

پیش بینی تغییرات آغاز و خاتمه فصل یخبندان در مناطق میانی غرب کشور

زهرا مریانجی^۱

شیمیا رضایی^۲

حامد عباسی^۳

چکیده

شناخت تغییرات آغاز و خاتمه یخبندان‌ها به دلیل اهمیت آنها در زمینه کشاورزی ضروری است. این تحقیق سعی دارد آغاز و خاتمه یخبندان مناطقی از غرب کشور را با استفاده از ریز مقیاس کردن داده‌های گردش عمومی جو در یک دوره ۲۰ ساله پیش بینی و تغییرات آن را بررسی کند. جهت ریز مقیاس کردن داده‌های گردش عمومی هوا از مدل لارس^۴ استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که شروع یخبندان در همدان زودتر از سایر نواحی بوده است و خاتمه آن نیز نسبت به سایر نواحی با تأخیر همراه خواهد بود. در همدان آغاز یخبندان پاییزه در دهه اول نسبت به دهه دوم با تأخیر شروع می‌گردد. در کرمانشاه نیز در دهه اول و دوم شروع و خاتمه آن با کمی تأخیر همراه بوده و یک روند افزایشی در شروع آن در سالهای ۲۰۲۵-۲۰۱۶ مشاهده می‌شود. این بدان معنا است که شروع یخبندان دیرتر رخ می‌دهد. شروع یخبندان و خاتمه آن در حال نزدیک شدن به هم

۱- دکتری اقلیم شناسی - استادیار گروه جغرافیا - آب و هواشناسی دانشگاه سید جمال الدین اسد آبادی (نویسنده مسئول)
Email: z.maryanaji@gmail.com

۲- کارشناس ارشد اقلیم شناسی

۳- دکتری جغرافیا - استادیار گروه علوم جغرافیایی دانشگاه لرستان

۴. LARS-WG

می‌باشد. به منظور طبقه‌بندی تغییرات فصل یخبندان تحلیل خوشه‌ای انجام شد. بر این اساس، منطقه مورد مطالعه از نظر ویژگی‌های فصل یخبندان به چهار منطقه طبقه‌بندی گردید.

واژگان کلیدی: آغاز و خاتمه یخبندان، گردش عمومی جو، ریزمقیاس کردن، مدل لارس، مناطق میانی غرب ایران

مقدمه:

یخبندان به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن دمای هوا در ارتفاع حدود یک تا دو متری از سطح زمین به صفر یا زیر صفر درجه سلسیوس می‌رسد. علیزاده (۱۳۷۳: ۴۸) تقریباً هر بخشی از اقتصاد ممکن است تحت تاثیر یخبندان‌های غیرمنتظره قرار بگیرد و در بیشتر موارد، رخداد یخبندان اثر منفی دارند. یخبندان دماهای صفر و یا کمتر از آن را شامل می‌شود. منظور از تداوم یخبندان مدت زمانی است که دمای صفر یا کمتر از آن در یک منطقه حاکم باشد. حجازی زاده و مقیمی (۱۳۸۱: ۶۱) بر اساس زمان وقوع، یخبندان‌هایی که زمان اوج آن‌ها نسبت به تاریخ شاخص کمتر یا بیشتر باشد، زودرس یا دیررس تلقی می‌شوند. مجرد قره باغ (۱۳۷۶: ۲۹) یخبندان از نظر شدت، به سه دسته تقسیم شود: ۱- یخبندان ملایم: دمای بین (۳-) تا (۰) ۲- یخبندان متوسط: دمای بین ((-۱۰) تا (-۳)) ۳- یخبندان شدید: دمای کمتر از (-۱۰).

کمالی (۱۳۸۱: ۱۵۱) شناخت توزیع زمانی و مکانی و احتمال وقوع یخبندان‌ها یکی از بنیادی‌ترین تحقیقات اقلیم است که می‌تواند برنامه ریزان را به منظور کاهش خسارت‌های سرما و یخبندان راهنمایی و کمک نماید.

سلمان پور (۱۳۸۶: ۱۲) معتقد است در ایران، بسیاری از دانشمندان علوم کشاورزی و آب و هواشناسی پژوهش‌های خود را در زمینه یخبندان متمرکز کرده‌اند و سعی در شناخت ویژگی‌ها، چگونگی و تأثیرات این پدیده نموده‌اند. تحقیقات گسترده‌ای در سطح جهان و

در ایران بر روی تاریخ‌های وقوع یخبندان انجام شده است، در زیر به چند نمونه اشاره می‌شود:

وایلن (۱۹۸۸:۶۰۷) ویژگی‌های یخبندان‌ها، تاریخ آغاز و خاتمه آن‌ها، سردترین دما و خطر وقوع دوره‌های سرد را در فلوریدای مرکزی بررسی و توزیع احتمالی آن را پیش‌بینی کرده است. تحلیل رگرسیون سری‌های متوسط دمای حداقل روزانه و واریانس‌های سالانه آنها نشان داده است که با افزایش واریانس، احتمال وقوع یخبندان نیز افزایش می‌یابد. ساکلینگ (۱۹۸۸:۲۳۹) با استفاده از شاخص انحراف آب و هوا به مطالعه نوسانات تاریخ وقوع آخرین یخبندان‌های بهار و اولین یخبندان‌های پاییزه و طول مدت فصل رشد در جنوب شرقی ایالات متحده پرداخته است. نتیجه این تحقیقات نشان داد که یک دوره نسبتاً نرمال در اواخر دهه ۱۹۵۰ تا اوایل دهه ۱۹۷۰ در تاریخ وقوع آخرین یخبندان‌های بهار و اولین یخبندان‌های پاییزه و طول مدت فصل رشد حاکم بوده است.

واتکینز (۱۹۹۱:۸۸۹) با استفاده از مدل رگرسیون خطی پی برد که طول مدت فصل یخبندان در حدود دو روز برای هر دهه کاهش یافته است که این کاهش را می‌توان با افزایش درجه حرارت توجیه نمود. وگا (۱۹۹۴:۴۰۳) با تجزیه و تحلیل یخبندان‌ها در نواحی اقلیمی جنوب ایالات متحده و با استفاده از دوره آماری ۳۰ ساله در ۳۴۲ ایستگاه، یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهار را برای ۱۰، ۳۰، ۵۰، ۷۰، ۹۰ درصد برای هر ایستگاه محاسبه کرده است.

مونن (۲۰۰۲:۱۳) شاخص‌های متعدد از جمله تاریخ یخبندان‌های بهار و پاییزه و طول دوره بدون یخبندان را از ۱۲۲ سال آمار برای دو دوره ۳۰ ساله در ایتالیا مورد مقایسه قرار داد.

تات و ژنگ (۲۰۰۳:۱۹۳) با استفاده از داده‌های ماهواره ای ویژگی‌های یخبندان ناحیه اوتاگو در کشور نیوزیلند را مطالعه نموده‌اند و نقشه‌های زمان آغاز و خاتمه یخبندان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای این ناحیه را تهیه کرده‌اند. مدلین و بلتراند (۲۰۰۵:۵۱) پراکنندگی مکانی یخبندان‌های دیررس بهار و عوامل تأثیرگذار بر روی آن را

در ناحیه تاکداری شمال فرانسه مورد مطالعه قرار دادند. مولر و بری (۱۲۶۸:۲۰۰۷) در یک پژوهشی الگوهای گردش جوی در آمریکا را که منجر به یخبندان‌های بادوام و گسترده می‌شود مورد مطالعه قرار دادند و نتایج بیانگر ناهنجاری و اچرخندی بر روی آمریکا است.

علیزاده (۴۸:۱۳۷۳) بر اساس مطالعه داده‌های حداقل دمای روزانه ۱۵ ایستگاه هواشناسی استان خراسان و با بهره‌گیری از احتمال وقوع تجربی نتیجه گرفته که با احتمال ۸۰ درصد یخبندان‌های ملایم ایستگاه مشهد در ۲۹ اسفند خاتمه می‌پذیرد. مجرد قره باغ (۳:۱۳۷۶) در مطالعه خود در زمینه اصول و روش‌های تحلیل و پیش‌بینی کمی یخبندان در منطقه آذربایجان، نشان می‌دهد هر قدر آغاز یخبندان در منطقه زودتر از میانگین کل آغازها رخ دهد، خاتمه آن نیز در بهار دیرتر از میانگین کل پایان‌ها رخ خواهد داد. جهانبخش (۹۶:۱۳۸۴) با استفاده از آمار ۲۰ ساله ایستگاه هواشناسی اورمیه به تعیین دوره‌های سرد و پیش‌بینی یخبندان برای منطقه اورمیه پرداخته است. بر اساس یافته‌های ایشان معلوم شد که یخبندان‌های دیررس بهاره عامل ایجاد صدمات جبران‌ناپذیری به محصولات کشاورزی است. توکلی و حسینی (۲۸:۱۳۸۵) با هدف ارزیابی شاخص یخبندان و تاریخ شروع آن در فصل پاییز، یک مدل همبستگی خطی را بین یخبندان‌های بهاره و پاییز ارائه دادند که با داشتن شرایط و زمان وقوع یخبندان بهاره، امکان پیش‌بینی یخبندان پاییزه فراهم می‌شود. خلیلی (۸۲:۱۳۸۶) به بررسی تغییرات زمانی وقوع یخبندان‌های دیررس بهاره، زودرس پاییزه و طول دوره بدون یخبندان به منظور بهینه‌سازی زمان کاشت و مدیریت زراعی و تصمیم‌سازی در شرایط اقلیمی پرداخته است.

حجازی‌زاده (۳۲:۱۳۸۶) به بررسی فراوانی وقوع یخبندان‌ها در استان لرستان پرداخته است. ایشان تاریخ وقوع یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره در آستانه صفر و کمتر از آن را استخراج و دوره بدون یخبندان را محاسبه کرده است و مشخص کرده که توزیع نرمال نسبت به بقیه توزیع‌ها با سری‌های موجود تناسب بیشتری دارد. نوحی (۴۴۹:۱۳۸۷) با استفاده از آمار ۳۹ ساله سه ایستگاه هواشناسی زنجان، قزوین و تهران نسبت به تعیین طول دوره بدون یخبندان با استفاده از تاریخ‌های آغاز و خاتمه یخبندان فرارفتی و تابشی اقدام

نموده است. علیجانی و همکاران (۲۰:۱۳۸۹) تداوم روزهای یخبندان ایران را به کمک مدل زنجیره مارکوف بررسی کردند و نشان دادند که رخداد یخبندان در ایران تصادفی نیست، بیشتر تداوم یخبندان‌های زودرس و دیررس مربوط به تداوم‌های دو روزه است.

میرموسوی (۱۶۷:۱۳۹۰) در یک مطالعه با استفاده از روش‌های توزیع نرمال، لوگ نرمال و توزیع احتمال تجمعی یکنواخت به تحلیل زمانی و مکانی احتمال وقوع شاخص‌های یخبندان زمان آغاز، زمان خاتمه، طول فصل رشد، طول فصل یخبندان و فراوانی وقوع یخبندان پرداخته است. مسعودیان (۱۲۹:۱۳۹۲) برای تحلیل همید و شناسایی روزهای همراه با یخبندان فراگیر و بادوام، دو معیار گستره و تداوم را در نظر گرفته است، نتایج وی نشان داد که ۵ الگوی فشار تراز دریا با آرایش‌های متفاوت منجر به رخداد یخبندان‌های فراگیر و بادوام ایران می‌شوند.

محمودی و همکاران (۳۰۳:۱۳۹۴) در پژوهشی به آشکارسازی روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر و نیمه‌فراگیر ایران پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران در ماه‌های دسامبر، ژانویه، فصل زمستان و سالانه دارای روند کاهشی معنادار از لحاظ آماری بوده است.

جهانبخش و همکاران (۸۳:۱۳۹۵) به بررسی دوره‌های بازگشت یخبندان و توزیع زمانی آن در ایستگاه سینوپتیک مراغه با استفاده از روش‌های توزیع گامبل، لگ لجستیک سه پارامتری و لگ لجستیک پرداختند. نتایج حاصل از محاسبه دوره‌های بازگشت یخبندان-های پاییزه و بهاره نشان داد که اولین یخبندان پاییزه در منطقه از ۱۰ آبان ماه شروع می‌شود و آخرین یخبندان بهاره ۱۷ فروردین ماه به پایان می‌رسد.

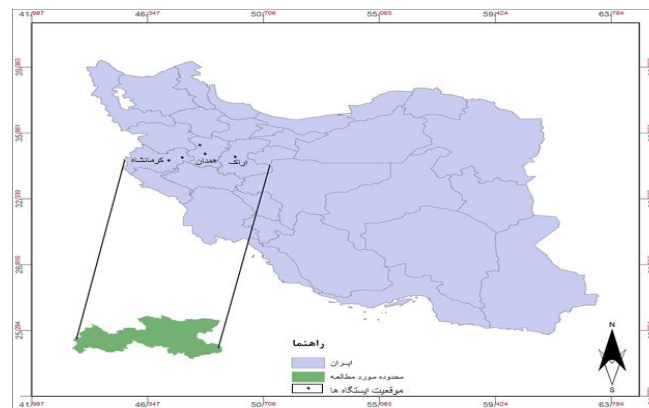
علیجانی و تقی‌لو (۱۶۸:۲۰۱۰) نیز به تحلیل همید روزهای یخبندان استان زنجان پرداختند و بسیاری دیگر از محققان کارهایی از این قبیل انجام دادند. این تحقیق سعی دارد آغاز و خاتمه وقوع یخبندان منطقه مورد مطالعه را با استفاده از مدل ریز مقیاس کردن داده-های گردش عمومی جو پیش‌بینی و تغییرات آن را بررسی کند. به دلیل اهمیت و کاربرد

فراوان پیش بینی پدیده یخبندان در برنامه ریزی‌های عمرانی و اقتصادی منطقه سعی شد تغییرات و آغاز و پایان یخبندان مناطق میانی غرب ایران در یک دوره بیست ساله با استفاده از داده‌های گردش عمومی جو پیش بینی و تغییرات آن را بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه:

منطقه مورد مطالعه، بخشهایی از مناطق میانی غرب کشور که شامل محدوده‌های جغرافیایی استان‌های اراک، کرمانشاه و همدان است می‌باشد که در حد فاصل عرض جغرافیایی شمالی 33° تا 35° و 47° تا 49° طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. در این مطالعه از آمار ۵ ایستگاه مختلف هواشناسی منطقه (اراک، همدان، فرودگاه، کنگاور، کرمانشاه و همدان نوژه)، استفاده گردید. در جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های مذکور آورده شده و در شکل ۱ نیز موقعیت آنها نشان داده شده است. در این مطالعه داده‌های مورد نیاز از نرم افزار لارس استخراج شده است و داده‌های استخراج شده به دو دهه $(2016-2025)$ و $(2026-2035)$ تقسیم شده و در انتها به مقایسه‌ی این دو دهه پرداخته شده است.



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد بررسی

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه

نام ایستگاه	ارتفاع (متر)	طول جغرافیائی	عرض جغرافیائی
اراک	۱۷۰۲	۴۹،۴۸	۳۴،۱
کرمانشاه	۱۳۱۸	۴۷،۱۵	۳۴،۳۵
همدان نوژه	۱۶۷۹	۴۸،۴۳	۳۵،۱۵
همدان فرودگاه	۱۷۴۱	۳۴،۵۲	۴۸،۳۲
کنگاور	۱۴۶۸	۳۴،۳۰	۴۷،۵۹

ب- داده‌ها و روش شناسی تحقیق: به منظور آشکارسازی تغییرات آغاز و خاتمه یخبندان در منطقه ای مورد مطالعه، از داده‌های واقعی و بازسازی شده ایستگاه‌های مورد بررسی (۲۰۱۰-۱۹۸۰) و داده‌های پیش بینی شده در مدل گردش عمومی جو طی دوره بیست ساله ۲۰۱۶ الی ۲۰۳۵ استفاده گردید. بدین منظور، با استفاده از مدل لارس داده‌های منطقه ریز مقیاس شده است و داده‌های اولیه و خام به صورت روزانه استخراج و سپس شماره روز بر اساس تقویم میلادی تاریخ اولین یخبندان و آخرین یخبندان برای بیست سال آینده پیش بینی شد. یعنی روز اول ژانویه به عنوان اولین روز و آخرین روز دسامبر روز ۳۶۵ است، سپس این دوره به صورت دو دهه و یک دوره بیست ساله تقسیم و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. براساس دمای صفر درجه و کمتر از آن تاریخ وقوع اولین و آخرین روز یخبندان برای هر سال استخراج شد. به منظور تحلیل دقیق‌تر، مولفه‌هایی از قبیل روند و تغییرپذیری آن از داده‌ها استخراج گردید. مقدار روند از روش‌های متعددی بدست می‌آید (مشکانی، ۱۳۶۴:۲۰۰). در این مطالعه میزان روند از طریق تابع رگرسیون خطی (با فرض خطی بودن روند) و روش حداقل مربعات بدست آمد که در سطح اطمینان مورد نظر معنادار بوده است.

$$\hat{y}_i = a + bx_i \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن a عرض از مبدأ و b شیب خط حاصل از معادله است. عرض از مبدأ، بیان‌گر نقطه‌ی آغاز ارتباط دو متغیر است درحالی‌که شیب خط، مقدار کجی و انحناء بهترین خط برازش یافته و به عبارتی تانژانت زاویه خط وایازی و محور افقی (X) است.

- **طبقه بندی خوشه‌ای:** منطقه مورد مطالعه که در مناطقی از غرب ایران واقع شده از نظر ویژگی‌های ارتفاعی و توپوگرافی و همچنین وضعیت اقلیمی و شاخص‌های فصل یخبندان وضعیت متفاوتی دارد. لذا به منظور دستیابی به شباهت مکانی منطقه از نظر مقادیر روند و تغییرات آن خوشه‌بندی به روش ادغام "وارد"^۵ انجام شد. با استفاده از روش وارد مجموع مربعات خطا از رابطه (۲) به دست می‌آید.

رابطه (۲)

$$E.S.S = \sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 - \frac{1}{n_j} \left[\sum_{i=1}^{n_j} X_{ij} \right]^2 \right]$$

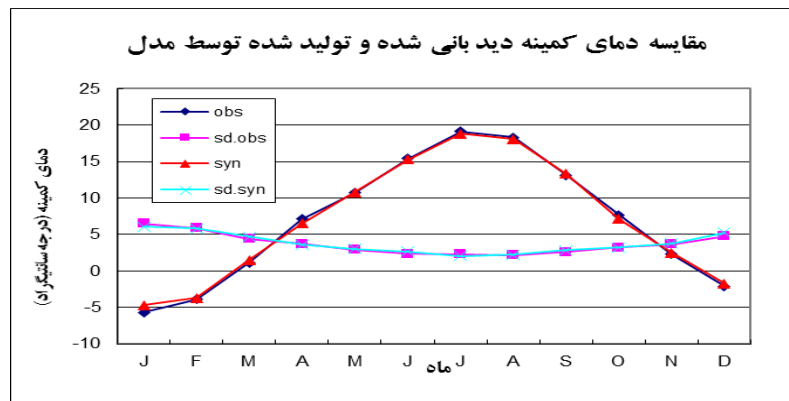
در این رابطه X_{ij} امتیاز فرد i در دسته j بوده و تعداد کل دسته‌ها در هر مرحله n_j تعداد افراد در هر دسته j است. این مجموع مربعات خطا را نمایه مجموع مربعات یا واریانس نیز می‌گویند (فرشاد فر، ۱۳۸۰: ۵۶۴).

در این تحقیق از داده‌های سناریوی A_1 مدل گردش عمومی جو که هم‌اکنون در دانشگاه هامبورگ آلمان و مرکز تحقیقات هواشناسی کره جنوبی اجراء می‌شود، برای ارزیابی تغییرات اقلیمی منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش ریز مقیاس نمایی، استفاده شده است. در این روش از داده‌های مدل گردش عمومی جو (دمای کمینه) استخراج شده و برای هر شبکه مدل گردش عمومی جو یک سناریوی خاصمدل لارس تدوین می‌شود (باباییان و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۵۲). در مدل لارس مدلسازی حداقل دما با استفاده از سری فوریه انجام می‌شود (سمنوف و بارو، ۱۹۹۴: ۳۹۷).



عملکرد مدل لارس در مدل سازی متغیرهای هواشناسی مناسب است و می توان از آن جهت بازسازی داده های ایستگاه ها در دوره گذشته و یا تطویل این داده ها به دوره آینده بهره جست. همچنین می توان از آن در جهت ارزیابی اقلیم آینده در مقیاس محلی استفاده نمود. (مشکواتی، کردجزی و باباییان، ۱۳۸۹: ۸۱).

برای تولید داده توسط مدل لارس ابتدا باید مشخصات هر ایستگاه شامل نام، موقعیت مکانی و ارتفاع از سطح دریا و همچنین فایل داده های هواشناسی روزانه در دوره مشاهداتی به عنوان ورودی به مدل داده شود، سپس توسط مدل لارس این داده ها تحلیل گردد که حاصل آن یک فایل متنی خلاصه شده شامل خصوصیات آماری داده های مشاهداتی بصورت میانگین های ماهانه و فصلی برای کل دوره تحت بررسی می باشد، سپس مدل با توجه به روند موجود در سری زمانی داده های مشاهداتی اقدام به باز تولید داده های ایستگاه ها در همین دوره کرده و در نهایت با استفاده از آزمونهای آماری و رسم نمودار، میانگین های ماهانه داده های شبیه سازی شده با داده های مشاهداتی مقایسه شده است تا توانایی مدل در شبیه سازی داده های هواشناسی در این ایستگاه ها مورد ارزیابی قرار گیرد. توانایی مدل از طریق مقایسه داده های دیدبانی شده و تولید شده توسط مدل به دو روش ۱- نقشه ها و نمودارها ۲- مقایسه آماری انجام می گیرد داده های دیدبانی و مدل سازی شده برای پارامتر مورد نظر و خصوصیات آماری آنها شامل میانگین ماهانه، انحراف معیار، خطاهای نسبی مقادیر متوسط، خطاهای نسبی انحراف معیار و میزان همبستگی و دیگر آزمون ها (Fisher – t-test و خی دو) برای ارزیابی خروجی های مدل LARS-WG مقایسه شدند. به عنوان نمونه در ایستگاه اراک نتایج حاصل از مقادیر مدل سازی شده و همچنین داده های دیدبانی نشان می دهند که نتایج مدل برای دمای کمینه، در تطابق کامل با هم هستند (شکل ۲).



شکل ۲: مقایسه مقادیر مدل شده و دیدبانی برای پارامتر دمای کمینه، در ایستگاه سینوپتیک اراک

پس از ارزیابی توانمندی مدل در هر ایستگاه، جهت تولید داده برای دوره‌های آینده لازم است فایل سناریوی تغییر اقلیم، با توجه به خروجی مدل‌های گردش عمومی جو برای محل مورد مطالعه تدوین و برای مدل تعریف گردد (سمنوف و بارو، ۲۰۰۲: ۲۰).

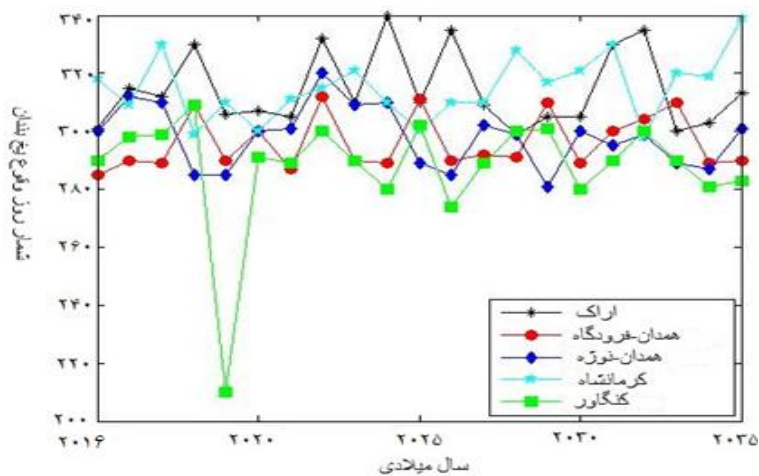
برای تدوین این سناریو داده‌های شبکه‌ای مدل گردش عمومی جو در دوره ۲۰۳۵-۲۰۱۶ (دوره ارزیابی) با دوره آماری (۲۰۱۰-۱۹۸۰) مقایسه شده است. در این مطالعه وضعیت اقلیمی ایستگاه‌های مورد بررسی مدلسازی شده و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بدین منظور یک سناریوی حالت پایه برای دوره آماری (۲۰۱۰-۱۹۸۰) تهیه شده و مدل لارس بر اساس سناریوی مذکور اجراء شد. جهت بررسی تغییرات فصل یخبندان از حداقل دمای مدلسازی شده استفاده گردیده است. در این تحقیق به منظور تحلیل خوشه‌ای از داده‌های میان‌یابی شده متغیرهای نظیر روند در تاریخ وقوع آغاز و پایان یخبندان، در ۲۰ سال آینده، بر اساس خروجی مدل لارس و داده‌های گردش عمومی جو استفاده شده است.

یافته‌ها و بحث

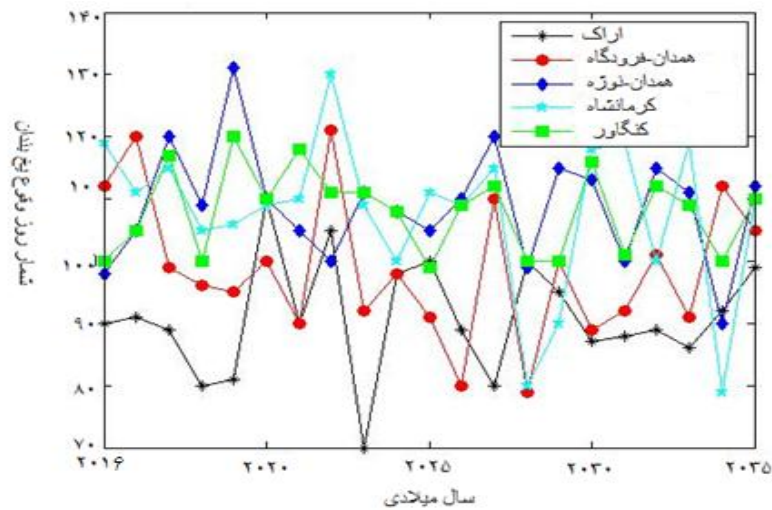
به منظور بررسی و مطالعه تغییرات آغاز و پایان یخبندان در محدوده مورد مطالعه، تاریخ آغاز و تاریخ پایان یخبندان ایستگاه‌های مورد مطالعه برای بیست سال آینده بر اساس داده-

های مدل گردش عمومی جو و خروجی مدل لارس، استخراج شد و روند تغییرات آن مشخص گردید. بدین منظور، داده‌های اولیه حداقل دما که به صورت روزانه ثبت شده‌اند استخراج و بر اساس تقویم میلادی تاریخ آغاز و پایان یخبندان (دمای صفر و زیر صفر) برای هر سال به دست آمد.

در دوره پیش بینی شده بیست ساله بر اساس شکل ۳ آغاز یخبندان در استان کرمانشاه با تأخیر همراه بوده است، در دو استان دیگر تاریخ وقوع آغاز یخبندان در یک دوره ۲۰ ساله رفتاری نسبتاً ثابت داشته است، اما در شکل ۴ طولانی ترین یخبندان در استان همدان مشاهده شده و در اراک پایان زود هنگام قابل مشاهده است. (شکل ۳ و ۴) پیش بینی زمان آغاز و پایان وقوع یخبندان طی دوره آماری ۲۰۳۵-۲۰۱۶ را برای استان‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۳: پیش بینی زمان آغاز وقوع یخبندان طی دوره آماری ۲۰۳۵-۲۰۱۶



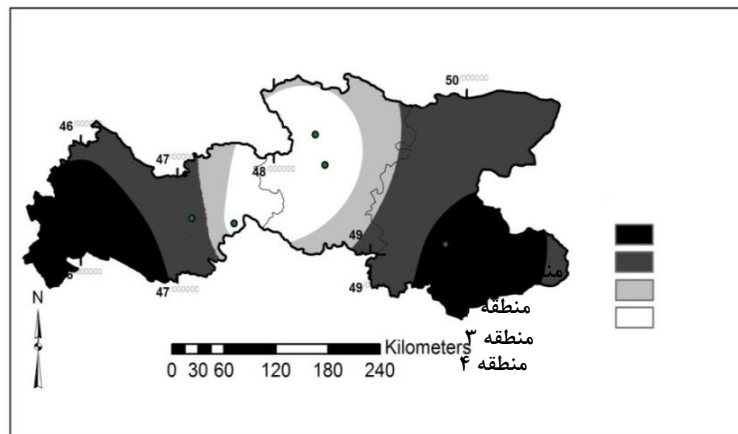
شکل ۴: پیش بینی زمان پایان وقوع یخبندان طی دوره آماری ۲۰۱۶-۲۰۳۵

آغاز یخبندان در دهه اول (۲۰۱۶-۲۰۲۵) و دوم (۲۰۲۶-۲۰۳۵): مقادیر تاریخ آغاز یخبندان در دو دهه آینده در استان همدان نشان دهنده این است که فصل یخبندان از اوایل پاییز به واسطه پاییز کشیده می‌شود و در استان مرکزی به اواخر پاییز و در استان کرمانشاه بدون تغییری باشد.

پایان یخبندان در دهه اول (۲۰۱۶-۲۰۲۵) و دوم (۲۰۲۶-۲۰۳۵): مقادیر تاریخ پایان یخبندان در دو دهه آینده در استان همدان نشان دهنده این است که فصل یخبندان به اواسط بهار کشیده شده است، یعنی یخبندان بهاره در استان همدان دوره طولانی تری را نسبت به استان‌های هم جوار خواهد داشت و در استان مرکزی به اوایل بهار گرایش دارد و در استان کرمانشاه بدون تغییری ماند.

طبقه بندی تغییرات فصل یخبندان در ۲۰ سال آینده: طبقه بندی خوشه ای بر اساس داده‌های میانبایی شده‌ی خروجی مدل لارس در ۲۰ سال آینده انجام شد. براساس نتایج حاصله، چهار منطقه از نظر تغییرات فصل یخبندان در سطح منطقه شناسایی شد که

ویژگی‌های آن به شرح زیر می‌باشد: **منطقه ۱**: این منطقه که شرقی‌ترین و غربی‌ترین مناطق مورد مطالعه را شامل می‌شود طول دوره یخبندان در آینده به شدت روند کاهشی خواهد داشت و بیشترین کاهش فصل یخبندان در این ناحیه دیده می‌شود تاریخ وقوع آغاز یخبندان این منطقه از اواسط پاییز به اواخر این فصل منتقل شده است. مقدار روند جابجایی تاریخ آخرین یخبندان به سمت زمستان است. در نتیجه باعث فشرده تر شدن فصل یخبندان شده است. **منطقه ۲**: این منطقه در جوار منطقه یک واقع شده شیب روند کاهشی در آخرین یخبندان بهاره نسبت به منطقه یک ملایم‌تر اما از دو منطقه دیگر تندتر است. **منطقه ۳**: این منطقه شامل حاشیه شرقی استان همدان و مناطق مرکزی استان کرمانشاه است این منطقه کمترین مساحت را بین مناطق خوشه بندی شده دارد. فشردگی فصل یخبندان در این ناحیه کمتر از دو ناحیه قبل است. **منطقه ۴**: این منطقه شامل قسمت‌های وسیع استان همدان و مناطقی از غرب کرمانشاه است، طول یخبندان از سه منطقه دیگر بیشتر است. به طور کلی این منطقه دارای اقلیم سردتر از سایر نواحی مورد مطالعه است، اما طول دوره یخبندان در آینده در این ناحیه نیز کاهش خواهد یافت که این اتفاق پدیده تغییر اقلیم و گرم شدن هوا در آینده را تایید خواهد نمود. (شکل ۵)



شکل ۵: منطقه بندی تغییرات فصل یخبندان در منطقه مورد مطالعه در بیست سال آینده

نتیجه گیری

منطقه مورد مطالعه در منطقه‌ی میانی غرب کشور واقع شده است و به علت ارتفاع بالا از سطح دریا به عنوان یکی از مناطق سردسیری کشور محسوب می‌شود، پدیده یخبندان از پدیده‌های معمول فصل سرما در این منطقه است. این منطقه به دلیل موقعیت ویژه جغرافیایی، کیفیت مناسب آب و هوا، خاک مناسب دارای قابلیت‌های تولیدی فراوان در زمینه محصولات کشاورزی بوده و به گونه‌ای که می‌تواند علاوه بر تامین نیازهای ناحیه بخشی از نیازهای سایر مناطق را در زمینه محصولات کشاورزی بر طرف نماید. یافته‌های این تحقیق به شرح زیر می‌تواند در برنامه ریزی‌های کشاورزی سودمند باشد. بر اساس یافته‌های تحقیق در بیست سال آینده تاریخ آغاز یخبندان در استان کرمانشاه بیانگر تغییرات کمتری است، در استان همدان یخبندان زودتر آغاز می‌شود (زمان آغاز یخبندان زودتر از مناطق دیگر است و فصل یخبندان زودتر رخ می‌دهد) تاریخ وقوع آغاز یخبندان، در استان مرکزی با تأخیر همراه بوده و طول دوره یخبندان کوتاه تر شده است. بر اساس داده‌های استخراج شده از مدل گردش عمومی جو تاریخ خاتمه یخبندان در استان کرمانشاه تغییرات کمتری خواهد داشت، در استان همدان با توجه به خاتمه دیر هنگام یخبندان دوره آن طولانی است. همچنین، در استان مرکزی خاتمه یخبندان به اوایل فصل بهار کشیده شده است و طول دوره یخبندان کوتاه تر خواهد بود. به طور کلی می‌توان گفت دوره یخبندان در همدان طولانی تر از نواحی دیگر است، در استان مرکزی فصل یخبندان کوتاه تر می‌شود و در کرمانشاه از ثبات بیشتری برخوردار خواهد بود. بر اساس تیپ بندی منطقه از نظر تغییرات فصل یخبندان در آینده چهار ناحیه متمایز شد که در مناطقی مختلف تغییرات فصل یخبندان به سوی کوتاه‌تر شدن فصل یخبندان در ۲۰ سال آینده است، فصل پاییز و بهار گرم‌تر شده و یخبندان به تمرکز بیشتر در فصل زمستان گرایش دارد. نتایج این تحقیق می‌تواند در مدیریت و برنامه‌ریزی‌های کشاورزی و آمایش سرزمین منطقه بکار برده شود.

منابع

- بابائیان، ایمان، نجفی نیک، زهرا، زابل عباسی، فاطمه، حبیبی نوخندان، مجید، ادب، حامد، ملبوسی، شراره، (۱۳۸۸)، ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره ۲۰۳۹ - ۲۰۱۰ با استفاده از ریز مقیاس نمای داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO-G *جغرافیا و توسعه* شماره ۱۶ زمستان ۱۳۸۸ ص ۱۳۵-۱۵۲
- توکلی، محسن، حسینی، مهرداد (۱۳۸۵)، ارزیابی شاخص‌های یخبندان و شروع پاییز آن در ایران (مطالعه موردی ایستگاه اکیاتان همدان) *مجله نیوار*، شماره ۶۱ و ۶۰ بهار و تابستان ۱۳۸۵، ص ۳۵-۲۸
- جهانبخش، سعید، امام قلیزاده، معصومه (۱۳۸۴)، بررسی و پیش بینی یخبندان برای منطقه اورمیه، خلاصه مقالات کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین، دانشگاه تبریز، ص ۶۹
- جهانبخش اصل، سعید، راشدی، شهناز، اصلاحی، مهدی، (۱۳۹۵)، تجزیه و تحلیل دوره‌های بازگشت یخبندان و توزیع زمانی آن در مراغه، *مجله جغرافیا و برنامه ریزی*، دوره ۲۰، شماره ۵۸ - شماره پیاپی ۲، صفحه ۱۰۰-۸۳
- حجازی زاده، زهرا، مقیمی، شوکت، (۱۳۸۱)، *میکروکلیماتولوژی مقدماتی*. جلد اول، انتشارات پیام نور، تهران، ص ۶۱
- حجازی، زاده زهرا، ناصرزاده، محمدحسین، (۱۳۸۶)، تجزیه و تحلیل یخبندان در استان لرستان، *نشریه علوم جغرافیایی*، ج ۶ شماره ۸ و ۹، ص ۴۲-۳۲
- خلیلی، علی. (۱۳۸۶)، طرح ملی پهنه بندی هواشناسی کشاورزی ایران جهت بیمه در برابر خطرات خشکسالی یخبندان و باران‌های سیل آسا، ص ۱۰۲-۸۲
- سلمانی پور، مرضیه، (۱۳۸۶)، *مطالعات نوسانات یخبندان و کاربرد نتایج آن در بازدهی محصولات باغی اهر*، دانشگاه آزاد اسلامی اهر، پایان نامه کارشناسی ارشد گروه جغرافیا، ص ۱۸-۱۲
- علیجانی، بهلول، محمودی، پیمان، خسروی پرویز، (۱۳۸۹)، بررسی تداوم روزهای یخبندان در ایران، با استفاده از مدل زنجیره مارکوف، *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی*، شماره ۷۳، ص ۲۰

- علیزاده، امین، موسوی، محمد، کمالی، غلامعلی (۱۳۷۳)، تاریخ وقوع اولین یخبندان‌های پاییزه و آخرین یخبندان‌های بهاره در خراسان، *نیوار*، شماره ۲۴، ص ۴۸-۵۶
- فرشاد فر، عزت الله، (۱۳۸۰)، *اصول روش‌های آماری چند متغیره*، انتشارات دانشگاه رازی و طالق بستان، چاپ دوم
- کمالی، غلامعلی، (۱۳۸۱)، سرماهای زیان بخش به کشاورزی ایران در قالب معیارهای احتمالاتی، مطالعه موردی، تهران، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، شماره ۶۴-۶۳، ص ۱۶۵-۱۴۹
- مجرد قره باغ، فیروز (۱۳۷۶)، *تحلیل و پیش بینی یخبندان در آذربایجان*، رساله دکتری دانشگاه تربیت مدرس، ص ۲۹
- محمودی، پیمان، خسروی، محمود، مسعودیان، سیدابوالفضل، علیجانی، بهلول، (۱۳۹۴)، بررسی روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر و نیمه فراگیر ایران، *مجله جغرافیا و برنامه ریزی*، دوره ۱۹، شماره ۵۴، صفحه ۳۲۷-۳۰۳
- مسعودیان، سید ابوالفضل، دارند، محمد (۱۳۹۲)، تحلیل هم‌دید یخبندان‌های فراگیر و با دوام ایران، *مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی* سال ۲۴، پیاپی ۵۰، شماره ۲، ص ۱۲۹
- مشکاتی، محمد رضا، (۱۳۶۴)، *آمار مقدماتی*، مرکز نشر دانشگاهی تهران، ص ۴۹
- مشکواتی، امیرحسین، کردجزی، محمد، بابائیان، ایمان، (۱۳۸۹)، بررسی و ارزیابی مدل لارس در شبیه سازی داده‌های هواشناسی استان گلستان در دوره ۲۰۰۷-۱۹۹۳، *میلادی نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، جلد ۱۶، شماره ۱۹، زمستان ۱۳۸۹، ص ۹۶-۸۱
- میرموسوی، سیدحسین، حسین بابایی، مصطفی (۱۳۹۰)، مطالعه توزیع زمانی - مکانی احتمال وقوع یخبندان در استان زنجان، *مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، شماره پیاپی ۴۳، شماره ۳، ص ۱۸۴-۱۶۷
- نوحی، کیوان، صحرائیان، فاطمه، پدرام، مؤده، صداقت کردار، عبدالله، (۱۳۸۷)، تعیین طول دوره بدون یخبندان با استفاده از تاریخ‌های آغاز و خاتمه یخبندان فرارفتی و تابشی در نواحی زنجان، قزوین و تهران، *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، سال دوازدهم، شماره ۴۶۰، ص ۴۶-۴۴۹

- Alijani, B and Tagiloo, M (2010), Synoptic analysis of frost days in Zanzan province of Iran, MS Annual Meeting Abstracts, Vol, 7, EMS2010-167.
- Madelin, M., and G.Beltrando, 2005, Spatial Interpolation – Based Mapping of the Spring Frost Hazard in the Champagne Vineyards, *Meteorological Applications*, Volume 12, pp. 51-56.
- Moonen, A. C., Ercoli, L., Mariotti, M., Masoni, A., 2002. Climate change in Italy indicated by agrometeorological indices over 122 years. *Agric. For. Meteorol.* 111, 13–27.
- Müller, GV & Berri ,GJ (2007), Atmospheric Circulation Associated with Persistent Generalized Frosts in Central outhern South America, *Mon. Wea. Rev.*, 135, 4, 1268-1289.
- Semenov, M.A., and Barrow, E.M., (1997) Use of a stochastic Weather Generator in the development of Climate Change Scenarios. *Climatic Change* 35, 397-414.
- Semenov, M.A., and Barrow, E.M., (2002) lars a stochastic weather generator for use in climate impact studies. User's manual, Version 3.0.1-30
- Suckling, P. W. (1988), Fluctuations of last spring-freeze dates in the Southeastern United States, *Physical Geography*, 7. 239-245.
- Tait, A., and X. Zheng, 2003, Mapping Frost Occurrence Using Satellite Data, *Journal of Applied Meteorology*, Volume 42, Issue 2, pp. 193-203.20
- Vega, A. J; Robbins, K.D; & Grymes, J, M. (1994), Frost/Freeze Analysis in the Southern Climate Region. Southern Regional Climate Center, pp. 403- 423
- Watkins, S. C. (1991), The annual period of freezing temperatures in Central England 1850-1959, *Inter. J. Climatology*, 11(8).889-896.
- Waylon, p.r. (1988), Statistical Analysis of Freezing Temperatures in Central and Southern Florida, *J. Climatology*, 8(6). 607 -628.