

جغرافیا و توسعه شماره ۵۱ تابستان ۱۳۹۷

وصول مقاله: ۹۵/۱۰/۱۳

تأیید نهایی: ۹۶/۰۴/۰۲

صفحات: ۹۹-۱۲۰

واکاوی الگوی انباشت سرمایه مناطق سردسیر ایران بر اساس مدل‌های CH، Utah، CP

دکتر غلامعباس فلاح قاله‌ری^{۱*}، دکتر حمزه احمدی^۲

چکیده

انباشت سرمایه در دوره رکود برای درختان میوه خزان‌دار، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد. تأمین‌نشدن نیاز سرمایه باعث کاهش عملکرد و هدر رفت منابع می‌شود. در همین راستا به منظور واکاوی الگوی انباشت سرمایه در مناطق سردسیر ایران، از داده سه ساعته دمای هوا برای ۲۸ ایستگاه هواشناسی هم‌دید در مناطق سردسیر و کوهستانی کشور، از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۳ استفاده شد. آمار سینوپ‌های سه ساعته دمای هوا برای دوره رکود از ماه نوامبر تا مارس تنظیم و با تبدیل به دمای ساعتی به صورت پایگاه داده‌ای از دمای ساعتی برابر با ۳۲۵۲۸۰۰ رکورد ساعتی برای هر مدل، پالایش و محاسبه شد. از مدل‌های ساعات سرمایه (CH) واحدهای سرمایه (Utah) و دینامیکی (CP) برای برآورد انباشت سرمایه استفاده شد. الگوی انباشت سرمایه بر اساس برون‌داد مدل CH از ۷۷۵ تا ۱۴۴۵ ساعت و بر اساس مدل Utah از ۱۱۹۱ تا ۲۱۲۱ واحد سرمایه و بر اساس مدل CP از ۶۳ تا ۹۶ بخش سرمایه در بین ایستگاه‌های مناطق سردسیر متغیر است. در هر کدام از مدل‌ها، عامل ارتفاع در الگوی انباشت سرمایه نقش مهمی دارد. فراوانی پیشینه‌های انباشت سرمایه در دهه‌های گذشته، بیشتر از دهه‌های اخیر است. بررسی سری زمانی انباشت سرمایه نشان داد که در ایستگاه‌های اصفهان و شهرکرد، روند تغییرات کاهشی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار و شیب منفی خط روند در بیشتر ایستگاه‌ها وجود دارد. بر اساس معیارهای اعتبارسنجی، برون‌داد مدل دینامیکی به دلیل RMSE کوچکتر نسبت به دیگر مدل‌ها، از عملکرد بالاتری در برآورد انباشت سرمایه برخوردار است. نتایج این تحقیق برای آگاهی بخشی درباره کاشت درختان خزان‌دار متناسب با توان اقلیمی و میزان انباشت سرمایه حائز اهمیت است.

واژه‌های کلیدی: انباشت سرمایه، ساعات سرمایه، دمای ساعتی، مدل دینامیکی، واحدهای سرمایه.

مقدمه

اقلیم، نقشی اساسی در تولید موفق محصولات باغی و خشکبار در تجارت جهانی ایفا می‌کند. فعالیت‌های باغبانی به شدت وابسته به شرایط آب و هوایی محل است (سبزی‌پروری و ولاشیدی، ۱۳۹۴: ۳۵۸). کشت موفق محصولات باغی به شرایط اقلیمی مناسب وابسته است (Kaufmann & Blanke, 2016: 1). در درختان میوه مناطق سردسیری آگاهی از شرایط اقلیمی و انباشت‌سرمایی، می‌تواند راهگشای میوه‌کاران مناطق معتدله، در جهت بهره‌وری بالاتر باشد. یکی از جنبه‌های بسیار مهم اثرات تغییر اقلیم بر باغ‌های میوه، کاهش در انباشت‌سرمایی از طریق زمستان‌های ملایم است (Aburquerque et al, 2008: 162 ; Santos et al, 2016: 1 ; Zhuang et al, 2016: 68). سرمای زمستانی کافی منجر به گل‌دهی همگن و متقارن می‌شود. در هر منطقه‌ای لازم است باتوجه به شرایط محیطی، به این مهم پرداخته شود (Zhang & Taylor, 2011:420). دماهای پایین‌مورد نیاز درختان خزان‌کننده، معمولاً به‌صورت دماهای پایین‌تر از ۷/۲ درجه سانتی‌گراد یا ۴۵ درجه فارنهایت معرفی می‌شوند (Aron, 1983:351). درختان مناطق معتدله در عرض‌هایی بین ۳۰ تا ۵۰ درجه در نیمکره جنوبی و شمالی، به انباشت‌سرمایی نیاز دارند (Costa & Ramina, 2014:71). نیاز سرمایی فقط یک مکانیزمی که به صورت ناگهانی به‌وسیله گیاهان کسب می‌شود، نیست؛ بلکه فرایندی فزاینده در طول پاییز و زمستان است تا گیاه به‌صورت کامل در رکود و خواب قرار بگیرد؛ بنابراین رکود در منطقه معتدله برای درختان میوه خزان‌کننده یک فاز از نمو محسوب می‌شود که اجازه می‌دهد تا درختان در شرایط نامساعد زمستان زنده بمانند (حاجی‌لو و تویچی تبریزیان، ۱۳۹۵: ۸۹؛ Ruiz et al, 2007: 255). رکود جزو یکی از مراحل مهم در سیکل زندگی

گیاهان معتدله محسوب می‌شود. معمولاً ورود به این مرحله به‌تدریج و بسته به طبیعت گیاه صورت می‌گیرد؛ ولی خروج از آن مستلزم تأمین سرمای مورد نیاز گیاه است (هوشیار و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۳۱). بدون شک چیرگی بر رکود، یکی از مهم‌ترین ارکان بحران‌سی در پرورش درختان میوه معتدله در اقلیم‌هایی است که فاقد سرمای موردنیاز برای چیرگی بر رکود طبیعی‌اند (راحمی، ۱۳۸۹: ۲۸). حداکثر سرمادهی در درختان میوه در درجه حرارت ۰ تا ۷ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد. انباشت‌سرمایی در دماهای پایین‌تر از صفر یا بالاتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌ندرت شکل می‌گیرد (Hennessy & Greene, 1995: 327).

به‌منظور انتخاب وارپته‌های مناسب درختان میوه برای هر آب و هوایی در هر منطقه مشخص، محققان مدل‌های سرمایی را ارائه کرده‌اند که این مدل‌ها، دماهای ثبت‌شده را به‌صورت کمی‌تی از سرما تبدیل می‌کنند. متخصصان علوم باغبانی چندین مدل مختلف برای تعیین انباشت‌سرمایی گیاهان توسعه داده‌اند. در میان آن‌ها، سه مدل سرمایی در سراسر جهان بیشتر از بقیه مدل‌ها استفاده می‌شود: (مدل CH^۱ ساعات سرمایی، (Weinberger, 1950)، (مدل یوتا^۲، (Richardson et al, 1974)، و (مدل دینامیکی، (Fishman et al, 1987). مدل دینامیکی تقریباً به‌عنوان یکی از قوی‌ترین مدل‌ها گسترش پیدا کرده است و اغلب به‌عنوان یک مدل برجسته، به‌دلیل ساختار تئوریک مستحکم و توانایی آن برای تشریح دیدبانی‌های فنولوژیک بررسی شده است (Cesaraccio et al, 2004:1; Guo et al, 2014: 1195). اهمیت انباشت‌سرمایی برای رفع نیاز سرمایی در درختان میوه خزان‌دار موجب شده تا این مسئله از نیم‌قرن گذشته، کانون توجه محققان بین‌المللی و داخلی قرار بگیرد.

جنوب شرقی اسپانیا براساس مدل‌های ساعات سرمایه‌ی (CH)، یوتا (Utah) و دینامیکی (CP) مشخص کردند که نتایج مدل دینامیکی و یوتا نسبت به مدل ساعات سرمایه‌ی از عملکرد بهتری برخوردار است (Aburquerque et al, 2008: 162).

لودلینگ^۷ و همکاران (۲۰۰۹) مدل‌های مختلف برآورد انباشت سرمایه‌ی در کالیفرنیا را بررسی کردند. آن‌ها برون‌داد مدل‌های یوتا، ساعات سرمایه‌ی و دینامیکی را واسنجی کرده و مدل یوتا و دینامیکی را مدل‌های با عملکرد بهتری معرفی کردند (Luedeling et al, 2009:1854).

زنگ و تیلور^۸ (۲۰۱۱) مدل دینامیکی را به‌عنوان بهترین برآوردکننده‌ی فرایند انباشت سرمایه‌ی بر روی پسته در استرالیا بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مدل دینامیکی، بهترین تعیین‌کننده‌ی انباشت سرمایه‌ی برای پسته است (Zhang & Taylor, 2011:421).

دار بیشر و همکاران (۲۰۱۱) برای بررسی روند انباشت سرمایه‌ی برای درختان خزان‌کننده در استرالیا، از مدل‌های ساعات سرمایه‌ی، یوتای مثبت و دینامیکی استفاده کردند. آن‌ها مشخص کردند که مدل ساعات سرمایه‌ی از تغییرات بالاتری برخوردار است (Darbyshire et al, 2011:1074). لودلینگ و برآون (۲۰۱۱) با تحلیل مدل‌های انباشت سرمایه‌ی برای درختان میوه، مشخص کردند که مدل یوتا در مناطق جنب حاره از عملکرد خوبی برخوردار نیست (Luedeling & Brown, 2011:411).

لودلینگ^۹ و همکاران (۲۰۱۱) واسنجی مدل‌های مختلف انباشت سرمایه‌ی را ارزیابی کردند. آن‌ها مدل یوتای مثبت و دینامیکی را مدل‌های با عملکرد بالا معرفی کردند (Luedeling et al, 2009:1854).

«واینبرگر»^۱ (۱۹۵۰) با بررسی انباشت سرمایه‌ی براساس مدل‌های ساعات سرمایه‌ی و دینامیکی، مدل دینامیکی را یکی از بهترین مدل‌های برآورد انباشت سرمایه‌ی معرفی کردند (Weinberger, 1950: 122).

«آرون»^۲ (۱۹۸۳) وضعیت دماهای سرد در کالیفرنیا را بررسی کردند و با استفاده از مدل ساعات سرمایه‌ی، وضعیت انباشت سرمایه‌ی برای درختان دانه‌دار را در سطح منطقه‌ی کالیفرنیا پهنه‌بندی کردند (Aron, 1983:351).

اندرسون^۳ و همکاران (۱۹۸۶) با بررسی نیاز سرمایه‌ی و واسنجی مدل‌های برآوردکننده‌ی انباشت سرمایه‌ی مشخص نمودند که تعیین انباشت سرمایه‌ی در پیش‌بینی تاریخ گل‌دهی نقش مؤثری دارد (Anderson et al, 1986: 171). آلن^۴ (۲۰۰۴) براساس آمار دمای ساعتی و مدل‌های ساعات سرمایه‌ی و یوتا، انباشت سرمایه‌ی در مناطقی که زمستان‌های معتدلی دارند مشخص کردند (Allan, 2004:74). سورینو^۵ و همکاران (۲۰۰۷) به تعیین انباشت سرمایه‌ی زمستانه با استفاده از مدل‌های ساعات سرمایه‌ی، یوتا، دینامیکی و کارولینیای شمالی پرداختند و در این رهیافت مدل‌های یوتا و دینامیکی را مدل‌های با عملکرد بالاتر معرفی نمودند (Severino et al, 2007:113).

«بالدوکی و وون»^۶ (۲۰۰۸) کاهش انباشت سرمایه‌ی مناطق کشت میوه در کالیفرنیا را بررسی کردند. آن‌ها با بررسی انباشت سرمایه‌ی در دوره‌ی پایه و آینده‌ی تحت شرایط تغییر اقلیم، مشخص کردند که تا آخر قرن ۲۱ انباشت سرمایه‌ی خیلی از میوه‌ها در کالیفرنیا تأمین نخواهد شد (Baldocchi & Wong, 2008: 153).

آلبرکاکای و همکاران (۲۰۰۸) نیاز سرمایه‌ی واریته‌های گیلاس شیرین را بررسی کردند. آن‌ها با بررسی نیاز سرمایه‌ی هفت واریته‌ی گیلاس شیرین در

1-Weinberger

2-Aron

3-Anderson

4-Allan

5-Severino

6-Baldocchi & Wong

7-Luedeling

8-Zhang & Taylor

9-Luedeling

رضایی (۱۳۹۱) انباشت سرمایه منطقه شاهرود را براساس مدل‌های ساعات سرمایه، یوتا و دینامیکی برای ارقام تجاری زردآلو بررسی کرد (رضایی، ۱۳۹۱: ۲۱).

رضوی و همکاران (۱۳۹۱) برای بررسی نیاز سرمایه چند رقم هلو از مدل‌های یوتا، کارولینای شمالی، واحدهای سرمایه متغیر و ساعات سرمایه استفاده کردند (رضوی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۷). ولاشیدی (۱۳۹۴) به ارزیابی اثر گرمایش جهانی بر نیاز سرمایه زمستانه گیاهان خزان‌دار در گستره ایران پرداختند. در مناطق سرد کوهستانی با افزایش دما نیاز سرمایه کاهش پیدا خواهد کرد و با روند افزایشی دما در آینده، محدوده تأمین‌کننده سیب، محدود به ارتفاعات بالا خواهد شد (ولاشیدی، ۱۳۹۴: ۱). سبزی‌پرور و ولاشیدی (۱۳۹۴) اثر تغییر اقلیم بر نیاز سرمایه گیاهان خزان‌دار را بررسی کردند. آن‌ها با بررسی مدل‌های مختلف اقلیمی تحت گزارش چهارم تغییر اقلیم و سناریوهای مختلف، مشخص کردند که در منطقه همدان میزان نیاز سرمایه کاهش می‌یابد (سبزی‌پرور و ولاشیدی، ۱۳۹۴: ۳۵۸).

ولاشیدی و سبزی‌پرور (۱۳۹۵) با ارزیابی الگوهای برآورد نیاز سرمایه زمستانه و با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای پدیده شناختی درخت سیب در ارومیه، مشخص کردند که براساس نتایج اعتبارسنجی مدل دینامیکی از عملکرد بالاتری برای برآورد انباشت سرمایه برخوردار است (ولاشیدی و سبزی‌پرور، ۱۳۹۵: ۵۶۱).

هوشیار و همکاران (۱۳۹۵) نیاز سرمایه استان خراسان را برای درختان زردآلود بررسی کردند. آن‌ها از مدل‌های ساعات سرمایه و یوتا در این برآورد انباشت سرمایه استفاده کرده‌اند (هوشیار و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۳۱).

باغبانی و تولیدات میوه یکی از مهم‌ترین بخش‌های ارزآور برای کشور محسوب می‌شود. بخش عمده‌ای از صادرات کشور را محصولات باغی خزان‌دار

الومی^۱ و همکاران (۲۰۱۳)، اثرات انباشت سرمایه را بر روی عملکرد درختان پسته در مناطق گرم و خشک بررسی کردند. آن‌ها سه مدل ساعات سرمایه (CH)، واحدهای سرمایه (Utah) و دینامیکی (CP) را بررسی کردند و مدل یوتا را به‌عنوان بهترین آن‌ها معرفی کردند. آن‌ها با استفاده از مدل یوتا و آمار دمای ۴۰۰ ایستگاه در استرالیا، وضعیت انباشت سرمایه در دوره گذشته و دوره آینده را تا سال ۲۰۳۰ بررسی کردند و همچنین دلیل اصلی کاهش انباشت سرمایه را افزایش گرمایش جهانی دانستند (Elloumi et al, 2013:81).

گیو^۲ و همکاران (۲۰۱۴) انباشت سرمایه برای گل‌دهی درختان میوه مناطق معتدله را بررسی کردند. آن‌ها مشخص کردند که در سری زمانی ۵۰ ساله، روند افزایشی در نیاز سرمایه دیده شده؛ در حالی که انباشت سرمایه تقریباً ایستا بوده است (Guo et al, 2014:1195).

سانتوس و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی پیامدهای تغییر اقلیم بر روی درختان میوه معتدله در کشور پرتغال، مشخص کردند که با تغییر اقلیم، انباشت سرمایه در دوره آینده کاهش می‌یابد (Santos et al, 2016: 1).

جیوانگ و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی انباشت سرمایه درختان زردآلوی ژاپن، از یک مدل دینامیک برای تعیین انباشت سرمایه استفاده کردند (Zhuang et al, 2016: 68).

کافمن و بلانک (۲۰۱۶) در ارزیابی عملکرد سه مدل عددی ارزیابی انباشت سرمایه درختان میوه در آلمان، مشخص کردند که در اثر تغییرات آب و هوایی، انباشت سرمایه کاهش پیدا کرده است (Kaufmann & Blanke, 2016: 1).

مواد و روش‌ها

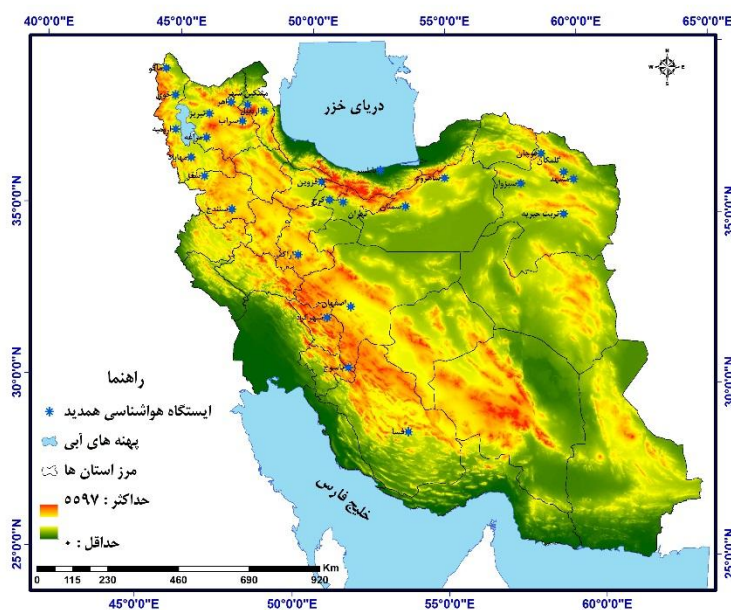
داده‌های تحقیق

در این تحقیق آمار دمای هوا در فصل سرد برابر با دورهٔ رکود درختان میوه به صورت سینوپ‌های ۳ ساعته از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۳ میلادی از سازمان هواشناسی کشور تهیه و استخراج شد. این آمار برای ۲۸ ایستگاه همدید با آمار طولانی‌مدت، واقع در مناطق معتدلهٔ کوهستانی که از مناطق عمدهٔ کشت و تولید درختان میوهٔ خزان‌دار در کشور هستند، تنظیم شده است. میوه‌های مناطق معتدله با آب‌وهوای زمستان نسبتاً سرد و تابستان‌های به‌طورمتوسط ملایم سازگاری دارند (راحی، ۱۳۸۹: ۱۴۱). در فلات ایران مناطق شمال شرقی، شمال غربی، شمالی و غربی به‌خصوص دامنه‌های رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس شرایط لازم برای کشت درختان خزان‌دار مناطق معتدله را دارند (گنجی‌مقدم، ۱۳۹۰: ۱۱). این ایستگاه‌ها در محدودهٔ استان‌های، خراسان رضوی، خراسان شمالی، سمنان، مازندران، تهران، البرز، قزوین، اردبیل، آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، کردستان، همدان، چهارمحال و بختیاری، اصفهان، فارس و کهگیلویه و بویراحمد واقع شده‌اند. شکل ۱، پراکنش و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه و مرز استان‌ها بر روی مدل رقومی ارتفاعی ایران را نشان می‌دهد. حجم کل دادهٔ ساعتی که برای این مطالعه پالایش شده است برابر با ۹,۷۴۴,۰۰۰ رکورد دمای ساعتی برای سه مدل مختلف برآوردکنندهٔ انباشت سرمایه‌ی در دورهٔ رکود، از ماه نوامبر تا مارس است. برای هر مدل ۳,۲۵۸,۰۰۰ دادهٔ دمای ساعتی خوانده شده تا براساس آن سری زمانی انباشت سرمایه‌ی مشخص شود.

مناطق خشک و سردسیر به خود اختصاص می‌دهند (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، معاونت باغبانی، ۱۳۹۳). میزان تجمع واحدهای سرمایه‌ی برای تولید و گلدهی درختان میوهٔ خزان‌کنندهٔ معتدله، حیاتی و ضروری است. تأمین سرمایهٔ زمستانهٔ درختان خزان‌کنندهٔ مناطق معتدله به حدی حیاتی است که بی‌توجهی به این مهم موجب هدررفت سرمایه و منابع می‌شود. تمام درختان میوهٔ تجاری که در مناطق جنب حاره و معتدله رشد می‌کنند، لازم است نیاز سرمایه‌ی آن‌ها در دورهٔ رکورد زمستانه تأمین شود تا به گلدهی همگن و اندازهٔ مطلوبی از میوه برسند و همچنین از نظر اقتصادی عملکردهای مناسبی را تولید کنند. سنجش مناطق مختلف از طریق ایستگاه‌های هواشناسی، گامی مؤثر در درک توان اقلیمی هر منطقه برای درک انباشت سرمایه‌ی محسوب می‌گردد. دمای هوا در میان سنجه‌های اقلیمی، مهم‌ترین فاکتور تعیین‌کننده برای درختان میوه محسوب می‌شود. چون انسان کنترل کمتری روی این سنجهٔ اقلیمی دارد، بهتر است با استفاده از دماهای ساعتی، میزان انباشت سرمایه‌ی با مدل‌های مختلف را کمی‌سازی کرده و برای انتخاب وارپته‌ها و گونه‌های مناسب اقدام گردد. با توجه به روند گرمایش جهانی و دگرگونی اقلیمی، امروزه ارزیابی انباشت سرمایه‌ی کانون توجه مطالعات جهانی شده است. بررسی منابع نشان داد که مطالعهٔ جامعی بر روی انباشت سرمایه‌ی و واسنجی مدل‌های مختلف برآوردکننده با ایستگاه‌های بیشتر و آمار طولانی‌مدت ساعتی انجام نگرفته؛ ازاین‌رو مطالعهٔ حاضر با هدف واکاوی انباشت سرمایه‌ی زمستانهٔ مناطق سردسیر ایران، براساس مدل‌های Utah, CH و CP، با استفاده از آمار بلندمدت دمای سه‌ساعتهٔ دیدبانی‌های ایستگاه‌های هواشناسی همدید طراحی و انجام شده است.

شدن طول روز، گیاه معمولاً برای ورود به مرحله رکود آماده می‌شود. شروع استراحت، همزمان با ریزش برگ‌ها بوده و پس از آن گیاهان وارد رکود واقعی می‌شوند. درختان خزان‌کننده مناطق معتدله به‌طور معمول از اوایل نوامبر با ریزش برگ‌ها دوره رکود آن‌ها آغاز می‌شود (رسول‌زادگان، ۱۳۷۰: ۲۵۱). برای روند تغییرات سری زمانی نیاز سرمایی، از روش ناپارامتری من-کندال و برای واسنجی مدل‌های مختلف انباشت سرمایی، از معیارهای اعتبارسنجی استفاده شده است که در ادامه تشریح خواهد شد.

در ادامه به‌منظور برآورد انباشت سرمایی در کشور از طریق ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه، از سه مدل رایج برآوردکننده انباشت سرمایی استفاده شد. مدل‌های مذکور، مدل ساعات سرمایی (CH)، واحدهای سرمایی (Utah)، و مدل دینامیکی بهره‌های سرمایی (CP) می‌باشد که در ادامه، تشریح هر مدل بیان شده است. حداقل زمان لازم برای سرمادهی یک رقم در زمان خواب درخت، که موجب ازسرگیری رشد طبیعی آن در فصل رویش می‌شود، نیاز یا انباشت سرمایی گفته می‌شود. در انتهای فصل رشد با کوتاه



شکل ۱: پراکنش و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

ساعات سرمایی به دلیل متداول بودن برای طبقه‌بندی انباشت سرمایی، با توجه به نیاز سرمایی درختان خزان‌دار مشخص شد. با تعیین سری زمانی انباشت سرمایی از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۳، روند تغییرات انباشت سرمایی براساس آزمون ناپارامتری من-کندال مشخص گردید. در ادامه عملکرد مدل‌های مختلف، اعتبارسنجی شد.

روش بررسی

در تحقیق حاضر، واکاوی انباشت سرمایی، به‌صورت برآورد روند تغییرات و اعتبارسنجی مدل‌های برآورد کننده بررسی شد. بعد از تعیین پالایش و تبدیل دمای سه‌ساعته به دمای ساعتی، انباشت سرمایی برای هر مدل و به تفکیک هر ایستگاه و هر سال برآورد گردید. بعد از تحلیل نتایج هر مدل، نتایج مدل

می‌شود. لازم به ذکر است که این روش برای هر یک بازه سه‌ساعته از دمای هوا براساس دمای قبل و بعد از آن به‌طور مستقل به کار می‌رود. عملیات این روش در محیط برنامه‌نویسی نرم‌افزار اکسل برای هر ایستگاه و هر سال از ماه نوامبر تا مارس تهیه و تنظیم شده است. نمونه موردی عملیات تبدیل دمای ساعتی در جدول (۱) مشخص شده است.

برای محاسبه مدل‌های مذکور با استفاده از امکانات برنامه‌نویسی نرم‌افزار اکسل، برای هر مدل برنامه لازم تهیه و تنظیم گردید و سپس با اعمال داده ساعتی، سری زمانی مجموع انباشت ساعتی از ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۳ برای دوره رکود از ماه نوامبر تا ماه مارس به تفکیک هر ایستگاه و هر سال، محاسبه و مشخص شد.

ورودی هر مدل انباشت سرمایی، آمار دمای ساعتی می‌باشد. به‌طور معمول آمار دمای هوا در ایستگاه‌های هواشناسی طبق دستورالعمل سازمان هواشناسی جهانی هر سه‌ساعت یکبار برای هشت نوبت در شبانه‌روز دیده‌بانی و ثبت می‌شود. این آمار سازمان هواشناسی به‌صورت سینوپ‌های سه‌ساعته در اختیار کاربران قرار می‌گیرد. برای تعیین انباشت سرمایی لازم است که دمای هر ساعت برای ۲۴ شبانه روز مشخص شود تا مدل‌ها بتوانند ارزش‌های سرمایی ساعات مختلف را انباشته کنند. در همین راستا از روش درون‌یابی خطی برای تبدیل دمای سه‌ساعته به دمای ساعتی استفاده شد. در این روش دمای سه ساعت قبل با دمای سه ساعت بعد جمع شده و با تقسیم بر بازه سه‌ساعته، یک‌سوم به دمای قبلی اضافه

جدول ۱: نمونه محاسبات تبدیل دمای سه‌ساعته به دمای ساعتی ماه دسامبر برای ایستگاه ارومیه

GMT DAY	MONTH دسامبر																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	1.2	1.1	1.1	1	2.4	3.8	5.2	7.1	8.9	10.8	11.1	11.3	11.6	9.4	7.2	5	3.9	2.7	1.6	1.2	0.8	0.4	0.5	0.5
2	0.6	0.4	0.2	0	2.1	4.1	6.2	7.7	9.1	10.6	10.7	10.7	10.8	8.5	6.3	4	3.1	2.3	1.4	1.3	1.1	1	1.1	1.3
3	1.4	0.9	0.5	0	1.8	3.6	5.4	7.1	8.7	10.4	10.5	10.7	10.8	9.4	8.0	6.6	5.1	3.7	2.2	2.0	1.8	1.6	1.3	0.9
4	0.6	0.4	0.2	0	1.6	3.2	4.8	6.7	8.7	10.6	10.8	11.0	11.2	8.6	6.0	3.4	2.4	1.4	0.4	0.3	0.3	0.2	-0.9	-2.1
5	-3.2	-3.1	-3.1	-3	-0.6	1.8	4.2	6.1	8.1	10	10.1	10.3	10.4	7.5	4.5	1.6	0.6	-0.4	-1.4	-1.7	-2.1	-2.4	-2.7	-3.1
6	-3.4	-3.7	-3.9	-4.2	-2.1	0.1	2.2	4.3	6.3	8.4	8.6	8.8	9	6.5	3.9	1.4	0.5	-0.3	-1.2	-1.9	-2.7	-3.4	-3.7	-4.1
7	-4.4	-4.7	-4.9	-5.2	-3.4	-1.6	0.2	2.7	5.1	7.6	7.9	8.3	8.6	6.4	4.2	2	0.5	-1.1	-2.6	-2.8	-3.0	-3.2	-3.5	-3.7
8	-4	-4.2	-4.4	-4.6	-2.8	-1.0	0.8	3.0	5.2	7.4	7.5	7.7	7.8	5.6	3.4	1.2	0.1	-0.9	-2	-2.3	-2.7	-3	-3.5	-3.9
9	-4.4	-4.2	-4.0	-3.8	-2.9	-1.9	-1	1.5	4.1	6.6	7.4	8.2	9	6.6	4.2	1.8	0.7	-0.3	-1.4	-0.6	0.2	1	1.1	1.3
10	1.4	1.8	2.2	2.6	3.5	4.3	5.2	5.9	6.7	7.4	8.7	9.9	11.2	9.9	8.5	7.2	6.5	5.7	5	4.3	3.7	3	2.4	1.8
11	1.2	0.1	-0.9	-2	-0.8	0.4	1.6	2.8	4.0	5.2	5.1	4.9	4.8	2.9	0.9	-1	-1.8	-2.6	-3.4	-4.4	-5.4	-6.4	-5.6	-4.8
12	-4	-3.7	-3.5	-3.2	-2.5	-1.7	-1	-0.1	0.7	1.6	1.6	1.6	1.6	0.5	-0.7	-1.8	-2.5	-3.1	-3.8	-5.2	-6.6	-8	-8.1	-8.3
13	-8.4	-8.1	-7.7	-7.4	-6.1	-4.9	-3.6	-1.8	0.0	1.8	1.9	1.9	2	0.5	-0.9	-2.4	-3.7	-4.9	-6.2	-6.7	-7.1	-7.6	-7.8	-8.0
14	-8.2	-8.6	-9.0	-9.4	-7.5	-5.5	-3.6	-1.7	0.3	2.2	2.5	2.9	3.2	1.0	-1.2	-3.4	-4.1	-4.7	-5.4	-6.4	-7.4	-8.4	-8.5	-8.7
15	-8.8	-9.0	-9.2	-9.4	-6.9	-4.3	-1.8	0.3	2.3	4.4	4.3	4.3	4.2	2.3	0.5	-1.4	-2.1	-2.9	-3.6	-4.1	-4.5	-5	-4.1	-3.1
16	-2.2	-2.5	-2.9	-3.2	-2.5	-1.9	-1.2	-0.2	0.8	1.8	1.9	1.9	2	0.1	-1.7	-3.6	-4.7	-5.7	-6.8	-7.0	-7.2	-7.4	-7.7	-8.1
17	-8.4	-9.3	-10.1	-11	-8.3	-5.7	-3	-1.1	0.9	2.8	2.9	2.9	3	1.2	-0.6	-2.4	-3.5	-4.7	-5.8	-6.5	-7.1	-7.8	-8.3	-8.9
18	-9.4	-9.5	-9.7	-9.8	-8.0	-6.2	-4.4	-2.6	-0.8	1	1.5	1.9	2.4	0.2	-2.0	-4.2	-5.5	-6.7	-8	-8.5	-8.9	-9.4	-9.4	-9.4
19	-9.4	-10.1	-10.9	-11.6	-9.4	-7.2	-5	-3.1	-1.1	0.8	0.9	1.1	1.2	-0.5	-2.1	-3.8	-4.4	-5.0	-5.6	-6.2	-6.8	-7.4	-6.5	-5.5
20	-4.6	-5.7	-6.9	-8	-6.5	-5.1	-3.6	-1.2	1.2	3.6	4.1	4.7	5.2	2.5	-0.1	-2.8	-3.5	-4.3	-5	-5.3	-5.5	-5.8	-6.3	-6.9
21	-7.4	-4.9	-2.5	0	0.1	0.1	0.2	1.7	3.3	4.8	5.5	6.3	7	5.5	3.9	2.4	1.9	1.5	1	0.7	0.3	0	0.3	0.7
22	1	1.1	1.1	1.2	1.7	2.1	2.6	3.5	4.3	5.2	5.3	5.3	5.4	4.4	3.4	2.4	2.6	2.8	3	2.5	1.9	1.4	1.0	0.6
23	0.2	0.0	-0.2	-0.4	0.5	1.5	2.4	3.6	4.8	6	6.3	6.7	7	6.5	5.9	5.4	5.8	6.2	6.6	6.4	4.2	3	2.9	2.9
24	2.8	2.6	2.4	2.2	2.7	3.3	3.8	5.2	6.6	8	8.3	8.7	9	7.7	6.5	5.2	5.3	5.5	5.6	4.3	2.9	1.6	2.8	4.0
25	5.2	4.7	4.3	3.8	4.4	5.0	5.6	6.3	7.1	7.8	7.8	7.8	7.8	6.7	5.5	4.4	4.0	3.6	3.2	2.6	2.0	1.4	1.0	0.6
26	0.2	0.3	0.3	0.4	0.7	0.9	1.2	1.3	1.5	1.6	1.9	2.3	2.6	2.1	1.5	1	-0.1	-1.1	-2.2	-2.7	-3.1	-3.6	-3.9	-4.1
27	-4.4	-4.5	-4.7	-4.8	-3.9	-2.9	-2	-0.4	1.2	2.8	2.8	2.8	2.8	1.2	-0.4	-2	-2.6	-3.2	-3.8	-4.0	-4.2	-4.4	-4.6	-4.8
28	-5	-4.1	-3.3	-2.4	-2.1	-1.9	-1.6	-0.5	0.5	1.6	1.9	2.1	2.4	0.8	-0.8	-2.4	-3.1	-3.7	-4.4	-4.8	-5.2	-5.6	-5.7	-5.9
29	-6	-6.4	-6.8	-7.2	-5.4	-3.6	-1.8	-0.5	0.9	2.2	2.8	3.4	4	2.2	0.4	-1.4	-0.7	-0.1	0.6	-0.4	-1.4	-2.4	-3.7	-5.1

مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۵

مدل ساعات سرمایی CH

معمولترین مدل سرمایی و یکی از پرکاربردترین مدل‌ها، مدل CH یا ساعات سرمایی است، این مدل به مدل واینبرگر (Weinberger, 1950:123) و بنت (Bennet, 1949:358) معروف است. این مدل اولین بار برای درختان هلو در جرجیا در ایالات متحده آمریکا ارائه داده شد، تمام ساعات با دماهایی بین صفر تا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد، به صورت مؤثر برای انباشت سرمایی تفسیر می‌نماید (Luedeling et al, 2009:1855). واینبرگر (۱۹۵۰) استفاده از تعداد ساعات کمتر از ۷/۲ درجه سانتی‌گراد یا کمتر از ۴۵ درجه فارنهایت در طول فصل زمستان را پیشنهاد داده‌اند (Weinberger, 1950: 358). دماهای یخبندان در انباشت سرمایی این مدل نقشی ندارند (Zhang & Taylor, 2011:422 ; Luedeling et al, 2009:1855). نمونه موردی محاسبات این مدل، مشابه مدل یوتا است که در جدول ۲، مشخص شده است. در این مدل تعداد ساعات سرمایی در زمان t (زمان از آغاز دوره رکود بر حسب ساعت) عبارت است از

$$CH_t = \sum_{i=1}^t T_{7/2}, \quad T_{7/2} = \begin{cases} 0^\circ\text{C} < T < 7,2^\circ\text{C} & :1 \\ \text{else} & :0 \end{cases} \quad (1)$$

بعد از تنظیم و تبدیل دمای ساعتی با استفاده از تابع شرطی (IF) برنامه‌ای مشخص شد که فقط دماهایی که در محدوده دماهای ۰ تا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد قرار دارند ارزش سرمایی ۱، داشته باشند و بقیه دماها را بدون ارزش سرمایی مشخص کنند. این برنامه برای هر سال و هر ماه به تفکیک هر ایستگاه محاسبه و اعمال شد.

مدل Utah

در مدل یوتا به‌عنوان یک مدل وزن‌دار شده، دماهای بالا بر روی انباشت سرمایی اثر منفی می‌گذارند، این مدل توسط ریچاردسون و همکاران (Richardson et al, ۱۹۷۴) پیشنهاد شده است (Richardson et al, 1974:337). این مدل با شرایط اقلیمی متغیر، سازگاری پیدا کرده است (Zhang & Taylor, 2011:421). در این مدل دماهای پایین‌تر از ۱/۴ و بالاتر از ۱۲/۴ درجه سانتی‌گراد بدون ارزش سرمایی و دماهای بالاتر از ۱۵/۴ درجه سانتی‌گراد اثربخشی نداشته و اثری منفی دارند. دماهای بین ۱/۴ تا ۲/۴ درجه، دارای ارزش سرمایی ۰/۵، دماهای بین ۲/۴ تا ۹/۱ درجه، دارای ارزش سرمایی ۱ و دماهای بین ۹/۱ تا ۱۲/۴ درجه سانتی‌گراد نیز از ارزش سرمایی ۰/۵ برخوردار می‌باشند. در این مدل تعداد ساعات سرمایی در زمان t از رابطه زیر به دست می‌آید (Richardson et al, 1974: 338). نمونه موردی نحوه محاسبه این مدل در جدول (۲) مشخص شده است. در این مدل نیز در محیط نرم‌افزار اکسل با استفاده از تابع شرطی (IF) برای دماهای ساعتی برنامه‌ای تنظیم شد که براساس رابطه (۲) دماهای ساعتی را به صورت واحدهای سرمایی با اوزان ۰، ۰/۵ و ۱ و وزن‌های ۰/۵- مشخص کند. این برنامه برای هر سال و هر ماه به تفکیک هر ایستگاه محاسبه و اعمال شد.

(۲)

$$UCU_t = \sum_{i=1}^t T_U, \quad T_U = \begin{cases} T_U = T < 1,4^\circ\text{C} & :0 \\ 1,4^\circ\text{C} < T \leq 2,4^\circ\text{C} & :0,5 \\ 2,4^\circ\text{C} < T \leq 9,1^\circ\text{C} & :1 \\ 9,1^\circ\text{C} < T \leq 12,4^\circ\text{C} & :0,5 \\ 12,4^\circ\text{C} < T \leq 15,9^\circ\text{C} & :0 \\ 15,9^\circ\text{C} < T \leq 18^\circ\text{C} & : -0,5 \\ T \geq 18^\circ\text{C} & : -0,5 \end{cases}$$

جدول ۲: نمونهٔ موردی محاسبات مدل یوتا برای سال ۲۰۰۸ ماه دسامبر در ایستگاه ارومیه

Day	Hour																							Σ CUF
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0/5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22
2	1	1	1	1	1	1	1	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
3	1	1	1	1	1	1	1	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
4	1	1	1	1	1	1	1	0/5	0/5	0/5	0/5	0	0/5	0/5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
5	1	1	1	1	1	1	0/5	0/5	0/5	0	0	0	0/5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0/5	15
6	0/5	0/5	0	1	1	1	0/5	0/5	0/5	0	0	0	0/5	0/5	1	1	1	0/5	0/5	0/5	0/5	0	0	6
7	0	0	0	0/5	1	1	0/5	0/5	0	0	0	0	0/5	0/5	1	1	1	1	1	0/5	0/5	0	0	7
8	0	0	0	1	1	0/5	0/5	0/5	0	0	0	0	0/5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0/5	11
9	0/5	0/5	0/5	1	1	1	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0/5	0/5	1	1	1	1	1	0/5	1	1	1	1	1	20
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0/5	1	1	1	1	21
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23
15	1	1	1	1	1	1	1	1	0/5	0/5	0/5	0/5	1	1	1	1	0/5	0	0	0	0	0	0	12
16	0	0	0	0	1	1	1	1	0/5	0/5	0/5	0/5	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	8
17	0	0	0	0/5	1	1	1	1	0/5	0/5	0/5	1	1	1	1	0/5	0	0	0	0	0	0	0	9
18	0	0	0	0	1	1	1	1	0/5	0/5	0/5	0/5	1	1	1	1	0/5	0	0	0	0	0	0	8
19	0	0	0	0	0/5	1	1	1	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0/5	0/5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21
21	1	1	1	1	1	1	1	0/5	0/5	0	0	0	0/5	0/5	1	1	1	1	1	0/5	0	0	0	12
22	0	0	0	0/5	1	1	1	0/5	0/5	0	0	0	0	0/5	1	1	1	1	1	0/5	0	0/5	0/5	8
23	0	0	0	1	1	1	0/5	0/5	0	0	0	0	0	0/5	0/5	1	1	1	1	1	1	1	1	11
24	0/5	0	0	1	1	1	0/5	0/5	0	0	0	0	0/5	0/5	1	1	1	1	1	1	0/5	0/5	0	9
25	0	0	0	0/5	1	1	1	0/5	0/5	0	0	0	0/5	1	1	1	1	0/5	0/5	0/5	0/5	0	0	7
26	0	0	0	0/5	1	1	1	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1	1	1	1	0/5	0	0	0	0	0	8
27	0	0	0	0/5	1	1	1	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1	1	1	1	0/5	0	0	0	0	0	7
28	0	0	0	0	0/5	1	1	1	1	0/5	0/5	0/5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0/5	14
29	0/5	1	1	1	1	1	1	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
																								Σ CUF 395

مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۵

سرمایی تبدیل می‌شود. تأثیر دماهای بالا و تداوم آن‌ها نیز در نظر گرفته می‌شود. برتری این مدل نسبت به دیگر مدل‌ها در این است که با رخداد دماهای گرم، انباشت سرمایی خنثی نمی‌شود. نمونهٔ موردی از نحوهٔ محاسبهٔ این مدل در جدول (۳) مشخص شده است. در این راستا دمای ساعتی برای ۲۴ ساعت شبانه‌روز برای هر روز از دورهٔ زمانی مورد مطالعه، به صورت ساعتی گراد وارد می‌شود که این دما در ستون مجاور آن به کلون تبدیل می‌شود و سپس یک فرایند براساس مقادیر ثابت در ستون‌های مختلف طی می‌شود تا در ستون نهایی انباشت بخش‌های سرمایی مشخص شود. مقادیر عددی ثابت‌های Slp ، $etmt$ ، α_1 ، α_2 و e_1 که در عملیات مربوط به باغبانی از آن‌ها استفاده می‌نمایند، به ترتیب عبارت‌اند

از: $128888/8$ و $4153/5$ ، $2/567 \times 10^{18}$ ، $1,277,1395,0016$ ،
(Luedeling & Brown, 2011:411; Zhang & Taylor, 2011: 421)

مدل دینامیکی CP

مدل دینامیکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مدل‌ها برای توسعهٔ باغبانی در خاورمیانه توسط فیشمن^۱ و همکاران ارائه شده است (Fishman et al, 1987:309). این مدل سرما را بر مبنای دمای ساعتی اندازه‌گیری می‌کند و واحدهای انباشته‌شده را با عنوان بخش‌ها یا سهم‌های سرمایی^۲ مشخص می‌کند. بخش‌های سرمایی به اختصار به CP ارائه شده است. در این مدل فرض می‌شود نیاز سرمایی از یک فرایند دو مرحله‌ای تشکیل شده است که در طی آن نخست؛ مقدار انباشت سرمایی در فرایند تسریع شده توسط دماهای سرد، تشکیل می‌شود که معمولاً انباشت متوسط هم نامیده می‌شود. رخداد دماهای گرم می‌تواند این شرایط متوسط سرمایی را تخریب نماید. به‌محض اینکه یک مقدار مشخصی از انباشت سرمایی تشکیل شد، این محصول به‌طور برگشت‌ناپذیری به بخش‌های

1-Fishman
2-Chill portions

وضعیت بخش‌های سرمایه‌ی را مشخص می‌نماید. دماهای بالا و یخبندان بدون هیچ‌گونه تأثیر به‌صورت صفر مشخص می‌شود.

در این مدل دماهایی که در انباشت سرمایه‌ی نقش ندارند به صورت ۰ و دماهایی که ارزش سرمایه‌ی دارند به صورت ۱ مشخص می‌شوند. مجموع این Portions،

جدول ۳: نمونه‌ی موردی از محاسبه‌ی مدل دینامیکی بر روی ایستگاه ارومیه

e0	4.15E+03											
e1	1.29E+04											
a0	1.40E+05											
a1	2.57E+18											
slp	1.6											
tetmlt	277	توضیحات: داده‌ی ساعتی به صورت ساعتی گرد در ستون B وارد میشود. ردیف‌های 11 و 12 نباید حذف شوند. بعد از وارد شدن داده‌ی ساعتی در ستون C مجموع بخش‌های سرمایه‌ی در ستون L مشخص خواهد شد.										
aa=a0/a1	5.43E-14											
ee=e1-e0	8.74E+03											
	date	Temp(C)	Temp (K)	ftmprt	sr	xi	xs	ak1	Inter-S	Inter-E	delt	Portions
	12/04/1999 16:45	15	288.00	16.93	22471935.51	1.00	0.81	0.09	0.00	0.07	0.00	0
	12/04/1999 17:45	12	285.00	12.44	252887.94	1.00	1.11	0.06	0.0726043	0.13	0.00	0
	10/01/2008	2	275.00	-3.22	0.04	0.04	3.39	0.01	0.1319383	0.17	0.00	1
	10/01/2008	5	278.00	1.59	4.92	0.83	2.41	0.02	0.168705	0.21	0.00	1
	10/01/2008	4.6	277.60	0.96	2.61	0.72	2.52	0.02	0.2104207	0.25	0.00	1
	10/01/2008	6	279.00	3.18	23.98	0.96	2.15	0.02	0.2506815	0.29	0.00	1
	10/01/2008	5	278.00	1.59	4.92	0.83	2.41	0.02	0.292422	0.33	0.00	1
	10/01/2008	2.3	275.30	-2.74	0.06	0.06	3.28	0.01	0.3318323	0.37	0.00	1
	10/01/2008	1	274.00	-4.85	0.01	0.01	3.81	0.01	0.3667727	0.40	0.00	1
	10/01/2008	0	273.00	-6.49	0.00	0.00	4.28	0.01	0.3995185	0.43	0.00	1
	10/01/2008	2	275.00	-3.22	0.04	0.04	3.39	0.01	0.4306206	0.46	0.00	1
	10/01/2008	9	282.00	7.86	2586.75	1.00	1.54	0.04	0.4640183	0.50	0.00	0
	10/01/2008	6	279.00	3.18	23.98	0.96	2.15	0.02	0.5024407	0.54	0.00	0
	10/01/2008	5	278.00	1.59	4.92	0.83	2.41	0.02	0.5386509	0.57	0.00	0
	10/01/2008	4	277.00	0.00	1.00	0.50	2.70	0.02	0.5734727	0.61	0.00	0
	10/01/2008	3	276.00	-1.61	0.20	0.17	3.02	0.01	0.6069855	0.64	0.00	0
	10/01/2008	2	275.00	-3.22	0.04	0.04	3.39	0.01	0.6392446	0.67	0.00	0

مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۵

اعتبارسنجی مدل‌های انباشت سرمایه‌ی

مشاهده‌ای، که معمولاً تنها ابزار مقایسه است، با به‌کارگیری روش درون‌یابی، نقطه‌ی موردنظر برآورد می‌شود سپس این نقطه به محل خود برگردانده شده و نقطه‌ی بعدی حذف می‌گردد و به همین ترتیب برای تمام نقاط، برآورد صورت می‌گیرد. در پایان ستون مقادیر مشاهده‌ای و ستون مقادیر برآوردشده در قالب معیارهای مختلف خطا، فرمول‌های MAE، RMSE، MBE برای پیش‌بینی انباشت سرمایه‌ی در سال، با هم مقایسه می‌شوند. میانگین قدرمطلق خطای انباشت سرمایه‌ی در این معیار هر چقدر مقدار آن نزدیک به صفر باشد، نتایج اعتبارسنجی برای پیش‌بینی انباشت سرمایه‌ی دقیق‌تر است.

به‌منظور اعتبارسنجی مدل‌های مختلف نیاز سرمایه‌ی، از معیارهای اعتبارسنجی تقاطعی استفاده شده است. روش‌های مختلفی برای اعتبارسنجی بر مبنای روش‌های درون‌یابی وجود دارد، یکی از مهم‌ترین آن‌ها روش اعتبارسنجی تقاطعی است. اساس روش‌های اعتبارسنجی تقاطعی این است که تعدادی از نقاط حذف و درون‌یابی با بقیه‌ی نقاط انجام می‌گیرد؛ در واقع مقادیر مشاهده شده به‌صورت موقت از مجموعه‌ی داده‌های نمونه حذف شده و با استفاده از سایر نقاط نمونه برای آن، مقادیر جدیدی برآورد می‌شود. در این روش برای هر یک از نقاط

روش ناپارامتری من-کندال

برای بررسی روند تغییرات نیاز سرمایه‌ی از روش ناپارامتری من-کندال استفاده شد. این روش ابتدا توسط من^۱ (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال^۲ (۱۹۷۵) تکامل یافت (Mann, 1945: 445). در مباحث علوم محیطی و هواشناسی کاربرد دارد، یکی از روش‌های ناپارامتری مهم برای آزمون روند سری‌های زمانی محسوب می‌شود.

(۶)

$$Z = \begin{cases} x = \frac{s-1}{\text{var}(s)} & \text{if } s > 0 \\ x = \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases}$$

در این رابطه S نشانه تفاوت مقادیر با یکدیگر و var (s) پراش S است:

(۷)

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_j^n = k+1 \text{sgn}(x_j - x_k)$$

(۸)

$$\text{Var}(s) = \frac{n - (n-1)(2n+5) - \beta}{18}$$

در این رابطه n تعداد مشاهدات سری، X_k و X_j به ترتیب داده‌های J ام و K ام سری (مرتب شده به ترتیب وقوع) Sign تابع علامت (رابطه ۷) و β عاملی مربوط به تصحیح پراش است، در صورتی که داده‌های تکراری در اطلاعات وجود داشته باشد (رابطه ۸):

(۹)

$$\text{Sgn}(x) = \begin{cases} +1 \text{ if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 \text{ if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 \text{ if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

(۳)

$$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |z^*(X_i) - z(X_i)|$$

مقدار $z^*(x_i)$: مقدار برآورد شده متغیر در x_i ، $z(x_i)$ مقدار مشاهده‌ای متغیر در x_i ، n: تعداد نقاط با متغیر مشاهده‌ای. هر چقدر مقدار MAE به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده دقت بیشتر روش می‌باشد. مقدار این معیار همواره مثبت است.

میانگین انحراف خطای انباشت سرمایه‌ی

میانگین انحراف خطاها MBE، در حقیقت اختلاف بین میانگین مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی است و بیانگر انحراف از میانگین می‌باشد. این مقدار MBE می‌تواند مثبت یا منفی باشد که نشان‌دهنده برآورد کمتر و بیشتر از میانگین داده‌هاست. این معیار نیز هر چقدر به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده اختلاف کمتر مقادیر برآورد شده نسبت به مقادیر مشاهده‌ای می‌باشد. در شرایطی که MBE برابر صفر باشد، مدل درونیابی متغیر موردنظر را به‌طور دقیق برآورد می‌کند.

(۴)

$$\text{MBE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z^*(X_i) - z(X_i))$$

ریشه دوم میانگین مربع خطای انباشت سرمایه‌ی این معیار به صورت زیر محاسبه شده و هر چقدر به صفر نزدیک‌تر باشد بیانگر خطای کمتری در پیش‌بینی انباشت سرمایه‌ی است.

(۵)

$$\text{RMSE} = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (z^*(X_i) - z(X_i))^2}$$

(۱۰)

$$\beta = \sum_{i=1}^m t(t-1)(2t-5)$$

t تعداد داده‌های مشاهده شده، m معرف تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد (سبزی‌پرور و شادمانی، ۱۳۹۰: ۱۲۴).

یافته‌ها

الگوی انباشت سرمایه براساس مدل‌های مختلف

نتایج انباشت سرمایه براساس مدل‌های مختلف در جدول ۴، مشخص شده است. براساس برونداد مدل ساعات سرمایه ۰ تا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد، میزان انباشت سرمایه در کمترین مقدار با ۷۷۵ ساعت در ایستگاه بابلسر تا ۱۴۴۵ ساعت در بالاترین مقدار در ایستگاه شاهرود، متغیر می‌باشد. براساس این مدل کمترین میزان انباشت سرمایه در ایستگاه‌های فسا و بابلسر به ترتیب ۸۶۸ و ۷۷۵ ساعات سرمایه به دلیل زمستان ملایم رخ داده است. بالاترین ساعات سرمایه در ایستگاه‌های یاسوج، مراغه و شاهرود با بیش از ۱۴۰۰ ساعت انباشت سرمایه و ایستگاه‌های گلمکان، قزوین، مهاباد، تبریز و تربت حیدریه با بیش از ۱۳۰۰ ساعات انباشت سرمایه مشاهده می‌شود. در ایستگاه‌های با عرض جغرافیایی بالا واقع در مناطق سردسیرتر مانند اردبیل، سراب، مشکین‌شهر، ماکو و خوی، به دلیل شدت سرما، میزان انباشت سرمایه کمتری با توجه به شرایط اقلیمی منطقه رخ داده است. براساس برونداد مدل یوتا میزان انباشت سرمایه در پایین‌ترین وضعیت از ۱۱۹۱ تا بالاترین شرایط ۲۱۲۱ واحد سرمایه، در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه متغیر می‌باشد. کمترین میزان انباشت سرمایه در ایستگاه فسا و سراب به ترتیب با ۱۱۲۸ و ۱۱۹۱ واحد سرمایه مشاهده گردید. ایستگاه فسا به دلیل

عرض جغرافیایی پایین‌تر و ملایم‌بودن زمستان و ایستگاه سراب به دلیل عرض جغرافیایی بالاتر و سرماهای زیاد، انباشت سرمایه کمتری را نشان می‌دهند. براساس مدل یوتا ایستگاه‌های بابلسر و یاسوج با بیش از ۲۰۰۰ واحد سرمایه بیش‌ترین میزان واحد سرمایه را در بین ایستگاه‌ها به خود اختصاص داده‌اند. در ایستگاه بابلسر دماهای ملایم در زمستان باعث شده تا میزان انباشت سرمایه با مدل یوتا افزایش یابد. ایستگاه‌های اصفهان، تربت حیدریه، قزوین، شاهرود، مهاباد، مراغه، گلمکان، سنندج، سمنان و کرج با ۱۸۰۰ تا ۲۰۰۰ واحد سرمایه، از میزان واحد سرمایه نسبتاً بالایی برخوردار می‌باشند. در ایستگاه‌های اردبیل، مشکین‌شهر، اهر، سقز، ارومیه، ماکو و خوی، میزان انباشت سرمایه بین ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ واحد سرمایه مشاهده شده است. میزان واحد سرمایه این ایستگاه‌ها با توجه به شرایط اقلیمی آن‌ها و شدت سرما کمتر مشاهده می‌شود؛ در واقع سرماهای شدید در این مناطق به دلیل عرض جغرافیایی بالاتر می‌تواند موجب کاهش میزان انباشت سرمایه باشد (جدول ۴).

براساس برونداد مدل دینامیکی، میزان انباشت سرمایه در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، از ۶۳ تا ۹۶ بخش سرمایه متغیر است. براساس این مدل کمترین میزان انباشت سرمایه در ایستگاه‌های فسا، ماکو و سراب به ترتیب با ۶۳،۷۰ و ۷۱ بخش سرمایه رخ داده است. در ایستگاه فسا عرض جغرافیایی پایین‌تر و زمستان‌های ملایم و در ایستگاه‌های ماکو و سراب عرض جغرافیایی بالاتر و سرماهای شدید، موجب کاهش انباشت سرمایه شده است. ایستگاه‌های تربت حیدریه، سقز، سنندج، قزوین، کرج، گلمکان، شهرکرد، شاهرود، سمنان، مراغه و یاسوج با ۹۰ تا

بر انباشت سرمایی می‌گذارند و اثر سرما را خنثی می‌سازند (Hennessy & Greene, 1995: 332). بنابراین بهتر است که نیاز سرمایی درختان خزان‌دار مختلف با توان اقلیمی و انباشت سرمایی برونداد چند مدل برای هر منطقه مطابقت داده شود.

ضریب تغییرات انباشت سرمایی در مدل ساعات سرمایی CH، در ایستگاه‌های با انباشت سرمایی بالاتر بیشتر مشاهده می‌شود. براساس مدل یوتا این ضریب تغییرات در ایستگاه‌های، قوچان، گلمکان، مشهد و تربت حیدریه و در مدل دینامیکی در ایستگاه‌های تبریز، سراب و فسا بیشتر مشاهده می‌شود (جدول ۴). به‌طور کلی در بین مدل‌های تعیین انباشت سرمایی، مدل ساعات سرمایی CH، بیشترین ضریب تغییرات و مدل دینامیکی کمترین ضریب تغییرات را دارند. این نتایج با مطالعات داربیش و همکاران (۲۰۱۱)، از نظر ضریب تغییرات بیشتر مدل ساعات سرمایی نسبت به دیگر مدل‌های تعیین‌کننده انباشت سرمایی، همخوانی دارد.

۱۰۰ سهم سرمایی، بالاترین میزان انباشت سرمایی را در بین ایستگاه‌ها دارا می‌باشند. بالاترین میزان انباشت سرمایی براساس مدل دینامیکی در ایستگاه‌های کرج و شاهرود با ۹۶ سهم سرمایی مشاهده می‌شود.

برونداد مدل‌های مختلف نشان داد که الگوی انباشت سرمایی از ارتفاع هر منطقه تاثیر بالایی می‌پذیرد. در تمام مدل‌های ایستگاه‌های با ارتفاع بالاتر همچنان از انباشت سرمایی لازم برخوردار بوده‌اند؛ به‌طور نمونه ایستگاه یاسوج با وجود عرض جغرافیایی پایین‌تر از انباشت سرمایی بالایی برخوردار می‌باشد. ساختار هر مدل برای کمی‌سازی نیاز سرمایی درختان میوه متفاوت است. در مدل ساعات سرمایی، دماهای بالاتر از صفر، تا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد بیشتر نقش دارند. در مدل یوتا به‌دلیل اینکه دماهای بالاتر از ۷ تا ۱۰ درجه هم ارزش سرمایی دارند؛ بنابراین ارقام به‌دست آمده در مدل یوتا بالاتر است که این نمی‌تواند دلیل محکمی بر برتری این مدل باشد. مطالعات نشان داده است که دماهای بالاتر، اثر منفی

جدول ۴: الگوی انباشت برآورد سرمایه‌ی در دوره رکود برای ایستگاه‌های مورد مطالعه از نوامبر تا مارس

مدل دینامیکی، بهره‌های سرمایه‌ی CP			مدل واحدهای سرمایه‌ی UTAH			مدل ساعات سرمایه‌ی CH ۰ - ۷/۲۰			مدل و پارامتر ایستگاه
ضریب تغییرات	انحراف از معیار	میانگین	ضریب تغییرات	انحراف از معیار	میانگین	ضریب تغییرات	انحراف از معیار	میانگین	
۹	۷/۵	۸۳/۶	۱۹/۹	۲۸۲	۱۴۱۷	۱۶/۴	۱۸۱/۷	۱۱۰۴	اردبیل
۵/۶	۵	۸۸	۱۶/۳	۲۵۲/۹	۱۵۴۷	۱۵/۲	۱۹۶/۹	۱۲۴۵	ارومیه
۸/۴	۷	۸۳	۱۳	۲۳۹/۴	۱۸۲۲	۱۰/۷	۱۳۰/۱	۱۲۰۷	اصفهان
۷	۶/۱	۸۷	۱۸/۸	۳۰۶/۸	۱۶۲۵	۶/۲	۱۹۸/۷	۱۲۸۱	اهر
۱۲	۹/۹	۸۲	۱۷	۳۳۶/۳	۲۱۰۶	۱/۷	۲۵۱/۴	۷۷۵	بابلسر
۱۲/۶	۱۱/۹	۸۷	۱۶/۶	۲۸۸/۷	۱۷۳۰	۲/۸	۲۲۸/۵	۱۳۴۸	تبریز
۶	۵/۵	۹۱	۳۹/۳	۷۳۸/۴	۱۸۷۸	۷/۳	۱۴۶/۴	۱۳۱۲	تربت‌حیدریه
۱۰	۸/۷	۸۵	۱۸/۹	۳۷۴/۸	۱۹۷۷	۱۱/۸	۲۱۵/۳	۱۲۴۳	تهران
۹	۷/۹	۸۲	۱۸/۶	۲۸۶	۱۵۳۰	۱۶/۳	۱۸۹/۱	۱۱۵۱	خوی
۸	۷/۵	۸۸	۴۱/۸	۸۲۳/۲	۱۹۶۶	۲۰/۸	۱۸۷/۱	۱۲۶۷	سبزوار
۱۶/۳	۱۱/۷	۷۱	۱۹/۱	۲۲۷/۵	۱۱۹۱	۲۵/۳	۱۸۴/۸	۱۰۱۴	سراب
۵	۵	۹۲	۱۵/۸	۲۴۵/۲	۱۵۴۴	۲۹/۸	۱۹۹/۴	۱۲۳۴	سقز
۶	۵/۵	۸۸	۱۶/۳	۳۲۱/۱	۱۹۶۷	۳۴/۳	۱۸۲/۸	۱۳۱۰	سمنان
۵	۵/۴	۹۴	۱۴/۴	۲۳۳/۷	۱۸۰۶	۳۸/۸	۱۴۳/۳	۱۳۳۲	سنندج
۴	۴/۶	۹۶	۱۴/۴	۲۸۸/۱	۱۹۸۸	۴۳/۳	۱۸۴/۷	۱۴۵۴	شاهرود
۸	۷/۶	۹۱	۱۴	۲۳۴/۵	۱۶۶۵	۴۷/۸	۱۶۰/۸	۱۲۵۵	شهرکرد
۷	۶/۸	۹۲	۱۳/۴	۲۴۲	۱۸۰۱	۵۲/۳	۱۷۳	۱۲۹۱	اراک
۱۰/۶	۶/۷	۶۳	۱۹/۵	۲۵۱/۲	۱۲۸۶	۵۶/۸	۹۱/۸	۸۶۸	فسا
۶	۵/۸	۹۴	۱۳/۸	۲۵۳	۱۸۳۷	۶۱/۳	۱۸۲	۱۳۴۴	قزوین
۵	۴/۸	۸۷	۴۲	۷۵۸	۱۷۰۱	۶۵/۸	۱۶۲	۱۲۷۲	قوچان
۷	۷	۹۶	۱۲/۳	۲۲۶	۱۸۳۶	۷۰/۳	۱۶۷	۱۳۰۲	کرج
۸	۷/۵	۸۸	۳۴/۶	۶۶۳	۱۹۱۵	۷۴/۸	۱۷۰	۱۳۴۰	گلمکان
۹	۷	۷۰	۲۴/۴	۳۴۰	۱۳۹۵	۷۹/۳	۲۶۷	۱۱۱۸	ماکو
۷	۷	۹۳	۱۷/۹	۳۳۰	۱۸۳۶	۸۳/۸	۲۴۵	۱۴۱۷	مراغه
۸	۶/۶	۸۱	۳۴/۶	۳۶۹	۱۴۹۶	۸۸/۳	۲۴۰	۱۱۵۸	مشگین‌شهر
۵	۴/۶	۹۰	۱۳/۴	۲۵۲	۱۷۳۵	۹۲/۸	۱۴۶	۱۲۸۹	مشهد
۵	۵	۹۰	۱۶/۱	۳۰۶	۱۹۰۱	۹۷/۳	۲۴۱	۱۳۹۴	مهاباد
۴	۴/۲	۹۳	۱۹/۹	۲۰۲	۲۱۲۸	۱۶/۴	۱۲۸	۱۴۳۵	یاسوج

مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۵

این کمینه‌ها بیشتر در نیمه دوم دوره آماری مورد مطالعه رخ داده است. بیشینه انباشت سرمایه‌ی در ایستگاه‌هایی مانند، اهر، ارومیه، مراغه، تبریز، سبزوار و یاسوج به ترتیب با ۲۲۱۶، ۱۹۳۵، ۱۹۶۵، ۱۸۰۶، ۱۷۷۱ و ۱۸۱۳ ساعات سرمایه‌ی رخ می‌دهد. بیشینه‌های انباشت سرمایه‌ی در سال‌های ابتدای دوره آماری مورد مطالعه بیشتر مشاهده می‌شود (شکل ۲).

کمینه و بیشینه انباشت سرمایه‌ی براساس مدل‌های مختلف

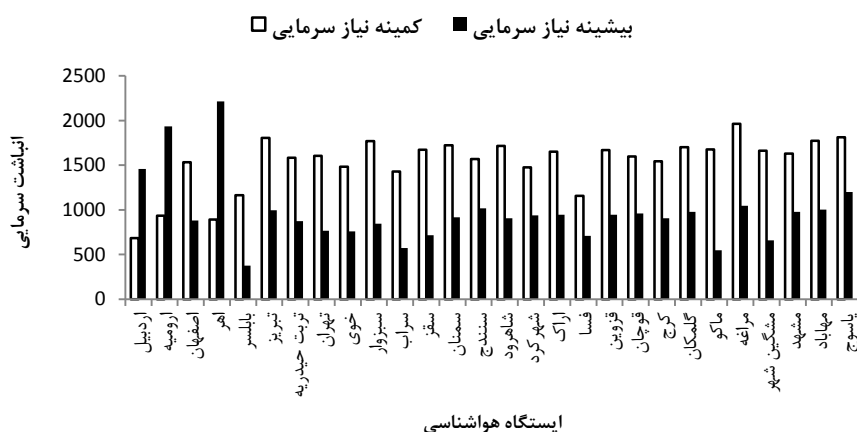
نتایج کمینه و بیشینه انباشت سرمایه‌ی براساس مدل ساعات سرمایه‌ی (CH)، در دوره آماری مورد مطالعه از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۳ در شکل ۲، مشخص شده است. براساس این مدل، کمینه نیاز سرمایه‌ی در ایستگاه‌های بابلسر، ماکو، سراب و مشگین‌شهر به ترتیب با ۳۷۶، ۵۴۸، ۵۷۱ و ۶۷۹ مشاهده می‌شود.

نشان می‌دهند. بیشینه انباشت سرمایه‌ی براساس مدل دینامیکی در ایستگاه کرج و تبریز به ترتیب با ۱۱۴ و ۱۰۸ سهم سرمایه‌ی مشاهده می‌شود. براساس این مدل بیشتر ایستگاه‌ها در بعضی سال‌ها بین ۹۵ تا ۱۱۴ سهم سرمایه‌ی را نیز تجربه کرده‌اند (شکل ۳). مقادیر بیشینه از انباشت سرمایه‌ی براساس مدل دینامیکی بیشتر در سال‌های ابتدایی دوره آماری مورد مطالعه مشاهده می‌شود.

ارزیابی دماهای ساعتی در یک بازه زمانی طولانی مدت براساس مدل‌های مختلف نشان می‌دهد که بیشترین میزان انباشت سرمایه‌ی، بیشتر در ابتدای دوره آماری مورد مطالعه و در دهه‌های گذشته رخ داده است؛ در واقع زمستان‌های سرد و نسبتاً سرد در گذشته نسبت به دهه‌های حال حاضر از توان تأمین‌کنندگی بیشتری در زمینه انباشت سرمایه‌ی برخوردار بوده‌اند. در دو دهه اخیر کاهش در رخداد بیشینه‌های انباشت سرمایه‌ی کاملاً آشکار می‌باشد.

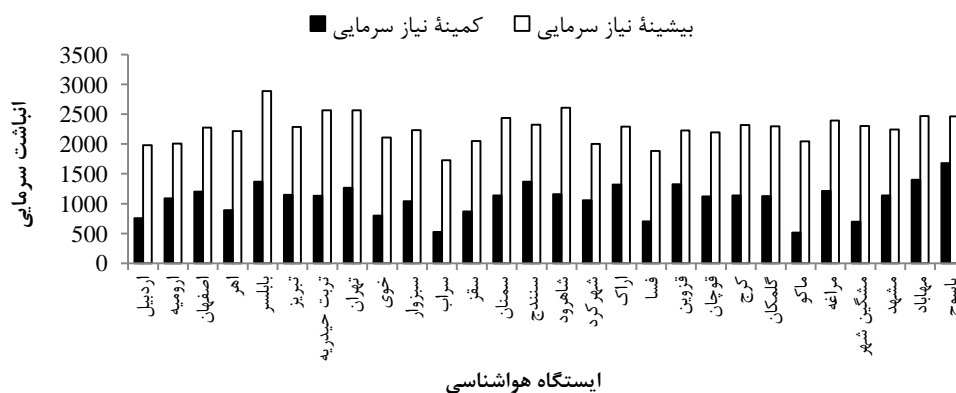
براساس مدل یوتا ایستگاه‌های اردبیل، ماکو، فسا، بابلسر، مشگین‌شهر و سراب جزو ایستگاه‌هایی هستند که رخداد کمینه واحدهای سرمایه‌ی در آن‌ها از فراوانی بیشتری برخوردار می‌باشد. از نظر بیشینه‌های انباشت سرمایه‌ی، ایستگاه بابلسر به دلیل زمستان ملایم و معتدل و نزدیکی به دریا، بیشترین میزان بیشینه واحد سرمایه‌ی را براساس مدل یوتا دارد. براساس این مدل، بیشینه‌های انباشت سرمایه‌ی ایستگاه‌های مورد مطالعه، تقریباً نزدیک به همدیگر است و افت و خیز آن نسبت به مدل ساعات سرمایه‌ی (CH) کمتر است (شکل ۳). شرایط اقلیمی و ساختار مدل، تعیین‌کننده انباشت سرمایه‌ی است؛ به طوری که ایستگاه بابلسر باتوجه به اینکه جزو مناطق با ساعات سرمایه‌ی کم محسوب می‌شود؛ اما براساس ساختار مدل یوتا، بیشترین بیشینه انباشت سرمایه‌ی در دوره آماری مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است.

براساس مدل دینامیکی، ایستگاه‌های فسا و سراب با ۴۳ و ۴۶ سهم سرمایه‌ی کمینه‌های انباشت سرمایه‌ی را

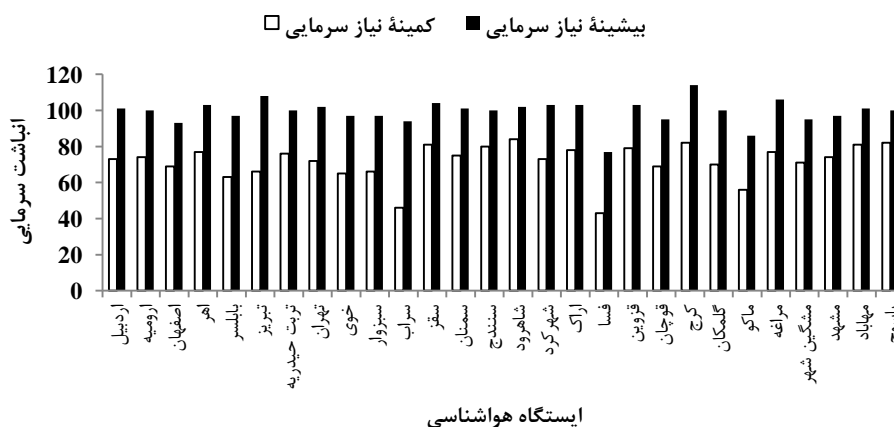


شکل ۲: وضعیت کمینه و بیشینه انباشت سرمایه‌ی در ایستگاه‌های مورد مطالعه با مدل ساعات سرمایه‌ی (CH)

تهیه و ترسیم: مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل ۳: وضعیت کمینه و بیشینه انباشت سرمایه در ایستگاه‌های مورد مطالعه با مدل واحدهای سرمایه (Utah)
تهیه و ترسیم: مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل ۴: وضعیت کمینه و بیشینه انباشت سرمایه در ایستگاه‌های مورد مطالعه با مدل دینامیکی (CP)
تهیه و ترسیم: مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۵

می‌دهد و درختان خزان‌دار به‌خصوص هسته‌دار و دانه‌دار در طبقات سرمایه مختلفی قرار دارند (Hennessy & Greene, 1995: 328).

براساس برون‌داد مدل ساعات سرمایه، ایستگاه‌هایی که کمتر از ۱۰۰۰ ساعت سرمایه در آن‌ها مشاهده می‌شود؛ ایستگاه‌های بابلسر و فسا می‌باشند. ایستگاه بابلسر به‌دلیل ارتفاع کم و نزدیکی به دریا و ایستگاه فسا به‌دلیل عرض جغرافیایی پایین‌تر، زمستان ملایم‌تری دارد؛ بنابراین با توجه به این شرایط، انباشت سرمایه چنین مناطقی برای

طبقات انباشت سرمایه براساس مدل ساده (CH) به‌منظور شناخت بیشتر از وضعیت انباشت سرمایه متناسب با نیاز سرمایه درختان خزان‌دار، نتایج معمول‌ترین مدل برآوردکننده انباشت سرمایه یعنی ساعات سرمایه (CH) در جدول (۵) مشخص شده است. مقدار سرمایه مورد نیاز به‌طور گسترده‌ای در بین گونه‌ها و همچنین ارقام درون گونه‌ها متغیر است. دامنه دمایی مؤثر برای ارضای نیاز سرمایه در میان گیاهان متغیر است (غریبی، ۱۳۹۵: ۳۶). بیشترین سرمایه‌اش در دمای ۶ درجه سانتی‌گراد رخ

باشد؛ زیرا سرماهای شدید و پایین تر از صفر درجه در انباشت سرمایی نه تنها نقشی ایفا نمی کنند؛ بلکه اثر منفی نیز دارند؛ بنابراین عرض جغرافیایی بالا دلیل محکمی برای تأمین ساعات سرمایی مورد نیاز درختان خزان دار با نیاز سرمایی بالا محسوب نمی شود.

در بین ایستگاه های مورد مطالعه، تعداد مناطقی که توانایی تأمین ساعات سرمایی بسیار بالایی داشته باشند، محدود است. همانطور که در (جدول ۵) مشخص شده، در بین ایستگاه های مورد مطالعه فقط ایستگاه های شاهرود، یاسوج و مراغه توانسته اند بیشتر از ۱۴۰۰ ساعت، ساعات سرمایی را تأمین کنند. این شرایط برای بیشتر گونه ها و واریته ها به خصوص ارقام دیررس تجاری بسیار مناسب است؛ بنابراین عامل ارتفاع مهم ترین و تعیین کننده ترین عامل در انباشت سرمایی محسوب می شود.

مطالعات منیعی (۱۳۶۹) نشان داد که زمستان ملایم و ارتفاع کم، عامل مهمی برای محدود کردن منطقه کشت درختان معتدله و سردسیری محسوب می شود. مطالعات ایشان نشان داده، مناطقی که درجه حرارت محیط در طول زمستان از ۱۰ درجه سانتی گراد پایین تر نرفته، کاشت درختان میوه سردسیری و معتدله در آن مناطق صلاح نیست؛ زیرا در چنین محیطی جوانه ها به کندی دوره تکامل خود را طی می کنند (منیعی، ۱۳۶۹: ۷۲۴).

بیشتر درختان خزان دار دانه دار مانند سیب و گلابی مناسب نبوده و این میزان ساعات سرمایی نمی تواند خواب یا رکود این درختان را بشکند؛ اما برای درختان هسته دار مانند، هلو، زردآلو، گیلان، آلبالو، گوجه سبز، شلیل و دیگر درختان مشابه که کمتر از ۱۰۰۰ ساعت برای شکستن رکود (راحی، ۱۳۸۹: ۴؛ Hennessy & Greene, 1995: 332) نیاز دارند، مناسب است.

در بین ایستگاه های مورد مطالعه، بیشترین میزان انباشت سرمایی در طبقه ۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰ ساعت قرار دارد. در این شرایط انباشت سرمایی، تمام درختان هسته دار و خشک، نیاز سرمایی آن ها به راحتی تأمین می شود؛ اما برای درختان دانه دار به خصوص سیب که بین ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ نیاز سرمایی لازم دارند (گنجی مقدم، ۱۳۹۰: ۴۶)، شرایط برای تمام واریته ها مناسب به نظر نمی رسد و انتخاب واریته های بومی و زودرس و میان رس بهتر می باشد. کشت واریته های دیررس خارجی با نیاز بسیار بالا، مقرون به صرفه نخواهد بود. همین شرایط برای درختان دانه دار گلابی که بین ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ (گنجی مقدم، ۱۳۹۰: ۴۲) نیاز سرمایی لازم دارند مناسب به نظر می رسد.

نتایج ایستگاه های اردبیل، ماکو، مشگین شهر، خوی و سراب با ساعات سرمایی بین ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ ساعت، نشان می دهد که واقع شدن در عرض های جغرافیایی بالاتر نمی تواند دلیلی بر تأمین سرمای مورد نیاز درختان میوه با نیاز سرمایی بالا مانند سیب دیررس

جدول ۵: طبقات انباشت سرمایی در مناطق سردسیر براساس مدل ساعات سرمایی (CH)

طبقات سرمایی	ایستگاه و میزان انباشت سرمایی
کمتر از ۱۰۰۰ ساعت	(بابلسر ۷۷۵ ساعات سرمایی) (فسا ۸۷۲ ساعات سرمایی)
۱۱۰۰-۱۲۰۰	(اردبیل ۱۱۰۲) (ماکو ۱۱۱۹) (مشگین شهر ۱۱۵۹) (خوی ۱۱۵۰) (سبزوار ۱۲۷۱) (سراب ۱۰۱۳)
۱۲۰۰ - ۱۳۰۰	(اصفهان ۱۲۰۷) (ارومیه ۱۲۴۸) (اهر ۱۲۷۹) (تهران ۱۲۴۰) (سقز ۱۲۳۲) (شهرکرد ۱۲۵۲) (اراک ۱۲۹۲) (قوچان ۱۲۷۳) (کرج ۱۲۹۸) (مشهد ۱۲۹۰)
۱۳۰۰-۱۴۰۰	(تبریز ۱۳۵۲) (تربت حیدریه ۱۳۷۰) (سمنان ۱۳۱۱) (سنندج ۱۳۳۰) (قزوین ۱۳۴۲) (گلمکان ۱۳۴۰) (مهاباد ۱۳۹۴)
>۱۴۰۰	(شاهرود ۱۴۴۳) (یاسوج ۱۴۴۰) (مراغه ۱۴۲۳)

مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۵

روند تغییرات انباشت سرمایه

به منظور آشکارسازی روند تغییرات انباشت سرمایه از روش ناپارامتری من-کندال بر روی سری زمانی انباشت سرمایه استفاده شده است (جدول ۶). در مدل ساعات سرمایه فقط در ایستگاه اردبیل با آماره ۲، روند افزایش معنی داری در سطح ۰/۰۵ مشاهده شد. در ایستگاه‌های دیگر روند کاهشی یا افزایشی معنی داری مشاهده نگردید؛ اما شیب منفی خط روند در بیشتر ایستگاه‌ها، حائز اهمیت می‌باشد. در مدل یوتا، در ایستگاه اردبیل روند افزایشی در سطح ۰/۰۵ و در ایستگاه اصفهان روند کاهشی در سطح ۰/۰۱ معنی دار مشاهده شد. در ایستگاه‌های دیگر روند

کاهشی و افزایشی معنی داری مشاهده نشد. در مدل دینامیکی در ایستگاه بابلسر روند کاهشی در میزان انباشت سرمایه با آماره ۲/۶- در سطح ۰/۰۱ معنی دار مشاهده شد. در ایستگاه خوی با آماره ۲/۳ روند افزایشی در سطح ۰/۰۵ معنی دار می‌باشد. در ایستگاه شهرکرد روند کاهشی در میزان انباشت سرمایه با آماره ۲/۷ در سطح ۰/۰۱ معنی دار گردید. در ایستگاه مشگین‌شهر نیز روند افزایشی با آماره ۳، به صورت افزایشی در سطح ۰/۰۱ معنی دار مشاهده شد. روند افزایشی براساس مدل دینامیکی بیشتر از دیگر مدل‌ها مشاهده می‌شود.

جدول ۶: نتایج روند تغییرات انباشت سرمایه در ایستگاه‌های مورد مطالعه براساس روش من-کندال

ایستگاه مدل	اردبیل	ارومیه	اصفهان	اهر	بابلسر	تبریز	تربت حیدریه	تهران	خوی	سبزوار	سراب
CH	*۲	۰/۲۸	-۱/۷۹	۰/۱۹	-۱/۸۹	۰/۱۸	-۰/۰۴۴	-۰/۴۹	۱	-۰/۰۴	۰/۸۱
UTAH	*۲/۴	۰/۳۲	**۲/۶	۱	-۱/۴۹	۰/۶۳	-۰/۳۶	-۰/۰۷	۱/۳۷	۰/۱۲	۰/۲۹
CP	۱/۵۹	-۰/۶۶	۰/۵۴	۱/۴۹	**۲/۶۲	۱	-۱/۲۵	-۱/۵۷	*۲/۳	۰/۱۹	۰/۹۶
CH	۰/۲۸	-۰/۵۲	-۰/۲۸	۰/۶۳	-۱/۱۵	۰/۴۹	-۱	۰/۴۹	قوچان	کرج	گلمکان
UTAH	۰/۴۲	-۱/۲۰	۰/۳۵	۰/۳۵	-۰/۹۲	۰/۵۱	-۱/۹۷	۰/۶۲	-۰/۶۲	۱	۰/۶۳
CP	۰/۲۱	-۰/۵۵	-۰/۸۲	۰/۱۲	**۲/۷۱	-۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۸۶	-۰/۵۴	۰/۱۴
CH	۰/۴۲	۰/۳۱	۱/۹۴	-۰/۵۱	۰/۷۲	-۱/۲۷					
UTAH	۰/۸۳	۰/۸۳	۲/۳۴	-۰/۱۷	۰/۶۵	-۰/۴۴					
CP	۰/۲۱	۰/۸۳	**۳	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۶۶					

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

مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۵

اعتبارسنجی مدل‌های مختلف برآوردکننده انباشت سرمایه

نتایج اعتبارسنجی مدل‌های مختلف برآوردکننده انباشت سرمایه براساس معیارهای اعتبارسنجی MAE، MBE و RMSE در جدول ۷، مشخص شده است. در هر سه مدل انباشت سرمایه با توجه به منفی بودن میانگین انحراف خطاها MBE، میزان انحراف از میانگین کمتر است. نتایج معیارهای اعتبارسنجی

نشان می‌دهد که مدل دینامیکی با توجه به MAE و RMSE، به ترتیب میانگین قدرمطلق خطاها و ریشه میانگین مربعات خطای کوچک‌تر در بین مدل‌ها، از عملکرد بالاتری برای سنجش انباشت سرمایه در بین مدل‌های برآوردکننده انباشت سرمایه برخوردار می‌باشد؛ بنابراین مدل دینامیکی، بهترین مدل برای برآورد انباشت سرمایه محسوب می‌شود.

جدول ۷: نتایج اعتبارسنجی انباشت سرمایه برآورد شده با مدل‌های مختلف براساس معیارهای اعتبارسنجی

CP بهره‌های سرمایه			Utah واحدهای سرمایه			مدل ساعات سرمایه CH ۰ - ۷/۳			مدل نیاز سرمایه
RMSE	MBE	MAE	RMSE	MBE	MAE	RMSE	MBE	MAE	ایستگاه
۰/۰۰۴۰	-۲/۲۲۳۲	۰/۰۱۲۵۲	۲/۸۴	-۰/۰۱۸۲۳	۰/۵۲۸۶	۱	-۰/۰۰۶۵	۰/۱۸۹۰	اردبیل
۰/۰۰۱۷۴	-۱/۱۱۱۰۰۵	۰/۰۰۰۳۲	۹/۷۱۳	-۰/۰۶۲۲	۱/۸۰۳۸	۹/۵۹۵	-۰/۰۶۱۴۷	۰/۱۷۸۲۵	ارومیه
۰/۰۰۲۴	-۱/۵۵۱۰۵	۰/۰۰۰۴۵	۰/۸۱۴	-۰/۰۰۵۲	۰/۱۵۱۳	۰/۳۳۲۳	-۰/۰۰۲۱۳	۰/۰۶۱۷۲	اصفهان
۰/۰۰۴۳	-۰/۰۰۰۲۸	۰/۰۰۰۸۱۴	۴/۶۲۴	-۰/۰۲۹۶۱۱	۰/۸۵۸۷۱۳	۱/۳۹۰	-۰/۰۰۸۹۱	۰/۲۵۸۳	اهر
۰/۰۱۱۶۱	-۷/۴۳۹	۰/۰۰۰۲۱	۲	-۰/۰۱۲۸	۰/۳۷۳۲	۵/۱۰	-۰/۰۳۲۷۳	۰/۹۴۸۸۷	بابلسر
۰/۰۰۲۱	-۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۳۹	۱/۱۱	-۰/۰۰۷۱۳	۰/۲۰۶۷۳	۰/۵۸	-۰/۰۰۳۷۷	۰/۱۰۹۲	تبریز
۰/۰۰۴۰	-۲/۲۶۰۲۰۵	۰/۰۰۰۷۵	۲/۸۴	-۰/۰۱۸۲۳	۰/۵۲۸۶۲	۱	-۰/۰۰۶۵۲	۰/۱۸۹۰۹	تربت حیدریه
۰/۰۰۵۷۶	-۳/۶۸۹۰۵	۰/۰۰۱۰۷	۲/۸۱	-۰/۰۱۸۰۲	۰/۵۲۲۴۵	۱	-۰/۰۰۶۴۷	۰/۱۸۷۵	تهران
۰/۰۰۵۸۸	-۰/۷۶۹۰۵	۰/۰۰۱۰۹	۲/۹۲	-۰/۰۱۸۷۶	۰/۵۴۴۰۱	۰/۷۷۹۶۹	-۰/۰۰۵۰۶	۰/۱۴۶۶۹	خوی
۰/۰۰۵۳	-۰/۳۹۹۰۵	۰/۰۰۰۹۹	۳۸/۸۱۸	-۰/۲۴۲۱۶	۰/۰۲۲۷۲	۰/۹۹۹	-۰/۰۰۶۴۹	۰/۱۸۵۵۹	سبزوار
۰/۵۴۶	-۰/۰۰۰۳۵	۰/۰۱۰۱۵	۵/۰۸	-۰/۰۳۲۵۲	۰/۹۴۴۰۶	۱/۹۲	-۰/۰۱۲۳	۰/۳۵۶۷۲	سراب
۰/۰۰۱۰۶	-۶/۷۶۷۰۰۶	۰/۰۰۰۰۲	۱/۹۰	-۰/۰۱۲۲	۰/۳۵۳۷۱	۱/۴۹	-۰/۰۰۹۷۵	۰/۲۷۶۸۲	سقز
۰/۰۰۲۰	-۰/۱۲۸۰۵	۰/۰۰۰۳۹	۲/۱۴	-۰/۰۱۳۷	۰/۳۹۷۴۲	۰/۷۵۳۸	-۰/۰۰۴۸۳	۰/۱۳۹۹۹	سمنان
۰/۰۰۱۰	-۶/۴۲۸۰۶	۰/۰۰۰۱۹	۰/۵۲	-۰/۰۰۳۳۷	۰/۰۹۷۷۱	۰/۱۴	-۰/۰۰۰۹۳	۰/۰۲۷۰۶	سنندج
۰/۰۰۰۴	-۳/۱۴۷۰۶	۹/۱۰۵۵	۲/۰۴	-۰/۰۱۳۱	۰/۳۷۹۸۱	۰/۶۲۳	-۰/۰۰۳۹۳	۰/۱۱۵۷۸	شاهرود
۰/۰۰۴	-۲/۷۲۸۰۲	۰/۰۰۰۷۹	۰/۶۷	-۰/۰۰۴۳۱	۰/۱۲۵۰۷	۰/۱۸۶	-۰/۰۰۱۱۹	۰/۰۳۴۶	شهرکرد
۰/۰۰۲۱	-۱/۱۳۴۰۵	۰/۰۰۰۰۴	۰/۵۵	-۰/۰۰۳۵۸	۰/۱۰۳۹	۰/۴۱	-۰/۰۰۲۶۸	۰/۰۷۷۶۱	اراک
۰/۰۱۹	-۰/۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۳۶	۳/۱۶۶	-۰/۰۲۰۲۷	۰/۵۸۷۹۶	۰/۱۶۷	-۰/۰۰۱۰۷	۰/۰۳۱۱۷	فسا
۰/۰۰۰۲	-۱/۳۲۱۰۵	۰/۰۰۰۳۸	۰/۵۱	-۰/۰۰۳۲۸	۰/۰۹۵۱۳	۰/۴۳۹	-۰/۰۰۲۸۱	۰/۰۸۱۶۲	قزوین
۰/۰۰۲۵	-۱/۶۰۵	۰/۰۰۰۴۸	۱۶۸/۴	۱/۰۷	۳۱/۲۱۶۷	۰/۳۰۴	۰/۰۰۱۹۵	۰/۰۵۶۴۹	قوچان
۰/۰۰۴	-۲/۲۷۰۰۵	۰/۰۰۰۷۵	۰/۴۶۸	-۰/۰۰۳	۰/۰۸۶۹۹	۰/۳۸۷	-۰/۰۰۲۴۸	۰/۰۷۲۰۲	کرج
۰/۰۰۰۶	-۴/۲۴۴۰۵	۰/۰۰۱۳۲	۳۰۹۸/۵	۱۹/۸۴۱	۵۷۵/۳۹۰	۰/۳۳۱	-۰/۰۰۲۱۲	۰/۰۶۱۶۱	گلمکان
۰/۰۰۰۶	-۴/۴۷۳۰۵	۰/۰۰۱۳	۱۲/۰۶	-۰/۰۷۷۲۶	۲/۲۴۰۵۳	۵/۳۵۳	-۰/۰۳۴۲۸	۰/۹۹۴۱۶	ماکو
۰/۰۰۲۹	-۱/۸۷۰۴۰۵	۰/۰۰۵۴	۱/۳۸	-۰/۰۰۸۸۵	۰/۲۵۶۶۴	۰/۸۱۲	-۰/۰۰۵۲۱	۰/۱۵۰۹۶	مراغه
۰/۰۰۱	-۱/۱۷۶۰۵	۰/۰۰۰۳۴	۷	-۰/۰۴۵۵۱۸	۱/۳۱۰۱۷	۲/۲۹	-۰/۰۱۴۷۳	۰/۴۲۷۰۵	مشگین شهر
۰/۰۰۱	-۹/۴۲۷۰۶	۰/۰۰۰۲۷	۱/۰۲	۰/۰۰۶۵۶	۰/۱۹۰۱۳	۰/۲۵	-۰/۰۰۱۶۱	۰/۰۴۶۵۵	مشهد
۰/۰۰۰۵	-۳/۷۶۲۰۶	۰/۰۰۰۱۱	۰/۷۸	-۰/۰۰۵۰۳	۰/۱۴۵۷۴	۰/۶۲۷	-۰/۰۰۴۰۲	۰/۱۱۶۵۷	مهاباد
۰/۰۰۰۴	-۳/۰۱۷۰۶	۸/۷۰۰۵	۰/۱۴	-۰/۰۰۰۹	۰/۰۲۶۲۴	۰/۱۱	۰/۰۰۰۷۲	۰/۰۲۰۷۹	یاسوج

مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۵

نتیجه

مطالعه برای برآورد انباشت سرمایه نشان داد که براساس مدل ساعات سرمایه (CH) انباشت سرمایه از ۷۷۵ تا ۱۴۴۵ ساعت، براساس مدل یوتا (Utah) انباشت سرمایه از ۱۱۹۱ تا ۲۱۲۱ واحد سرمایه و براساس مدل دینامیکی (CP) میزان انباشت سرمایه از ۶۳ تا ۹۶ سهم یا بخش سرمایه در مناطق سردسیر و معتدله ایران متغیر است. مناطق با ارتفاع کمتر به دلیل زمستان ملایم و مناطق با عرض جغرافیایی

مطالعه حاضر با هدف واکاوی الگوی انباشت سرمایه زمستانه مناطق سردسیر ایران به منظور برآورد ارزیابی روند تغییرات و واسنجی مدل‌های برآوردکننده، با استفاده از آمار طولانی مدت دمای هوای ساعتی از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۳ از طریق ایستگاه‌های هواشناسی همدید انجام شد. واکاوی دمای ساعتی طولانی مدت ایستگاه‌های همدید مورد

جهانی از طریق زمستان‌های ملایم در دهه‌های اخیر رخ داده باشد. نتایج معیارهای اعتبارسنجی مدل‌های برآوردکننده انباشت سرمایه نشان داد که مدل دینامیکی با میزان خطای کمتر در پیش‌بینی انباشت سرمایه از عملکرد بالاتری نسبت به دیگر مدل‌ها برخوردار است.

نتایج تحقیق حاضر در ارائه الگوی جامع و اولیه از انباشت سرمایه در مناطق سردسیر و معتدله کشور، در جهت اتخاذ ارقام سازگار متناسب با توان اقلیمی و الگوی انباشت سرمایه هر منطقه حائز اهمیت است. شیب کاهشی در سری انباشت سرمایه در پیوند با گرمایش جهانی، در ارائه زنگ خطری برای در نظر گرفتن ملاحظات اقلیمی در جهت انتخاب و کشت ارقام سازگار با توان اقلیمی هر منطقه حائز اهمیت است. با توجه به نتایج به دست آمده به منظور تکمیل مطالعات، انجام مطالعات میدانی و مزرعه‌ای بر روی واریته‌های مختلف در کنار آمار طولانی‌مدت دمای ساعتی هوا پیشنهاد می‌شود.

نتایج مطالعه حاضر از جنبه کاهش انباشت سرمایه در دهه‌های اخیر همسو با نتایج مطالعات سبزی‌پرور و ولاشیدی (۱۳۹۴) است. همچنین با نتایج ولاشیدی و سبزی‌پرور (۱۳۹۵) مبنی بر توانمندی و عملکرد بالای مدل دینامیکی برای برآورد و انباشت سرمایه همخوانی دارد. همسو با مطالعات لودلینگ و براون (۲۰۱۱) در واکاوی سه مدل پرکاربرد برمبنای دمای ساعتی برای انباشت سرمایه درختان میوه نشان داد که مدل‌های برآورد کننده، رهیافت متفاوتی از الگوی انباشت سرمایه نشان می‌دهند. نتایج واسنجی مدل‌های انباشت سرمایه همسو با مطالعات لودلینگ و همکاران (۲۰۰۹) درباره عملکرد بالای مدل دینامیکی برای برآورد انباشت سرمایه همخوانی دارد. همسو با مطالعه داربیش و همکاران (۲۰۱۱) تغییرات مدل ساعات سرمایه نسبت به دیگر مدل‌های تعیین انباشت سرمایه بیشتر است.

بالتر به دلیل سرماهای شدید، از انباشت سرمایه کمتری برخوردار می‌باشند. عامل ارتفاع از سطح دریا در برآورد انباشت سرمایه در هر کدام از مدل‌ها، نقش مهمی ایفا می‌کند. از نظر تغییرات زمانی بر طبق سری زمانی بلندمدت، فراوانی رخداد پیشینه‌های انباشت سرمایه در دهه‌های گذشته بیشتر از دهه‌های اخیر بوده است. در واقع فصل سرد در گذشته نسبت به دهه‌های حال حاضر از توان تأمین‌کنندگی سرمایه بیشتری برخوردار بوده است. طبقه‌بندی انباشت سرمایه براساس مدل ساعات سرمایه (CH) نشان داد که بیشتر ایستگاه‌های منطقه سردسیر از نظر انباشت سرمایه در طبقه ۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰ ساعت قرار دارند. این طبقه انباشت سرمایه برای درختان خزان‌دار هسته‌دار و آجیلی مناسب است؛ اما برای واریته‌های دیررس درختان خزان‌دار دانه‌دار مانند سیب ناکافی است. مناطقی که از توان تأمین بیش از ۱۴۰۰ ساعت انباشت سرمایه برخوردار بوده‌اند، همواره از ارتفاع بالایی نیز برخوردار بوده‌اند که این شرایط در این نوشتار برای ایستگاه‌های شاهرود، یاسوج و مراغه آشکار شد. خیلی از ایستگاه‌ها در عرض‌های خیلی بالا به دلیل شدت سرما، توان تأمین سرمای لازم درختان میوه دانه‌دار مانند ارقام دیررس سیب با نیاز سرمایه بالا را ندارند؛ بنابراین با توجه به الگوی انباشت سرمایه، بایستی در کشت و انتخاب ارقام دیررس تجاری که نیاز سرمایه بالایی نیاز دارند، در مناطق سردسیر کشور، جانب احتیاط را رعایت کرد.

روند تغییرات انباشت سرمایه براساس آزمون ناپارامتری من-کندال نشان داد که در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، در ایستگاه‌های اصفهان و شهرکرد روند تغییرات کاهشی معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ معنی‌داری مشاهده شد. هرچند در بیشتر ایستگاه‌ها روند معنی‌داری مشاهده نشد، اما شیب منفی خط روند در بیشتر ایستگاه‌ها حائز اهمیت است. این شرایط می‌تواند در پیوند با اثرات گرمایش

منابع

- غریبی، خسرو (۱۳۹۵). مدیریت ریسک و بیمه باغبانی، انتشارات پژوهشکده بیمه. چاپ اول. تهران.
- گنجی‌مقدم، ابراهیم (۱۳۹۰). میوه‌کاری در مناطق معتدله، انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. چاپ اول. تهران.
- منیعی، عباسعلی (۱۳۶۹). مبانی علمی پرورش درختان میوه، انتشارات فنی ایران. چاپ اول. تهران.
- هوشیار، زهره؛ ابراهیم گنجی‌مقدم؛ بهرام عابدی (۱۳۹۵). تعیین نیاز سرمایی و گرمایی چهار رقم زردآلو در استان خراسان، نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). شماره ۳. صفحات ۳۶۷-۳۵۸.
- ولاشیدی، رضا نوروز (۱۳۹۴). ارزیابی اثر گرمایش جهانی بر نیاز سرمایی زمستانه گیاهان خزان‌دار در گستره ایران، رساله دکتری. دانشکده علوم کشاورزی. گروه هواشناسی کشاورزی. دانشگاه بوعلی سینا.
- ولاشیدی، رضا نوروز؛ علی‌اکبر سبزی‌پرور (۱۳۹۵). ارزیابی الگوهای برآورد نیاز سرمایی زمستانه با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای پدیده‌شناختی درخت سیب در ارومیه، علوم باغبانی ایران. شماره ۳. صفحات ۵۷۰-۵۶۱.
- Aburquerque, N. Garcia -Montiel, F. Carrillo, A. Burgos, L (2008). Chilling and heat requirements of sweet cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements, *Environmental and Experimental Botany* 64: 162-170.
- Allan, P (2004). Winter chilling in areas with mild winters: its measurement and supplementation. *Acta Hort*, 662: 47-52.
- Anderson, J. L., Richardson, E.A., Kesner, C.D (1986). Validation of chill unit and flower bud phenology models for "Montmorency" sour cherry. *Acta Hort*. 184:71-78.
- Aron,R(1983).Availability of chilling temperatures in California.*Agricultural Meteorology*28:351-363.
- Baldocchi, D. Wong, S (2008). Accumulated winter chill is decreasing in the fruit growing regions of California,*Climatic Change*(87):153-166.
- آمارنامه محصولات باغی کشور (۱۳۹۳). وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.
- سبزی‌پرور، نوروز علی‌اکبر؛ رضا ولاشیدی (۱۳۹۴). اثر تغییر اقلیم بر روند تأمین نیاز سرمایی گیاهان خزان‌دار (مطالعه موردی: استان همدان)، نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). شماره ۳. صفحات ۳۶۷-۳۵۸.
- سبزی‌پرور، علی‌اکبر؛ میثم شادمانی (۱۳۹۰). تحلیل روند تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از آزمون من-کندال و اسپیرمن در مناطق خشک ایران، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۵. شماره ۴. صفحات ۸۳۴-۸۲۳.
- رضایی، مهدی (۱۳۹۱). برآورد نیازهای دمایی شش رقم تجاری زردآلوی منطقه شاهرود در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای، مجله به‌زراعی کشاورزی. شماره ۱. صفحات ۳۲-۲۱.
- راحمی، مجید (۱۳۸۹). درختان میوه معتدله در اقلیم‌های گرم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ اول. مشهد.
- رضوی، فرهنگ؛ جعفر حاجی‌لو؛ سیدجلال طباطبایی (۱۳۹۱). تعیین نیاز سرمایی و گرمایی جوانه‌های گل در چند رقم هلو (*Prunus persica L*)، نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). شماره ۱. صفحات ۲۴-۱۷.
- رسول‌زادگان، یوسف (۱۳۷۰). میوه‌کاری در مناطق معتدله، نوشته ام-ان، وست‌وود. چاپ اول. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. اصفهان.
- حاجی‌لو، جعفر؛ سحر توپچی‌تبریزیان (۱۳۹۵). تعیین نیاز سرمایی و گرمایی جوانه گل چند رقم زردآلو، نشریه تولیدات گیاهی. شماره ۱. صفحات ۱۰۲-۸۹.

- Luedeling E, Brown, PH (2011). A global analysis of the comparability of winter chill models for fruit and nut trees. *Int J Biometeorol* 55 (3):411-421.
- Luedeling, E. Zhang, M. Mcgranahan, G. Leslie, C (2009). Validation of winter chill models walnut phenology *Agricultural and Forest Meteorology*, 149: 1854-1864.
- Luedeling, E., Zhang, M., Luedeling, V., Girvetz, E.H (2009). Sensitivity of winter chill models for fruit and nut trees to climatic changes expected in California's Central Valley. *Agric. Ecosyst. Environ.* 133, 23-31.
- Mann, H. B (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica. Journal of the Econometric Society* 13(3): 245-259.
- Richardson EA, Seeley SD, Walker, DR (1974). A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta peach trees. *Hortscience* 9(4):331-332.
- Ruiz, D. Campoy, J.A. Egea, J (2007). Chilling and heat requirements of apricot cultivars for flowering, *Environmental and Experiment Botany* 61: 254-263.
- Santos, J. A., Costa, R., & Fraga, H (2016). Climate change impacts on thermal growing conditions of main fruit species in Portugal. *Climatic Change*, 139: 1-14.
- Severino, V., Gravina, A., Manzi, M., Arias, M (2007). Models for Quantifying Effective Winter Chill on Apple Endodormancy. In VIII International Symposium on Temperate Zone Fruits in the Tropics and Subtropics, 872: 113-120.
- Weinberger, J. H (1950). Chilling requirements of peach varieties. In *Proceedings. American Society for Horticultural Science*, 56: 122-128.
- Zhang, J. Taylor, C (2011). The dynamic model provides the best description of the chill process on Sira, pistachio trees in Australia. *HortScience* 46 (3): 420-425.
- Zhuang, W., Cai, B., Gao, Z., Zhang, Z (2016). Determination of chilling and heat requirements of 69 Japanese apricot cultivars. *European Journal of Agronomy*, 74, 68-74.
- Bennett, J. P (1949). Temperature and bud rest period. *California Agriculture* 3 (11) 9.
- Cesaraccio, C., Spano, D., Snyder, R. L., Duce, P (2004). Chilling and forcing model to predict bud-burst of crop and forest species. *Agricultural and Forest Meteorology*, 126(1), 1-13. completion in peach buds. *Acta Hort.* 276:165-174.
- Costa, G., & Ramina, A (2014). Temperate Fruit Species. In *Horticulture: Plants for People and Places, Volume 1:97-121*. Springer Netherlands.
- Darbyshire, R. Webb, L. Goodwin, I. Barlow, S (2011). Winter chilling trends for deciduous fruit trees in Australia, *Agricultural and forest meteorology*, 151:1074-1085.
- Elloumi, O., Ghrab, M., Kessentini, H., & Mimoun, M. B (2013). Chilling accumulation effects on performance of pistachio trees cv. Mateur in dry and warm area climate. *Scientia Horticulturae*, 159, 80-87.
- Fishman, S, Erez, A. Couvillon, GA (1987). The temperature-dependence of dormancy breaking in plants - computer-simulation of processes studied under controlled temperatures. *J Theor Biol* 126(3): 309-321.
- Guo, L., Dai, J., Ranjitkar, S., Yu, H., Xu, J., Luedeling, E (2014). Chilling and heat requirements for flowering in temperate fruit trees. *International journal of biometeorology*, 58(6), 1195-1206.
- Hennessy K. J., Clayton- Greene K (1995). Greenhouse warming and vernalisation of high-chill fruit in southern Australia. *Climatic Change*, 30: 327-348.
- Kaufmann, H., Blanke, M (2016). Performance of three numerical models to assess winter chill for fruit trees- a case study using cherry as model crop in Germany. *Regional Environmental Change*, 16:1-9.
- Kendall, M (1975). *Multivariate analysis*. Charles Griffin Book, London. 218 p.
- Janick, J (2003). *Wild apple and fruit trees of central Asia*, Vol. 29. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. P, 417.

Geography and Development
16nd Year-No.51 – Summer 2018
Received: 02/01/2017 Accepted: 23/06/2017

Chilling Accumulation Pattern Analysis of Iran Cold Region Based on CH, Utah, CP Models

Dr. Gholamabas FallahGhalhari

Assistant Professor of Climatology
University of Hakimsabzevari

Dr. Hamzeh Ahmadi

Ph.D of Agricultural Climatology
University of Hakimsabzevari

Introduction

The accumulation of chilling during the dormancy period for fruit trees is very important. Failure to chilling requirement will reduce performance and waste of resources. Successful cultivation of horticultural products depends on suitable climatic conditions. Dormancy is considered one of the most important stages in the life cycle of temperate plants. Horticulture and fruit production are one of the most important parts of the country. The bulk of the country's exports are covered with arid and frosty crops. Providing winter chilling to the temperate regions is critical to the lack of attention to this, causing the loss of capital and resources. Measuring different areas through weather stations is an effective step in understanding the climate potential of each area to understand the accumulation of cold. Considering the trend of global warming and climate change, today, the assessment of global warming has been the focus of global studies. The study indicated that a comprehensive study with more stations and long-period hourly data on cold accumulation and calibration of different estimator models was not carried out. Therefore, the present study aims to analyze the winter cold accumulation of cold regions of Iran based on CH, Utah and CP models using statistics. The long-term temperature of three hours of observation of meteorological stations has been designed and carried out.

Methods and Material

In this study, the weather temperature data during the recession period was extracted from the Iranian Meteorological Organization (IMO) from 1985 to 2013. The 9744000 hour temperature record for the three different models of estimation of cold accumulation during the dormancy period was set up from November to March. For each model, 3258000 data is provided for the hourly temperature to determine the time series of the accumulation of cold. In order to estimate the accumulation of cold in the country through the meteorological stations studied, three common models of estimation of cold accumulation, chilling hours (CH), Utah units and dynamic model (CP) were used. The non-

parametric Mann-Kendall method was used to process the time series changes and the validation criteria were used to calibrate different models performance of accumulation of chilling. Linear interpolation was used to convert the temperature of three hours to the hourly temperature. In this method, the temperature is collected three hours later, at a temperature of three hours, and added to the previous temperature by three-hour intervals. It should be noted that this method is used independently for each three hour period of air temperature based on the temperature before and after it. Operation of this method is provided in the Excel software programming environment for each station and each year from November to March. In order to validate different models of need for cold, MAE, MBE and RMSE validation criteria were used to determine the performance models of chilling accumulation.

Results and Discussion

The output of different models showed that the pattern of the accumulation of cold influenced from the height of each region. In all models of higher stations they still have the necessary accumulation of chill. Typically, Yasuj station with a lower latitude has the higher accumulation of chilling in the dormant period. The structure of each model is different for quantifying the chilling requirement fruit trees. In the chilling hours model, temperatures above zero to 7.2 are more likely to play a role in the Utah model, because temperatures above 7 to 10 are also chilling effect, so the data obtained in Utah model are higher, which can not be a strong reason for this superiority model. Therefore, it is better to match the different species of chilling requirement trees with the potential of climate and the accumulation of high-temperature multiplier for each region.

The coefficient of variation in the accumulation of cold in the model of CH is higher at higher station with higher chilling. Based on the Utah model, this coefficient of variation is observed in the stations, Ghouchan, Golmakan, Mashhad and Torbat Heydarieh, and in the dynamic model at Tabriz, Sarab and Fasa stations. Estimating hourly temperatures over a long period of data based on different models shows that the highest rate of high accumulation at the beginning of the statistical period has been studied and occurred over the past decades. In fact, cold and relatively cold winters in the past have been more capable of providing more power to accumulate cold over the past decades. In the last two decades, the decrease in peak cold accumulation has become apparent. The results of stations in Ardebil, Mako, Meshkinshahr, Khoy and Sarab with hours of freezing between 1,000 and 1,200 hours indicate that being located in higher latitudes can not be a reason to provide the required capital for high-demand fruit trees such as late apple, because the Extreme temperature and lower than zero degrees in the accumulation of cold do not only play a role, but also have a negative effect. So the high latitude is not a strong reason to provide the cold accumulation deciduous with high chilling requirement. The results of the validation tests indicate that the dynamic model, according to MAE and RMSE, has a higher performance among the models.

Conclusions

The evolution of the long-term temperature of the observed stations for the estimation of the accumulation of cold showed that, Based on the model of cold chilling hours (CH), the accumulation of cold from 775 to 1445 hours, Based on Utah's model, the accumulation of heat from 1191 to 2121 units of heat Based on the Dynamic Model (CP), the accumulation of cold temperatures varies between 63 and 96 portions in cold and temperate regions of Iran The elevation factor of the sea level plays an important role in estimating the accumulation of cold in each of the models. In terms of time variation according to the long-term time series, the frequency of peak accumulation in the past decades has been more than recent decades. In fact, the cold season in the past has been more than a decade of cooling power. The trend of cold storm changes based on non-parametric Mann-Kendall test showed that there were significant changes in significant changes in the stations at Isfahan and Shahrekord stations at a significant level of 0.05. Although there was no significant trend at most stations, the trend slope of the trend line at most stations is important. These conditions can be attributed to the effects of global warming through mild winters in recent decades. The results of the validation criteria of the models for estimating cold accumulation showed that the dynamic model with less error rate in the prediction of cold accumulation has a higher performance than other models. The results of this research are important in providing a comprehensive and initial model of cold accumulation in temperate and cold regions of the Iran in order to adapt the varieties consistent with the climate potential and the pattern of the accumulation of cold in each region.

Keywords:Chilling accumulation,Chilling hours,Chilling units, Dynamic model,Hourly temperature.

References

- Aburquerque, N. Garcia –Montiel, F. Carrillo, A. Burgos, L (2008). Chilling and heat requirements of sweet cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements, *Environmental and Experimental Botany* 64: 162-170.
- Allan, P (2004). Winter chilling in areas with mild winters: its measurement and supplementation. *Acta Horti*, 662: 47-52.
- Anderson, J.L., Richardson, E.A., Kesner, C.D., (1986). Validation of chill unit and flower bud phenology models for “Montmorency” sour cherry. *Acta Horti*. 184:71–78.
- Aron, R., (1983) Availability of chilling temperatures in California. *Agricultural Meteorology* 28:351–363.
- Baldocchi, D. Wong, S. (2008). Accumulated winter chill is decreasing in the fruit growing regions of California, *Climatic Change* (87): 153-166.
- Bennett, J.P (1949). Temperature and bud rest period. *California Agriculture* 3 (11) 9.
- Cesaraccio, C., Spano, D., Snyder, R. L., Duce, P. (2004). Chilling and forcing model to predict bud-burst of crop and forest species. *Agricultural and Forest Meteorology*, 126(1), 1-13.
- Costa, G., & Ramina, A. (2014). Temperate Fruit Species. In *Horticulture: Plants for People and Places*, Volume 1: 97-121). Springer Netherlands.
- Darbyshire, R. Webb, L. Goodwin, I. Barlow, S. (2011). Winter chilling trends for deciduous fruit trees in Australia, *Agricultural and forest meteorology*, 151:1074-1085.

- Elloumi, O., Ghrab, M., Kessentini, H., & Mimoun, M. B. (2013). Chilling accumulation effects on performance of pistachio trees cv. Mateur in dry and warm area climate. *Scientia Horticulturae*, 159, 80-87.
- Fishman S, Erez A, Couvillon, GA. (1987). The temperature-dependence of dormancy breaking in plants - computer-simulation of processes studied under controlled temperatures. *J Theor Biol* 126(3):309–321.
- Guo, L., Dai, J., Ranjitkar, S., Yu, H., Xu, J., Luedeling, E. (2014). Chilling and heat requirements for flowering in temperate fruit trees. *International journal of biometeorology*, 58(6), 1195-1206.
- Hennessy K.J., Clayton-Greene K. 1995. Greenhouse warming and vernalisation of high-chill fruit in southern Australia. *Climatic Change*, 30: 327-348.
- Kaufmann, H., & Blanke, M(2016). Performance of three numerical models to assess winter chill for fruit trees-a case study using cherry as model crop in Germany. *Regional Environmental Change*,16: 1-9.
- Kendall, M (1975). *Multivariate analysis*. Charles Griffin Book, London. 218 p.
- Luedeling E, Brown, PH., (2011). A global analysis of the comparability of winter chill models for fruit and nut trees. *Int J Biometeorol* 55 (3):411–421.
- Luedeling, E. Zhang, M. Mcgranahan, G.Leslie, C. (2009). Validation of winter chill models walnut phenology *Agricultural and Forest Meteorology*, 149: 1854 – 1864.
- Luedeling, E., Zhang, M., Luedeling, V., Girvetz, E.H., (2009). Sensitivity of winter chill models for fruit and nut trees to climatic changes expected in California’s Central Valley. *Agric. Ecosyst. Environ.* 133, 23-31.
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica. Journal of the Econometric Society* 13(3): 245-259.
- Richardson EA, Seeley SD, Walker, DR., (1974). A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta peach trees. *Hortscience* 9(4):331–332.
- Ruiz, D. Campoy, J.A. Egea, J. (2007). Chilling and heat requirements of apricot cultivars for flowering, *Environmental and Experiment Botany* 61: 254-263.
- Santos, J. A., Costa, R., & Fraga, H. (2016). Climate change impacts on thermal growing conditions of main fruit species in Portugal. *Climatic Change*,139: 1-14.
- Severino, V., Gravina, A., Manzi, M., Arias, M. (2007). Models for Quantifying Effective Winter Chill on Apple Endodormancy. In VIII International Symposium on Temperate Zone Fruits in the Tropics and Subtropics, 872: 113-120.
- Weinberger, J. H. (1950). Chilling requirements of peach varieties. In *Proceedings. American Society for Horticultural Science* , 56: 122-128.
- Zhang, J. Taylor, C. (2011). The dynamic model provides the best description of the chill process on Sira, pistachio trees in Australia. *HortScience* 46 (3): 420-425.
- Zhuang, W., Cai, B., Gao, Z., Zhang, Z. (2016). Determination of chilling and heat requirements of 69 Japanese apricot cultivars. *European Journal of Agronomy*, 74, 68-74.
- Ganji Moghadam, I (2011). *Cultivation of fruits in temperate regions*, Agricultural Education and Promotion Publishing, Tehran, Iran.

- Gharibi, Kh (2017). Risk Management and Gardening Insurance. Publications Institute of Insurance. First Edition. Tehran.
- Hajilu, J. Topchi Tabrizian, S (2017). Determination of the heating and chilling requirements of flower buds of some apricot varieties, *Journal of Plant Production*, 1: 102-89.
- Hoshyar, Z. Ganji Moghadam, I. Abedi, B (2017). Determination of heating and chilling requirement of four apricot cultivars in Khorasan province, *Journal of Horticulture (Agricultural Science and Technology)*, 3: 438-431.
- Janick, J (2003). Wild apple and fruit trees of central Asia, Vol. 29. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. P: 417.
- Maniei, A. (1989). Scientific Principles of Fruit Trees, Iranian Technical Publications, First Edition. Tehran.
- Rahemi, M. (2010). Moderate fruit trees in warm climates, Mashhad University Press. First Edition. Mashhad.
- Rasulzadegan, Y (1990). Cultivation of fruits in temperate regions(Translate). First Edition, Isfahan Industrial University. Isfahan.
- Razavi, F. Hajilo, J. Tabatabaei, S. J (2012). Determination of the heating and chilling requirements of flower buds in several peach cultivars (*Prunus persica* L.). *Journal of Horticulture (Agricultural Sciences and Technology)*, 1: 24-17.
- Rezaei, M. (2012). Estimation of thermal requirements of six commercial cultivars of apricot in Shahrood area in laboratory and field conditions. *Journal of Agricultural Agriculture*, 1:(32-21).
- Sabziparvar, A.A, Shadmani, M. (2012). Analysis of the trend reference evapotranspiration using the Mann-Kendall and Spearman test in arid regions of Iran. *Water and Soil Journal (Agricultural Sciences and Technology)*, 25(4): 823 -834.
- Sabziparvar, A.A, Valashedi, R. N. (2015). The Effect of Climate Change on the trend of supply chilling requirement deciduous plants (Case Study: Hamadan Province), *Journal of Horticulture Sciences (Science and Technology of Agriculture)*, 3:(367-358).
- The Statistics of the Iran garden crops (1393). Ministry of Agricultural Jihad, Deputy Director of Planning and Economic, ICT Center.
- Vlashedi, R. N. Sabziparvar, A. A. (2017). Evaluation of winter chilling requirement estimation patterns using observation phenological data of apple tree in Urmia. *Iranian Horticultural Sciences*, 3: 570-561.
- Vlashedi, R.N. (2016). Evaluation of the effect of global warming on the chilling requirement winter deciduous plants in Iran. Ph.D. Thesis. Faculty of Agricultural Sciences, Agricultural Meteorology Department, Bu-Ali Sina University. Hamedan. Iran