

تجزیه و تحلیل دوره‌های بازگشت یخبندان و توزیع زمانی آن در مراغه

سعید جهانبخش اصل^۱

شهناز راشدی^۲

مهدی اصلاحی^۳

چکیده

یخبندان یکی از پدیده‌های آب و هوایی است که تقریباً همه ساله در مناطقی از استان آذربایجان شرقی از جمله شهر مراغه اتفاق افتاده و باعث بروز خسارات فراوانی در بخش‌های اقتصادی از جمله کشاورزی، فعالیت‌های صنعتی، حمل و نقل و خطرات جاده‌ای می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی و تجزیه و تحلیل دوره‌های بازگشت یخبندان و توزیع زمانی آن در ایستگاه سینوپتیک مراغه در طی دوره آماری ۴۸ ساله (۱۳۹۱-۱۳۴۳) براساس داده‌های حداقل دمای روزانه انجام گرفته است. در این مطالعه با استفاده از روش‌های توزیع گامبل، لگ لجستیک سه پارامتری و لگ لجستیک به تجزیه و تحلیل احتمال رخداد شاخص‌های یخبندان (تاریخ آغاز، تاریخ خاتمه، طول فصل یخبندان و طول فصل رشد) پرداخته شده است. نتایج حاصل از محاسبه دوره‌های بازگشت یخبندان‌های پاییزه و بهاره نشان می‌دهند که اولین یخبندان پاییزه در منطقه از ۱۰ آبان ماه شروع می‌شود و آخرین یخبندان بهاره ۱۷ فروردین ماه به پایان می‌رسد. همچنین تحلیل روند یخبندان‌های آغاز و خاتمه نشان می‌دهند که یخبندان‌های پاییزه روند صعودی دارند یعنی تاریخ یخبندان‌های پاییزه به سمت جلو کشیده شده‌اند، و یخبندان‌های بهاره روندی نزولی نشان می‌دهند یعنی تاریخ یخبندان‌های بهاره به سمت عقب کشیده شده است بنابراین طول فصل سرما با توجه به گرمایش جهانی کوتاه‌تر شده است.

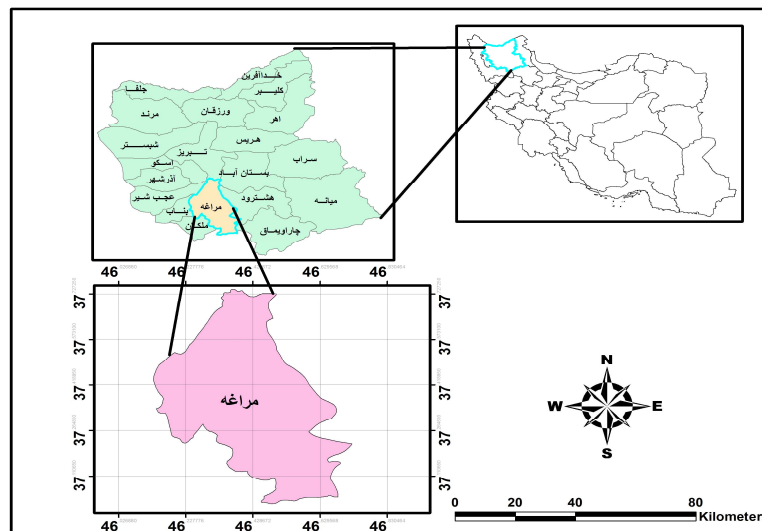
واژگان کلیدی: یخبندان، توزیع گامبل، لگ لجستیک، تحلیل روند، شاخص‌های یخبندان، مراغه.

مقدمه

آب و هوا یکی از عوامل اصلی محیطی است که تمامی مظاهر حیات را تحت کنترل خود دارد. از میان عناصر آب و هوایی، دو عنصر دما و بارش دارای نقش تعیین‌کننده‌تری هستند. یکی از اشکال تغییرات دما، نوسان‌های ناپهنگام آن به‌ویژه افت دما تا نقطه انجماد است که به آن یخبندان گفته می‌شود (امیدوار و ابراهیمی، ۱۳۸۸: ۱۱۴).

پدیده یخبندان یکی از پدیده‌های آب و هوایی است که جزو بلایای طبیعی محسوب می‌شود و معمولاً با خسارات‌های فراوان مالی و حتی جانی همراه است. سرمازدگی و یخبندان در مراحل مختلف رویشی برای محصولات کشاورزی و باغی نیز مهم است چرا که در صورت حادث شدن، منجر به محدودیت تولید می‌شود (هژبرپور و علیجانی، ۱۳۸۶: ۸۹). بنابراین توجه به پدیده یخبندان به‌ویژه در مسائل کشاورزی امری ضروری است. همه ساله بروز ناپهنگام یخبندان‌های دیررس بهاره و زودرس پاییزه در شهرستان مراغه با تأثیرگذاری بر بخش‌های مختلف اقتصادی منطقه، مشکلات زیادی را به‌همراه می‌آورد. در این شهرستان بخش کشاورزی یکی از بخش‌های آسیب‌پذیر در برابر خسارت‌های سرما و یخبندان‌های بهاره و پاییزه محسوب می‌شود.

شهر مراغه در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۴۷۷/۷ متر از سطح آب‌های آزاد با وسعت ۲۵۹۷ کیلومتر مربع (۴/۸ درصد مساحت استان) در ۱۳۰ کیلومتری تبریز واقع شده است. میانگین سالانه دمای هوای مراغه ۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه آن ۳۲۲/۴ میلی‌متر می‌باشد (اداره کل هواشناسی استان آذربایجان شرقی). در شکل (۱) موقعیت شهر مراغه در نقشه ایران و استان آذربایجان شرقی نشان داده شده است.



شکل (۱) موقعیت شهر مراغه در استان آذربایجان شرقی

پیشینه موضوع

پژوهشگران متعددی در مناطق مختلف جهان و ایران سعی نموده‌اند که پدیده یخبندان را ریشه‌یابی نموده و از نظر آماری و هم‌مدیدی احتمال وقوع آن را پیش‌بینی نمایند. به همین جهت اکثر این پژوهش‌ها با دو رویکرد آماری و هم‌مدیدی به انجام رسیده‌اند. از پژوهش‌های مذکور می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

لوسیو^۴ و همکاران (۲۰۱۰: ۱۷۱)، تغییرات رخداد دماهای فرین مناطق قاره‌ای پرتغال را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که فراوانی رخداد دماهای فرین قابل ملاحظه است. آن‌ها علت این امر را تغییرپذیری طبیعی سیستم‌های آب‌وهوای و فعالیت‌های انسان می‌دانند که به افزایش گازهای گلخانه‌ای و تمرکز آن در جو منجر می‌شود. ماتیلد^۵ (۲۰۱۱)، به بررسی تغییرات در تنوع وقوع رویدادهای دماهای حدی در جنوب آمریکا پرداخته است.

4- Lucio

5- Matild

پارک^۶ و همکاران (۲۰۱۳)، برای شناسایی خصوصیات و ویژگی‌های سینوپتیکی و دینامیکی امواج سرمای جنوب شرق آسیا در ۳۰۰ هکتوپاسکال و با استفاده از داده‌های درجه حرارت روزانه، سرماهای شدید ماه‌های نوامبر تا مارس را برای دو دوره ۱۹۵۴-۱۹۵۵ و ۲۰۰۶-۲۰۰۵ مورد بررسی قرار دادند در همین راستا نامبردگان، ۳۳۲ مورد امواج سرمای شدید را برای فصل زمستان شناسایی کردند و با استفاده از روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی امواج را خوشه‌بندی کردند. هاوریز^۷ (۲۰۱۳)، به‌منظور مطالعه عامل سینوپتیکی که باعث ایجاد درجه حرارت حداقل مطلق در طی سال‌های ۲۰۰۷-۱۹۶۱ در ۵ ایستگاه کریودور پراهوا پرداخته است. نامبرده احتمال وقوع دماهای پایین را با دوره‌های بازگشت ۱، ۲، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ ساله محاسبه کرد. نتایج حاصل از بررسی نقشه‌ها نشان داد که عامل اصلی کاهش دما و ایجاد امواج سرمای شدید نفوذ توده هوای سرد عرض‌های فوقانی به منطقه بوده که جریان هوا با حرکات واچرخندی خود باعث نفوذ سرمای شدید به منطقه شده است. در ایران نیز پژوهش‌های زیادی بر روی یخبندان صورت گرفته است. برای نمونه به پژوهش‌های خورشیددوست و سلمان‌پور (۱۳۸۷: ۹۹-۸۵)، طاوسی و درخشی (۱۳۸۹: ۹۶-۹۱)، خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۹۱: ۶۶-۵۹)، اشاره کرد. در این پژوهش همواره ترجیح داده شده است تا دوره‌های بازگشت یخبندان و توزیع زمانی آن در ایستگاه مراغه مطالعه شود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش به‌منظور تجزیه و تحلیل دوره‌های بازگشت یخبندان‌ها و توزیع زمانی آن‌ها، از شاخص‌های آغاز و خاتمه، طول فصل رشد و طول فصل یخبندان بر مبنای تاریخ ژولیوسی استفاده شده است. برای این منظور آمار حداقل دمای روزانه ایستگاه مراغه طی دوره ۴۸ ساله (۱۳۹۱-۱۳۴۳) مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه براساس آستانه مورد نظر (صفر و کمتر از آن) تاریخ وقوع اولین و آخرین روز یخبندان برای هر سال از آمار حداقل دمای روزانه استخراج شد. فاصله بین اولین و آخرین رخداد دمای حداقل آستانه به

6- Park

7- Havris

عنوان فصل یخبندان در نظر گرفته شد و فاصله بین آخرین و اولین رخداد دمای آستانه مورد نظر به عنوان طول دوره فصل رشد در نظر گرفته شد. در این پژوهش به منظور برازش اولیه و تشخیص توزیع‌های مناسب آماری برای هر کدام از شاخص‌های مورد نظر از دو روش برای آزمون برازش توزیع احتمال کمک گرفته شد. روش اول روش کای اسکوئر (χ^2) است که یک روش پارامتری بوده و روش دوم استفاده از آزمون ناپارامتری کولموگروف-اسمیرنوف می‌باشد.

آزمون کای اسکوئر (χ^2) براساس توزیع فراوانی داده‌ها پایه‌ریزی شده است. آماره این آزمون توان دوم اختلاف بین فراوانی مشاهده شده و فراوانی مورد انتظار براساس توزیع مورد آزمون است. آماره این آزمون عبارت است از:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \left(\frac{O_i - E_i}{E_i} \right)^2 \quad (1)$$

در رابطه فوق O_i فراوانی مشاهده شده و E_i فراوانی مورد انتظار براساس توزیع مورد آزمون است. این آماره دارای توزیع کای اسکوئر با $k-1$ درجه آزادی است $(\chi^2 \approx \chi^2_{(k-1)})$.

کولموگروف ریاضیدان روسی در ۱۹۳۳ آزمون نیکویی برازش را به وسیله آماره ناپارامتری D_n برای اولین بار پیشنهاد کرد. که به صورت زیر است:

$$D_n = \sup_{x \in R} |F_n(x) - F(x)| \quad (2)$$

در رابطه فوق $F_n(x)$ توزیع تجربی مشاهدات است و $F(x)$ تابع توزیع مورد آزمون است.

در اینجا فرضیات آزمون به صورت زیر است:

$$\begin{cases} H_0: F(x) = F_0(x) \\ F_1: F(x) \neq F_0(x) \end{cases}$$

(۳) در گام اول هرگاه آماره $D_n = \sup_{x \in R} |F_n(x) - F_0(x)|$ خیلی بزرگ باشد فرض H_0

را رد می‌کنیم. در مرحله بعد به منظور محاسبه دوره‌های بازگشت هر کدام از شاخص‌های مورد مطالعه با توجه به توزیع‌های مناسب آماری اقدام به تعیین و تحلیل احتمال وقوع آن‌ها شده است. در نهایت به منظور تحلیل روند افزایشی و کاهش‌ی شاخص‌های یخبندان، نمودار روند برای هر کدام از شاخص‌ها جداگانه ترسیم شده و پس از تعیین خط روند، تحلیل‌های مربوط به روند آورده شده است. پس از آن به منظور تأیید تحلیل روند گرافیکی شاخص‌ها، از ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن، که یک آزمون ناپارامتری است استفاده شد. این نوع ضریب همبستگی به صورت زیر به دست می‌آید:

۱-رتبه داده‌ها یعنی R_{y_i} به دست می‌آید به طوری که بزرگ‌ترین مشاهده y_i دارای $R_{y_i} = 1$ و کوچک‌ترین آن دارای رتبه n است. اگر مقدار چند مشاهده مساوی باشند، میانگین رتبه این چند مشاهده به عنوان رتبه مشاهدات در نظر گرفته می‌شود.

۲- مقدار اختلاف $d_i = R_{y_i} - i$ را به دست می‌آید.

در نهایت ضریب همبستگی روند r_y به صورت زیر به دست می‌آید:

$$r_y = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (۴)$$

در رابطه فوق عبارت $\sum_{i=1}^n d_i^2$ به معنای مجموع داده‌های d_i^2 است.

برای تجزیه و تحلیل‌های آماری نیز از نرم‌افزارهای Excel، Spss و Easyfit استفاده شده است.

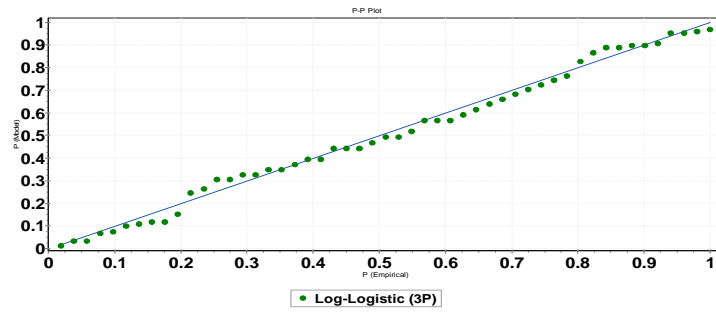
یافته‌ها و بحث

پس از تعیین شاخص‌های آغاز، خاتمه، طول فصل رشد و طول فصل یخبندان، با استفاده از آمار حداقل دمای روزانه به منظور برآزش اولیه توزیع‌های شاخص‌های مورد نظر از دو آزمون کای اسکوئر و آزمون کولموگروف و اسمیرنوف استفاده گردید. براساس نتایج حاصل از این آزمون‌ها بهترین توزیع برای آغاز یخبندان گامبل و برای خاتمه یخبندان و طول فصل رشد لگ لجستیک سه پارامتری و برای طول فصل یخبندان لگ لجستیک تشخیص داده شد. نتایج حاصل از برآزش اولیه هر کدام از شاخص‌ها به همراه مقادیر P-Value در جداول (۱) ارائه شده است.

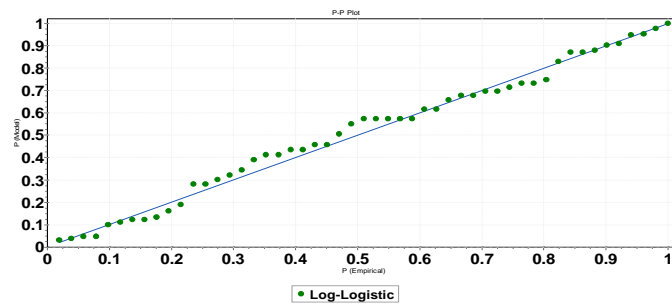
جدول (۱) آزمون‌های تشخیص برای انتخاب بهترین توزیع احتمالاتی

کلوموگروف - اسمیرنوف			کای اسکوئر			آزمون
لگ لجستیک ۳ پارامتری	لگ لجستیک	گامبل	لگ لجستیک ۳ پارامتری	لگ لجستیک	گامبل	توزیع
۰/۷۶۵۹۸	۰/۰۱۸۰۴	۰/۷۱۸۷۶	۰/۵۶۰۲۸	۱/۱۷۳۳۵	۰/۸۴۳۷۴	آغاز یخبندان
۰/۹۸۲۴۹	۰/۹۵۵۸۷	۰/۰۹۹۶۳	۰/۹۴۸۶۹	۰/۸۸۱۴۹	۰/۱۱۱۴	خاتمه یخبندان
۰/۹۵۹۹۵	۰/۵۲۱۳۸	۰/۵۴۹۲۵	۰/۸۹۶۹۱	۰/۵۲۷۴۲	۰/۶۷۴۹۴	طول فصل رشد
۰/۹۲۶۷۲	۰/۸۴۶۹۹	۰/۰۶۳۰۵	۰/۷۳۸۳	۰/۸۹۸۳۹	۰/۳۰۹۵۵	طول فصل یخبندان

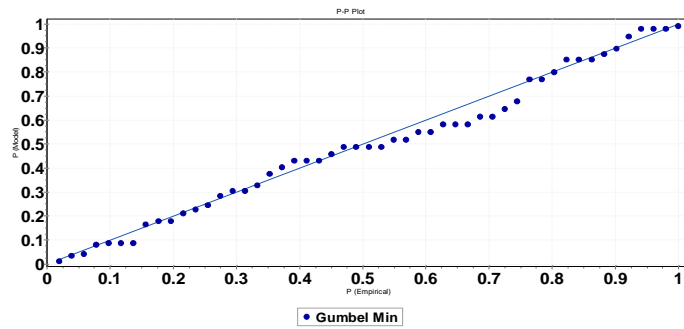
با توجه به توزیع مناسب انتخاب شده برای هر کدام از شاخص‌ها نمودار pp-plot به منظور تأیید پراکندگی داده‌ها در اطراف خط نیمساز آورده شده است. نتایج حاصل از ترسیم نمودار نشان داد که توزیع و پراکندگی داده‌ها در اطراف خط نیمساز به توزیع انتخاب شده نزدیک می‌باشد (شکل ۲).



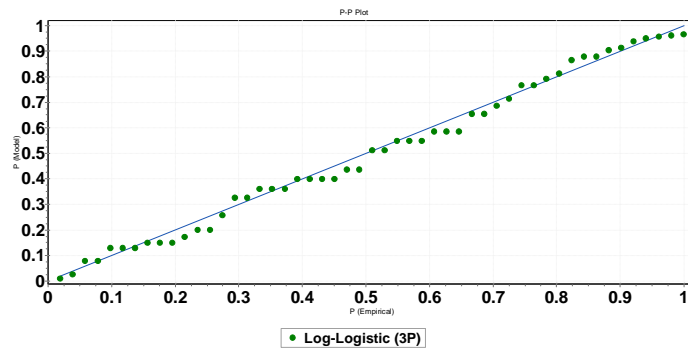
(الف)



(ب)



(پ)



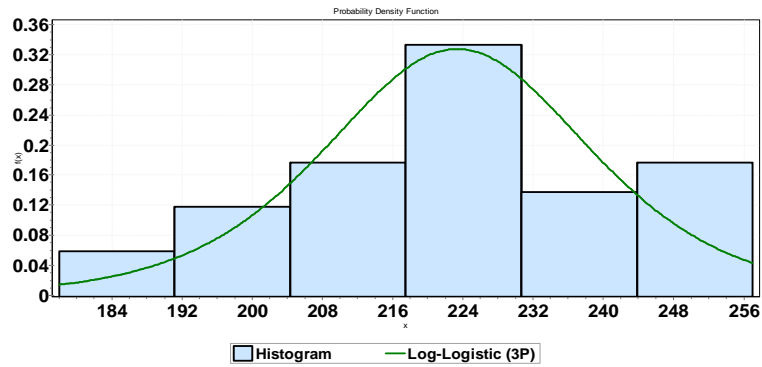
(د)

شکل (۲) نمودار PP-PLOT پراکندگی داده‌های شاخص‌های یخبندان الف (پراکندگی داده‌های طول فصل رشد)، ب (پراکندگی داده‌های طول فصل یخبندان)، پ (پراکندگی داده‌های آغاز یخبندان)، د (پراکندگی داده‌های خاتمه یخبندان)

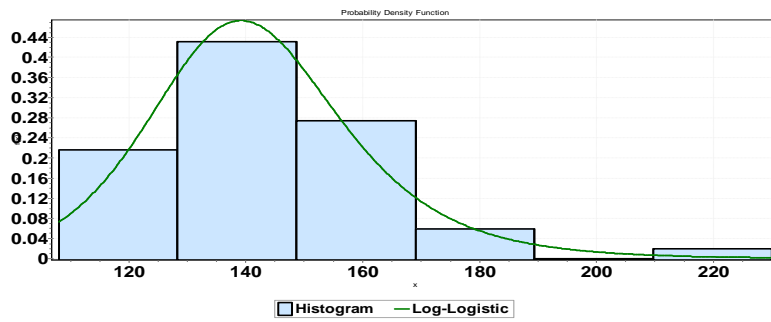
بر اساس نتایج حاصل از آزمون شاخص‌های مورد مطالعه، به‌منظور محاسبه دوره‌های بازگشت یخبندان‌ها، ابتدا نمودار توزیع فراوانی و مطابق با آن، منحنی تابع توزیع مناسب برای هر کدام از شاخص‌های یخبندان به‌طور جداگانه محاسبه و ارائه شده است (شکل ۳).

محاسبه دوره بازگشت طول فصل رشد

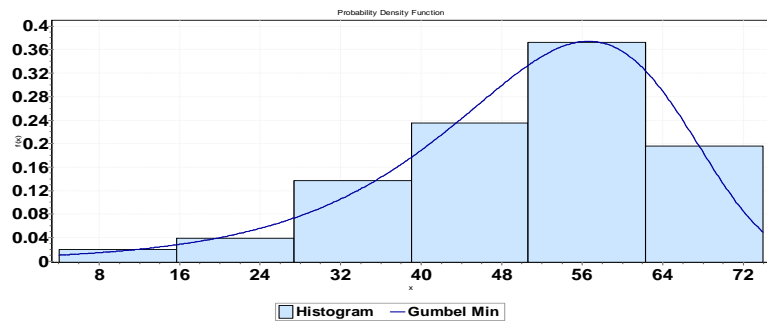
با توجه به نتایج حاصل از محاسبه دوره بازگشت فصل رشد (جدول ۲) طول فصل رشد ۲۱۸ تا ۲۳۰ روز با دوره بازگشت ۳ سال است. با توجه به افزایش روزهای فصل رشد، طول‌های فصل رشد را می‌توان از ۲۰۵ تا ۲۱۷ روز و ۲۳۱ تا ۲۴۴ روز با دوره بازگشت ۵ سال که بیشترین مقادیر احتمال را به‌خود اختصاص داده‌اند را در نظر گرفت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که برآورد طول فصل رشد از ۲۰۵ تا ۲۴۴ روز در سال است.



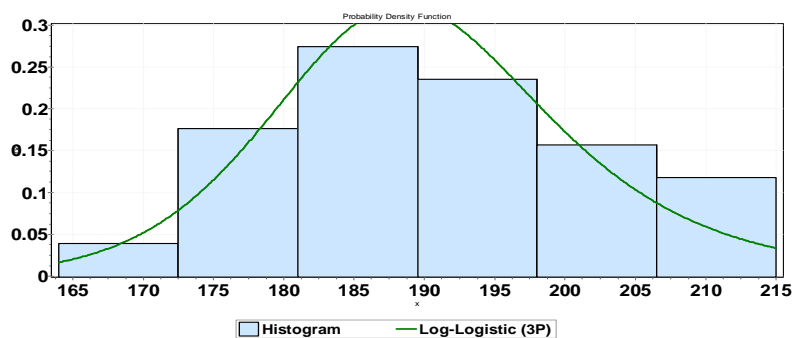
(الف)



(ب)



(پ)



(د)

شکل (۳) نمودار فراوانی توزیع احتمالاتی برای شاخص‌های یخبندان، الف (نمودار فراوانی طول فصل رشد)، ب (نمودار فراوانی طول فصل یخبندان)، پ (نمودار فراوانی آغاز یخبندان)، د (نمودار فراوانی خاتمه یخبندان)

جدول (۲) تعیین احتمال و دوره‌های بازگشت برای طول فصل رشد طبق توزیع لگ لجستیک سه پارامتری

بازگشت (سال)	احتمال (%)	طول فصل رشد (روز)
۱۷۸-۱۹۱	۳	۳۶
۲۰۵-۲۱۷	۲۰	۵
۲۱۸-۲۳۰	۲۹	۳
۲۳۱-۲۴۴	۲۰	۵
۲۴۵-۲۵۷	۷	۱۴

محاسبه دوره بازگشت طول فصل یخبندان

نتایج حاصل از محاسبه دوره بازگشت فصل یخبندان نشان داد که با احتمال ۴۱٪ طول فصل یخبندان هر ۲ سال یکبار با فاصله بین ۱۳۰ تا ۱۴۹ روز در سال بیشتر از دوره‌های دیگر سال می‌باشد. نتایج نشان می‌دهند که طول فصل یخبندان کاهش پیدا کرده است (جدول ۳).

جدول (۳) تعیین احتمال و دوره‌های بازگشت برای طول فصل یخبندان طبق توزیع لگ لجستیک

طول فصل یخبندان (روز)	احتمال (%)	بازگشت (سال)
۵	۲۱	۱۰۹ - ۱۲۹
۲	۴۱	۱۳۰ - ۱۴۹
۴	۲۲	۱۵۰ - ۱۶۹
۱۷	۶	۱۷۰ - ۱۸۹
۷۱	۱	۱۹۰ - ۲۰۹
۲۵۰	۰/۴	۲۱۰ - ۲۳۰

آغاز فصل یخبندان (پاییزه)

نتایج حاصل از محاسبه احتمال دوره بازگشت آغاز فصل یخبندان (پاییزه) براساس توزیع گامبل نشان داد که با احتمال ۳۲٪ و دوره بازگشت ۳ ساله یخبندان پاییزه از ۲۱ آبان ماه تا اول آذر ماه و با احتمال ۲۲٪ و دوره بازگشت ۴ ساله یخبندان پاییزه از ۱۰ آبان تا ۲۰ آبان ماه زودتر از دیگر روزهای سال رخ می‌دهد (جدول ۴). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تاریخ‌های ۱۰ آبان تا اول آذر ماه آغاز فصل یخبندان پاییزه است. بدین معنی که کشاورزان شهرستان مراغه نباید از تاریخ ۱۰ آبان ماه تا ۱ آذر ماه محصولی را در مزرعه باقی بگذارند زیرا باعث خسارات به محصول می‌شود.

جدول (۴) تعیین احتمال دوره‌های بازگشت برای آغاز یخبندان طبق توزیع گامبل

بازگشت (سال)	احتمال (%)	تاریخ ژولیبوسی	تاریخ شمسی
۱۰۰	۲	۴ - ۱۵	۴ الی ۱۵ مهر
۲۲	۴	۱۶ - ۲۷	۱۶ الی ۲۷ مهر
۹	۱۱	۲۸ - ۳۹	۲۸ مهر الی ۹ آبان
۴	۲۲	۴۰ - ۵۰	۱۰ آبان الی ۲۰ آبان
۳	۳۲	۵۱ - ۶۱	۲۱ آبان الی ۱ آذر
۵	۱۹	۶۲ - ۷۴	۲ آذر الی ۱۴ آذر

خاتمه یخبندان (بهاره)

طبق محاسبات حاصل از جدول ۵ روز خاتمه یخبندان بهاره با دوره بازگشت ۴ ساله از ۳ الی ۱۷ فروردین ماه زودتر از بقیه روزهای سال اتفاق خواهد افتاد و از این تاریخ به بعد می‌توان محصولاتی را که به یخبندان حساسیت زیادی را ندارند اقدام به کاشت نمود.

جدول (۵) تعیین احتمال و دوره‌های بازگشت برای خاتمه یخبندان طبق توزیع لگ لجستیک

بازگشت (سال)	احتمال (%)	تاریخ ژولبوسی	تاریخ شمسی
۲۵	۴	۱۶۴ - ۱۷۲	۱۴ اسفند الی ۲۲ اسفند
۷	۱۴	۱۷۳ - ۱۸۱	۲۳ اسفند الی ۲ فروردین
۴	۲۳	۱۸۲ - ۱۸۹	۳ فروردین الی ۱۰ فروردین
۴	۲۲	۱۹۰ - ۱۹۷	۱۱ فروردین الی ۱۷ فروردین
۷	۱۴	۱۹۸ - ۲۰۶	۱۸ فروردین الی ۲۶ فروردین
۲۰	۵	۲۰۷ - ۲۱۵	۲۷ فروردین الی ۴ اردیبهشت

تحلیل آزمون روند شاخص‌های یخبندان

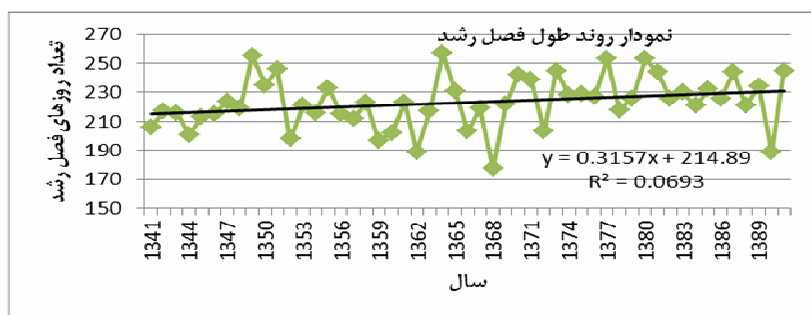
نتایج حاصل از تحلیل روند نشان می‌دهد که روند داده‌های فصل رشد صعودی است به طوری که از سال ۱۳۷۳ به بعد طول فصل رشد افزایش معنی‌داری داشته است. دلیل این امر را می‌توان به نوسان‌های آب و هوایی نسبت داد. روند داده‌های طول فصل یخبندان روند نزولی است که برعکس روند فصل رشد می‌باشد. فصل آغاز یخبندان (پاییزه) داده‌ها دارای روند صعودی می‌باشند. به عبارت دیگر تاریخ آغاز یخبندان‌های پاییزه به سمت روزهای ژولبوسی بالا کشیده شده است. فصل خاتمه یخبندان (بهاره) روند نزولی را نشان می‌دهد به عبارت دیگر تاریخ خاتمه یخبندان بهاره به سمت روزهای ژولبوسی پایین در حال عقب‌نشینی است به عبارت ساده‌تر دوره سرد سال با توجه به مسئله گرمایش جهانی کوتاه‌تر شده است. (شکل ۴).

برای تحلیل دقیق نتایج، آزمون همبستگی روند اسپیرمن برای چهار شاخص یخبندان انجام شده که نتایج آن در جدول (۶) ارائه شده است. طبق این جدول طول فصل رشد

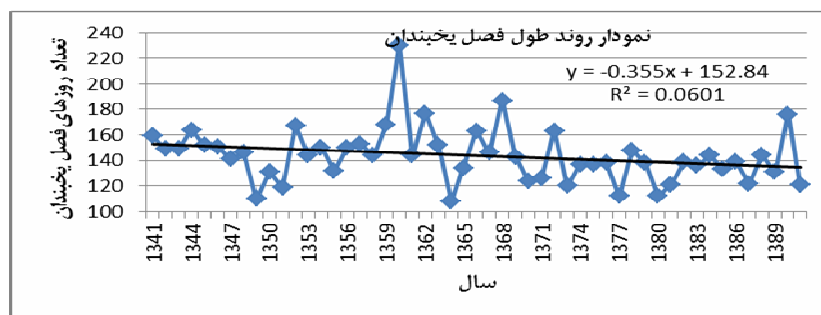
دارای همبستگی معنی‌دار مثبت است ($r=0/355$) زیرا مقدار P-Value کم‌تر از $0/05$ می‌باشد به طوری که نمودار داده‌های روند طول فصل رشد نیز این نتیجه را تایید می‌کند. طول فصل یخبندان نیز دارای همبستگی معنی‌دار منفی است ($r=0/357$) زیرا مقدار P-Value کم‌تر از $0/05$ می‌باشد که نشان دهنده نزولی بودن روند داده‌ها است.

نتایج آزمون همبستگی برای تاریخ آغاز یخبندان نشان می‌دهد که روند صعودی تاریخ ژولیوسی با همبستگی مثبت $0/22$ تا حدودی معنی‌دار می‌باشد زیرا مقدار P-value کم‌تر از $0/15$ است.

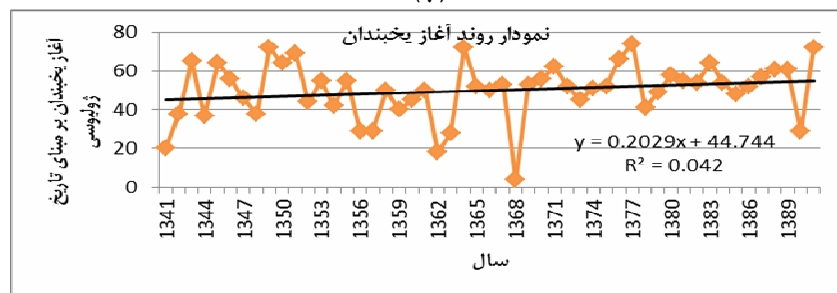
نتایج آزمون همبستگی برای داده‌های پایان یخبندان بهاره نشان می‌دهد که همبستگی این داده‌ها نسبت به زمان معنی‌دار نیست زیرا مقدار P-Value بیش از $0/05$ است. این موضوع نشان دهنده ثابت بودن روند داده‌های خاتمه یخبندان است به عبارت دیگر روند این داده‌ها یک روند تصادفی است.



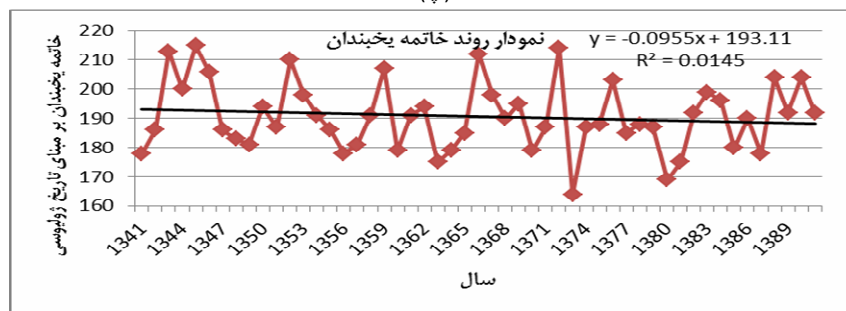
(الف)



(ب)



(پ)



(د)

شکل (۴) الف (نمودار روند طول فصل رشد)، ب (نمودار روند طول فصل یخبندان)، پ (نمودار روند آغاز یخبندان)، د (نمودار روند خاتمه یخبندان)

جدول (۶) نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن بین طول دوره آماری و چهار شاخص یخبندان

طول فصل یخبندان	طول فصل یخبندان	آغاز یخبندان	خاتمه یخبندان	
۰/۳۵۵	-۰/۳۵۷	۰/۲۲	-۰/۰۴۸	ضریب همبستگی اسپیرمن
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۱۲۱	۰/۷۳۹	P-value

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان می‌دهند که:

۱: براساس نتایج حاصل از آزمون‌های کای اسکوئر و کولموگروف - اسمیرنوف، بهترین توزیع روز آغاز یخبندان (یخبندان زودرس پاییزه) توزیع گامبل و برای فصل رشد و روز خاتمه یخبندان (یخبندان دیررس بهاره) توزیع لگ لجستیک ۳ پارامتری، و برای طول فصل یخبندان توزیع لگ لجستیک مناسب تشخیص داده شدند.

۲: دوره بازگشت برآورد شده برای تاریخ آغاز یخبندان پاییزه از تاریخ ۱۰ آبان ماه تا اوّل آذر ماه، ۴ ساله است یعنی هر ۴ سال یکبار اولین یخبندان در این تاریخ‌ها رخ می‌دهد.

۳: برآورد دوره بازگشت برای پایان یخبندان بهاره از تاریخ ۳ فروردین تا ۱۷ فروردین ماه، ۳ ساله است یعنی هر ۳ سال یکبار آخرین یخبندان بهاره در این تاریخ‌ها رخ می‌دهد.

۴: تحلیل آزمون روند برای آغاز یخبندان پاییزه نشان داد که، یخبندان‌های پاییزه روندی صعودی دارند و تاریخ آغاز به سمت جلو کشیده شده است یعنی طول فصل سرما کاهش یافته است. روند خاتمه یخبندان‌های بهاره روندی تقریباً نزولی دارد بنابراین یخبندان‌های بهاره به سمت پایین عقب‌نشینی می‌کنند.

هم‌چنین نتایج پژوهش حاضر با پژوهشی که درختی و طاوسی در ایستگاه زاهدان انجام داده بودند مقایسه شد. نتایج حاصل از هر دو پژوهش نشان داد که طول فصل یخبندان با توجه به گرمایش جهانی رو به کاهش است.

منابع

- امیدوار، کمال و عاطفه ابراهیمی (۱۳۸۸)، «پهنه‌بندی شدت یخبندان در یزد»، *نشریه انجمن جغرافیای ایران*، سال هفتم، شماره ۲۰ و ۲۱.
- خورشیددوست، علی‌محمد و رقیه سلمان‌پور (۱۳۸۷)، «تحلیل نوسانات و آستانه‌های یخبندان‌های پاییزه و بهاره شهرستان اهر»، *مجله فضای جغرافیایی*، شماره ۲۱، صص ۸۵-۹۹.
- خوش اخلاق، فرامرز؛ حنفی، علی و محسن سلطانی (۱۳۹۱)، «واکاوی ویژگی‌های یخبندان در ایستگاه همدیدی شهر سقز»، *نشریه جغرافیا و مطالعات محیطی*، شماره ۱، صص ۶۶-۵۹.
- داده‌های آب و هواشناسی استان آذربایجان شرقی، سایت اداره کل هواشناسی استان آذربایجان شرقی (www.eaz.ir).
- طاوسی، تقی و جعفر درخشی (۱۳۸۹)، «تحلیل آماری احتمال وقوع و دوره‌های برگشت یخبندان‌های زودرس و دیررس زاهدان در دوره آماری (۱۳۸۶-۱۳۶۰)»، *مجله فضای جغرافیایی*، سال دهم، شماره ۳۰، تابستان ۱۳۸۹، صص ۱۰۴-۸۹.
- هژبرپور، قاسم و بهلول علیجانی (۱۳۸۶)، «تحلیل همدید یخبندان‌های استان اردبیل»، *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۰، صص ۱۰۶-۸۹.
- Esterling, D.R. 2002), "**Recent changes in frost days and the frost in the united stated**", BULL. Amer. Meteor. Ses, 83.1327 – 1332.
- Havris, Loredana-Elena., (2013), "Synoptic Conditions that triggered Absalute Minimum Temperatures in the Prahova corridor between 1961-2007, Air and Water components of the Environment **Romanian Academy, Institute of Geography**, Bucharest, Romania, PP. 237-244.
- Hernandez. A.R. and Martinez, L.R. (2009), "The risk of early and late frost behavior in central Mexico under EI Nino conditions", *Atmosfera*, 22(1): 111-123.

- Lucio, PS, Silva, AM, and Serrano, AL, (2010), “Changes in occurrences of temperature extremes in continental Portugal, a stochastic approach”, *Meteorological Application*, DOI: 10.1002/met. 171.
- Matilde, Rusticucci, (2011), “Observed and Simulated Variability of extreme temperature events over south America”, *Journal of Atmospheric Research*, 106, PP. 1-17.
- Michalska, B. (1986), “Suggested terms of corn sowing in the main yield Poland dependent on soil temperature and frosts”, *Agrotechnizna* (Poland) , Vol. 106, PP. 97-102.
- Park, Tae-Won., Chang, HoiHo, Yi, Deng (2013), “A synoptic and dynamical characterization of wave – Train and blocking Cold Surge over East Asia”, *Journal of Climate Dynamics*, DOI 10. PP. 753-770.
- Rosenberg, N.J. and Myers, R.E. (1962), The nature of growing season frost in Nebraska, *Monthly Weather Review*, PP. 471-478.
- Vestal, C.K. (1971), “First and Last occurrences of low temperatures during the cold season”, *Monthly Weather Review*, Vol. 99, No. 8.