهای مناسب سرمایی با اقلیم منطقه مورد نظر هستند. با توجه به منحصر به فرد بودن نیاز سرمایی ارقام پسته (به منظور تولید اقتصادی مستمر)، توجه و لحاظ چنین عاملی در انتخاب رقم مناسب پسته به منظور احداث باغ جدید بسیار ضروری است و باید اطمینان حاصل شود که زمستان منطقه به منظور تامین نیاز سرمایی به قدر کافی سرد و طولانی باشد. از طرفی موقعیت جغرافیایی هر منطقه تاثیر تعیین کننده‌ای بر دما و انباشت سرمایی قابل حصول این محصول دارد. در این پژوهش، با توجه به اینکه در ارزیابی و تناسب سنجی یک منطقه برای یک محصول خاص، استفاده از ایستگاه‌های اقلیمی به تنهایی کافی نیست، از داده‌های شبکه‌ای دمای بازتحلیل ERA5-Land به منظور بررسی توزیع مکانی روند ساعات سرمایی در کشور و همچنین تهیه نقشه احتمالاتی توزیع مکانی بالقوه انباشت سرمایی چهار رقم عمده پسته طی دوره ۲۰۲۱-۱۹۸۱ استفاده شد. نتایج نشان داد بجز ایستگاه‌های کرمان، رفسنجان و فیض آباد، در بقیه نقاط ایستگاهی، روند ساعات سرمایی افزایشی می‌باشد و بیشترین شیب در ایستگاه قزوین (با ۷ ساعت بر سال)، ساوه، رازقان و بوئین زهرا بدست آمد. بررسی توزیع مکانی احتمالاتی مقادیر ساعات سرمایی نشان داد برای رقم کله قوچی تقریباً در همه نقاط ایران به جز مناطق ساحلی و کوهستانی ایران، با احتمال ۵۰ درصد، نیاز سرمایی قابل تامین است. در صورتی که احتمال بیشتری در تامین نیاز سرمایی مورد نظر باشد (۷۵ درصد سال‌ها نیاز سرمایی تامین شود) حدود ۰/۲، ۲۹، ۴۷ و ۶۶ درصد مساحت کشور به طور بالقوه برای به ترتیب ارقام اکبری، اوحدی، احمدآقایی و کله قوچی مناسب می‌باشد.

کلمات کلیدی: : داده شبکه‌ای، توزیع مکانی، انباشت سرمایی.

مقدمه

پسته (*Pistacia vera* L.) به عنوان یکی از محصولات باغی و سومین کالای صادراتی ایران، از اهمیت اقتصادی ویژه‌ای برخوردار است. سطح زیر کشت پسته در ایران بیش از ۴۹۸/۷ هزار هکتار می‌باشد و هر ساله ۴ درصد به سطح زیرکشت آن در استان‌های مختلف اضافه می‌شود که این امر به ویژگی تحمل بالای پسته نسبت به تنش‌های محیطی برمی‌گردد (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸). استان‌های کرمان، خراسان رضوی و یزد به ترتیب بیشترین سطح زیر کشت پسته را در کشور به خود اختصاص داده‌اند.

درختان میوه برگ ریز مناطق معتدله همانند پسته به گونه، رقم، حتی سال و مکان، نیازمند مقادیر مشخصی سرمای زمستانی به منظور غلبه بر خواب زمستانی هستند. بنابراین یکی از مهم‌ترین

استناد: اسعدی اسکویی، ابراهیم؛کوزه گران، سعیده؛ کوهی، منصوره؛ حکم آبادی، حسین؛ اسلامی، محسن؛ (۱۴۰۲). توزیع مکانی احتمال تامین نیاز سرمایی پسته در ایران با استفاده از داده های بازتحلیل ERA5-Land، مجله نیوار، ۴۷ (۱۲۰-۱۲۱)، ۱۳۷- ۱۵۲. DOI: https://doi.org/10.30467/nivar.2023.416976.1263

ناشر: سازمان هواشناسی کشور.
DOI: https://doi.org/10.30467/nivar.2023.416976.1263

عوامل موثر در انتخاب مناطق مناسب برای این محصول و همچنین تعیین رقم مناسب و الگوی کشت باغی متناسب و موفق، توجه به انباشت سرمایی و تامین نیاز سرمایی هر منطقه بر اساس شرایط اقلیمی می‌باشد.

نیاز سرمایی، حداقل زمان لازم برای سرمادهی یک رقم طی فصل رکود است که منجر به شروع رشد طبیعی آن در فصل رویش شود. سرمای مورد نیاز متشکل از دو جزء دما و مدت زمان است و بخشی از نیاز فیزیولوژیکی درختان پسته محسوب می شود که عدم تامین کافی آن منجر به بروز مشکل در فعالیت‌های طبیعی درخت پسته خواهد شد که تاخیر در گلدهی، گلدهی نامنظم بین درختان ماده، گلدهی روی شاخه های رشد فصل جاری به صوررت انتهایی و جانبی، تولید برگ‌های ساده و غیر طبیعی، کاهش تعداد برگچه و کاهش سطح برگ، کاهش تولید گرده و ریزش زیاد جوانه‌ها از جمله مهمترین پیامدهای آن محسوب می‌شود. سال‌آوری تولید چنین محصولاتی تابعی از تامین نیاز سرمایی است و این نیاز بین ارقام اهلی پسته بین ۶۰۰ تا ۱۲۰۰ ساعت (تعداد ساعت که دما برابر یا کمتر از ۷/۲ درجه سلسیوس باشد و به صورت تجمعی طی دوره خواب محاسبه می‌شود) گزارش شده است (حکم آبادی و جوان شاه، ۱۳۸۳). عوامل و متغیرهای زیادی بر نیاز سرمایی درختان پسته تاثیر گذار است. از جمله می توان به نوع رقم، بافت خاک، شوری خاک و آب، سن درخت و ... اشاره کرد. به عنوان مثال، پسته کاری در ایران از ارتفاعات ۲۰۰ تا ۲۵۰۰ متری دیده می‌شود ولی عموماً مناسب ترین ارتفاع ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متر می‌باشد. عرض جغرافیایی مناسب نیز در بازه ۲۷ تا ۳۷ درجه شمالی قرار دارد زیرا در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر، نیاز سرمایی پسته به خوبی تأمین نمی‌شود و عملاً کشت و کار پسته در این مناطق محدود شده است (سایت انجمن پسته ایران، ۱۳۹۵).

طی سالیان اخیر، تغییرات اقلیمی منجر به عدم تامین نیاز سرمایی مناسب درختان میوه، به ویژه در مناطقی با اقلیم‌های مدیترانه‌ای شده است (ال یو دیلین و همکاران، ۲۰۰۹). در این راستا بالدوچی و وانگ (۲۰۰۸) نشان دادند که تناسب برخی از ارقام مختلف در برخی مناطق کالیفرنیا به دلیل کاهش تعداد ساعات سرمایی تحت سناریوهای آتی اقلیمی به خطر خواهد افتاد.

لچمن و همکاران (۲۰۰۸) نیز به بررسی نیاز سرمایی و تغییرات آن را بر درختان هلو در منطقه Velke Bilovice در جمهوری چک پرداخته و بیان داشتند که در دهه‌های اخیر روند کاهشی در انباشت نیاز سرمایی وجود داشته است. الومی و همکاران (۲۰۱۳) اثرات انباشت سرمایی را بر روی عملکرد درختان پسته در مناطق گرم و خشک با بررسی سه مدل ساعت سرمایی، یوتا و دینامیکی مطالعه کردند و دلیل اصلی کاهش انباشت سرمایی را افزایش گرمایش جهانی دانستند. اخیرا رودریگز و همکاران (۲۰۱۹) کاهش سرمای زمستانی پیش‌نگری شده برای آینده نزدیک در شبه جزیره اسپانیا و جزایر بالئاریک را گزارش نموده اند.

در ایران نیز تحقیقاتی در این زمینه انجام گرفته که اهمیت بررسی و مطالعه نیاز سرمایی محصولات استراتژیک کشور را بیش از پیش آشکار می‌کند. شجاعی و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی مراحل فنولوژیکی درخت انگور کشمشی و تغییرات انباشت سرمایی آن در ایران پرداختند. برای سنجش وضعیت انباشت سرمایی براساس مدل دینامیکی، آمار ۵۵ ایستگاه هواشناسی معتبر را از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۳ در مقیاس زمانی ساعتی و روزانه ارزیابی نمودند. در این پژوهش، جهت بررسی روند تغییرات انباشت سرمایی از روش ناپارامتری من- کندال استفاده شد. نتایج نشان داد انگور هشت مرحله فنولوژیکی برای تکمیل دوره رشد و نمو از اوایل فروردین ماه تا اواخر آبان ماه نیاز دارد. بیشترین نیاز دمایی در مرحله نمو میوه رخ می‌دهد. در عرض‌های بالا، سرماهای شدید و در عرض‌های پایین، ملایم شدن زمستان موجب کاهش انباشت سرمایی برای درخت انگور شده است. بنابراین تغییرات اقلیمی به صورت کاهش در میزان انباشت سرمایی و عدم کفایت نیاز سرمایی در مناطق مورد مطالعه ظهور پیدا کرده است. سبزی پرور و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی اثر گرمایش جهانی بر تأمین نیاز سرمایی و روند شکوفه دهی ارقام پسته در کرمان پرداختند. نتایج حاکی از جابه جایی تاریخ های شکوفه‌دهی ارقام مختلف پسته تحت شرایط اقلیم گرم‌تر بوده است. آنها دریافتند تامین نیاز سرمایی ارقام دیرگل و متوسط گل در اقلیم محل ممکن نیست. اختلاف معنی‌دار مقادیر نیاز سرمایی و گرمایی در شرایط وقوع پدیده گرمایش جهانی

تهدیدی غیر قابل انکار برای باغات محسوب می‌شود. اسلامی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تامین نیاز سرمایی محصول پسته شهرستان رفسنجان پرداختند. در این پژوهش از داده های ایستگاه هواشناسی رفسنجان و برای محاسبه نیاز سرمایی پسته از دو مدل تعداد ساعت بین صفر و ۷ درجه سلسیوس (CH)و یوتا استفاده شد. نیاز سرمایی درخت پسته با توجه به نوع رقم بین ۷۰۰ تا ۱۲۰۰ ساعت در نظرگرفته شد. بررسی نتایج نشان داد که با توجه به تغییر شرایط اقلیمی سال‌های اخیر، تامین نیاز سرمایی در زمستان، با کاهش همراه بوده است. عدم تامین نیاز سرمایی در سال‌های اخیر سبب کاهش تولید محصول پسته شده است. از این رو تامین نیاز سرمایی پسته از طریق روش‌های جایگزین به منظور تعدیل اثر تغییر اقلیم و کاهش عملکرد محصول لازم و ضروری است. فلاح قالهری و احمدی (۱۳۹۷) به واکاوی انباشت سرمایی مناطق سردسیر ایران بر اساس مدل‌های CH، Utah و CP پرداختند و نتایج آنها نشان داد که در بعضی ایستگاه‌ها، بیشینه‌های انباشت سرمایی در دهه-های گذشته بیش از دهه‌های اخیر بوده و در بررسی سری زمانی انباشت سرمایی، روند کاهشی معناداری در تعدادی از مناطق سردسیر ایران وجود دارد. پویان فر و همکاران (۱۴۰۱) نیز با استفاده از داده‌های درازمدت دمای همدید سه ساعته ایستگاه همدید یزد در دوره زمانی ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۶ شمسی و روش ساعات سرمایی نشان دادند هر سال حدود ۵/۷ ساعت از ساعات تامین نیاز سرمایی پسته در این ایستگاه کاسته شده است. بر اساس نتایج حاصله، طی دوره مذکور، نیاز سرمایی سالانه که برای ارقامی نظیر کله قوچی و اوحدی تقریبا همه ساله تامین گردیده و برای ارقامی نظیر اکبری و فندقی، هیچگاه بطور کامل تامین نشده است. این مساله می‌تواند بعنوان تهدیدی اقلیمی در بخش کشاورزی قلمداد شده و در آینده، بر تولید و اقتصادی بودن این ارقام اثرات منفی زیادی داشته باشد.

با در نظر گرفتن موارد مذکور، هدف این مطالعه عبارت است از: (۱) ارائه پژوهشی در خصوص روند انباشت سرمایی طی دوره ۲۰۲۱-۱۹۸۱ در ایران؛ (۲) تحلیل و شناسایی مناطقی با پتانسیل تامین نیاز سرمایی پسته طی مرحله فنولوژی رکود برای چهار رقم عمده پسته.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

ایران با مساحت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع در کمربند خشک نیمکره شرقی در غرب آسیا واقع شده است. این کشور بین عرض‌های جغرافیایی شمالی ۲۵-۴۵ درجه و طول‌های شرقی ۶۳-۴۴ درجه این کشور قرار دارد. این کشور، از شمال با دریای خزر و در جنوب با خلیج فارس و دریای عمان هم مرز است. دو رشته کوه مرتفع البرز در شمال و زاگرس در غرب نقش حیاتی در جلوگیری از ورود جریان های دریای مدیترانه و دریای خزر به فلات مرکزی ایران دارد (اسدی اسکویی و همکاران، ۲۰۲۲). ارتفاعات در ایران دارای دامنه‌ای از حدود چند متر کمتر از سطح متوسط آب دریا در سواحل دریای کاسپین تا بیش از ۵۶۰۰ متر بالاتر از سطح متوسط دریا در رشته کوه البرز متغیر می‌باشد.

۲-۲- داده‌ها

۲-۲-۱- داده‌های شبکه‌ای

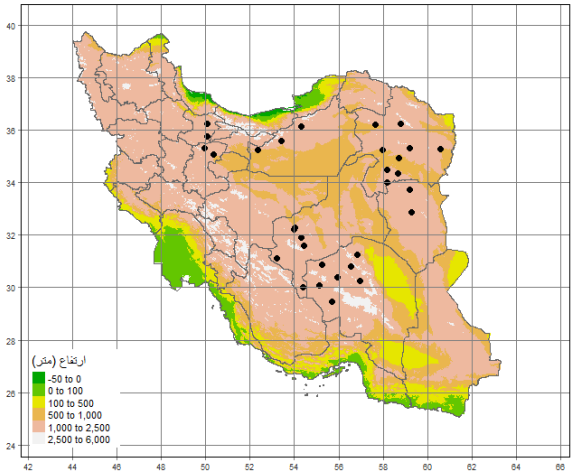
اگرچه شبکه‌های ایستگاه‌های هواشناسی و داده‌های دیدبانی قابل اعتمادتر از سایر مجموعه داده‌های آب و هوایی بوده و استفاده از آن‌ها در هر کاربردی ضروری است اما این داده‌ها دارای پوشش مکانی کم، سهم زیاد داده‌های مفقود، دوره کوتاه آماری (ایستگاه‌های تازه تاسیس) و کیفیت پایین هستند لذا استفاده از آن‌ها بسیار محدود بوده و نیاز به ترکیب با سایر اطلاعات نظیر داده‌های ماهواره و بازتحلیل دارند. عدم پوشش مکانی کافی ایستگاه‌هایی با دوره کامل آماری دلیلی دیگر بر لزوم استفاده از سایر منابع داده محسوب می‌شود. به این دلایل، رشد فزاینده‌ای در استفاده از سایر مجموعه داده‌های دیگر اقلیمی همچون ماهواره و بازتحلیل به وجود آمده است (آرسه و یوریبه، ۲۰۱۵). لذا در این پژوهش به منظور برآورد ساعات سرمایی و با توجه به کارایی مناسب داده‌های دمای پنجمین نسل از داده‌های بازتحلیل (ERA5-Land) مرکز اروپایی پیش بینی میان مدت وضع هوا (ECMWF) (سام خانیانی و محمدی، ۱۴۰۱) از این داده استفاده خواهد شد. این محصول طی ماه مارس ۲۰۱۷، توسط این مرکز و به عنوان پیشرفته‌ترین محصول بازتحلیل ارایه شد. دوره آماری این محصول از سال ۱۹۵۰

تاکنون می‌باشد. چنین مجموعه داده‌هایی حاصل توسعه ابزار محاسباتی، روش‌های داده گواری، مدل‌هایNWP و بهبود داده‌های مشاهداتی برداشت شده از جوّ و سطح زمین به کمک روش‌های سنجش از دور، کیفیت داده‌های بازتحلیل می‌باشند. ERA5 نسبت به مشابه قدیمی‌تر خود (ERA-Interim) از سامانه داده گواری چهار بعدی پیشرفته‌تر و منابع داده بیشتری بهره گرفته است و دارای قدرت تفکیک مکانی حدود ۳۰ کیلومتر و قدرت تفکیک زمانی ۱ ساعته است و متغیرهای جوی را در ۱۳۷ تراز فشاری متفاوت در اختیار کاربران قرار می‌دهد (ترک و همکاران، ۲۰۲۰، موسوباتا و همکاران، ۲۰۲۱). ERA5-Land محصول مقیاس کاهی شده ERA5 است که دارای قدرت تفکیک مکانی ۹ کیلومتر (°۰/۰۸ × °۰/۰۸) است و در سال ۲۰۱۹ منتشر شده است (بیکر و همکاران، ۲۰۲۱). با توجه به دسترسی به چنین داده هایی، پژوهش‌های بسیاری با استفاده از این منابع داده‌ای انجام شده و یا در دست انجام است. این داده‌ها از سایت منبع داده‌های اقلیمی کوپرنیک در قالب فایل به فرمت NCDF در مقیاس زمانی ساعتی بارگذاری و با کدنویسی در نرم افزار R برای منطقه ایران برش داده شد و مقدار ساعات سرمایی و شیب روند برای هر نقطه شبکه برای دوره ۱۹۸۱–۲۰۲۰ محاسبه شد.

به منظور بررسی نقطه‌ای و از دیدگاه میکروکلیمایی مقادیر نیاز سرمایی، تعدادی از ایستگاه‌های هواشناسی در مناطق مهم کاشت پسته در کشور نیز انتخاب شدند که توزیع مکانی این ایستگاه‌ها بر روی مدل رقومی ارتفاعی ایران (DEM) در شکل ۱ و مشخصات جغرافیایی در جدول ۱ آمده است. برای هر ایستگاه، مقادیر نیاز سرمایی محاسبه شده با استفاده از داده‌های ERA5-Land محاسبه و روند نیاز سرمایی و شیب واقعی آن بر اساس برآورده کننده شیب سن برای هر ایستگاه بدست آمد.

جدول ۱. مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب

استان	ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	عرض جغرافیایی (درجه/دهم درجه)	طول جغرافیایی (درجه/دهم درجه)
	سبزوار	۹۶۲	۳۶/۲۰۷۲	۵۷/۶۴۹۴
خراسان رضوی	نیشابور	۱۲۱۳	۳۶/۲۶۶۷	۵۸/۸
	تربت حیدریه	۱۴۵۱	۳۵/۳۳۱۶	۵۹/۲۰۵۸
	گناباد	۱۰۵۶	۳۴/۳۵	۵۸/۶۸۳۳
	تربت جام	۹۵۰/۴	۳۵/۲۹۴۷	۶۰/۵۶۴۷
	تربت حیدریه- فیض آباد	۹۶۰	۳۴/۹۳۳۳	۵۸/۷
کرمان	بجستان	۱۲۹۳	۳۴/۵	۵۸/۱۶۶۶
	انار	۱۴۰۹	۳۰/۸۸۳۳	۵۵/۲۵
	کرمان	۱۷۵۴	۳۰/۲۵۶۱	۵۶/۹۶۲۵
	شهر بابک	۱۸۳۴/۱	۳۰/۱	۵۵/۱۳۳۳
	سیرجان	۱۷۳۹/۴	۲۹/۴۶۶۶	۵۵/۶۸۳۳
	راور	۱۱۹۲	۳۱/۲۵	۵۶/۸۱۶۶
	زرند	۱۶۷۰	۳۰/۸	۵۶/۵۶۶۶
خراسان جنوبی	رفسنجان	۱۵۲۴	۳۰/۳۸۳	۵۵/۹۳۳۳
	فردوس	۱۲۹۳	۳۴/۰۳۰۵	۵۸/۱۸۴۱
	قائن	۱۴۳۲	۳۳/۷۴۰۵	۵۹/۱۷۶۱
	بیرجند	۱۴۹۱	۳۲/۸۹۰۵	۵۹/۲۸۳۶
	هرات	۱۶۳۳	۳۰/۰۲۲۲	۵۴/۳۸۳۶
یزد	یزد	۱۲۳۰/۲	۳۱/۹۰۳۸	۵۴/۲۸۹۷
	ابرکوه	۱۵۲۳/۸	۳۱/۱۲۰۰	۵۳/۲۷۲۲
	اردکان	۱۰۴۸	۳۲/۲۹۰۰	۵۴/۰۲۵۰
	میبد	۱۱۰۸	۳۲/۲۱۸۰	۵۳/۹۸۳۶
	مهریز	۱۵۲۰	۳۱/۵۹۳۰	۵۴/۴۳۶۶
قزوین	قزوین	۱۲۷۹/۱	۳۶/۲۶۱۶	۵۰/۰۶۱۳
	بوئین زهرا	۱۲۸۲	۳۵/۷۷۳۶	۵۰/۰۶۷۲
مرکزی	ساوه	۱۱۱۱/۶	۳۵/۰۸۰۰	۵۰/۳۷۴۴
	رازقان	۱۸۲۹	۳۵/۳۳۰۶	۴۹/۹۶۶۶
سمنان	سمنان	۱۱۲۷	۳۵/۵۸۸۳	۵۳/۴۲۱۳
	گرمسار	۸۹۹/۹	۳۵/۲۴۳۰	۵۲/۳۶۰۲
	دامغان	۱۱۵۵/۴	۳۶/۱۴۹۴	۵۴/۳۲۲۷



شکل ۱-پراکنش مکانی مدل رقومی ارتفاعی و ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در این بررسی

مدل ساعت سرمایی

به منظور محاسبه مقادیر نیاز سرمایی از مدل‌های متعددی استفاده می‌شود. مدل ساعات سرمایی (CH)، یکی از پرکاربردترین مدل‌ها می‌باشد که به مدل واینبرگر معروف است (واینبرگر، ۱۹۵۰). این مدل یک تابع تک مرحله‌ای که نیاز سرمایی یک ساعت را برای هر بازه زمانی با دمایی در بین صفر تا ۷/۲ درجه سلسیوس ثبت می‌کند. در این مدل، تعداد ساعات سرمایی در زمان t (زمان از آغاز دوره رکود بر حسب ساعت) بر اساس رابطه (۱) بدست می‌آید:

$$CH = \sum_{i=1}^{t} T_{7.2}\,, with\ T_{7.2} = \begin{cases} 0\ ℃ < T < 7.2\ ℃ : 1 \\ else : 0 \end{cases} \quad (۱)$$

از آنجایی که مدل‌های سرمایی نیازمند داده‌های ورودی ساعتی هستند مقادیر ساعتی دمای کمینه و بیشینه از روش پیشنهادی (بالدوچی و وانگ، ۲۰۰۸) محاسبه شد. نیاز سرمایی با جمع ساعات سرمایی محاسبه شده بین ۲۰ آذر ماه تا ۱۵ دی ماه (اول نوامبر تا چهارم فوریه) مربوط به مرحله فنولوژی دوره خواب پسته بدست آمد. به منظور محاسبه نیاز سرمایی از بسته نرم افزاری ChillR در محیط R استفاده شد. نیاز سرمایی ارقام غالب پسته در جدول ۱ آمده است (حکم آبادی و جوان شاه، ۱۳۸۳).

جدول۲- نیاز سرمایی ارقام غالب پسته

ساعت	ارقام
۶۰۰	کله قوچی
۸۰۰	احمد آقایی
۹۰۰	اوحدی
۱۲۰۰	اکبری

محاسبه روند

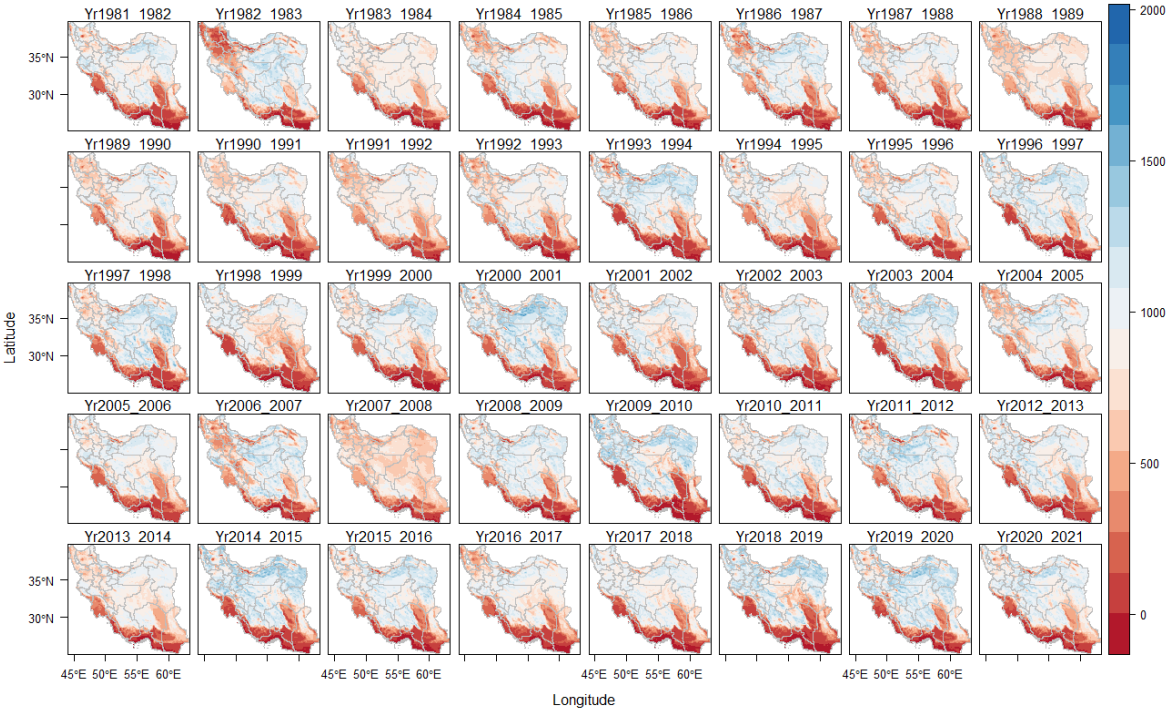
روش تیل- سن روشی ناپارامتری برای تعیین میزان روند می‌باشد. این روش ابتدا توسط تیل در سال (۱۹۵۰) ارائه و سپس توسط سن در سال (۱۹۶۸) بسط و گسترش داه شد. برای این روش، اگر فرض کنید Q شیب بین هر دو نقطه از سری زمانی مورد نظر باشد، یعنی

$$Q = \frac{Y_j - Y_k}{j-k} \qquad j \neq k \qquad (۲)$$

و اگر سری زمانی با n مشاهده شود، $N = \frac{n(n-1)}{2}$ شیب وجود خواهد داشت و میانه این شیب‌ها، همان شیب سن خواهد بود.

نتایج

۳-۱- نقشه مشاهداتی نیاز سرمایی بر اساس مدل ساعات سرمایی با استفاده از داده‌های دمای کمینه و بیشینه دوره ۲۰۲۱-۱۹۸۱ مجموعه داده ERA-Land، مجموع ساعات روزانه وقوع دماهای بین صفر تا ۷/۲ درجه سلسیوس برای تمام نقاط شبکه در کل ایران از اول نوامبر تا چهارم فوریه محاسبه شد. در شکل ۲، نیاز سرمایی محاسبه شده طی ۴۰ سال دوره آماری آورده شده است.

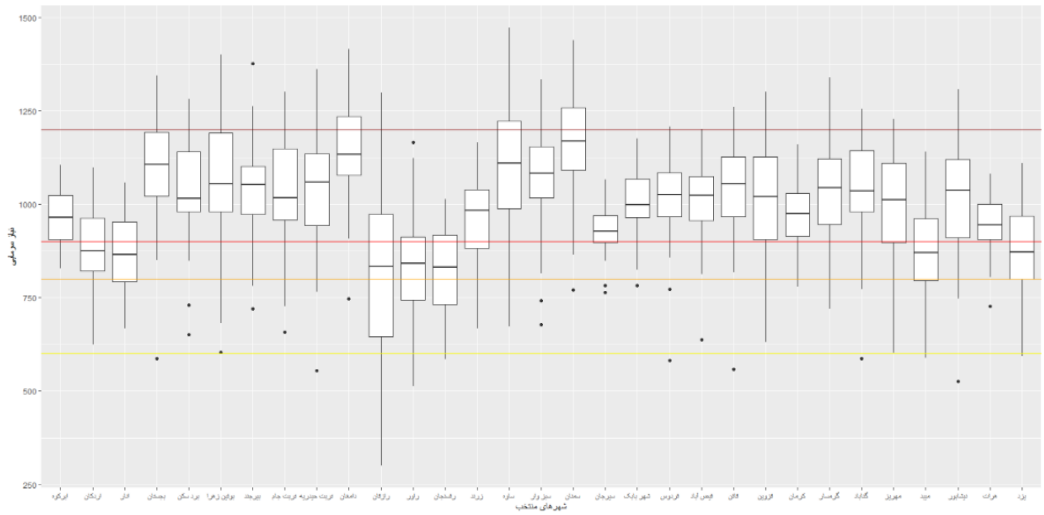


شکل ۲- نقشه نیاز سرمایی مشاهداتی سالانه پسته برای دوره ۲۰۲۱-۱۹۸۱

همانطور که در نقشه مشخص است در کل دوره، نواحی ساحلی، جنوب و جنوب شرقی ایران قابلیت تامین نیاز سرمایی پسته را ندارند که این امر به دلیل ارتفاع کم و عرض جغرافیایی پایین این مناطق می‌باشد. در سایر نواحی کشور، بر حسب شرایط دمایی سال مورد نظر طی دوره رکود پسته، توزیع مکانی مقادیر انباشت ساعات سرمایی متفاوت می‌باشد. به عنوان مثال طی سال ۱۹۸۳-۱۹۸۲، نیاز سرمایی برای نواحی شمال غرب نامناسب برآورد شده است که این امر به دلیل سرد بودن دما طی دوره رکود این سال نسبت به دوره آماری در این منطقه می‌باشد. در صورتیکه همین شرایط (سردتر بودن نسبت به دوره آماری) منجر به تامین مناسب نیاز سرمایی در نواحی مرکزی و شمال شرقی کشور در همین سال شده است. همچنین سال ۲۰۰۸-۲۰۰۷ همزمان با رخداد سرمای فراگیر ۱۳۸۶ در ایران بوده است و همانطور که در نقشه مشاهده می‌شود وضعیت تامین نیاز سرمایی نامناسب برآورد شده است. عدم تامین نیاز سرمایی پسته طی سال ۱۹۸۳-۱۹۸۴و ۱۹۸۹-۱۹۸۸ به سبب بالا بودن دما طی دوره رکود نسبت به دوره آماری در اکثر مناطق کشور بوده است.

نقشه‌های احتمالاتی، ابزاری مفید به منظور برآورد پتانسیل توزیع مکانی انباشت نیاز سرمایی مشابه با یک سطح اطمینان به حساب

می‌آیند. از طرفی استفاده از داده‌های شبکه با قدرت تفکیک بالا منجر به ارایه نقشه‌هایی با اطلاعات دقیق‌تر خواهد شد. در شکل ۳، نمودار جعبه‌ای مقادیر ساعات سرمایی سالانه محاسبه شده برای هر ایستگاه (جدول ۱) در دوره آماری ۲۰۲۱-۱۹۸۱ ارایه شده است. نمودار جعبه‌ای (توکی، ۱۹۷۷) برای بررسی بصری نوسانات داده‌ها در مقایسه با میانه بکار می‌رود. دامنه‌ی میان چارکی با طول جعبه نشان داده شده است. کوچک‌ترین مقدار (خط فاصله بین چارک اول و کوچکترین مقدار)، چارک اول (خط پایین جعبه Q1)، میانه (خط وسط Q2)، چارک سوم یا (خط بالای جعبه Q3) و بیشینه (خط فاصله بین چارک سوم و بزرگترین مقدار) در این نمودار قابل مشاهده است. داده‌های بزرگتر از $q_{0.75} + 1.5(q_{0.75} - q_{0.25})$ و نقاط کوچکتر از $q_{0.75} - 1.5(q_{0.75} - q_{0.25})$ به عنوان نقاط حدی (بزرگتر از بزرگترین نقطه) شناخته می شوند با دایره نشان داده می‌شوند. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود ایستگاه رازقان در استان مرکزی داری بزرگترین دامنه میان چارکی و کمینه مقدار نیاز سرمایی (۲۹۰ ساعت) در بین ایستگاه‌های مورد بررسی می‌باشد. کوچکترین دامنه به ایستگاه سیرجان تعلق دارد که نشان دهنده‌ی به ترتیب پراکندگی زیاد و کم داده‌ها در این دو ایستگاه می‌باشد. مقدار بیشینه این متغیر در ساوه به میزان ۱۴۸۰ ساعت بدست آمد. با توجه به خط قرمز، در شهر بابک، سیرجان و کرمان در ۷۵ سال‌ها نیاز سرمایی رقم اوحدی تامین شده است. در سایر ایستگاه‌های این استان (زرند، رفسنجان و راور) تنها در ۲۵ درصد سال‌های دوره آماری نیاز سرمایی اوحدی و در ۵۰ درصد سال‌ها نیاز رقم احمد آقایی تامین شده است. تنها ایستگاه‌هایی که طی این دوره آماری قابلیت تامین نیاز سرمایی رقم اکبری آن هم با احتمال ۲۵ درصد را داشته‌اند عبارتند از سمنان، دامغان و ساوه. بیشترین تعداد داده پرت در مقادیر کمینه در ایستگاه سبزوار، سیرجان و بردسکن قابل مشاهده است. در کل به نظر می‌رسد ایستگاه‌های واقع در عرض‌های بالاتر از قابلیت بیشتری در تامین نیاز سرمایی رقم اوحدی برخوردار بوده‌اند.

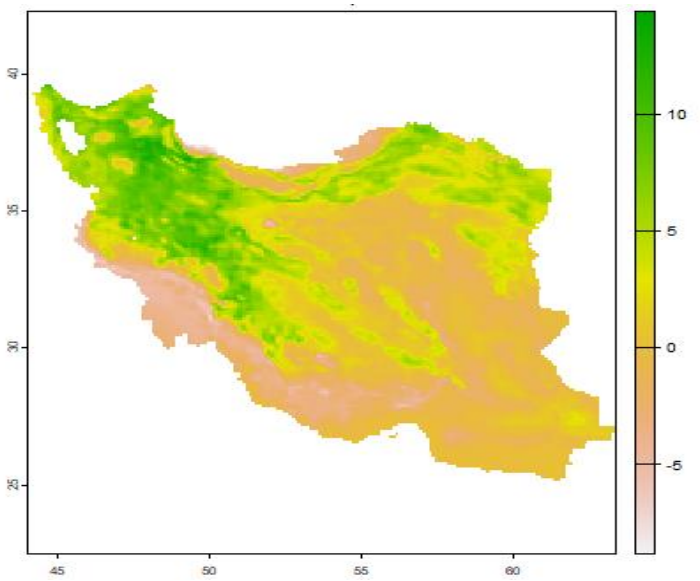


شکل ۳- نمودار جعبه‌ای مقادیر ساعات سرمایی ایستگاه‌های منتخب کشور طی دوره رکود پسته در دوره آماری ۲۰۲۱-۱۹۸۱ (خط زرد: ۶۰۰، نارنجی:۸۰۰، قرمز:۹۰۰ و بنفش:۱۲۰۰ ساعت)

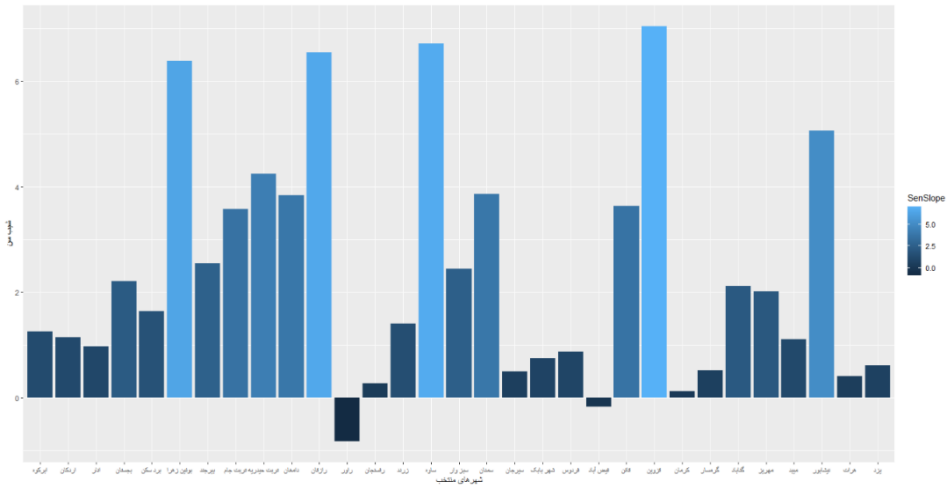
بررسی روند ساعات سرمایی

مقدار شیب روند سری زمانی انباشت سرمایی پسته برای کل نقطه شبکه‌های پوشش دهنده ایران در مجموعه ERA-Land با استفاده از روش ناپارامتری سن محاسبه و نقشه آن ترسیم گردید. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود در محدوده پسته کاری فعلی (کرمان و یزد) هر سال حدود ۵ ساعت از مجموع ساعات نیاز سرمایی کاسته شده است که این نتیجه با

پژوهش پویان فر و همکاران (۱۳۹۹) برای منطقه یزد همخوانی دارد. مناطق با روند افزایشی در ساعات سرمایی در این دو استان به نواحی مرتفع‌تر محدود شده است. در عوض، در استان‌هایی همانند خراسان رضوی، خراسان شمالی، استان های غرب و شمال غرب کشور، روند افزایشی در این متغیر طی دوره آماری مشاهده می‌شود که نشان دهنده احتمال کشت موفق این محصول از نظر تامین نیاز سرمایی پسته خواهد بود.



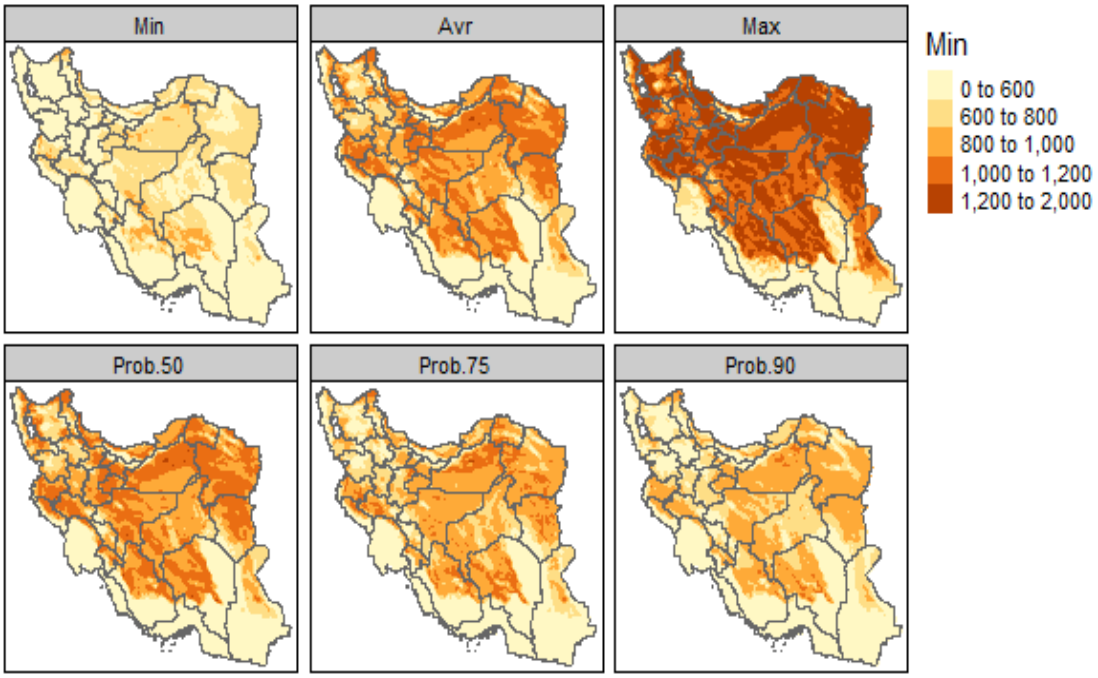
شکل ۴. توزیع مکانی شیب روند نیاز سرمایی پسته برای دوره ۲۰۲۱-۱۹۸۱



شکل ۵. مقادیر شیب واقعی خط روند با استفاده از برآورد کننده شیب سن برای ایستگاه‌های منتخب

در شکل ۵، مقدار شیب واقعی با استفاده از برآورد کننده شیب سن برای ایستگاه‌های منتخب نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود ایستگاه راور شاهد بیشترین مقدار روند کاهش در شیب روند (کمتر از ۱ ساعت بر سال) بوده است. در فیض آباد و کرمان نیز روند به ترتیب کاهشی و افزایشی در ساعات سرمایی قابل مشاهده است که از لحاظ آماری روند معنی‌دار نمی‌باشد. بجز ایستگاه‌های کرمان، رفسنجان و فیض آباد، در بقیه نقاط ایستگاهی، روند افزایشی در این متغیر مشاهده می‌شود که بیشترین شیب در ایستگاه قزوین (با ۷ ساعت بر سال)، ساوه، رازقان و بوئین زهرا بدست آمد.

شکل ۶، توزیع مکانی آماره‌های محاسبه شده برای انباشت نیاز سرمایی شامل کمترین، بیشترین و مقدار میانگین مجموع ساعات سرمایی و مقادیر احتمال ۵۰، ۷۵ و ۹۰ درصد این متغیر در ایران را طی دوره آماری نشان می‌دهد. چنین نقشه‌هایی ابزاری مهم به منظور شناسایی مناطقی هستند که ارقام مختلف با تاکید بر تامین نیاز سرمایی می توانند به طور موفق کشت شوند بویژه ارقامی که نیازهای سرمایی پایین تا متوسط دارند بیشتر مد نظر هستند زیرا چنین ارقامی قادر به کشت زودتر و تولید محصول با کیفیت بالاتر خواهند بود (البورگرگی وهمکاران، ۲۰۰۸). همانطور که در این نقشه مشخص است مناطقی با احتمال ۹۰ درصد تامین نیاز سرمایی در دامنه ۱۰۰۰-۱۲۰۰ ساعت بر مناطق کاشت فعلی این محصول در استان کرمان و سمنان منطبق است. با همین احتمال، پهنه‌های بیشتری در بخش‌هایی از استان‌های خراسان رضوی و خراسان جنوبی، سمنان و مناطق مرکزی کشور دارای پتانسیل تامین نیاز سرمایی ارقامی همچون کله قوچی و اوحدی می‌باشد.



شکل ۶. پراکنش مکانی آماره‌ها و نقشه های احتمال ۵۰، ۷۵ و ۹۰ درصد نیاز سرمایی پسته

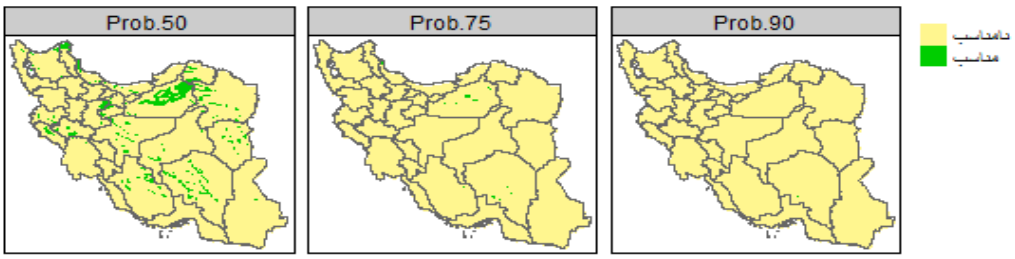
در شکل ۷ پراکنش مکانی مناطق مناسب کشت پسته بر مبنای عامل نیاز سرمایی با احتمال های ۵۰، ۷۵ و ۹۰ درصد برای چهار رقم اکبری (۱۲۰۰ساعت) ، اوحدی (۹۰۰ساعت)، احمدآقایی (۸۰۰ ساعت) و کله قوچی (۶۰۰ ساعت) آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود رقم اکبری با احتمال ۷۵ درصد در مناطق اصلی کاشت فعلی آن یعنی استان کرمان و سمنان قابل کشت می‌باشد. به نظر می رسد مهاجرت پسته از مرکز کشور به سمت شمال غرب و موفقیت آمیز بودن کشت آن نسبت مستقیمی با تامین نیاز سرمایی این محصول در این پهنه از کشور دارد که در شکل ۷ قابل مشاهده است بطوریکه می‌توان این منطقه از کشور را به عنوان پتانسیل مکانی جدیدی برای کشت این محصول توصیه نمود. با توجه به محاسبات انجام شده برای رقم اکبری با احتمال ۵۰ درصد تنها ۶ درصد (۹۸۸۹۱/۷ کیلومتر مربع) از مساحت ایران دارای پتانسیل تامین نیاز سرمایی است که محدود به مناطق کاشت فعلی این رقم در کرمان و سمنان می-باشد (جدول ۲). همانطور که انتظار می‌رود رشته کوه‌های البرز، زاگرس، بینالود و هزار مسجد همچنین نواحی ساحلی و جنوب و جنوب شرق کشور در تمامی ارقام، مناطقی نامساعد برآورد

شده‌اند که این امر همانطور که قبلا ذکر شده است به ارتفاع و عرض جغرافیایی مربوط می‌شود. در تمامی ارقام با افزایش احتمال موفقیت آمیز بودن احداث باغ پسته از نظر تامین نیاز سرمایی، از مساحت مناطق مستعد کاسته می‌شود. به رغم تفاوت ۱۰۰ ساعتی دو رقم اوحدی و احمد آقایی در میزان نیاز سرمایی، وسعت پهنه‌هایی با پتانسیل کشت رقم احمدآقایی تقریبا به دو برابر رقم اوحدی می‌رسد. بیشترین مساحت از نظر دارا بودن پتانسیل تامین نیاز سرمایی با احتمال ۹۰ درصد متعلق به رقم کله قوچی است که معادل ۹۷۲۴۳۵ کیلومتر مربع را شامل می شود.

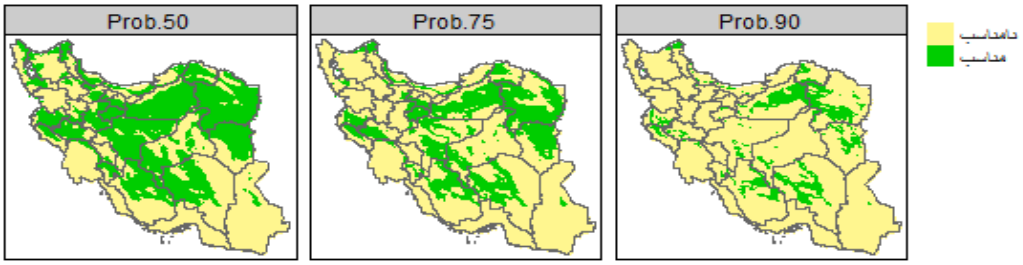
جدول ۲. درصد مساحت ایران با قابلیت تامین نیاز سرمایی ارقام پسته در احتمال ۵۰، ۷۵ و ۹۰ درصد

رقم	احتمال		
	٪۵۰	٪۷۵	٪۹۰
اکبری	۶	۰/۲	۰/۰۲
اوحدی	۴۷	۲۹	۱۲
احمد آقایی	۵۹	۴۷	۳۵
کله قوچی	۷۱	۶۶	۵۹

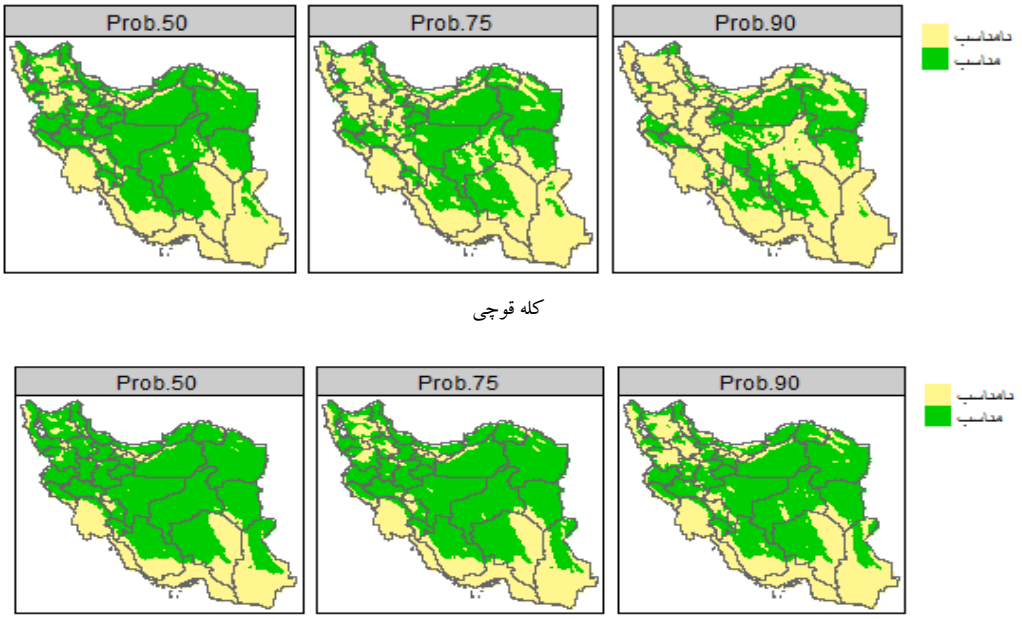
رقم اکبری



رقم اوحدی



احمد آقایی



شکل ۷. نقشه‌های پتانسیل توزیع مکانی نیاز سرمایی چهار رقم پسته مورد بررسی با احتمال‌های ۵۰، ۷۵ و ۹۰ درصد

٤-نتیجه گیری و بحث

باغداران پسته در مناطق معتدله مجبور به انتخاب ارقامی با نیازهای مناسب سرمایی با اقلیم منطقه مورد نظر هستند. با توجه به منحصر به فرد بودن نیاز سرمایی ارقام پسته (به منظور تولید اقتصادی مستمر)، توجه و لحاظ چنین عاملی در انتخاب رقم مناسب پسته به منظور احداث باغ جدید بسیار ضروری است و باید اطمینان حاصل شود که زمستان منطقه به منظور تامین نیاز سرمایی به قدر کافی سرد و طولانی باشد.

در این پژوهش از داده‌های دمای ERA5-Land به منظور بررسی توزیع مکانی ساعات سرمایی استفاده شد. داده‌های شبکه‌ای ERA5-Land در برآورد روند دما از کارایی خوبی برخوردارند به عنوان مثال یلماز (۲۰۲۳) در پژوهش خود نشان داد تفاوت قابل ملاحظه ای بین روند دمای محاسبه شده با استفاده از داده‌های این محصول برای دوره ۲۰۲۰-۱۹۵۱ با داده‌های ایستگاهی ترکیه (۵۴۰ ایستگاه) وجود ندارد. در پژوهشی دیگر از این محصول به منظور برآورد روند گرمایشی منطقه ای و جهانی استفاده شد (ونگ و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین پژوهش انجام شده در منطقه کوهستانی کیوآلیطی دوره ۲۰۱۸-۱۹۸۰ انجام شده نشان داد این مجموعه داده دارای عملکرد مناسبی در شبیه سازی دما می‌باشد (وای و همکاران، ۲۰۲۱). بررسی سام خانیانی و محمدی (۱۴۰۱) نشان داده است که طی دوره ۲۰۱۹-۱۹۹۹، داده های دمای ۲ متری ERA5-Land دارای ضریب همبستگی بیش از ۹۴ درصد با مشاهدات ایستگاهی در سراسر ایران بوده است. نتایج ارزیابی های نسخه های متفاوت این بانک داده در مقالاتی منتشر شده است (دیداری و همکاران، ۱۳۹۹، شکری و همکاران، ۱۳۹۸، عزیزی و همکاران، ۱۳۹۹، عربی و همکاران، ۱۳۹۸، جوانشیری و همکاران، ۱۴۰۱ و سام خانیانی و محمدی، ۲۰۲۲) که نشان دهنده ی توانایی خوب آن می‌باشد. بسیاری از پژوهشگران این داده‌ها را در مطالعات مختلف از قبیل برآورد ضرایب خشکسالی (اشوی، ۲۰۱۹)، تبخیر (ترامبر و همکاران، ۲۰۱۴) و بررسی روند دمای سطح زمین (ونگ و همکاران، ۲۰۲۲) ، رطوبت خاک و بارش (چن و همکاران، ۲۰۲۲، کائو و همکاران، ۲۰۲۰) بکار برده‌اند.

با استفاده از داده‌های دمای شبکه‌ای ERA5-Land پوشش دهنده ایران و مدل ساعات سرمایی، انباشت سرمایی و مقدار واقعی شیب روند طی دوره ۲۰۲۱-۱۹۸۱ برای هر نقطه شبکه محاسبه شد. نتایج نشان داد روند مقادیر ساعات سرمایی در برخی مناطق مانند راور کرمان منفی بوده و اگر این روند ادامه

یابد در آینده باغداران با عدم تامین نیاز سرمایی مورد نیاز محصول خود مواجه خواهند شد و پایداری و بهره‌وری باغ‌های پسته در این مناطق به خطر خواهد افتاد. (حکم آبادی و جوان شاه، ۱۳۸۳) نیز در پژوهش خود نشان دادند روند افزایشی دمای هوا در زمستان و به دنبال آن عدم تأمین نیاز سرمایی، یکی از مهم‌ترین مشکلات مناطق پسته‌کاری استان کرمان خواهد بود.

با توجه به کشت ارقام متفاوت در ایران، در این پژوهش توزیع مکانی احتمالاتی مناطقی با پتانسیل تامین نیاز سرمایی چهار رقم اکبری، احمدی، اوحدی و کله قوچی بررسی و نقشه‌های احتمال ۵۰، ۷۵ و ۹۰ با استفاده از داده‌های شبکه‌ای ERA5-Land ترسیم گردید. نتایج نشان داد با در نظر گرفتن معیار نیاز سرمایی، رقم کله قوچی و احمدآقایی از بالاترین درصد مساحت قابل کشت در سه احتمال در کل ایران برخوردار هستند و مناطق جدیدی با پتانسیل کافی به منظور تامین نیاز سرمایی این ارقام شناسایی و قابل معرفی می‌باشند (مانند مناطق در عرض‌های بالاتر از مناطق عمده پسته کاری فعلی). نتایج بررسی‌ها نیز نشان داده است محدوده‌های شمال غرب و شمال شرق استان زنجان از لحاظ شرایط اقلیمی و غیر اقلیمی محدودیتی برای کشت درخت پسته ندارند در نتیجه پتانسیل کشت پسته در این نواحی وجود دارد (میرموسوی و میران، ۲۰۱۴) که با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی دارد. در پژوهش دیگر (علیجانی و سلیقه، ۲۰۲۲)، نتایج تحلیل فضایی کشت پسته برای ایران نشان داد ۴۳ درصد از مساحت کشور برای کشت پسته مناسب نیست (که شامل مناطق ارتفاعی و کاربری شهری و دامنه های شیب دار، سواحل دریاها و رودخانه ها، مسیل ها، زمین های شور و باتلاقی) و ۳۵/۵۷ درصد از مساحت کشور مناسب کشت این محصول شناخته شد که بیشتر مناطق در شرق و جنوب شرق، مرکز و شمال شرق ایران واقع شده است.

در امر توسعه و افزایش تولیدات غیرنفتی، توجه به نقش کشاورزی و منابع طبیعی به عنوان یکی از ارکان اقتصاد کشور در ایجاد بستر مناسب برای توسعه صادرات و تحقق سیاست های کلی اقتصاد مقاومتی، ضروری به نظر می‌رسد و در این میان، اهمیت پسته به عنوان یکی از منابع مهم صادرات غیرنفتی و ارزآورترین محصول کشاورزی کشور بیش از پیش آشکار می‌شود (جوان شاه و همکاران، ۱۳۹۸). از طرف دیگر، با توجه به کاهش منابع آبی و سیاست‌های اخیر اتخاذ شده توسط مجلس و کمیسیون کشاورزی در تغییر الگوی کشت و عدم حمایت از کشت‌هایی با نیاز آبی بالا، طی سالیان اخیر، در اکثر مناطق ایران، الگوی کشت از گیاهان با نیاز آبی بالا به سمت گیاهان با نیاز آبی کم تغییر کرده و در این راستا، سطح زیر کشت پسته نیز نسبت به سایر محصولات باغی با سرعت بیشتری افزایش یافته است. لذا به نظر می‌رسد انجام پژوهش‌هایی بیشتر در زمینه ارزیابی پتانسیل مناطق جدید قابل کشت این محصول استراتژیک با توجه به نیازهای اقلیمی آن بویژه در شرایط رخداد تغییر اقلیم (افزایش فراوانی و شدت امواج گرمایی طی فصل زمستان) از اولویت‌های مرتبط با امنیت اقتصادی و غذایی کشور به شمار آید که نیازمند توجه خاص تصمیم‌گیران عرصه کشاورزی است.

منابع

۱. اسلامی، م.، هاشمی نسب خبیصی، ف.، حیدری صالح آباد، م.، بازماندگان، م.،۱۳۹۸،بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز سرمایی درخت پسته در منطقه رفسنجان،ششمین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم،تهران.

۲. پویان فر، ن.، مظفری، غ.، امیدوار، ک.، مزیدی، ا.، ۱۴۰۱، روند تغییرات نیاز سرمایی گیاه پسته و پیش بینی آن با استفاده از مدل SDSM (مطالعه موردی: یزد)، نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی، دوره ۲۶، شماره ۸۰، صفحات ۴۵ تا ۶۰.

۳. جوان شاه، ا.، هاشمی نسب، ح.، ابطحی، م.، شاکراردکانی، ا.، طاهری، ا.، صابری، ن.، رفیعی دولت آبادی، ع.، اسماعیلی رنجبر، ع.، اکبری پور، ا.، ۱۳۹۸، بررسی رابطه اونس و عیار در چهار رقم تجاری پسته ایران (کله قوچی, احمد آقایی, اوحدی و اکبری). علوم و فناوری پسته، دوره ۴، شماره ۷، صفحات ۴۱ تا ۵۸.

۴. جوانشیری, ز.، اسعدی اسکویی, ا., فلامرزی, ی.، عباسی , ف.، ۱۴۰۱، ارزیابی دقت داده‌های بازتحلیل پایگاه‌های اقلیمی جهانی CFS-v2، MERRA-2، ERA-5برای

برآورد دمای متوسط در مناطق مختلف کشور .مجله ژئوفیزیک ایران. انتشار آنلاین.

۵. حکم آبادی، ح.، جوان شاه، ا.، ۱۳۸۳، تامین نیاز سرمایی و اهمیت آن در پسته، شورای انتشارات موسسه تحقیقات پسته کشور، صص ۴۰.

۶. دیداری، ش. قاسمی، م ، م و پاک پرور، م.، ۱۳۹۹، ارزیابی دقت داده‌های بازتحلیل ERA-Interim در برآورد دمای حداقل، حداکثر و میانگین دمای هوا در سطح استان فارس، پنجمین همایش ملی دانش و فناوری علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران، تهران، https://civilica.com/doc/111737.

۷. سام خانیانی، ع.، محمدی، ع.، ۱۴۰۱، مقایسه داده‌های بازتحلیل ERA5-Land با مشاهدات زمینی در ایران، مجله ژئوفیزیک ایران، دوره اول، شماره ۱۶، صفحات ۱۹۵ تا ۲۱۲.

۸. سبزی پرور، ع.، نوروزولاشدی، ر.،۱۳۹۳،بررسی اثر گرمایش جهانی بر تأمین نیاز سرمایی و روند شکوفه دهی ارقام پسته در کرمان،کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری، تبریز.

۹. شجاعی, ط.، فلاح قالهری، غ.، کاشکی,ع.،۱۳۹۸، بررسی مراحل فنولوژیکی درخت انگور کشمشی و تغییرات انباشت سرمایی آن در ایران .جغرافیای طبیعی، دوره ۱۲، شماره ۴۶، صفحات ۳۱ تا ۴۴.

۱۰. شکری کوچک، س. آخوند علی، ع.م و شریفی، م. ر.، ۱۳۹۸، معرفی و مقایسه عملکرد دو پایگاه جهانی داده بازتحلیل در برآورد دمای هوای روزانه بیشینه،کمینه و میانگین (مطالعه موردی:حوضه آبریز رودخانه حله)، مجله ژئوفیزیک ایران، دوره ۳، شماره ۱۳، صفحات ۵۳ تا ۶۸.

۱۱. عربی یزدی، ا.ثنایی نژاد، س.ح. مفیدی، ع.، ۱۳۹۸، ارزیابی تولیدات شبکه‌ای تحلیل مجدد پایگاه اروپایی پیش بینی‌های میان‌مدت جوی ECMWF درمناطق اقلیمی مختلف ایران. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، دوره ۱۰، شماره ۳۸، صفحات ۶۳ تا ۷۶.

۱۲. عزیزی، م.، جوانشیر، ر.، رحمتی، ا.، شایقی، ا.، باختر، آ.، ۱۳۹۹، ارزیابی عملکرد داده‌های بازتحلیل شده Era-5 در تخمین بارش روزانه و ماهانه در استان اردبیل .تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۱۱، صفحات ۲۹۳۷ تا ۲۹۵۱.

۱۳. فلاح قالهری، غ.، احمدی، ح.، ۱۳۹۷، واکاوی الگوی انباشت سرمایی مناطق سردسیر ایران بر اساس مدل های CH، Utah، فصلنامه جغرافیا و توسعه، دوره ۱۶، شماره ۵۱، صفحات ۹۹ تا ۱۲۰.

14. Alburquerque, N., García-Montiel, F., Carrillo, A. and Burgos, L., 2008. Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements. *Environmental and Experimental Botany*, *64*(2), pp.162-170.
15. Arce, C., & Uribe, E., 2015. Managing Vulnerability and Boosting Productivity in Agriculture through Weather Risk Mapping, World Bank Group Report, Number 92400.
16. Asadi Oskouei, E., Delsouz Khaki, B., Kouzegaran, S., Navidi, M.N., Haghighatd, M., Davatgar, N. and Lopez-Baeza, E., 2022. Mapping Climate Zones of Iran Using Hybrid Interpolation Methods. Remote Sensing, 14(11), p.2632.
17. Baker, J.C., Castilho de Souza, D., Kubota, P.Y., Buermann, W., Coelho, C.A., Andrews, M.B., Gloor, M., Garcia-Carreras, L., Figueroa, S.N. and Spracklen, D.V., 2021. An assessment of land–atmosphere interactions over South America using satellites, reanalysis, and two global climate models. Journal of Hydrometeorology, 22(4), pp.905-922.
18. Baldocchi, D. and Wong, S., 2008. Accumulated winter chill is decreasing in the fruit growing regions of California. Climatic Change, 87, pp.153-166.
19. Cao, B., Gruber, S., Zheng, D. and Li, X., 2020. The ERA5-Land soil temperature bias in permafrost regions. The Cryosphere, 14(8), pp.2581-2595.
20. Chen, Y., Sharma, S., Zhou, X., Yang, K., Li, X., Niu, X., Hu, X. and Khadka, N., 2021. Spatial performance of multiple reanalysis precipitation datasets on the southern slope of central Himalaya. Atmospheric Research, 250, p.105365.

21. Elloumi, O., Ghrab, M., Kessentini, H. and Mimoun, M.B., 2013. Chilling accumulation effects on performance of pistachio trees cv. Mateur in dry and warm area climate. Scientia Horticulturae, 159, pp.80-87.
22. Alijani, B. and Saligheh, M., 2022. Spatial Analysis of Pistachio Cultivates (Growth Period) in Iran. Journal of Applied researches in Geographical Sciences, 22(67), pp.1-24.
23. Huai, B., Wang, J., Sun, W., Wang, Y. and Zhang, W., 2021. Evaluation of the near-surface climate of the recent global atmospheric reanalysis for Qilian Mountains, Qinghai-Tibet Plateau. Atmospheric Research, 250, p.105401.
24. Luedeling, E., Zhang, M. and Girvetz, E.H., 2009a. Climatic changes lead to declining winter chill for fruit and nut trees in California during 1950–2099. PloS one, 4(7), p.e6166.
25. Luedeling, E., Zhang, M., Luedeling, V. and Girvetz, E.H., 2009b. Sensitivity of winter chill models for fruit and nut trees to climatic changes expected in California's Central Valley. Agriculture, Ecosystems & Environment, 133(1-2), pp.23-31.
26. Mirmousavi, S.H. and Mirian, M., 2014. Study and Zoning of Geographic Characteristics of Pistachio Cultivation in theZanjan Province. Geography and Planning, 18(49), pp.295-315.
27. Muñoz-Sabater, J., Dutra, E., Agustí-Panareda, A., Albergel, C., Arduini, G., Balsamo, G., Boussetta, S., Choulga, M., Harrigan, S., Hersbach, H. and Martens, B., 2021. ERA5-Land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications. Earth system science data, 13(9), pp.4349-4383.
28. Rodríguez, A., Pérez-López, D., Sánchez, E., Centeno, A., Gómara, I., Dosio, A. and Ruiz-Ramos, M., 2019. Chilling accumulation in fruit trees in Spain under climate change. Natural Hazards and Earth System Sciences, 19(5), pp.1087-1103.
29. Sen, P.K., 1968. Asymptotically efficient tests by the method of n rankings. Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology, 30(2), pp.312-317.
30. Tarek, M., Brissette, F.P. and Arsenault, R., 2020. Evaluation of the ERA5 reanalysis as a potential reference dataset for hydrological modelling over North America. Hydrology and Earth System Sciences, 24(5), pp.2527-2544.
31. Theil, H., 1950. A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. Indagationes mathematicae, 12(85), p.173.
32. Trambauer, P., Dutra, E., Maskey, S., Werner, M., Pappenberger, F., Van Beek, L.P.H. and Uhlenbrook, S., 2014. Comparison of different evaporation estimates over the African continent. Hydrology and Earth System Sciences, 18(1), pp.193-212.
33. Wang, Y.R., Hessen, D.O., Samset, B.H. and Stordal, F., 2022. Evaluating global and regional land warming trends in the past decades with both MODIS and ERA5-Land land surface temperature data. Remote Sensing of Environment, 280, p.113181.
34. Weinberger, J.H., 1950. Chilling requirements of peach varieties. In Proceedings. American Society for Horticultural Science (Vol. 56, pp. 122-28).
35. Xue, C., Wu, H. and Jiang, X., 2019. Temporal and spatial change monitoring of drought grade based on ERA5 analysis data and BFAST method in the belt and road area during 1989–2017. Advances in Meteorology, 2019, pp.1-10.
36. Yilmaz, M., 2023. Accuracy assessment of temperature trends from ERA5 and ERA5-Land. Science of The Total Environment, 856, p.159182 .https : // iranpistachio.org / fa / article / baqbani / 1513-ehdas
37. Tukey, J. W. 1977. Exploraory Data Analysis, 1nd ed, Addison-Wesley Publishing Co.