

جغرافیا و توسعه شماره ۵۱ تابستان ۱۳۹۷

وصول مقاله: ۹۵/۱۰/۱۳

تأیید نهایی: ۹۶/۰۴/۰۲

صفحات: ۹۹-۱۲۰

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

دکتر غلامعباس فلاح قاله‌ری<sup>۱\*</sup>، دکتر حمزه احمدی<sup>۲</sup>

### چکیده

انباشت سرمایه‌ی در دوره‌ی رکود برای درختان میوه‌ی خزان‌دار، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد. تأمین‌نشدن نیاز سرمایه‌ی باعث کاهش عملکرد و هدر رفت منابع می‌شود. در همین راستا به‌منظور واکاوی الگوی انباشت سرمایه‌ی در مناطق سردسیر ایران، از داده‌ی سه ساعته‌ی دمای هوا برای ۲۸ ایستگاه هواشناسی همدید در مناطق سردسیر و کوهستانی کشور، از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۳ استفاده شد. آمار سینوپ‌های سه ساعته‌ی دمای هوا برای دوره‌ی رکود از ماه نوامبر تا مارس تنظیم و با تبدیل به دمای ساعتی به‌صورت پایگاه داده‌ای از دمای ساعتی برابر با ۳۲۵۲۸۰۰ رکورد ساعتی برای هر مدل، پالایش و محاسبه شد. از مدل‌های ساعات سرمایه‌ی (CH) واحدهای سرمایه‌ی (Utah) و دینامیکی (CP) برای برآورد انباشت سرمایه‌ی استفاده شد. الگوی انباشت سرمایه‌ی براساس برونداد مدل CH از ۷۷۵ تا ۱۴۴۵ ساعت و براساس مدل Utah از ۱۱۹۱ تا ۲۱۲۱ واحد سرمایه‌ی و براساس مدل CP از ۶۳ تا ۹۶ بخش سرمایه‌ی در بین ایستگاه‌های مناطق سردسیر متغیر است. در هر کدام از مدل‌ها، عامل ارتفاع در الگوی انباشت سرمایه‌ی نقش مهمی دارد. فراوانی بیشینه‌های انباشت سرمایه‌ی در دهه‌های گذشته، بیشتر از دهه‌های اخیر است. بررسی سری زمانی انباشت سرمایه‌ی 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. براساس معیارهای اعتبارسنجی، برونداد مدل دینامیکی به‌دلیل کوچکتر نسبت به دیگر مدل‌ها، از عملکرد بالاتری در برآورد انباشت سرمایه‌ی برخوردار است. نتایج این تحقیق برای آگاهی بخشی درباره‌ی کاشت درختان خزان‌دار متناسب با توان اقلیمی و میزان انباشت سرمایه‌ی حائز اهمیت است.

کلیدواژه‌ها: انباشت سرمایه‌ی، ساعات سرمایه‌ی، دمای ساعتی، مدل دینامیکی، واحدهای سرمایه‌ی.

g.fallah@hsu.ac.ir

h.ahmadi@hsu.ac.ir

۱- دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران\*

۲- دانش‌آموخته دکتری اقلیم‌شناسی کشاورزی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

## 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 انباشت سرمایی، می‌تواند راهگشای میوه‌کاران مناطق معتدله، در جهت بهره‌وری بالاتر باشد. یکی از جنبه‌های بسیار مهم اثرات تغییر اقلیم بر باغ‌های میوه، کاهش در انباشت سرمایی 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 پایین مورد نیاز درختان خزان‌کننده، معمولاً به صورت 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 انباشت سرمایی نیاز دارند (Costa & Ramina, 2014:71). نیاز سرمایی فقط یک مکانیزمی که به صورت ناگهانی به وسیله گیاهان کسب می‌شود، نیست؛ بلکه فرایندی فزاینده در طول پاییز و زمستان است تا گیاه به صورت 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 توبچی تبریزیان، ۱۳۹۵: ۱۹؛ Ruiz et al, 2007: 255). رکود جزو یکی از مراحل مهم در سیکل زندگی

گیاهان معتدله محسوب می‌شود. معمولاً ورود به این مرحله به تدریج 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 بحرانی در پرورش درختان میوه معتدله در اقلیم‌هایی است که فاقد سرمای مورد نیاز برای چیرگی بر رکود طبیعی‌اند (رحمی، ۱۳۸۹: ۲۸). حداکثر سرمادهی در درختان میوه در درجه حرارت ۰ تا ۷ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد. انباشت سرمایی در دماهای پایین‌تر از صفر یا بالاتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد به ندرت شکل می‌گیرد (Hennessy & Greene, 1995: 327).

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

1-Chilling hours

2-Utah

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

لودلینگ<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۹) مدل‌های مختلف برآورد انباشت سرمایه در کالیفرنیا را بررسی کردند. آن‌ها برون‌داد مدل‌های یوتا، ساعات سرمایه 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<sup>۸</sup> (۲۰۱۱) مدل دینامیکی را به‌عنوان بهترین برآوردکننده فرایند انباشت سرمایه بر روی پسته در استرالیا بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مدل دینامیکی، بهترین تعیین‌کننده انباشت سرمایه برای پسته است (Zhang & Taylor, 2011:421).

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

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

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

«آرون»<sup>۲</sup> (۱۹۸۳) وضعیت دماهای سرد در کالیفرنیا را بررسی کردند و با استفاده از مدل ساعات سرمایه، وضعیت انباشت سرمایه برای درختان دانه‌دار را در سطح منطقه کالیفرنیا پهنه‌بندی کردند (Aron, 1983:351).

اندرسون<sup>۳</sup> و همکاران (۱۹۸۶) با بررسی نیاز سرمایه و واسنجی مدل‌های برآوردکننده انباشت سرمایه مشخص نمودند که تعیین انباشت سرمایه در پیش‌بینی تاریخ گل‌دهی نقش مؤثری دارد (Anderson et al, 1986: 171). آلن<sup>۴</sup> (۲۰۰۴) براساس آمار دمای ساعتی و مدل‌های ساعات سرمایه و یوتا، انباشت سرمایه در مناطقی که زمستان‌های معتدلی دارند مشخص کردند (Allan, 2004:74). سورینو<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۷) به تعیین انباشت سرمایه زمستانه با استفاده از مدل‌های ساعات سرمایه، 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»<sup>۶</sup> (۲۰۰۸) کاهش انباشت سرمایه مناطق کشت میوه در کالیفرنیا را بررسی کردند. آن‌ها با بررسی انباشت سرمایه در دوره پایه و آینده تحت شرایط تغییر اقلیم، مشخص کردند که تا آخر قرن ۲۱ انباشت سرمایه خیلی از میوه‌ها در کالیفرنیا تأمین نخواهد شد (Baldocchi & Wong, 2008: 153).

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

1-Weinberger

2-Aron

3-Anderson

4-Allan

5-Severino

6-Baldocchi &amp; Wong

7-Luedeling

8-Zhang &amp; 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<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۳)، اثرات انباشت سرمایه 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<sup>۲</sup> 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 زردآلود 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).

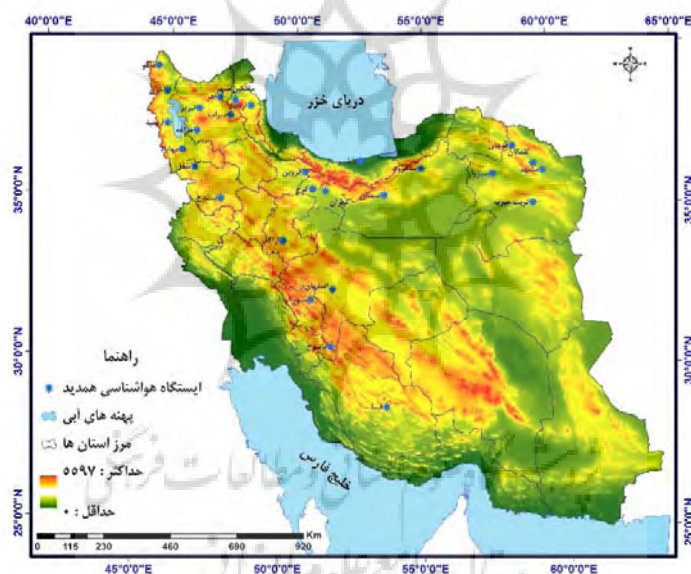
### مواد و روش‌ها داده‌های تحقیق

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 به‌طور متوسط 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 سنج‌های اقلیمی، مهم‌ترین فاکتور تعیین‌کننده برای درختان میوه محسوب می‌شود. چون انسان کنترل کمتری روی این سنج 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. باتوجه 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؛ از این رو مطالعهٔ حاضر با هدف واکاوی انباشت سرمایه‌ی زمستانهٔ مناطق سردسیر ایران، براساس مدل‌های CH، Utah 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 به‌کار 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 سرمایه‌ی، 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 سرمایه‌ی لازم است که دمای هر ساعت برای ۲۴ شبانه روز مشخص شود تا مدل‌ها بتوانند ارزش‌های سرمایه‌ی ساعات مختلف را انباشته کنند. در همین راستا از روش درونیایی 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	5.4	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 (Benet, 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 برحسب ساعت) عبارت‌است 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)

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



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

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

مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۵

### مدل دینامیکی CP

مدل دینامیکی به عنوان یکی از مهم ترین مدل ها برای توسعه باغبانی در خاورمیانه توسط فیشمن<sup>۱</sup> و همکاران ارائه شده است (Fishman et al, 1987:309). این مدل سرما را بر مبنای دمای ساعتی اندازه گیری می کند و واحدهای انباشته شده را با عنوان بخش ها یا سهم های سرمایه<sup>۲</sup> مشخص می کند. بخش های سرمایه به اختصار به CP ارائه شده است. در این مدل فرض می شود نیاز سرمایه از یک فرایند دو مرحله ای تشکیل شده است که در طی آن نخست؛ مقدار انباشت سرمایه در فرایند تسریع شده توسط دماهای سرد، تشکیل می شود که معمولاً انباشت متوسط هم نامیده می شود. رخدادهای دماهای گرم می تواند این شرایط متوسط سرمایه را تخریب نماید. به محض اینکه یک مقدار مشخصی از انباشت سرمایه تشکیل شد، این محصول به طور برگشت ناپذیری به بخش های

سرمایه تبدیل می شود. تأثیر دماهای بالا و تداوم آن ها نیز در نظر گرفته می شود. برتری این مدل نسبت به دیگر مدل ها در این است که با رخدادهای گرم، انباشت سرمایه خنثی نمی شود. نمونه موردی از نحوه محاسبه این مدل در جدول (۳) مشخص شده است. در این راستا دمای ساعتی برای ۲۴ ساعت شبانه روز برای هر روز از دوره زمانی مورد مطالعه، به صورت سانتی گراد وارد می شود که این دما در ستون مجاور آن به کلین تبدیل می شود و سپس یک فرایند بر اساس مقادیر ثابت در ستون های مختلف طی می شود تا در ستون نهایی انباشت بخش های سرمایه مشخص شود. مقادیر عددی ثابت های  $Slp$ ،  $tetmlt$ ،  $\alpha_1$ ،  $\alpha_2$  و  $e_1$  که در عملیات مربوط به باغبانی از آن ها استفاده می نمایند، به ترتیب عبارت اند از:  $۱۲۸۸۸/۸$  و  $۴۱۵۳/۵$ ،  $۲/۵۶۷ \times ۱۰^{۱۸}$ ،  $۱.۲۷۷$ ،  $۱۳۹۵۰.۰/۶$  (Luedeling & Brown, 2011:411; Zhang & Taylor, 2011: 421)

1-Fishman  
2-Chill portions

وضعیت بخش‌های سرمایه را مشخص می‌نماید. دماهای بالا و یخبندان بدون هیچ‌گونه تأثیر به صورت صفر مشخص می‌شود.

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

جدول ۳: نمونه موردی از محاسبه مدل دینامیکی بر روی ایستگاه ارومیه

date	Temp(C)	Temp (K)	tmprt	sr	xi	xs	akl	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

می‌شود سپس این نقطه به محل خود برگردانده شده و نقطه 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 سرمایه در سال، با هم مقایسه می‌شوند. میانگین قدرمطلق خطای انباشت سرمایه در این معیار هر چقدر مقدار آن نزدیک به صفر باشد، نتایج اعتبارسنجی برای پیش‌بینی انباشت سرمایه دقیق‌تر است.

**اعتبارسنجی مدل‌های انباشت سرمایه**  
به‌منظور اعتبارسنجی مدل‌های مختلف نیاز سرمایه، از معیارهای اعتبارسنجی تقاطعی استفاده شده است. روش‌های مختلفی برای اعتبارسنجی برمبنای 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 بقیه نقاط انجام می‌گیرد؛ در واقع مقادیر مشاهده شده به صورت موقت از مجموعه 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 مشاهده‌ای، که معمولاً تنها ابزار مقایسه است، با به‌کارگیری روش درونیابی، نقطه موردنظر برآورد

## روش ناپارامتری من-کندال

برای بررسی روند تغییرات نیاز سرمایه از روش ناپارامتری من-کندال استفاده شد. این روش ابتدا توسط من<sup>۱</sup> (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال<sup>۲</sup> (۱۹۷۵) تکامل یافت؛ (Mann, 1945: 445).  
(Kendall, 1975: 156) این روش که به طور گسترده در مباحث علوم محیطی و هواشناسی کاربرد دارد، یکی از روش‌های ناپارامتری مهم برای آزمون روند سری‌های زمانی محسوب می‌شود.

(۶)

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

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  $\beta$  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)

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

$z^*(x_i)$ : 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 سرمایه

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)

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

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

(۵)

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

(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، مشگین‌شهر، ماکو و خوی، به دلیل شدت سرما، میزان انباشت سرمایه کمتری باتوجه 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، مشگین‌شهر، اهر، سقز، ارومیه، ماکو و خوی، میزان انباشت سرمایه بین ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ واحد سرمایه مشاهده شده است. میزان واحد سرمایه این ایستگاه‌ها باتوجه 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 سرمایه می‌گذارند و اثر سرما را خنثی می‌سازند (Hennessy & Greene, 1995: 332). بنابراین بهتر است که نیاز سرمایه درختان خزان‌دار مختلف با توان اقلیمی و انباشت سرمایه برون‌داد چند مدل برای هر منطقه مطابقت داده شود.

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

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

برونداد مدل‌های مختلف نشان داد که الگوی انباشت سرمایه از ارتفاع هر منطقه تاثیر بالایی می‌پذیرد. در تمام مدل‌های ایستگاه‌های با ارتفاع بالاتر همچنان از انباشت سرمایه لازم برخوردار بوده‌اند؛ به‌طور نمونه ایستگاه یاسوج با وجود عرض جغرافیایی پایین‌تر از انباشت سرمایه بالایی برخوردار می‌باشد. ساختار هر مدل برای کمی‌سازی نیاز سرمایه درختان میوه متفاوت است. در مدل ساعات سرمایه، 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 سرمایه 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 سرمایی در دوره رکود برای ایستگاه‌های مورد مطالعه از نوامبر تا مارس

ایستگاه	مدل ساعات سرمایی CH ۷/۲۵ - ۰			مدل واحدهای سرمایی UTAH			مدل دینامیکی، بهره‌های سرمایی CP		
	میانگین	انحراف از معیار	ضریب تغییرات	میانگین	انحراف از معیار	ضریب تغییرات	میانگین	انحراف از معیار	ضریب تغییرات
اردبیل	۱۱۰۴	۱۸۱/۷	۱۶/۴	۱۴۱۷	۲۸۲	۱۹/۹	۸۳/۶	۷/۵	۹
ارومیه	۱۲۴۵	۱۹۶/۹	۱۵/۲	۱۵۴۷	۲۵۲/۹	۱۶/۳	۸۸	۵	۵/۶
اصفهان	۱۲۰۷	۱۳۰/۱	۱۰/۷	۱۸۲۲	۲۳۹/۴	۱۳	۸۳	۷	۸/۴
اهر	۱۲۸۱	۱۹۸/۷	۶/۲	۱۶۲۵	۳۰۶/۸	۱۸/۸	۸۷	۶/۱	۷
بابلسر	۷۷۵	۲۵۱/۴	۱/۷	۲۱۰۶	۳۳۶/۳	۱۷	۸۲	۹/۹	۱۲
تبریز	۱۳۴۸	۲۲۸/۵	۲/۸	۱۷۳۰	۲۸۸/۷	۱۶/۶	۸۷	۱۱/۹	۱۲/۶
ترتیدرینه	۱۳۱۲	۱۴۶/۴	۷/۳	۱۸۷۸	۷۳۸/۴	۳۹/۳	۹۱	۵/۵	۶
تهران	۱۲۴۳	۲۱۵/۳	۱۱/۸	۱۹۷۷	۳۷۴/۸	۱۸/۹	۸۵	۸/۷	۱۰
خوی	۱۱۵۱	۱۸۹/۱	۱۶/۳	۱۵۳۰	۲۸۶	۱۸/۶	۸۲	۷/۹	۹
سبزوار	۱۲۶۷	۱۸۷/۱	۲۰/۸	۱۹۶۶	۸۳۳/۲	۴۱/۸	۸۸	۷/۵	۸
سراب	۱۰۱۴	۱۸۴/۸	۲۵/۳	۱۱۹۱	۲۲۷/۵	۱۹/۱	۷۱	۱۱/۷	۱۶/۳
سقز	۱۲۳۴	۱۹۹/۴	۲۹/۸	۱۵۴۴	۲۴۵/۲	۱۵/۸	۹۲	۵	۵
سمنان	۱۳۱۰	۱۸۲/۸	۳۴/۳	۱۹۶۷	۳۲۱/۱	۱۶/۳	۸۸	۵/۵	۶
سنندج	۱۳۳۲	۱۴۳/۳	۳۸/۸	۱۸۰۶	۲۳۳/۷	۱۴/۴	۹۴	۵/۴	۵
شاهرود	۱۴۵۴	۱۸۴/۷	۴۳/۳	۱۹۸۸	۳۸۸/۱	۱۴/۴	۹۶	۴/۶	۴
شهرکرد	۱۲۵۵	۱۶۰/۸	۴۷/۸	۱۶۶۵	۲۳۴/۵	۱۴	۹۱	۷/۶	۸
اراک	۱۲۹۱	۱۷۳	۵۲/۳	۱۸۰۱	۲۴۲	۱۳/۴	۹۲	۶/۸	۷
فسا	۸۶۸	۹۱/۸	۵۶/۸	۱۲۸۶	۲۵۱/۲	۱۹/۵	۶۳	۶/۷	۱۰/۶
قزوین	۱۳۴۴	۱۸۲	۶۱/۳	۱۸۳۷	۲۵۳	۱۳/۸	۹۴	۵/۸	۶
قوچان	۱۲۷۲	۱۶۲	۶۵/۸	۱۷۰۱	۷۵۸	۴۲	۸۷	۴/۸	۵
کرج	۱۳۰۲	۱۶۷	۷۰/۳	۱۸۳۶	۲۲۶	۱۲/۳	۹۶	۷	۷
گلمکان	۱۳۴۰	۱۷۰	۷۴/۸	۱۹۱۵	۶۶۳	۳۴/۶	۸۸	۷/۵	۸
ماکو	۱۱۱۸	۲۶۷	۷۹/۳	۱۳۹۵	۳۴۰	۲۴/۴	۷۰	۷	۹
مراغه	۱۴۱۷	۲۴۵	۸۳/۸	۱۸۳۶	۳۳۰	۱۷/۹	۹۳	۷	۷
مشگین شهر	۱۱۵۸	۲۴۰	۸۸/۳	۱۴۹۶	۳۶۹	۲۴/۶	۸۱	۶/۶	۸
مشهد	۱۲۸۹	۱۴۶	۹۲/۸	۱۷۳۵	۲۵۲	۱۳/۴	۹۰	۴/۶	۵
مهاباد	۱۳۹۴	۲۴۱	۹۷/۳	۱۹۰۱	۳۰۶	۱۶/۱	۹۰	۵	۵
یاسوج	۱۴۳۵	۱۲۸	۱۶/۴	۲۱۲۸	۲۰۲	۱۹/۹	۹۳	۴/۲	۴

مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۵

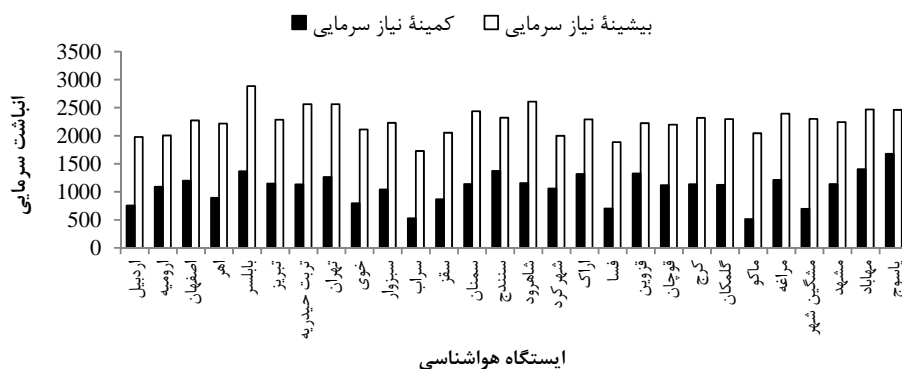
این کمینه‌ها بیشتر در نیمه دوم دوره آماری مورد مطالعه رخ داده است. بیشینه انباشت سرمایی در ایستگاه‌هایی مانند، اهر، ارومیه، مراغه، تبریز، سبزوار و یاسوج به ترتیب با ۲۲۱۶، ۱۹۳۵، ۱۹۶۵، ۱۸۰۶، ۱۷۷۱ و ۱۸۱۳ ساعات سرمایی رخ می‌دهد. بیشینه‌های انباشت سرمایی در سال‌های ابتدای دوره آماری مورد مطالعه بیشتر مشاهده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

### کمینه و بیشینه انباشت سرمایی براساس مدل‌های مختلف

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

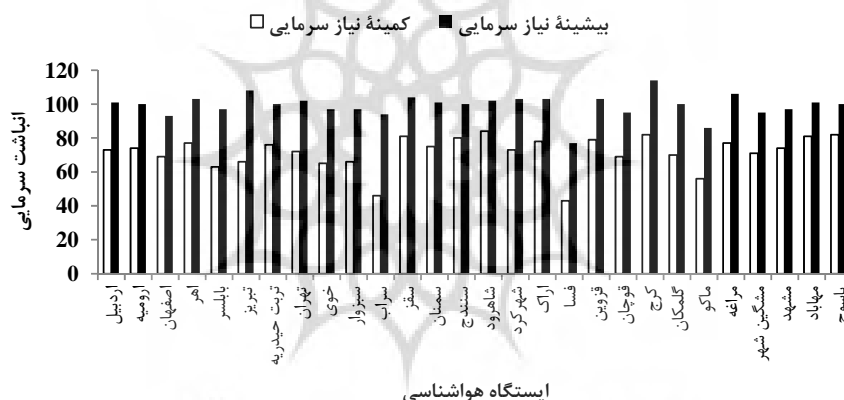






شکل ۳: وضعیت کمینه و بیشینه انباشت سرمایه در ایستگاه‌های مورد مطالعه با مدل واحدهای سرمایه (Utah)

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

طبقات انباشت سرمایه براساس مدل ساده (CH) می‌دهد و درختان خزان‌دار به‌خصوص هسته‌دار و

به‌منظور شناخت بیشتر از وضعیت انباشت

سرمایه متناسب با نیاز سرمایه درختان خزان‌دار،

نتایج معمول‌ترین مدل برآوردکننده انباشت سرمایه

یعنی ساعات سرمایه‌ی (CH) در جدول (۵) مشخص

شده است. مقدار سرمایه موردنیاز 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 سرمایه‌ی در دمای ۶ درجه سانتی‌گراد رخ

براساس برون‌داد مدل ساعات سرمایه‌ی،

ایستگاه‌هایی که کمتر از ۱۰۰۰ ساعت سرمایه‌ی در

آن‌ها مشاهده می‌شود؛ ایستگاه‌های بابل و فسا

می‌باشند. ایستگاه بابل به دلیل ارتفاع کم و نزدیکی

به دریا و ایستگاه فسا به دلیل عرض جغرافیایی

پایین‌تر، زمستان ملایم‌تری دارد؛ بنابراین باتوجه به

این شرایط، انباشت سرمایه‌ی چنین مناطقی برای

باشد؛ زیرا سرماهای شدید و پایین‌تر از صفر درجه در انباشت سرمایه‌ی نه‌تنها نقشی ایفا نمی‌کنند؛ بلکه اثر منفی نیز دارند؛ بنابراین عرض جغرافیایی بالا دلیل محکمی برای تأمین ساعات سرمایه‌ی موردنیاز درختان خزان‌دار با نیاز سرمایه‌ی بالا محسوب نمی‌شود.

در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، تعداد مناطقی که توانایی تأمین ساعات سرمایه‌ی بسیار بالایی داشته باشند، محدود است. همانطور که در (جدول ۵) مشخص شده، در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه فقط ایستگاه‌های شاهرود، یاسوج و مراغه توانسته‌اند بیشتر از ۱۴۰۰ ساعت، ساعات سرمایه‌ی را تأمین کنند. این شرایط برای بیشتر گونه‌ها و واریته‌ها به‌خصوص ارقام دیررس تجاری بسیار مناسب است؛ بنابراین عامل ارتفاع مهم‌ترین و تعیین‌کننده‌ترین عامل در انباشت سرمایه‌ی محسوب می‌شود.

مطالعات منیعی (۱۳۶۹) نشان داد که زمستان ملایم و ارتفاع کم، عامل مهمی برای محدودکردن منطقه کشت درختان معتدله و سردسیری محسوب می‌شود. مطالعات ایشان نشان داده، مناطقی که درجه حرارت محیط در طول زمستان از ۱۰ درجه سانتی‌گراد پایین‌تر نرفته، کاشت درختان میوه سردسیری و معتدله در آن مناطق صلاح نیست؛ زیرا در چنین محیطی جوانه‌ها به‌کندی دوره تکامل خود را طی می‌کنند (منیعی، ۱۳۶۹: ۷۲۴).

بیشتر درختان خزان‌دار دانه‌دار مانند سیب و گلابی مناسب نبوده و این میزان ساعات سرمایه‌ی نمی‌تواند خواب یا رکود این درختان را بشکند؛ اما برای درختان هسته‌دار مانند، هلو، زردآلو، گیلاس، آلبالو، گوجه‌سبز، 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 ایستگاه‌های مورد مطالعه، بیشترین میزان انباشت سرمایه‌ی در طبقه ۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰ ساعت قرار دارد. در این شرایط انباشت سرمایه‌ی، تمام درختان هسته‌دار و خشک، نیاز سرمایه‌ی آن‌ها به‌راحتی تأمین می‌شود؛ اما برای درختان دانه‌دار به‌خصوص سیب که بین ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ نیاز سرمایه‌ی لازم دارند (گنجی مقدم، ۱۳۹۰: ۴۶)، شرایط برای تمام واریته‌ها مناسب به‌نظر نمی‌رسد و انتخاب واریته‌های بومی و زودرس و میان‌رس بهتر می‌باشد. کشت واریته‌های دیررس خارجی با نیاز بسیار بالا، مقرون‌به‌صرفه نخواهد بود. همین شرایط برای درختان دانه‌دار گلابی که بین ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ (گنجی مقدم، ۱۳۹۰: ۴۲) نیاز سرمایه‌ی لازم دارند مناسب به‌نظر می‌رسد.

نتایج ایستگاه‌های اردبیل، ماکو، مشگین‌شهر، خوی و سراب با ساعات سرمایه‌ی بین ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ ساعت، نشان می‌دهد که واقع‌شدن در عرض‌های جغرافیایی بالاتر نمی‌تواند دلیلی بر تأمین سرمای موردنیاز درختان میوه با نیاز سرمایه‌ی بالا مانند سیب دیررس

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

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

مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۵

### روند تغییرات انباشت سرمای

به منظور آشکارسازی روند تغییرات انباشت سرمای از روش ناپارامتری من-کندال بر روی سری زمانی انباشت سرمای استفاده شده است (جدول ۶). در مدل ساعات سرمای 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 بابلس روند کاهشی در میزان انباشت سرمای 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 سرمای با آماره ۲/۷ در سطح ۰/۰۱ معنی دار گردید. در ایستگاه مشگین شهر 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 سرمای 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	-۰/۴۴	-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	-۰/۰۶۶	۰/۵۴	۱/۴۹	**۲/۶۲	۱	-۱/۲۵	-۱/۵۷	*۲/۳	۰/۱۹	۰/۹۶
	سقر	سمنان	سندج	شاهرود	شهرکرد	اراک	فسا	قزوین	قوچان	کرج	گلمکان
CH	۰/۲۸	-۰/۵۲	-۰/۲۸	۰/۶۳	-۱/۱۵	۰/۴۹	-۱	۰/۴۹	-۰/۶۱	-۰/۳۱	-۰/۰۲
UTAH	۰/۴۲	-۱/۲۰	۰/۳۵	۰/۳۵	-۰/۹۲	۰/۵۱	-۱/۹۷	۰/۶۲	-۰/۰۶۲	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
	ماکو	مراغه	مشگین شهر	مشهد	مهاباد	یاسوج					
CH	۰/۴۲	۰/۳۱	۱/۹۴	-۰/۵۱	۰/۷۲	-۱/۲۷					
UTAH	۰/۸۳	۰/۸۳	۲/۳۴	-۰/۱۷	۰/۶۵	-۰/۰۴۴					
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 سرمای

نتایج اعتبارسنجی مدل‌های مختلف برآوردکننده انباشت سرمای براساس معیارهای اعتبارسنجی MBE، MAE و RMSE در جدول ۷، مشخص شده است. در هر سه مدل انباشت سرمای 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 سرمای در بین مدل‌های برآوردکننده انباشت سرمای برخوردار می‌باشد؛ بنابراین مدل دینامیکی، بهترین مدل برای برآورد انباشت سرمای 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 - ۷/۲۵			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	-۰/۰۰۶۲۲	۱/۸۰۳۸	۹/۵۹۵	-۰/۰۰۶۱۴۷	۰/۱۷۸۲۵	ارومیه
۰/۰۰۰۲۴	-۱/۵۵۱۰۵	۰/۰۰۰۴۵	۰/۸۱۴	-۰/۰۰۵۲	۰/۱۵۱۳	۰/۳۳۲۳	-۰/۰۰۲۱۳	۰/۰۰۶۱۷۲	اصفهان
۰/۰۰۴۳	-۰/۰۰۰۲۸	۰/۰۰۰۸۱۴	۴/۶۲۴	-۰/۰۰۲۹۶۱۱	۰/۸۵۸۷۱۳	۱/۳۹۰	-۰/۰۰۰۸۹۱	۰/۲۵۸۳	اهر
۰/۰۱۱۶۱	-۷/۴۳۹	۰/۰۰۰۲۱	۲	-۰/۰۰۱۲۸	۰/۳۷۳۲	۵/۱۰	-۰/۰۰۳۲۷۳	۰/۹۴۸۸۷	بابلسر
۰/۰۰۲۱	-۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۳۹	۱/۱۱	-۰/۰۰۰۷۱۳	۰/۲۰۶۷۳	۰/۵۸	-۰/۰۰۰۳۷۷	۰/۱۰۹۲	تبریز
۰/۰۰۰۴۰	-۲/۳۶۰۲۰۵	۰/۰۰۰۰۷۵	۲/۸۴	-۰/۰۰۱۸۲۳	۰/۵۲۸۶۲	۱	-۰/۰۰۰۶۵۲	۰/۱۸۹۰۹	تربت حیدریه
۰/۰۰۰۵۷۶	-۳/۶۸۹۰۵	۰/۰۰۰۱۰۷	۲/۸۱	-۰/۰۰۱۸۰۲	۰/۵۲۳۴۵	۱	-۰/۰۰۰۶۴۷	۰/۱۸۷۵	تهران
۰/۰۰۰۵۸۸	-۰/۷۶۹۰۵	۰/۰۰۰۱۰۹	۲/۹۲	-۰/۰۰۱۸۷۶	۰/۵۴۴۰۱	۰/۷۷۹۶۹	-۰/۰۰۰۵۰۶	۰/۱۴۶۶۹	خوی
۰/۰۰۰۵۳	-۰/۳۹۹۰۵	۰/۰۰۰۰۹۹	۳۸/۸۱۸	-۰/۰۰۲۴۲۱۶	۰/۰۰۲۲۷۲	۰/۹۹۹	-۰/۰۰۰۶۴۹	۰/۱۸۵۵۹	سبزوار
۰/۵۴۶	-۰/۰۰۰۰۳۵	۰/۰۰۰۱۰۱۵	۵/۰۸	-۰/۰۰۳۳۵۲	۰/۹۴۴۰۶	۱/۹۲	-۰/۰۰۱۲۳	۰/۳۵۶۷۲	سراب
۰/۰۰۰۱۰۶	-۶/۷۶۷۰۰۶	۰/۰۰۰۰۲	۱/۹۰	-۰/۰۰۱۲۲	۰/۳۵۳۷۱	۱/۴۹	-۰/۰۰۰۹۷۵	۰/۲۷۶۸۲	سقز
۰/۰۰۰۲۰	-۰/۱۲۸۰۵	۰/۰۰۰۰۳۹	۲/۱۴	-۰/۰۰۱۳۷	۰/۳۹۷۴۲	۰/۷۵۳۸	-۰/۰۰۰۴۸۳	۰/۱۳۹۹۹	سمنان
۰/۰۰۱۰	-۶/۴۲۸۰۶	۰/۰۰۰۰۱۹	۰/۵۲	-۰/۰۰۰۳۳۷	۰/۰۹۷۷۱	۰/۱۴	-۰/۰۰۰۰۹۳	۰/۰۰۲۷۰۶	سنندج
۰/۰۰۰۰۴	-۳/۱۴۷۰۶	۹/۱۰۵۵	۲/۰۴	-۰/۰۰۱۳۱	۰/۳۷۹۸۱	۰/۶۲۳	-۰/۰۰۰۳۹۳	۰/۱۱۵۷۸	شاهرود
۰/۰۰۰۴	-۲/۷۲۸۰۲	۰/۰۰۰۰۷۹	۰/۶۷	-۰/۰۰۰۴۳۱	۰/۱۲۵۰۷	۰/۱۸۶	-۰/۰۰۰۱۱۹	۰/۰۰۳۴۶	شهرکرد
۰/۰۰۰۲۱	-۱/۱۳۴۰۵	۰/۰۰۰۰۴	۰/۵۵	-۰/۰۰۰۳۵۸	۰/۱۰۳۹	۰/۴۱	-۰/۰۰۰۲۶۸	۰/۰۰۷۷۶۱	ازاک
۰/۰۰۱۹	-۰/۰۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰۳۶	۳/۱۶۶	-۰/۰۰۰۲۰۲۷	۰/۵۸۷۹۶	۰/۱۶۷	-۰/۰۰۰۱۰۷	۰/۰۰۳۱۱۷	فسا
۰/۰۰۰۲	-۱/۳۲۱۰۵	۰/۰۰۰۰۳۸	۰/۵۱	-۰/۰۰۰۳۲۸	۰/۰۹۵۱۳	۰/۴۳۹	-۰/۰۰۰۲۸۱	۰/۰۰۸۱۶۲	قزوین
۰/۰۰۰۲۵	-۱/۶۰۵	۰/۰۰۰۰۴۸	۱۶۸/۴	۱/۰۷	۳۱/۲۱۶۷	۰/۳۰۴	-۰/۰۰۰۱۹۵	۰/۰۰۵۶۴۹	قوچان
۰/۰۰۰۴	-۲/۲۷۰۰۵	۰/۰۰۰۰۷۵	۰/۴۶۸	-۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۸۶۹۹	۰/۳۸۷	-۰/۰۰۰۲۴۸	۰/۰۰۷۲۰۲	کرج
۰/۰۰۰۶	-۴/۲۴۰۰۵	۰/۰۰۰۰۱۳۲	۳۰۹۸/۵	۱۹/۸۴۱	۵۷۵/۳۹۰	۰/۳۳۱	-۰/۰۰۰۲۱۲	۰/۰۰۶۱۶۱	گلمکان
۰/۰۰۰۶	-۴/۴۷۳۰۵	۰/۰۰۰۰۱۳	۱۲/۰۶	-۰/۰۰۰۷۷۲۶	۲/۲۴۰۵۳	۵/۳۵۳	-۰/۰۰۰۳۴۲۸	۰/۹۹۴۱۶	ماکو
۰/۰۰۰۲۹	-۱/۸۷۰۴۰۵	۰/۰۰۰۰۵۴	۱/۳۸	-۰/۰۰۰۸۸۵	۰/۲۵۶۶۴	۰/۸۱۲	-۰/۰۰۰۵۲۱	۰/۱۵۰۹۶	مراغه
۰/۰۰۰۱	-۱/۱۷۶۰۵	۰/۰۰۰۰۳۴	۷	-۰/۰۰۰۴۵۵۱۸	۱/۳۱۰۱۷	۲/۲۹	-۰/۰۰۰۱۴۷۳	۰/۴۲۷۰۵	مشگین شهر
۰/۰۰۰۱	-۹/۴۲۷۰۶	۰/۰۰۰۰۲۷	۱/۰۲	۰/۰۰۰۶۵۶	۰/۱۹۰۱۳	۰/۲۵	-۰/۰۰۰۱۶۱	۰/۰۰۴۶۵۵	مشهد
۰/۰۰۰۰۵	-۳/۷۶۲۰۶	۰/۰۰۰۰۱۱	۰/۷۸	-۰/۰۰۰۵۰۳	۰/۱۴۵۷۴	۰/۶۲۷	-۰/۰۰۰۴۰۲	۰/۱۱۶۵۷	مهاباد
۰/۰۰۰۴	-۳/۰۱۷۰۶	۸/۷۰۰۵	۰/۱۴	-۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۲۶۲۴	۰/۱۱	-۰/۰۰۰۰۷۲	۰/۰۰۲۰۷۹	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 بروی 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 پر کاربرد بر مبنای 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.

بالاتر 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 بر اساس 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 سرمایی بالا را ندارند؛ بنابراین با توجه به الگوی انباشت سرمایه، بایستی در کشت و انتخاب ارقام دیررس تجاری که نیاز سرمایی بالایی دارند، در مناطق سردسیر کشور، جانب احتیاط را رعایت کرد.

روند تغییرات انباشت سرمایه بر اساس آزمون ناپارامتری من-کنسندال 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 ۴۳۸-۴۳۱.
- 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 مزرع‌ای، 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 tress 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.