



فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۵، شماره ۳، صفحات ۴۹-۵۸
(پاییز ۱۳۹۸)

واکاوی اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره با رویکرد تغییر اقلیم ایستگاه همدید گرگان

حسین ایمانی پور[✉]، عبدالرضا کاشکی، مینا فیروززیدی

گروه آب و هواشناسی دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
birjand.climate@yahoo.com (مسئول مکاتبات)

شناسه مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پژوهش: ۱۳۹۷

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۶/۲۳

واژه‌های کلیدی

- ◆ تعداد روزهای یخبندان
- ◆ سناریو
- ◆ شبیه‌سازی
- ◆ گرمایش جهانی

چکیده تغییر در تاریخ وقوع اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره، می‌تواند تهدیدی جدی برای باغداران و کشاورزان باشد. هدف از این مطالعه، اطلاع از نحوه این تغییر در دوره‌ی آینده (۲۰۱۵-۲۰۶۸) نسبت به دوره‌ی پایه (۲۰۱۴-۱۹۶۱) در ایستگاه گرگان بود. بدین منظور داده‌های روزانه دمای کمینه ایستگاه گرگان در دوره‌ی پایه از اداره کل هواشناسی استان گلستان دریافت شد. سپس داده‌های انسپ و سناریوهای خوشبینانه، حدواسط و بدبینانه‌ی گزارش پنجم هیات بین‌الدول تغییر اقلیم از سایت تغییر اقلیم کانادا بارگیری و با استفاده از نرم‌افزار SDSM داده‌های کمینه دما در دوره‌ی آینده برای سه سناریو مذکور تولید شد. سپس تاریخ شروع و پایان یخبندان به روز ژولیوسی محاسبه و با استفاده از نرم‌افزار اسمادا با توزیع‌های آماری مختلف برازش داده شد و با استفاده از توزیع‌های مناسب‌تر احتمال وقوع روزهای یخبندان محاسبه شد. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که دوره‌ی یخبندان در دوره‌ی پایه ۷۵ روز و برای دوره‌ی آینده در سناریوی خوشبینانه ۴۶ روز، در سناریو حدواسط ۳۹ روز و در سناریوی بدبینانه ۳۱ روز است که این نتایج نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار دوره‌ی یخبندان و افزایش دوره‌ی رشد (رویش) گیاهان در دوره‌ی آینده است که هوشیاری بیشتر برنامه‌ریزان را جهت مقابله با آثار مخرب تغییر اقلیم می‌طلبد.



doi 10.22034/AEJ.2019.672649

این مقاله با دسترسی آزاد تحت شرایط و قوانین The Creative Commons of BY - NC - ND انتشار یافته است.

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در این خصوص صورت پذیرفته است. مولر و همکاران (۲۰۰۰)، رابطه بین چرخه‌های انسو و فراوانی یخبندان را در ناحیه مرکزی آرژانتین مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند که بخشی از تغییرپذیری فراوانی یخبندان را می‌توان به وسیله این چرخه تشریح کرد.^[۶] بونسال و همکاران (۲۰۰۱) با روندیابی دماهای روزانه و کرانه‌ای به این نتیجه رسید که تعداد روزهای یخبندان در کشور کانادا کاهش یافته است.^[۴] تات و ژنگ (۲۰۰۳) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به بررسی ویژگی‌های یخبندان ناحیه اوتاگو در کشور نیوزیلند پرداختند و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه‌های زمان آغاز و خاتمه یخبندان را برای این ناحیه تهیه کردند.^[۱۸] مدلین و بلتراند (۲۰۰۵)، پراکندگی مکانی یخبندان‌های دیررس بهاره و عوامل تأثیرگذار روی آن را در ناحیه تاکداری شمال فرانسه مورد مطالعه قرار دادند. آنها عوامل تأثیرگذار بر پراکندگی مکانی یخبندان را در دو مقیاس بزرگ‌اقلیم (طول و عرض جغرافیایی) و اقلیم محلی (عوامل محلی و توپوگرافی) مد نظر قرار دادند.^[۱۲] مارتین و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی روند دماهای کمینه و بیشینه کاتالونیا طی دوره‌ی زمانی ۱۹۷۵-۲۰۰۴ نتیجه گرفتند که دمای

مقدمه رشد صنایع یا کارخانه‌ها از آغاز انقلاب صنعتی باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای مخصوصاً گاز دی‌اکسیدکربن^۱ در چند دهه‌ی اخیر شده است. افزایش گازهای گلخانه‌ای تغییراتی را در اقلیم کره‌ی زمین به وجود آورده است که در نوشته‌های علمی به آن تغییر اقلیم گفته می‌شود.^[۳] از بین عوامل اقلیمی، پدیده یخبندان نه تنها حیات طبیعی تمام موجودات زنده را با خطر مواجه می‌نماید، بلکه نقش مهم و تعیین کننده‌ای در مسایل اقتصادی، زیست محیطی و عمرانی مانند جاده‌سازی، سدسازی و پل‌سازی دارد. سرمازدگی و یخبندان در مراحل مختلف رویش، برای محصولات کشاورزی و باغی نیز بسیار مهم است. چرا که در صورت حادث شدن، به محدودیت تولید منجر می‌شود.^[۲] یخبندان یکی از زیان‌آورترین پدیده‌های طبیعی است که گاهی اوقات با خسارت‌های فراوان مالی و حتی جانی همراه است.^[۱۱] بیشترین آسیب‌های یخبندان منحصر به فصل زمستان نیست، بلکه یخبندان‌های زودرس پاییزه و همچنین یخبندان‌های دیررس بهاره، که معمولاً پس از یک دوره‌ی هوای گرم رخ می‌دهند، آسیب‌های شدیدتری به گیاهان وارد می‌کنند.^[۹] تغییر تاریخ اولین یخبندان زود رس پاییزه و آخرین یخبندان دیررس بهاره که به لحاظ کشاورزی بسیار حائز اهمیت است، می‌تواند یکی از پیامدهای پدیده‌ی گرمایش جهانی باشد.^[۳] فیزیولوژی گیاهان به گونه‌ای طرح‌ریزی گردیده که با شروع فصل سرما، کم‌کم به خواب رفته و آمادگی لازم برای تحمل سرماهای سخت زمستان را به تناسب نوع و گونه خود پیدا می‌کنند. در این میان سرمای ناگهانی خارج از روند طبیعی کاهش دما که در فصل پاییز و سرماهای ناگهانی بعد از گرم شدن نسبی هوا در فصل بهار رخ می‌دهد، بیشترین ضربه را به اکثر گیاهان به‌ویژه گیاهان یک‌ساله و محصولات باغی وارد می‌آورد زیرا گیاهان هنوز به خواب نرفته یا به تازگی از خواب زمستانی بیدار شده‌اند و با سرمای بیش از حد تحمل، مواجه می‌گردند. در بهار به موازات افزایش دما، رشد مجدد آغاز می‌شود و حساسیت گیاه به دماهای پایین افزایش می‌یابد.^[۱۴]

^۱ CO₂

جدول ۱) تاریخ اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره در ایستگاه همدید گرگان با احتمال ۵۰٪ و دوره‌ی بازگشت دوساله

Table 1) Date of the first frost of autumn and the last frost of spring at the synoptic station of Gorgan with a 50% probability and a two-year return period

	Pessimistic scenario	Intermediate scenario	Optimistic scenario	Observations
The first frost of autumn	21 Jan	22 Jan	17 Jan	18 Dec
Last spring frost	21 Feb	20 Feb	3 Mar	3 Mar
Ice age	31 Days	39 Days	46 Days	75 Days
Growing season	335 Days	327 Days	320 Days	291 Days

و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که در نواحی شمالی خراسان رضوی، یخبندان نسبت به نواحی جنوبی و غربی این استان زودتر آغاز شده و دیرتر پایان می‌پذیرد. طول دوره‌ی یخبندان نیز از جنوب به شمال افزایش یافته که باعث محدود شدن طول دوره‌ی رشد گیاهان در این نواحی می‌شود.^[۶]

هدف از این مطالعه، اطلاع از نحوه تغییر در تعداد روزهای یخبندان در ایستگاه گرگان برای دوره‌ی آینده (۲۰۶۸-۲۰۱۵) نسبت به دوره‌ی پایه (۲۰۱۴-۱۹۶۱) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: شهر گرگان در طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه و در عرض ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه، در شمال شرقی ایران و شرق سواحل دریای خزر و در ارتفاع ۱۷۴ متر از سطح دریا واقع شده است. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) نمایش داده شده است.

در این پژوهش برای واکاوی اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره‌ی ایستگاه همدید گرگان با رویکرد تغییر اقلیم، داده‌های روزانه دمای کمینه ایستگاه گرگان در

بیشینه و کمینه سالانه در فصل بهار و تابستان ۰/۵ درجه سلسیوس و برای فصل زمستان ۰/۷ درجه سلسیوس در هر دهه رو به افزایش است در حالی که در فصل پاییز روند دمای کمینه و بیشینه دارای روند کاهشی است و میزان آن برابر ۰/۵- درجه سلسیوس در هر دهه است.^[۱۳] پژوهش سکاگز و ایرماک (۲۰۱۵) حاکی است که فصل رشد در ایالت مینسوتا در طول قرن بیستم به سبب جابجایی زمانی در وقوع آخرین یخبندان‌های زودرس و اولین یخبندان‌های دیررس افزایش یافته است، اما این افزایش در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه متفاوت بوده است.^[۱۶]

از جمله مطالعات صورت گرفته در داخل ایران می‌توان به مواردی به شرح زیر اشاره نمود. توکل‌ی و حسینی (۱۳۸۵) به ارزیابی شاخص یخبندان و تاریخ شروع آن در فصل پاییز، در ایستگاه اکباتان همدان پرداختند. حاصل نتایج آن‌ها ارائه‌ی یک مدل همبستگی بین یخبندان‌های بهاره و پاییزه بود، که با داشتن شرایط و زمان وقوع یخبندان بهاره، امکان پیش‌بینی یخبندان پاییزه فراهم می‌شود.^[۱۸] علیجانی و همکاران (۱۳۸۹)، در پژوهشی به بررسی تداوم روزهای یخبندان در ایران پرداختند نتایج حاصل نشان داد وقوع روزهای یخبندان ایستا از زمان است؛ یعنی احتمالات آنها مستقل از زمان هستند. علت یخبندان‌های زودرس پاییزی ایران در ماه اکتبر را می‌توان عامل سرمایش شبانه و یخبندان‌های دیررس بهاره را عوامل سینوپتیکی دانست.^[۱] بهیار و همکاران (۱۳۹۲) پس از بررسی تأثیرات تغییر اقلیم بر شماره روز اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره در ایران به این نتیجه رسیدند که فراوانی وقوع یخبندان شدید کاهش می‌یابد و وقوع یخبندان ضعیف روند افزایشی دارد.^[۳] سید نژاد گل ختمی و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای به تحلیل احتمالی یخبندان دیررس و رابطه آن با شاخص‌های دمایی در خراسان رضوی پرداختند و نتایج آن‌ها نشان دهنده‌ی آن بود که آخرین روز یخبندان برای دوره‌ی بازگشت دوساله در ایستگاه‌هایی که دمای سالانه آن‌ها کمتر از ۱۵ درجه است، در هفته اول فروردین و سایر ایستگاه‌ها در هفته سوم اسفند قرار دارد.^[۱۵] نتایج پژوهش فلاح

جدول ۲) مقدار RSS برای اولین یخبندان پاییزه در دوره‌ی پایه و سناریوهای واداشتی-تابشی آینده

Table 2) RSS value for the first autumn ice in the period of observation and future-radiation induction scenarios

	NORMAL	2P LOGN	3PALOGN	PEARSON	LOGPEARSON	GUMBEL
Observations	90.30	119.60	119.6	87.16	87.16	103.10
Optimistic scenario	87.84	105/76	106.82	63.06	147.70	101.13
Intermediate scenario	92.98	118.76	119.94	76.57	89.57	108.24
Pessimistic scenario	89.39	111.75	112.86	70.35	153.34	104.54

جدول ۳) مقدار RSS برای آخرین یخبندان بهاره در دوره‌ی پایه و سناریوهای واداشتی-تابشی آینده

Table 3) RSS value for the last frost in the period of observation and future-induced radiation scenarios

	NORMAL	2P LOGN	3PALOGN	PEARSON	LOGPEARSON	GUMBEL
Observations	4.80	8.50	8.50	2.90	2.90	8.50
Optimistic scenario	3.31	6.99	7.06	2.4	2.59	7.25
Intermediate scenario	34.16	28.53	28.81	28.87	28.87	30.37
Pessimistic scenario	2.91	7.42	7.49	2.13	2.13	6.96

تیم مدل‌سازی MESSAGE و موسسه IIASA به سرپرستی پروفیسور کیوان ریاحی در موسسه بین‌المللی آنالیز سیستم‌های کاربردی IIASA اتریش توسعه و طراحی شد که وجه مشخصه آن روند افزایش گازهای گلخانه‌ای است.

سناریوی انتشار حدواسط: این سناریو توسط گروه مدل‌سازی مینی‌کم^۱ طراحی شده است و در آن واداشت تابشی ناشی از گازهای گلخانه‌ای قبل از سال ۲۱۰۰ در مقدار ۴/۵۵ وات بر مترمربع ثابت می‌ماند.

سناریوی انتشار خوشبینانه: این سناریو توسط تیم مدل‌سازی IMAGE از مؤسسه ارزیابی‌های محیطی هلند طراحی شده است. این سناریو در برگیرنده کمترین نرخ

بازه‌ی زمانی ۲۰۱۴-۱۹۶۱ از اداره‌ی کل هواشناسی استان گلستان دریافت شد. ملاک انتخاب این ایستگاه، موجود بودن و پیوستگی داده‌های آماری آن بود. در ادامه داده‌های انبساط و داده‌های نسل پنجم توسعه از سایت تغییر اقلیم کانادا بارگیری شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار SDSM-5.2 بهترین متغیر پیش‌بینی‌کننده انتخاب و داده‌های کمینه دما در دوره آینده برای سه سناریو ذکر شده تولید شد. هیات بین‌الدول تغییر اقلیم در تدوین گزارش پنجم ارزیابی خود از سناریوهای جدید به عنوان نماینده‌های خطوط سیر غلظت‌های گوناگون گازهای گلخانه‌ای استفاده کرده است. سناریوی جدید انتشار دارای چهار خط سیر کلیدی می‌باشد که در این پژوهش از سه سناریوی انتشار خوشبینانه، سناریوی انتشار حدواسط و سناریوی انتشار بدبینانه استفاده شده است که بر اساس میزان واداشت تابشی آنها در سال ۲۱۰۰ نام‌گذاری شده‌اند.

سناریوی بدبینانه: بدون اتخاذ هیچ‌گونه سیاست کاهش آثار و مقابله با پیامدهای اقلیم، آب و هوای کره زمین در خط سیر سناریوی انتشار بدبینانه پیش خواهد رفت، به طوری که ادامه این روند منجر به واداشت تابشی به میزان ۸/۵ وات بر متر مربع در سال ۲۱۰۰ می‌گردد. در این هنگام غلظت دی‌اکسیدکربن به ۱۰۰۰ میلی‌گرم برلیتر رسیده و همچنان روند افزایش خواهد داشت. این سناریو توسط

¹ Mini-Climate Assessment Model

به صورت روزانه در بازه زمانی ۵۴ ساله (۲۰۱۶-۲۰۶۸) برای سه سناریو مذکور تولید شد.

در ادامه داده‌ها بر اساس تقویم ژولیوسی (اول ژانویه به بعد) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به طور کلی روزهای یخبندان^۱ تعداد روزهایی از سال است که دمای کمینه روزانه، کوچک‌تر از صفر درجه سلسیوس باشد.^[۴] همچنین اولین یخبندان پاییزه، اولین روزی است که دما به صفر و زیر صفر برسد و آخرین روز یخبندان بهاره، آخرین روزی است که هوا به صفر و کمتر از صفر برسد. در این مطالعه بر اساس آستانه‌ی مورد نظر (صفر و کمتر از صفر) در محیط نرم‌افزار متلب^۲ تاریخ وقوع اولین و آخرین روز یخبندان برای هر سال در دوره‌ی پایه (مشاهده شده در ایستگاه) و دوره‌ی آینده طبق سه سناریوی انتشار خوشبینانه، سناریوی انتشار حدواسط و سناریوی انتشار بدبینانه در گزارش پنجم هیات بین‌الدول تغییر اقلیم در بازه‌ی زمانی ۵۴ ساله (۲۰۶۱/۱۲/۳۱ - ۲۰۱۵/۰۱/۰۱) محاسبه گردید و به منظور سهولت در انجام تحلیل‌های آماری به روز ژولیوسی تبدیل شد.

در این پژوهش با صرف نظر از رطوبت، فاصله بین اولین و آخرین رخداد دمای صفر و کمتر از صفر (آستانه مورد نظر) به عنوان

افزایش گازهای گلخانه‌ای و واداشت تابشی ناشی از آن است. مطابق این سناریو، واداشت تابشی در اواسط این قرن به حدود ۳/۱ رسیده و سپس کاهش یافته و به ۲/۶ وات بر مترمربع در سال ۲۱۰۰ می‌رسد. برای رسیدن به این سطح واداشت تابشی بایستی گازهای گلخانه‌ای به میزان قابل توجهی کاهش یابند.^[۸]

پس از بارگیری داده‌های انسپ و داده‌های سناریوهای تغییر اقلیم در گزارش پنجم هیات بین‌الدول تغییر اقلیم، بازه زمانی مورد نظر برای ۵۴ سال آینده از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۶۸ از داده‌های روزانه سناریوهای خوشبینانه، حدواسط و بدبینانه در گزارش پنجم هیات بین‌الدول تغییر اقلیم استخراج گردید و همچنین بازه زمانی ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۴ از داده‌های روزانه انسپ استخراج گردید. سپس با استفاده از نرم افزار SDSM_5.2 ابتدا هر سه سناریو، بر اساس پارامترهای آماری مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس سناریویی که از دقت آماری بالاتری در منطقه مورد مطالعه برخوردار بود به عنوان مدل و سناریویی که با شرایط منطقه تطابق بیشتری داشت انتخاب گردید. مدل SDSM روابط و ارتباطات آماری بین رفتارهای بزرگ مقیاس (پیش بینی کننده‌ها) و محلی (پیش‌بینی شونده‌ها) را بر اساس روش رگرسیون خطی چندگانه برقرار می‌کند. این ارتباطات با استفاده از داده‌های پایه ایستگاه و برون داده‌های (خروجی) مدل‌های گردش عمومی در دوره‌ی مشابه دیدبانی ایجاد می‌شوند. فرض بر این است که این روابط در آینده نیز صادق باشند، به عبارت دیگر فرض اساسی در ریزمقیاس نمایی آماری مستقل از زمان بودن این ارتباطات است. قبل از انجام فرآیند ریزمقیاس نمایی توسط این مدل داده‌های پایه و داده‌های مدل‌های گردش عمومی با توجه به مقادیر میانگین و انحراف معیار آنها در دوره‌ی ۱۹۶۱-۲۰۱۴ نرمال‌سازی می‌شوند. این کار به این دلیل انجام می‌شود که مدل‌های گردش عمومی نمی‌توانند به خوبی اقلیم محلی را مانند دیده‌بانی شبیه‌سازی نمایند، بنابراین مقایسه این دو باهم قبل از نرمال‌سازی می‌تواند موجب همبستگی‌های غیرمعقول گردد. متغیرهای پیش‌بینی کننده اطلاعات مربوط به حالت بزرگ مقیاس جو را فراهم می‌کنند، در حالی که متغیرهای پیش‌بینی شونده حالت جو را در مقیاس نقطه‌ای/محلی مشخص می‌کنند. در این پژوهش پس از انتخاب بهترین متغیر پیش‌بینی کننده و صحت‌سنجی داده‌ها، ریزگردانی داده‌ها برای دوره‌ی آینده

² Matlab

¹ frost days

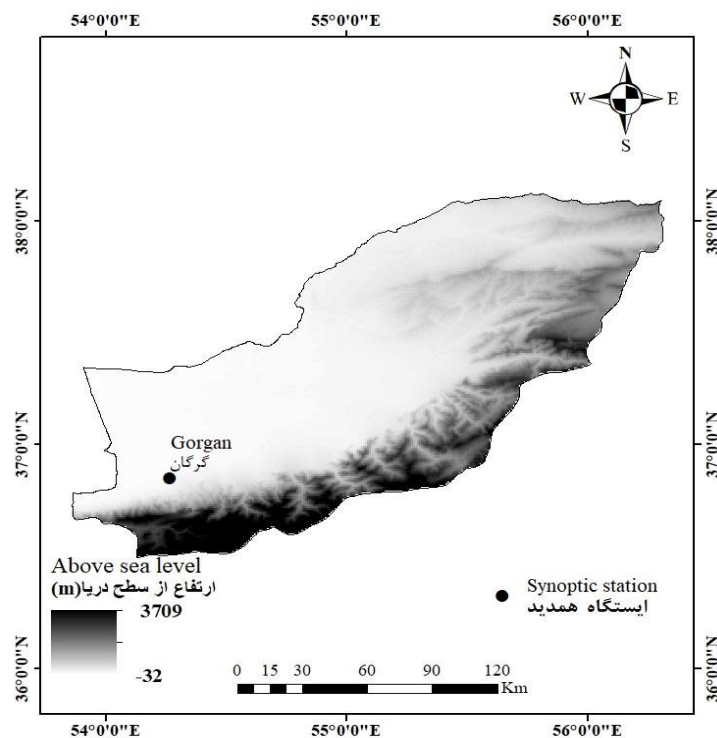


Figure 1) Location of the synoptic station, Gorgan, Iran

شکل (۱) موقعیت ایستگاه همدید گرگان

m: تعداد پارامترهای توزیع، برای Normal، Log Gumbell و Gumbell، Log Normal عدد ۲ و برای Pearson، Pearson و Parameter Log Normal 3 عدد ۳.

در این آماره توزیع آماری پیرسون برای دوره‌ی پایه و آینده کمترین مقدار خطا را داراست، به علت ماهیت یخبندان و به این دلیل که داده‌های یخبندان داده‌های حدی و فرین و غیرنرمال هستند با توزیع آماری log3 هماهنگ نیست. به این صورت که یخبندان در سال‌های ۱۹۶۲ و ۱۹۸۱ صفر روز و در سال ۲۰۰۸ و ۱۹۶۴، ۴۴ روز و در سال ۱۹۷۲، ۴۷ روز است. در مراحل

دوره‌ی یخبندان و فاصله بین آخرین و اولین رخداد یخبندان به عنوان دوره‌ی رشد (رویش) گیاهان در نظر گرفته شد. در ادامه داده‌ها توسط نرم‌افزار SMADA با انواع توزیع‌های آماری برازش داده شد. با استفاده از معادله شماره ۱ برای تعیین اینکه آیا داده‌ها از یک توزیع احتمالی خاص پیروی می‌کنند، از آزمون Chi Square استفاده گردید.^[۱۰]

$$1 - R.S.S = \left[\sum_{i=1}^n (QE_i - QO_i)^2 / (n - m) \right]^{0.5}$$

RSS: مجموع باقیمانده مربعات

QE_i: داده‌های پیش بینی شده

QO_i: داده‌های پایه

n: تعداد داده‌ها

جدول ۲ و ۳ نیز مقدار مجموع مربعات خطا با توزیع‌های آماری مختلف برای اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره در دوره‌ی پایه و آینده طبق سه سناریوی خوش‌بینانه، حدواسط و بدبینانه آورده شده است. هر مدلی که دارای کمترین میزان مجموع اختلاف مقادیرهای واقعی و پیش‌بینی شده باشد، مدل مناسب‌تری است. به دلیل غیرنرمال بودن داده‌های یخبندان، این داده‌ها با توزیع آماری پیرسون بیشترین هماهنگی و ارتباط را داشتند و در توزیع آماری پیرسون کمترین مقدار خطا وجود داشت. نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان دادند در ایستگاه مورد مطالعه از طول دوره یخبندان کاسته شده و به طول دوره رشد اضافه شده است. کاهش دوره‌ی یخبندان و افزایش دوره‌ی رشد در آینده می‌تواند دلیلی بر تغییر اقلیم در آینده باشد. کاهش تعداد روزهای یخبندان و افزایش دوره رشد در ایستگاه گرگان نشان داد دمای منطقه در حال افزایش می‌باشد. نتایج به دست آمده در این پژوهش، نتایج سایر پژوهش‌ها، مبنی بر کاهش طول دوره‌ی یخبندان و افزایش طول دوره‌ی رشد را تایید می‌نماید. [۱۳۷، ۱۸]

مختلف این پژوهش از نرم‌افزارهای GIS، SDSM_5.2، متلب، اسمادا و اکسل نیز استفاده شده است.

نتایج و بحث

در این پژوهش با استفاده از داده‌های کمینه‌ی ایستگاه گرگان تاریخ وقوع اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره برای دوره‌ی پایه، سناریوی خوش‌بینانه، سناریوی حدواسط و سناریوی بدبینانه با احتمالات مختلف (از ۰/۰۵ تا ۰/۹۹) محاسبه و مورد بررسی قرار گرفت. معمولاً برای مشخص کردن اولین و آخرین روز یخبندان از احتمال ۵۰٪ استفاده می‌شود. هرچه به سمت احتمالات کم (۰/۰۵) یا زیاد (۰/۹۹) پیش روی شود تاریخ وقوع یخبندان از واقعیت دور می‌شود، این امر به این دلیل است که در احتمالات پایین احتمال خطا زیاد و در احتمالات بالا به دلیل کاهش روزهای یخبندان کم است، برای مثال در احتمال ۵٪ اولین یخبندان پاییزه برای سناریوی حدواسط، ۲۹ فروردین بود اما در احتمالات متوسط به واقعیت نزدیک‌تر بود بنابراین در این پژوهش، تنها از احتمال ۵۰٪ با دوره‌ی بازگشت ۲۰ ساله استفاده شد.

در جدول (۱)، تاریخ اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره در ایستگاه همدید گرگان با احتمال ۵۰٪ و با دوره‌ی بازگشت دوساله آورده شده است. در دوره‌ی پایه اولین یخبندان پاییزه ۲۸ آذر (۱۹ دسامبر) و آخرین یخبندان بهاره ۱۳ اسفند (۳ مارس) است اما اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره در سه سناریوی خوش‌بینانه، حدواسط و بدبینانه به ترتیب ۲۷ دی (۱۷ ژانویه) و ۱۳ اسفند (۳ مارس)، ۲۲ دی (۲ ژانویه) و ۱ اسفند (۲۰ فوریه) و ۱ بهمن (۲۱ ژانویه) و ۲ اسفند (۲۱ فوریه) است و دوره‌ی یخبندان برای دوره‌ی پایه ۷۵ روز، برای سناریوی خوش‌بینانه، ۴۶ روز، سناریوی حدواسط، ۳۹ روز و برای سناریوی بدبینانه، ۳۱ روز است. که این نشان دهنده‌ی کاهش معنی‌دار دوره‌ی یخبندان و افزایش دوره‌ی رشد گیاهان در هر سه سناریوی اقلیمی نسبت به دوره پایه است به طوری که دوره‌ی رشد در دوره‌ی پایه ۲۹۱ روز، در سناریوی خوش‌بینانه ۳۲۰ روز، در سناریوی حدواسط ۳۲۷ روز و در سناریوی بدبینانه، ۳۳۵ روز است. در

بیشتر برنامه‌ریزان و به کارگیری روش‌هایی از قبیل استفاده از ارقام مناسب، تغییر در سیاست‌های کشاورزی و راه‌جهت هماهنگی با شرایط اقلیمی جدید و مقابله با آثار مخرب تغییر اقلیم می‌طلبند. بنابراین ضروری است پژوهش‌های مشابه و به روز و گسترده‌ای در این خصوص صورت پذیرد.

نتیجه‌گیری کلی مقایسه‌ی نتایج در دوره‌ی پایه و آینده، حاکی از کاهش طول دوره‌ی یخبندان و افزایش طول دوره‌ی رشد است. بر اساس خروجی مدل‌های استفاده شده به طوری که دوره‌ی رشد در دوره‌ی پایه ۲۹۱ روز، در سناریوی خوش‌بینانه ۳۲۰ روز، در سناریوی حدواسط ۳۲۷ روز و در سناریوی بدبینانه ۳۳۵ روز است و تعداد روزهای یخبندان در دوره‌ی پایه ۷۵ روز، در سناریوی خوش-بینانه ۴۶ روز، در سناریوی حدواسط ۳۹ روز و در سناریوی بدبینانه، ۳۱ روز است که افزایش دوره‌ی رشد و کاهش تعداد روزهای یخبندان در دوره‌ی آینده نسبت به دوره‌ی پایه کاملاً مشهود است که این خود پیامد منطقی تغییر اقلیم و گرمایش جهانی در آینده می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار طول دوره‌ی یخبندان و افزایش دوره‌ی رشد گیاهان در دوره‌ی آینده است که هوشیاری

References

1. Alijani B, Mahmoudi P, Rigi Chahi AB, Khosravi P (2010) Investigation of the persistence of frost days in Iran using chain Markov model. *Physical Geography Research* 42(73): 1-20. [in Persian with English abstract]
2. Babaeian I (2014) Climate Dialogue. Available on-line as <[https:// climate.mihanblog.com/post/4](https://climate.mihanblog.com/post/4)> on 5 December 2014.
3. Behyar MB, Kheyrendish M, Zamanian MT (2013) Investigation of climate change effects on early autumn chilling and late spring chilling in Iran using SDSM. *Journal of Climate Research* 4(15-16): 117-128. [in Persian with English abstract]
4. Bonsal BR, Zhang X, Vincent LA, Hogg WD (2001) Characteristics of daily and extreme temperatures over Canada. *Journal of Climate* 14(9): 1959-1976.
5. Darand M (2015) Assessment and recognition of climate change in Iran during recent decades. *Iran-Watershed Management Science and Engineering* 30(9): 1-7. [in Persian with English abstract]
6. Fallah Ghalhari G, Shakeri F, Nodehi O (2019) The zoning of spatial and temporal distribution of the beginning, the end, and the frequency of freezing in Khorasan Razavi province. *Human & Environment* 16(1): 13-24. [in Persian with English abstract]
7. Hozhbarpour Q, Alijani B (2007) Synoptic analysis of frozen days of Ardebil province. *Geography and Development Iranian Journal* 5(10): 89-106. [in Persian with English abstract]
8. Jahanbakhsh S, Rezaie S, Ghasemi AR, Tadayoni M (2011) The synoptical analysis of the spring frosts in Tabriz (Case study: Spring frosts 2003 and 2004). *Geographical Research* 26(3): 1-24. [in Persian with English abstract]
9. Kashki A, Khoshhal J (2013) Investigation of the role of polar vortex in Iranian first and last snowfalls. *Journal of Geography and Geology* 5(4): 161-168.
10. Khoshakhlagh F, Hanafi A, Soltani M (2011) Detection of ice characteristics at Saghez synoptic station. *Journal of Geography and Environmental Studies* 1(1): 59-66. [in Persian with English abstract]
11. Madelin M, Beltrando G (2005) Spatial interpolation – based mapping of the spring frost hazard in the Champagne vineyards. *Meteorological Applications* 12(1): 51–56.
12. Martinez MD, Serra C, Burgueno A, Lana X (2010) Time trends of daily maximum and minimum temperatures in Catalonia (ne Spain) for the period 1957-2004. *International Journal of Climatology* 30(2): 267-290.

13. Mohammadi H, Gozlukho M (2010) Effect of early autumn and late spring frost on grazing in Karaj city. *Geographical Quarterly* 27(7): 93-109. [in Persian with English abstract]
14. Muller GV, Nunez MN Seluchi ME (2000) Relationship between ENSO cycles and frost events within the Pampa Humeda Region. *International journal of climatology* 20 (13): 1619-1637.
15. Seyednezhad-Golekhatmi N, Rezaei-Pejand H (2015) Potential ice age analysis and its relationship with temperature indices (Case Study: Khorasan Razavi Hamadan station). *Water and Soil Journal (Agriculture Sciences and Technology)* 29(4): 838-849. [in Persian with English abstract]
16. Skaggs KE, Irmak S (2012) Long-term trends in air temperature distribution and extremes, growing degree-days, and spring and fall frosts for climate impact assessments on agricultural practices in Nebraska. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 51(11): 2060-2073.
17. Tait A, Zheng X (2003) Mapping frost occurrence using satellite data. *Journal of Applied Meteorology* 42(2): 193-203.
18. Tavakoli M, Hosseini M (2006) Studying and determination of the freezing indexes and its beginning of autumnal freezing in Iran (Case study: Hamadan's Ekbatan station). *Nivar Journal (Iran Meteorological Organization)* 61: 31-42. [in Persian with English abstract]

Detection of the first frost of autumn and the last frost of spring with the climate change approach at Gorgan synoptic station



Agroecology Journal

Vol. 15 No. 3 (49-58)
(autumn 2019)

Hossein Imani pour✉, Abdolreza Kashki, Mina Firooz yazdi

1 Department of Climatology, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

✉ birjand.climate@yahoo.com (corresponding author)

Received: 22 April 2019

Accepted: 14 September 2019

Abstract Changes in the history of the first frost of autumn and the last frost in the spring could be a serious threat to gardeners and farmers. The purpose of this study is to know how this change will be in the future period (2015-2068) compared to the base period (1961-2014) at Gorgan Station. For this purpose, daily data of the Gorgan Minimum Temperature Station was obtained at the observation period from the Golestan Meteorological Office. Then NCEP data, CanESM_RCP_26, RCP_45, RCP 85 were downloaded from Canada's Climate Change site, and using SDSM software, the minimum temperature data for the next period was generated for the three scenarios. Then, the date of the beginning and the end of the glacial to date of Julius was calculated and fitted with SMADA software with different statistical distributions and, using more suitable distributions, the probability of occurrence of freezing days was calculated. The results of this study indicate that the glacial period in the observation period is 75 days. It is also 46 days for the upcoming period in the optimistic scenario. It includes 39 days in the intermediate period and 31 days in the pessimistic scenario, which results in a significant decrease in the duration of the ice period and the increase of the period Growth of plants in the course of the future, which requires more vigilance of planners to deal with the destructive effects of climate change.

Keywords

- ◆ Climate change,
- ◆ Global warming
- ◆ Scenario
- ◆ SDSM
- ◆ The number of frosty days

This open-access article is distributed under the terms of the Creative Commons-BY-NC-ND which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

doi 10.22034/AEJ.2019.672649

