

تحلیل احتمالی یخبندان دیررس و رابطه آن با شاخص‌های دمائی

مطالعه موردی: ایستگاه‌های همدید خراسان رضوی

نفسه سیدنژاد گل خطمی^{1*} - حجت رضائی پزند²

تاریخ دریافت: 1392/05/16

تاریخ پذیرش: 1394/07/04

چکیده

پدیده یخبندان دیررس رخدادی فرین و زیانبخش جوی بوده که در شاخه‌های مختلف مهندسی مانند کشاورزی، باغبانی و غیره بررسی می‌شود. تحلیل احتمالی این رخداد و به‌کارگیری نتایج آن می‌تواند آسیب‌های وارده به بخش کشاورزی، باغبانی و غیره را کاهش دهد. موضوع این تحقیق تحلیل آخرین روز یخبندان کلیه ایستگاه‌های همدید خراسان رضوی است. هشت توزیع احتمالی نرمال، گامیل نوع 1، گامای 2 پارامتری، لوگ‌نرمال 2 و 3 پارامتری، پارتوی تعمیم‌یافته، حدی تعمیم‌یافته و پیرسون نوع 3 بر داده‌ها برازش و پارامترها با هفت روش (5 روش گشتاوری، حداکثر درست‌نمایی و آنتروپی) برآورد شد. بهترین تابع برازشی برای هر ایستگاه با آزمون K-S انتخاب و آخرین روز یخبندان در دوره‌های بازگشت مختلف با توزیع برتر پیش‌بینی شد. بهترین تابع برازشی در ایستگاه‌ها متفاوت و عمدتاً شامل پارتوی تعمیم‌یافته، پیرسون نوع 3 و لوگ‌نرمال 3 پارامتری است. بیشترین کاربرد روش برآورد پارامترها مربوط به انواع گشتاورها است. بنابراین نمی‌توان یک تابع برازشی با یک روش خاص برآورد پارامترها را در بررسی این پدیده پیشنهاد داد. همچنین بررسی روابط رگرسیونی بین دوره‌های بازگشت مختلف آخرین روز یخبندان و شاخص‌های دمائی سالانه هر ایستگاه نشان داد که می‌توان آخرین روز یخبندان را براساس متوسط دمای کمینه هر ایستگاه با دقت مناسب برآورد کرد.

واژه‌های کلیدی: توزیع احتمالی، خراسان رضوی، رخداد فرین، شاخص‌های دمائی

مقدمه

نظم حاکم بر وقوع آن و شرایط طبیعی منطقه انجام می‌پذیرد. پیش-بینی آماری یخبندان بر مبنای این نظریه استوار است که وقوع دمائی خاص و در یک محل، از روند و تکرار معنی‌داری برخوردار بوده و از قانونمندی خاصی تبعیت می‌کند. تحلیل داده‌ها با این قانون می‌تواند رفتارهای احتمالی آن را از قبل پیش‌بینی کند (7). تحلیل یخبندان دیررس یا زودرس مورد توجه پژوهشگران داخل و خارج بوده است که چند نمونه آن در ادامه ارائه می‌شود.

علیزاده و همکاران (به نقل از علیچانی و همکاران، 2) تاریخ‌های اولین وقوع یخبندان پاییزه و آخرین وقوع یخبندان بهاره را در سه آستانه حرارتی بر دمای حداقل روزانه 15 ایستگاه هواشناسی استان خراسان تحلیل آماری کردند. نتایج ایشان نشان داد که وقوع یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره از قانون گامای دوپارامتری (GA2) تبعیت می‌کند. میان‌آبادی و همکاران (11) طول و تعداد یخبندان‌های زود هنگام پاییزه و دیر هنگام بهاره و زمستانه را با توزیع نرمال و پواسن تحلیل و با GIS پهنه‌بندی کردند. آن‌ها رابطه بین یخبندان‌های زود هنگام با ارتفاع، طول و عرض جغرافیائی را نیز به کمک الگوهای رگرسیونی به دست آوردند. طول دوره آماری کلیه ایستگاه‌های انتخابی آنها 13 سال و مبنای تحلیل و نتیجه‌گیری

یخبندان‌های دیررس یکی از پدیده‌های زیان‌بار طبیعی بوده که معمولاً با خسارات فراوان مالی همراه است. پدیده یخبندان زودرس یا دیررس می‌تواند اثر مخربی بر کشاورزی، باغداری، زیست محیطی و غیره بگذارد (3، 6، 8، 12 و 13). یخبندان به شرایطی گفته می‌شود که در آن دمای سطح زمین و اشیائی که در پیوند با زمین هستند به زیر صفر درجه سانتی‌گراد برسد (9). سرما و یخبندان در هواشناسی کشاورزی به رویدادی اطلاق می‌شود که در آن فعالیت‌های زیستی گیاه در اثر سرما خسارت ببیند. اگر دما 4 یا 5 درجه کمتر از تحمل گیاه شود، فعالیت‌های حیاتی سلول‌های گیاه مختل و منجر به خسارات می‌شود (8 و 9). بنابراین تحلیل یخبندان‌های دیررس یا زودرس می‌تواند برای حیات گیاه مهم باشد.

پیش‌بینی هواشناسی رخداد یخبندان (دیررس یا زودرس) براساس

1- دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

2- مربی گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

* - نویسنده مسئول: (Email: N.seyyednejad@yahoo.com)

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

منطقه مورد مطالعه استان خراسان رضوی (شمال شرقی ایران) با وسعت ۱۲۸،۴۲۰ کیلومترمربع و محدود به طول جغرافیایی $55^{\circ} 77'$ تا $61^{\circ} 15'$ و عرض جغرافیایی $30^{\circ} 24'$ تا $38^{\circ} 17'$ است. تعداد کل ایستگاه‌های همدید استان 10 عدد بوده که مشخصات آن‌ها در جدول (1) ارائه شده است. این ایستگاه‌ها زیر نظر سازمان هواشناسی خراسان رضوی اداره می‌شود (www.razavimet.gov.ir). اول مهر شروع سال فرض شده است تا بتواند انطباق بهتری با بخش کشاورزی و باغی داشته باشد.

تحلیل فراوانی

تحلیل فراوانی، تخمین قانون احتمالی (تابع چگالی یا توزیع) حاکم بر نمونه مورد مطالعه و استفاده این قانون است (16 و 17). غربال داده‌ها، انجام آزمون‌های پایه (شامل استقلال، همگنی و...)، انتخاب و برازش توزیع‌های مناسب و انجام آزمون‌های نیکویی برازش در تحلیل فراوانی لازم است (17). نتایج پایانی تحلیل فراوانی باید از نظر رفتار فیزیکی پدیده‌های مورد نظر نیز همخوانی داشته باشد.

غربال داده‌ها

معمولاً نمونه در دسترس در آب و هواشناسی اطلاعاتی است که طی زمان مشخصی با نصب ایستگاه برداشت شده است. امکان دارد که این اطلاعات نادرستی‌هایی را در خود داشته باشد که باید رفع شوند. بنابراین ابتدا باید اطلاعات را غربال و داده‌های مشکوک، نادرست، نادقیق و مفقود را شناسایی و اصلاح کرد. اغلب این کار با رسم نمودارهای مختلف، مشاهدات چشمی، واریانس با قاعده سه زیگمای معمولی و استوار انجام می‌شود. قاعده سه زیگمای استوار بر اساس انحراف از میانه بنا شده است (16 و 17) مرحله بعد آزمون‌های پایه است که مشخص می‌کند آیا این اطلاعات غربال شده خصوصیات ریاضی لازم یک نمونه آماری را دارد یا خیر؟ اگر برخی از مشخصات را نداشته باشد نمونه اریب است و دقت برآوردها زیر سوال می‌رود (4).

آزمون‌های پایه

نمونه‌های مورد بحث در علم آمار و احتمال با یک طرح نمونه-گیری مانند تصادفی، سیستماتیک و غیره انتخاب می‌شوند. این نمونه خصوصیات ریاضی لازم را برای تعمیم به جامعه دارد.

مطالعات آن‌ها بر این فرض استوار است که طول دوره یخبندان از قانون نرمال پیروی می‌کند. حجم نمونه 13 سال نسبت به برازش توزیع‌ها بسیار حساس است. اگر قدرمطلق ضریب چولگی داده‌ها کمتر از 0/1 باشد، می‌توان توزیع نرمال را نیز به عنوان توزیع مناسب در نظر گرفت و با سایر توزیع‌های مناسب دیگر مقایسه کرد. این در حالی است که قدر مطلق ضریب چولگی داده‌های ایستگاه‌های فوق همگی بیش از 0/1 است. یعنی فرض پیروی از نرمال رد می‌شود. همچنین آسیب شناسی الگوهای رگرسیونی نیز در نظر گرفته نشده است. رحیمی و همکاران (14) اولین و آخرین روز یخبندان را در منطقه کوهستانی البرز تحلیل ریسک کردند. قوانین به کار رفته در این تحلیل نرمال، لوگ نرمال 2 و 3 پارامتری، گامبل نوع 1، گامای 2 و 3 پارامتری و لوگ پیرسون نوع 3 است. برآورد پارامترها با دو روش حداکثر درستمانی (MML) و گشتاوری معمولی (MOM) انجام و توزیع پیرسون نوع 3 بهترین تابع برازشی بود.

رید و تولی (به نقل از رزنبرگ و مایر، 18) اولین تحلیل آماری یخبندان‌ها را در سال 1916 انجام دادند. آن‌ها قانون نرمال را بر داده‌های یخبندان برازش و توصیه کردند. تام و شاو (19) قانون نرمال را در سال 1958 مناسب‌ترین قانون برای شروع و خاتمه یخبندان در نظر گرفتند. پژوهش آن‌ها مبنای تحقیقات متعددی شده است (1، 5، 11 و 13). امروزه برازش توزیع نرمال بر پدیده‌های مختلف آب و هواشناسی سوال برانگیز است (14، 15). ویلن (20) ویژگی‌های یخبندان، تاریخ‌های آغاز و خاتمه، سردترین دما و ریسک وقوع دوره-های سرد را در سال 1998 در فلوریدای مرکزی تحلیل احتمالی نموده و رخدادهای احتمالی آن را پیش‌بینی کردند. آن‌ها دو قانون نرمال و گامبل نوع 1 را به روش گشتاوری استفاده کردند.

تحقیقات نشان می‌دهد که اکثر مطالعات انجام شده در تحلیل آماری یخبندان‌های زودرس یا دیررس از قوانین محدود و اغلب با دو روش برآورد گشتاورهای معمولی و حداکثر درست نمائی انجام شده است. همچنین رابطه بین رخداد احتمالی این یخبندان‌ها با سایر شاخص‌های دمائی کمتر توجه شده و آزمون‌های پایه نیز که اساس قبول داده‌ها به عنوان قبول یک نمونه آماری بوده کمتر رعایت شده است. موضوع مقاله حاضر تحلیل آماری و پیش‌بینی احتمالی آخرین روز یخبندان در ایستگاه‌های همدید استان خراسان رضوی با برازش هفت توزیع احتمالی و با هفت روش برآورد است. آزمون‌های پایه برای قبول داده‌های ایستگاه به عنوان نمونه آماری انجام شده است. افزون بر این رابطه بین آخرین روز یخبندان در دوره‌های بازگشت مختلف با شاخص‌های دمائی سالانه (متوسط، میانگین کمینه، میانگین بیشینه) نیز بررسی و پس از آسیب شناسی الگوها، نتایج رضایت‌بخشی اخذ شده است.

جدول 1- مشخصات ایستگاه‌های همدید خراسان رضوی
Table 1- Khorasan Razavi synoptic stations characteristics

ایستگاه Station	طول دوره آماری Sample size (year)	ارتفاع Elevation (m)	طول جغرافیائی Longitude	عرض جغرافیائی Latitude
تربت جام (Torbat-e jam)	18	950	60° 35'	35° 15'
تربت حیدریه (Torbat-e Heydarieh)	22	1450	59° 13'	16° 35'
سبزوار (Sabzevar)	20	977	57° 43'	36° 12'
سرخس (Sarakhs)	22	235	61° 10'	36° 12'
قوچان (Ghochan)	22	2871	58° 30'	37° 4'
کاشمر (Kashmar)	22	1109	58° 12'	35° 12'
گلمکان (Golmakan)	22	1176	59° 17'	36° 29'
گناباد (Gonabad)	21	1056	58° 41'	34° 21'
مشهد (Mashhad)	49	999	59° 38'	36° 16'
نیشابور (Neyshabur)	20	2131	58° 48'	36° 16'

مناسب برای تحلیل آن عبارت‌اند از: گامبل نوع 1 (GU1)، گامای 2 پارامتری (GA2)، لوگ نرمال 2 و 3 پارامتری (LN2, LN3)، پارتوی تعمیم یافته (PA3)، پیرسون نوع 3 (PT3) و حدی تعمیم یافته (EV3) (9، 10، 16، 21). تابع چگالی این قوانین مطابق روابط (1) تا (7) است (15 و 17).

(1) توزیع لوگ نرمال 2 پارامتری

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y}\right]^2} \quad x > 0, \quad y = \ln x$$

(2) توزیع لوگ نرمال 3 پارامتری

$$f(x) = \frac{1}{(x-m)\sigma_y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln(x-m) - \mu_y}{\sigma_y}\right]^2} \quad x > m, \quad y = \ln(x-m)$$

(3) توزیع گامای 2 پارامتری

$$f(x) = \frac{|\alpha| e^{-\alpha x} (\alpha x)^{\lambda-1}}{\Gamma(\lambda)} \quad \lambda > 0$$

(4) توزیع پارتوی تعمیم یافته

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[1 - \frac{k}{\alpha} (x - \varepsilon) \right]_k^{-1}, \quad k = 0 \quad \& \quad \varepsilon \leq x \leq \varepsilon + \alpha/k$$

این خواص ما را مطمئن می‌کند که نمونه انتخابی استنباط درستی از جامعه ارائه می‌کند (17). نمونه انتخابی به‌طور خودکار دارای خواص استقلال، همگنی، نداشتن روند، داده پرت و غیره است. اما داده‌هایی که در آب و هواشناسی در اختیار قرار می‌گیرد، بدون یک طرح نمونه‌گیری انتخاب شده‌اند. به عبارت دیگر یک نمونه اجباری است. یعنی ما آن را با روش‌های نمونه‌گیری از جامعه انتخاب نکرده-ایم تا خواص لازم ریاضی را دارا باشد. بنابراین باید بررسی شود که آیا داده‌ها خواص فوق را دارند یا خیر؟ اگر این خواص را دارا باشد، آنگاه می‌توان آن را یک نمونه آماری مناسب تشخیص و استنباط جامعه را به سامان رساند. در غیر این صورت روش‌های معمول آماری کارائی لازم را ندارند. وجود این خواص با آزمون‌های آماری مناسب تائید یا رد می‌شود (15، 16، 17 و 21). آزمون‌های پایه معروف عبارت‌اند از: آزمون گردش (تشخیص تصادفی بودن)، آزمون من-ویتنی (تشخیص همگنی و نداشتن جهش)، آزمون والد-وولفویتز (تشخیص استقلال و ایستائی) و گروپز-بک و سه زیگمای استوار (تشخیص داده پرت) (17، 10).

قوانین احتمالی

آخرین روز یخبندان یک متغیر حدی است. لذا قوانین احتمالی

جدول 2- روش‌های برآورد توابع برازشی بر آخرین روز یخبندان

Table 2- Distributions and methods of fitting to the last frost days

تابع توزیع Distribution function	روش‌های برآورد پارامترها Estimation methods
GU1	ENT و PWM ,MML ,MOM
GA2	PWM , MML ,MOM
LN2	PWM ,MML ,MOM
LN3	PWM و MOM
GPA	ModM و MML ,PWM ,MOM
EV3	MM و PWM
PT3	ModMwrc , ModMBoB ,ModM , PWM ,MOM

توضیح: گشتاوری معمولی (MOM)، حداکثر درست‌نمایی (MML)، گشتاورهای وزن‌دار احتمالی (PWM)، گشتاورهای اصلاح‌شده (ModM)، گشتاورهای اصلاح‌شده بابتی (ModMBoB)، حداکثر آنتروپی (ENT) و گشتاورهای اصلاح‌شده WRC (ModMwrc).

Description: Ordinary Moment (MOM), Maximum Likelihood (ML), Probability Weighted Moments (PWM), Modified Moments (ModM), Modified Moments Bobby (ModMBoB), Maximum Entropy (ENT) and Improved Moments WRC (ModMwrc).

سالانه و آخرین روز یخبندان موضوع این مقاله است (جدول 1). اول مهر شروع سال (سال آبی) در نظر گرفته شد تا انطباق بهتری با کشاورزی و باغبانی داشته باشد. داده‌های سه ایستگاه (سرخس، کاشمر و گل‌مکان) برحسب تقویم میلادی و بقیه برحسب تقویم شمسی (شروع از فرودین) بود. ابتدا همزمانی و غربال (صحت و دقت) داده‌ها انجام شد.

سپس فاصله عددی آخرین روز یخبندان تا اول مهرماه برای ایستگاه‌ها محاسبه شد. آزمون‌های پایه شامل گردش (تصادفی بودن)، من-وینتی (همگنی و جهش)، والدولفویتز (استقلال و ایستایی)، گروپز-بکز (داده‌پرت) و سه زیگمای استوار (داده‌پرت) برای قبول داده‌های هر ایستگاه به عنوان یک نمونه آماری انجام شد. جدول (3) نتیجه نهائی آزمون‌های پایه را نشان می‌دهد. موارد زیر از این جدول نتیجه می‌شود.

داده‌های یخبندان مربوط به کلیه ایستگاه‌ها تصادفی بودند. گل‌مکان، کاشمر و تربت جام دارای یک داده پرت پائینی بودند که مشکلی در تحلیل داده‌ها ایجاد نمی‌کرد. زیرا ضریب چولگی آن‌ها منفی یا نزدیک به صفر بود (جدول 4).

داده‌های سبزوار و گل‌مکان استقلال و ایستایی ندارند. آماره آزمون این دو به ترتیب 2/033 و 2/048 است. این آزمون در سطح 10% استقلال و ایستایی را تأیید می‌کند که آن را قبول می‌کنیم.

داده‌های ایستگاه گناباد ناهمگن و دارای جهش بود، بنابراین تحلیل داده‌های این ایستگاه قابل قبول نیست (جدول 3). جدول 5 نیز نتایج تحلیل این ایستگاه را نشان می‌دهد که جواب‌ها نامعقول هستند.

(5) توزیع گامبل نوع 1

$$f(x) = f(x; m, \alpha) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\frac{x-m}{\alpha} - \exp\left(-\frac{x-m}{\alpha}\right)\right] \quad \alpha > 0$$

(6) توزیع پیرسون نوع 3

$$f(x) = \frac{|\alpha| e^{-\alpha(x-m)} (\alpha(x-m))^{\lambda-1}}{\Gamma(\lambda)} \quad \lambda > 0$$

(7) توزیع حدی تعمیم یافته

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} [1 - k(\frac{x-m}{\alpha})]^{\frac{1}{k}-1} \cdot \exp\{-[1 - k(\frac{x-m}{\alpha})]^{\frac{1}{k}}\}$$

برآورد پارامترها و نرم افزار

هر تابع برازشی تعدادی پارامتر مجهول دارد که از روی داده‌ها برآورد می‌شود. روش‌های متفاوتی برای برآورد وجود دارد. روش‌های به کاررفته در این مقاله شامل: انواع گشتاورهای - معمولی (MOM)، اصلاح شده (ModM)، وزن دار احتمالی (PWM)، باب‌پیراسته (ModMBoB) و ModMwrc، حداکثر درست‌نمایی (MML) و حداکثر آنتروپی (ENT) است. برآورد پارامترهای قوانین (1) تا (7) مطابق جدول (2) است (15، 16، 17، 21). نرم افزار مورد استفاده MATLAB.2009 با برنامه نویسی و به کارگیری بسته‌های نرم افزاری مربوط است.

نتایج و بحث

تحلیل فراوانی آخرین روز یخبندان

تحلیل فراوانی، پیش‌بینی احتمالی رخداد آخرین روز یخبندان کلیه ایستگاه‌های همدید خراسان رضوی و رابطه بین شاخص‌های دمائی

جدول 3- نتایج آزمون های پایه برای داده های آخرین روز یخبندان
Table 3- The results of the test base for the last day of frost

ایستگاه Station	تصادفی بودن Randomness	استقلال Independence	همگنی و نداشتن جهش Homogeneity and lack of jump	عدم وجود داده پرت بالایی without upper Outlier	عدم وجود داده پرت پائینی without Lower Outlier
تربت جام (Torbat-e jam)	✓	✓	✓	✓	×
تربت حیدریه (Torbat-e Heydarieh)	✓	✓	✓	✓	✓
سبزوار (Sabzevar)	✓	×	✓	✓	✓
سرخس (Sarakhs)	✓	✓	✓	✓	✓
قوچان (Ghochan)	✓	✓	✓	✓	✓
کاشمر (Kashmar)	✓	✓	✓	✓	×
گلمکان (Golmakan)	✓	×	✓	✓	×
گناباد (Gonabad)	✓	✓	×	✓	✓
مشهد (Mashhad)	✓	✓	✓	✓	✓
نیشابور (Neyshabur)	✓	✓	✓	✓	✓

دوره های بازگشتی است. اما طولانی ترین در ایستگاه های مختلف متفاوت است و نمی توان یک ایستگاه خاص را معرفی کرد. مثلا قوچان در دوره بازگشت دوساله طولانی ترین و گلمکان در دوره بازگشت 20 ساله طولانی ترین دوره بازگشت را دارند.

دامنه تغییرات طول دوره یخبندان بین ایستگاهی 24 تا 34 روز در تمام دوره های بازگشت (2 تا 100 سال) است. کمترین (24 روز) مربوط به دوره بازگشت 2 سال و بیشترین (34 روز) مربوط به دوره بازگشت 100 سال است.

بزرگترین دامنه تغییرات درون ایستگاهی در تمام دوره های بازگشت 32 تا 50 روز، با میانگین 41 و انحراف معیار 3/9 روز است. ضریب تغییرات 9/5% است که نشان از نوسانات کم این پدیده در درون ایستگاه ها دارد.

آخرین روز یخبندان در دوره بازگشت 2 سال (تقریباً متوسط سالانه) ایستگاه هایی که دمای سالانه آن ها کمتر از 15 درجه است، در هفته اول فروردین قرار دارد. سایر ایستگاه ها در هفته سوم اسفند قرار دارند. این نتایج برای برنامه ریزی در باغداری و کشاورزی مفید است.

هشت قانون احتمالی مناسب برای برازش بر داده ها انتخاب شد که عبارتند از: نرمال، گامیل نوع 1، گامای 2 پارامتری، لوگ نرمال 2 و 3 پارامتری، پارتوی تعمیم یافته، حدی تعمیم یافته و پیرسون نوع 3. ضریب چولگی داده های ایستگاه ها نشان می دهد که قانون نرمال برای آنها مناسب نیست (جدول 4). لذا این قانون از تحلیل حذف شد. توابع باقیمانده با هفت روش مختلف برآورد بر داده ها برازش داده شد (مطابق بند 2-2-3). انتخاب قانون برتر و نیکوئی برازش با آزمون ناپارامتری و معروف کولموگروف-اسمیرنوف (k-s) انجام شد (جدول 5). مقدار آماره k-s برای بعضی ایستگاه ها در چند روش برآورد نزدیک به هم است (جدول 5). نتایج تحلیل فراوانی به همراه آماره آزمون k-s در جدول 5 ارائه شده است.

تحلیل آماری این ایستگاه ها یک قانون احتمالی مشخصی را برای تمام ایستگاه ها توصیه نمی کند. بهترین قوانین انتخابی عبارتند از: GPA (4 بار)، PT3 (4 بار)، LN2 (4 بار)، GA2 (3 بار). تحقیقات اکثر پژوهشگران با نتایج این پژوهش مغایرت دارد. علاوه بر این می توان نتایج زیر را از جدول 5 به دست آورد:

کوتاهترین طول دوره یخبندان مربوط به سرخس در تمام

جدول 4- نمایه‌های فاصله زمانی آخرین روز یخبندان (مبداء: اول مهر) و مشخصات دمائی ایستگاه‌های همدید خراسان رضوی
 Table 4- Period of last frost days (Origin: September) and annual temperatures of Khorasan Razavi's synoptic stations

سال Year	شاخص‌های دمائی سالانه annual temperatures (Celsius)			نمایه‌های فاصله زمانی آخرین روز یخبندان (last frost periods (day)					
	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	حجم نمونه Sample size (year)	میانگین Mean	انحراف معیار Standard Deviation	چولگی Skewness	کشیدگی Kurtosis	
تربت جام (Torbat-e jam)	1371-88	8.8	22.5	15.6	18	179.6	14.8	0.151	3.041
تربت حیدریه (Torbat-e Heydarieh)	1367-88	7.9	20.9	14.4	22	187	10.4	0.249	2.267
سبزوار (Sabzevar)	1368-88	10.6	24.2	17.4	21	173.2	14.8	0.266	2.961
سرخس (Sarakhs)	1366-87	11	24.6	18.7	22	165.7	15.2	-0.117	2.766
قوچان (Ghochan)	1367-88	6.5	19.7	13.1	22	190.1	14.7	0.368	2.462
کاشمر (Kashmar)	1366-87	11.9	23.6	17.8	22	167	15.2	-0.298	2.834
گلمکان (Golmakan)	1366-87	6.4	19.8	13.1	22	188	19.2	-0.677	4.745
گناباد (Gonabad)	1368-88	10.9	23.9	17.4	21	166.8	17.6	-0.124	2.461
مشهد (Mashhad)	1339-87	7.1	21.1	14	49	183.9	14.8	0.214	3.569
نیشابور (Neyshabur)	1369-88	7.1	22	14.5	20	189.7	15.4	0.537	2.391

داده‌های جدول (4، ضریب چولگی) رد می‌شود. با توجه به تحقیق حاضر و برازش 7 قانون احتمالی و با طول دوره آماری حداقل 18 سال (متوسط دوره آماری کل ایستگاه‌ها 24 سال است)، نتایج میان‌آبادی و همکاران (11) با دوره بازگشت 20 ساله این تحقیق مطابقت دارد (11).

رابطه آخرین روز یخبندان با شاخص‌های دمائی

رابطه بین آخرین روز یخبندان (در دوره‌های بازگشت مختلف) و سایر عوامل هواشناسی مانند دمای حداقل، متوسط و حداکثر نیز در این مقاله بررسی شد. زیرا دسترسی به شاخص‌های دمائی فوق در بسیاری از نقاط امکان‌پذیر است. بنابراین با داشتن این شاخص‌ها می‌توان آخرین روز یخبندان را برای این نقاط در دوره‌های بازگشت مختلف از روی روابط حاصل محاسبه کرد. ابتدا نمودار پراکنش ماتریسی این عوامل مطابق شکل 1 رسم شد. این شکل نشان می‌دهد که رابطه بین یخبندان‌ها و شاخص‌های دمائی تقریباً خطی

توزیع‌های لوگ‌نرمال 3 پارامتری و پیرسون نوع 3 که توسط برخی از پژوهشگران توصیه شده است عمومیت ندارد.

برترین روش‌های برآورد MOM (8مورد)، MODM (5مورد) و MML (4مورد) است.

پژوهش‌های در دسترس فقط از دو روش برآورد گشتاوری معمولی و حداکثر درستی استفاده کرده‌اند. پژوهش حاضر نشان داد که روش‌های دیگر برآورد می‌تواند دقت بیشتری داشته باشد.

توزیع نرمال در تعدادی از پژوهش‌های قدیم و اخیر به عنوان بهترین قانون تحلیل آخرین روز یخبندان پیشنهاد شده است. نتایج این پژوهش کاربرد قانون نرمال را اکیدا رد می‌کند (جدول 4، ستون چولگی). مثلاً میان‌آبادی و همکاران (11) متوسط فاصله آخرین روز یخبندان ایستگاه‌های سینوپتیک خراسان رضوی را (شروع اول سپتامبر یا 8 مهر) برای شهرهای مختلف با طول دوره آماری 13 سال از حداقل 194 (سرخس) روز و حداکثر 219 روز (قوچان) ارائه کرده‌اند (11). این اعداد با فرض توزیع نرمال به دست آمده‌اند و این فرض با

است. الگوهای رگرسیونی مختلفی بین آخرین روز یخبندان (در دوره - های بازگشت مختلف) و عوامل فوق با روش گام به گام آزمایش شد. رابطه خطی بهترین برازش را با متوسط کمترین دمای سالانه (T min) نشان داد (جدول 6). نتایج الگوهای رگرسیونی انتخاب شده در جدول (6) آمده است. ضریب تعیین این الگوها با افزایش دوره بازگشت کاهش می یابد (از 0/91 به 0/772).

جدول 5- نتایج تحلیل فراوانی رخداد آخرین روز یخبندان در دوره های بازگشت مختلف

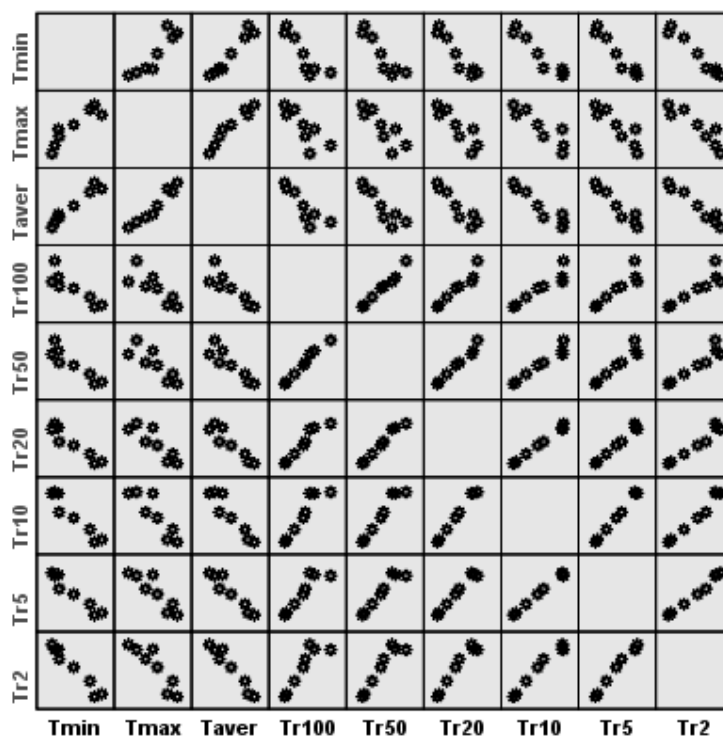
Table 5- Last frost days frequency at different return periods

ایستگاه (Station)	توزیع Distribution	روش برآورد Estimation method	آماره k-s K-s statistics	دوره بازگشت Return period (year)					
				2	5	10	20	50	100
سرخس (Sarakhsh)	GA2	MOM	58	165.3	178.3	185.4	191.4	198.3	203
گناباد (Gonabad)	GEV	MML	71	167.5	181.9	188.7	193.7	198.6	201.2
کاشمر (Kashmar)	GA2	MOM	74	166.6	179.7	186.8	192.8	199.7	204.4
	GA2	MML	75	166.6	179.5	186.6	192.5	199.3	204.0
سبزوار (Sabzevar)	LN2	MML	77	166.4	179.9	187.4	193.8	201.4	206.5
	LN2	MOM	70	172.6	185.4	192.4	198.5	205.5	210.3
تربت جام (Torbat-e jam)	GEV	MML	70	172.5	185.3	192.3	198.1	204.4	208.3
	LN2	MOM	107	178.9	191.8	198.8	204.9	211.9	216.7
مشهد (Mashhad)	PT3	MOMWRC	109	179.0	191.8	198.9	204.9	211.8	216.6
	PT3	ModMBOB	56	182.7	195.3	202.0	207.6	213.9	218.2
تربت حیدریه (Torbat-e Heydarieh)	PT3	PWM	65	186.6	199.3	206.1	211.9	218.5	223
نیشابور (Neyshabur)	GPA	MOM	84	187.3	204.3	212.4	218	222.7	224.9
	GPA	ModM	89	187.1	204.1	212.5	218.3	223.5	226.0
قوچان (Ghochan)	GPA	MOM	80	189.4	205.5	212.5	216.8	22.1	221.6
	GPA	ModM	84	189.2	205.3	212.6	217.2	22.9	222.5
گلمکان (Golmakan)	PT3	MOMWRC	84	189.6	202.8	210.4	217.2	225.2	230.9
	LN2	MOM	88	187	203.7	213.1	221.1	230.5	237.0

جدول 6- رابطه رگرسیونی بین دوره های بازگشت مختلف آخرین روز یخبندان با شاخصه های دمائی

Table 6- Regression Correlations between different return periods of last frost days with minimum temperature

دوره بازگشت Tr(Year)	Cook's distance			Adjust R ²	معادله Function	F	Durbin Watson
	min	max	mean				
2	0	0.558	0.139	0.91	216.285 - 4.271*T _{min}	83	2.06
5	0.005	0.39	0.111	0.907	235.252 - 4.837*T _{min}	79.2	1.84
10	0.009	0.451	0.143	0.99	244.016 - 5.001*T _{min}	72.84	1.79
20	0.006	0.445	0.146	0.889	249.782 - 5.454*T _{min}	64.76	1.927
50	0.001	0.315	0.111	0.844	254.605 - 4.790*T _{min}	44.15	2.166
100	0	0.315	0.111	0.772	257.005 - 4.578*T _{min}	28.3	2.23



شکل 1- نمودار پراکنش آخرین روز یخبندان در دوره‌های بازگشت مختلف با شاخص‌های دمائی. نمادهای Tr2 تا Tr100 دوره بازگشت و Tmin، Tmax و Taver به ترتیب دماهای حداقل، حداکثر و متوسط سالانه است.

Figure 1- The matrix plot of the last frost days at different return periods with temperature indicators. Tr2 to Tr100 are return periods and Tmin, Tmax and Tave are minimum, maximum and average annually temperatures.

مقاله حاضر این پدیده را برای کلیه ایستگاه‌های خراسان شمالی (جدول 1 تا 3) تحلیل آماری کرده است. غربال و آزمون‌های پایه برای قبول داده‌ها به عنوان یک نمونه آماری انجام شد (جدول 2). هفت قانون احتمالی با هفت روش برآورد برای تحلیل داده‌ها استفاده شد (جدول 3). نتایج نشان داد که سه قانون LN2، PT3، GPA بیشترین برازش را نشان دادند (جدول 3). برترین روش‌های برآورد MOM (8 مورد)، MODM (5 مورد) و MML (4 مورد) است. کوتاهترین طول دوره یخبندان مربوط به سرخس در تمام دوره‌های بازگشتی است. اما طولانی‌ترین در ایستگاه‌های مختلف متفاوت است و نمی‌توان یک ایستگاه خاص را معرفی کرد. دامنه تغییرات طول دوره یخبندان بین ایستگاهی 24 تا 34 روز در تمام دوره‌های بازگشت (2 تا 100 سال) است. کمترین (24 روز) مربوط به دوره بازگشت 2 سال و بیشترین (34 روز) مربوط به دوره بازگشت 100 سال است. بزرگترین دامنه تغییرات درون ایستگاهی در تمام دوره‌های بازگشت 32 تا 50 روز، با میانگین 41 و انحراف معیار 3/9 روز است. ضریب تغییرات 9/5 درصد است که نشان از نوسانات کم این پدیده در درون ایستگاه‌ها دارد. آخرین روز یخبندان در دوره بازگشت 2 سال (تقریباً متوسط سالانه)

آماره F نشان از وجود رابطه خطی است و برحسب دوره بازگشت کاهش می‌یابد (از 83 به 28/3). چون مقدار F عدد بزرگی است (حداقل 28/3 در دوره بازگشت 100 ساله)، پس می‌توان فرض خطی بودن را قویاً پذیرفت. آماره دوربین - واتسن استقلال باقی‌مانده‌ها را تأیید می‌کند. زیرا این آماره مطابق جدول دوربین - واتسن $du = 1/320$ بوده و اگر آماره‌های جدول 6 در بازه $[du, 4 - du]$ قرار گیرد، آنگاه فرض استقلال باقی‌مانده‌ها تأیید می‌شود. آماره Cook's distance نیز نشان از نبود داده پرت است. زیرا این آماره از توزیع فیشر با مقدار جدول $F_{0/05, 2, 8} = 4/46$ پیروی می‌کند و آماره‌های جدول (6) در ناحیه رد قرار نمی‌گیرند. نتیجه اینکه می‌توان با داشتن معدل دمای کمینه نقاط مورد نیاز و جایگزاری در روابط جدول (6)، مبادرت به برآورد آخرین روز یخبندان کرد.

نتیجه‌گیری کلی

تحلیل آماری آخرین روز یخبندان می‌تواند در کشاورزی (به ویژه کشت صیفی‌جات) و باغبانی به منظور کاهش آسیب‌ها مفید باشد.

معمول تحلیل آماری کارساز نیستند. تنوع قوانین آماری برازشی نسبتاً زیاد است. روش برآورد پارامترها نیز در تحلیل این پدیده حساس هستند.

بررسی روابط رگرسیونی بین دوره‌های بازگشت مختلف آخرین روز یخبندان و شاخصه‌های دمائی هر ایستگاه نشان داد که می‌توان طول دوره یخبندان (شروع از مهر) را بر اساس متوسط دمای کمینه هر ایستگاه محاسبه نمود. نتایج تحلیل این مقاله برای برنامه‌ریزی در باغداری و کشاورزی به‌ویژه کشت صیفی‌جات در استان خراسان- رضوی مفید و کاربردی است.

ایستگاه‌هایی که دمای سالانه آن‌ها کمتر از 15 درجه است، در هفته اول فروردین قرار دارد. سایر ایستگاه‌ها در هفته سوم اسفند قرار دارند. پژوهش‌های در دسترس فقط از دو روش برآورد گشتاوری معمولی و حداکثر درستمائی استفاده کرده‌اند. پژوهش حاضر نشان داد که روش‌های دیگر برآورد می‌تواند دقت بیشتری داشته باشد. توزیع‌های لوگ‌نرمال 2 و 3 پارامتری و پیرسون نوع 3 که توسط برخی از پژوهشگران به صورت فراگیر توصیه شده است؛ نمی‌تواند عمومیت داشته باشد. همچنین تحلیل‌ها نشان داد که آزمون‌های پایه برای قبول نمونه و تحلیل آماری نیاز است. زیرا ممکن است داده‌های یک ایستگاه را نتوان به عنوان یک نمونه آماری انتخاب کرد و روش‌های

منابع

- 1- Aghayan S.A. 2008. Survey the occurrence of early autumn frost and last spring frost of Shahrood. P. 52-60. Workshop frost, frost and ways of dealing with it. 30 April .2008. Administration of Meteorological Semnan province, Iran, Semnan. (In Persian)
- 2- Alijani B., Mahmoodi. P., Rigi-chahi A. and Khosravi P. 2010. The Survey of daily frost continuity in Iran by Markov chain model. Physical geography reserch quarterly, 73:1-20. (In Persian)
- 3- Alizadeh A. 2011. Climate and agricultural meteorology, Beh-Nashr, Iran, Mashhad.
- 4- Arghami N.R., Sanjari D. and Bozorgnia A. 2010. Elementary survey sampling. Mashhad University.
- 5- Hozhabrpur Gh. and Alijani B. 2007. Frost Synoptic analysing of Ardabil province. Geography and Development, 10: 89-106. (In Persian).
- 6- Isazadeh Sh., Memarian M. H., Mirkani S.M. and Taghizadeh A. 2010. Frost Synoptic Analysis of East Azarbaigan Province. 14th Conference on Geophysics, 11-13 May 2010. Tehran. (In Persian).
- 7- Kamali Gh.A. and Habibi-Nokhandan M. 2005. Investigated the spatial and temporal distribution the frost in Iran and its application in the road transportation. Journal of Transportation, 2(2): 127-135. (In Persian).
- 8- Kamali Gh.A. Hajam S. and Khairkchah A. 2008. The Assessment of Relationship between durabiling of the lost spring frost & apple production loss in Tehran. P. 2-17. Workshop frost, frost and ways of dealing with it. 30 April 2008 Administration of Meteorological Semnan province, Iran, Semnan. (In Persian with English abstract)
- 9- LO S.S. 1992. Glossary of hydrology. Water Resources Publication, USA, Colorado.
- 10- Maronna R. A. et al. 2006. Robust statistics. John Wiley.
- 11- Mianabadi A., Mousavi- Baygi M., Sanai Nejad H. and Nezami A. 2009. Assessment and mapping of early autumn, late spring and winter freezing in Khorasan Razavi province using GIS Journal of Water and Soil, 23(1):79-90. (In Persian with English abstract)
- 12- Noohi K., Pedram M., Sahraian F. and Kamali G.A. 2008. Analysis of first fall and last spring advectionand radiation-advection frosts in Azerbaijan provinces, Pajouhesh & Sazandegi, 75: 78-85. (In Persian with English abstract)
- 13- Noohi K., Sahraian F., Pedram F. and Sedaghat-kerdar A. 2008. Determination the no frost period by the dates of beginning and end of the advection and radiation frost in the region of Zanjan, Qazvin and Tehran. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 46: 449-460.
- 14- Rahimi M., Hajjam, S., Khalili, A. and Kamali, G. A. 2007. Risk analysis of first and last frost occurrences in the central Alborz region, Iran. International Journal of climatology, 27(3): 349-356.
- 15- Rao A.R. and Hamed K.H. 2000. Flood Frequency Analyses. CRC Press. Florida, Journal of Climatology, 8: 607-628.
- 16- Rezaee-Pajand H. and Bozorgnia A. 1995. The gamma family and derived distributions applied in hydrology. Ferdowsi university press, Mashhad.
- 17- Rezaee-Pazhand H. 2001. Application of statistics and probability in water resources. Sokhan gostar, Iran, Mashhad.
- 18- Rosenberg N.J. and Myers R.E. 1962. The nature of growing season frosts and along the Platte valley of Nebraska. Monthly Weather Review, 90: 471-478.
- 19- Thom H.C.S. and Shaw R. H. 1958. Climatological analysis of freeze data for Iowa. Monthly Weather Rev, 86: 251-257.

- 20- Waylen P.R. 1988. Statistical analysis of freezing temperatures in central and southern. *Journal of Climatology*, 8: 607-628.
- 21- Yevjevich V. 1972. *Probability and Statistics in Hydrology*. Water Resources, Littleton, Colorado.



Probabilistic Analysis of a Last frost and its Relationship with Temperature Indexes Case Study: Khorasan Razavi's Synoptic Stations

N. Seyyednezhad Golkhatm^{1*} - H. Rezaee Pazhand²

Received: 07-08-2013

Accepted: 26-09-2015

Introduction: The analysis of extreme events such as last frost dates are detrimental phenomena which influence in various branches of engineering, such as agriculture. The analysis and probability predicting of these events can be decrease damage of agriculture, horticulture and the others. Furthermore, this phenomenon can have a relation with other thermal indexes. The analyzing of last frost dates of all synoptic stations of Khorasan Razavi province is subject of this article. The frequency analysis applied to eight distributions. Then the relationship between last frost dates and thermal index were studied. Best relation was between minimum temperature and return periods of last frost dates.

Materials and Methods: The analyzing of last frost dates (origin is 23th september) of all synoptic stations of Khorasan Razavi province is subject of this article. First data of each station were screening. The basic properties such as homogeneity, randomness, stationary, independence and outliers must be test. The eight distribution Normal, Gumbel type 1, Gamma 2-parameter, Log normal 2 or 3 parameters, Generalized Pareto, Generalized extreme values and Pearson Type 3 fitted to data and the parameters estimated with 7 methods by the name of the several types of Moments (5 methods), maximum likelihood and the maximum Entropy. The Kolmogorov – Smirnov goodness of fit test can compared the best distribution. The return periods of last frost dates are major application in frequency analysis. There is maybe a relationship between periods and thermal index such as min., max. and mean temperature. This relationship can be adapted by regression methods.

Results and Discussion: The statistical analysis for prediction probabilities and return periods of the last frost dates for all synoptic stations in Khorasan Razavi province and the relationship between annual temperature indicators and this phenomenon is the aim of this article. The origin dates of this phenomenon are 23th September. First, data were screened. Then basic hypothesis test were applied which including the Runtest (randomness), the Mann-Whitney test (homogeneity and jump), the Wald-Wolfowitz test (independence and stationary), the Grubbs and Beck test (detection Outliers) and the three sigma methods (Outlier). The results were: 1-The Golmakan, Kashmar and Torbatejam had lower Outliers that will not cause any problem in data analysis by their skewness. 2- The independence of all stations was accepted at the 10% level. 3-The Gonabad data was not homogeneous and removed. Eight probability distributions (Normal, Gumbel type 1, 2-parameter gamma, 2 and 3 parameters log-normal, the generalized Pareto, the generalized extreme values and the Pearson type 3) were applied. The skewness coefficients for all stations were more than 0.1 so Normal distribution was rejected. Also the 7 methods of estimation (five different methods of moments, maximum likelihood and maximum entropy methods) were used. The ks fit test was applied. The ks for some stations were closed together at several estimations methods. The results are as follows: GPA (4 times), PT3 (4 times), LN2 (4 times), GA2 (3 times). The obtained results were: 1- The shortest duration of frost date was belonged to the Sarakhs station, but the longest return periods were not same. 3- The interior station ranges were 32 to 50 days for all return periods, with a mean of 41, standard deviation 9.3 and the coefficient of variation 5.9%, which represents the damping of the phenomenon within the station. 4-Pearson type 3, which has been recommended by some researchers, can not be generalized. 5- The major method of estimation was MOM (8 cases). The relationship between the last frost days and other meteorological factors such as, minimum, average and maximum temperature were investigated in this paper. The linear relationship between last frost days and the average annual minimum temperature were the best-fit.

Conclusion: The last frost dates analyzing of all Khorasan Razavi province synoptic stations is subject of this article. The data screening and basic tests were applied and data accepted as random samples. The 8

1-Ph.D. Student of Agrometeorology, Department of Irrigation and Reclamation, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

2- Instructor, Islamic Azad University, Mashhad Branch

(* - Corresponding Author Email: n.seyyednezhad@yahoo.com)

distributions with 7 methods of estimation were fitted to data. The best fitted distribution at all stations mainly included GPA, PT3, LN2. The major estimation method was MOM. The relationship between last frost periods and minimum temperature was the best linear models. So, we can predict the return period from this temperature as well.

Keywords: Extreme event, Khorasan Razavi, Probability distribution, Temperature indexes