



دانشگاه گواران و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و پنجم، شماره ششم، ۱۳۹۷

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2019.14940.3006

## واکای تعداد روزهای یخبندان ایستگاه همدید گرگان با رویکرد تغییر اقلیم

عبدالرضا کاشکی<sup>۱</sup>، \*حسین ایمانی پور<sup>۲</sup> و مینا فیروززیدی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>استادیار گروه آب و هواشناسی، دانشگاه حکیم سبزواری، دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه آب و هواشناسی، دانشگاه حکیم سبزواری،

<sup>۲</sup>دانش آموخته کارشناسی گروه آب و هواشناسی، دانشگاه حکیم سبزواری

تاریخ دریافت: ۹۷/۱/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۷

### چکیده

**سابقه و هدف:** تغییر تعداد روزهای یخبندان در آینده که به لحاظ کشاورزی و عمرانی دارای اهمیت زیادی است، می‌تواند یکی از پیامدهای تغییر اقلیم و پدیده گرمایش جهانی باشد. شناخت چگونگی و زمان وقوع آن می‌تواند کمک قابل توجهی به بخش کشاورزی داشته باشد. هدف از این مطالعه، اطلاع از میزان تغییر در تعداد روزهای یخبندان در دوره آینده (۲۰۱۵-۲۰۶۸) نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۱۴) برای ایستگاه گرگان می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** به منظور مقایسه تعداد روزهای یخبندان در دوره پایه و آینده داده‌های روزانه دمای کمینه ایستگاه همدیدی گرگان در بازه زمانی ۲۰۱۴-۱۹۶۱ از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. سپس جدیدترین سناریوهای موجود گزارش پنجم هیات بین‌الدول تغییر اقلیم (AR5 2014) شامل سناریوهای RCP از تارنمای تغییر اقلیم کانادا بارگیری و با به‌کارگیری نرم‌افزار آماری ریزمقیاس‌نمایی SDSM داده‌ها برای دوره آتی (۲۰۱۵-۲۰۶۸) در منطقه مورد مطالعه ریزگردانی گردید. در ادامه تعداد روزهای یخبندان در دوره پایه و سناریوهای مذکور محاسبه شد. سپس با استفاده از آزمون ویلکاکسون میزان معنی‌داری اختلاف میانگین تعداد روزهای یخبندان محاسبه گردید.

**یافته‌ها:** به‌طورکلی هدف از این پژوهش بررسی تعداد کل روزهای یخبندان در دوره مشاهداتی و مقایسه آن با سناریوهای مختلف در آینده است که با استفاده از آزمون ویلکاکسون میانگین داده‌های مشاهده‌ای با سه سناریوی ۲/۶ و ۴/۵ و ۸/۵ مقایسه شده است که این مقایسه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها است. (زمانی مقایسه میانگین‌ها معنی‌دار است که کم‌تر از ۰/۰۵ باشد). معنی‌دار بودن میانگین‌ها معرف این است که روزهای یخبندان در آینده کاهش زیادی خواهد داشت. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که در بازه زمانی ۵۴ ساله برای آینده (۲۰۱۵-۲۰۶۸) دمای کمینه برای ایستگاه گرگان افزایش یافته و تعداد روزهای یخبندان کاهش معنی‌دار داشته است. به‌طوری‌که میانگین تعداد روزهای یخبندان در دوره مشاهداتی (۱۹۶۱-۲۰۱۴) حدود ۱۶ روز، در دوره آینده تا سال ۲۰۶۸ در سناریوی ۲/۶، حدود ۸ روز، در سناریوی ۴/۵، حدود ۷ روز و در سناریوی ۸/۵ حدود ۶ روز است.

\* مسئول مکاتبه: [birjand.climate@yahoo.com](mailto:birjand.climate@yahoo.com)

**نتیجه‌گیری:** بر اساس خروجی مدل‌های استفاده شده مقایسه نتایج در دوره پایه و آینده بیانگر افزایش دمای کمینه و کاهش تعداد روزهای یخبندان است، معنی‌دار بودن میانگین‌های تعداد روزهای یخبندان در دوره مشاهداتی و آینده، نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار و شدید روزهای یخبندان و افزایش دمای کمینه در آینده است، که این خود می‌تواند دلیلی بر تغییر اقلیم باشد. یافته‌های این پژوهش و پژوهش‌های مشابه، نتایج مبنی بر افزایش دمای کمینه و همچنین کاهش دوره یخبندان را تأیید می‌کند، که هوشیاری بیش‌تر برنامه‌ریزان را جهت مقابله با آثار مخرب تغییر اقلیم می‌طلبد.

**واژه‌های کلیدی:** تعداد روزهای یخبندان، تغییر اقلیم، گرگان، SDSM

### مقدمه

طی چند دهه اخیر، رشد صنایع و کارخانه‌ها از یک طرف و جنگل‌زدایی و تخریب محیط‌زیست از طرف دیگر باعث افزایش روزافزون تخریب طبیعت و افزایش گازهای گلخانه‌ای در سطح کره زمین شده است (۶). تغییرات اقلیمی در قرن ۲۱ مهم‌ترین چالش پیش‌روی جوامع بشری است. نهادهای پژوهشی بسیاری در سراسر دنیا، شبیه‌سازی‌های گوناگونی را به‌منظور پیش‌بینی اقلیم و فراسنج‌های آن ارائه نموده‌اند. بر اساس گزارش چهارم هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم<sup>۱</sup> متوسط دمای جهانی در قرن بیستم در حدود ۰/۶ درجه سانتی‌گراد فزونی داشته است و این افزایش را برای قرن بیست و یکم در حدود ۱/۱ تا ۴/۶ درجه پیش‌بینی نموده‌اند (۲). افزایش طول دوره رشد، افزایش دما و ذوب شدن یخ‌های قطب شمال و بالا آمدن تراز آب‌ها، کاهش بارش و خشکسالی‌های پیاپی و شدید، افزایش رخداد سیلاب، امواج گرمایی و کاهش امواج سرما به عنوان نشانه‌هایی از تغییر اقلیم، موجب مشکلات اقتصادی و اجتماعی فراوانی در سراسر جهان شده‌اند (۷). یکی از عوامل مهم آب و هوایی که در طی دوره سرد سال در بیش‌تر مناطق کشور بروز می‌کند، پدیده سرما و یخبندان است.

یخبندان تأثیر بسیار زیادی بر روی فعالیت‌های کشاورزی از جمله تغییرات الگوهای کشت، تغییر تاریخ کشت و برداشت، خسارت به محصولات، حمل و نقل، عمران و بسیاری دیگر از فعالیت‌های انسانی دارد. یخبندان با پایین آمدن دما و نزول آن به آستانه بحرانی مشخص شروع می‌شود و با تأثیراتی که در سطح زمین ایجاد می‌کند زندگی انسان‌ها و همچنین فعالیت‌های عمرانی و رشد بازدهی محصولات زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱). گیاهان فقط در محدوده دمایی معینی قادر به ادامه حیات می‌باشند و درجه حرارت محیط طبیعی یا مصنوعی گیاهان در حال جوانه‌زنی یا سبز شدن، نه تنها بقای آنها را کنترل می‌کند، بلکه در رشد و نمو و تولیدمثل اغلب آنها نیز نقش اساسی دارد. درجه حرارت عامل بسیار مهمی در تعیین پراکنش طبیعی گیاهان، زمان کاشت و موفقیت آنها در دوره برداشت به حساب می‌آید. دما، به‌عنوان شاخصی از شدت گرما یکی از عناصر اساسی شناخت هواست که نسبت به سایر عوامل اقلیمی، نقش تعیین‌کننده‌تری را ایفا می‌کند. با توجه به اهمیت موضوع یخبندان در امور کشاورزی و پدیده یخ‌زدگی و سرمازدگی در باغات و محصولات کشاورزی به‌ویژه در شمال کشور به‌دلیل وجود مرکبات، علی‌رغم محدودیت روزهای یخبندان در ایستگاه گرگان بررسی این مطلب ضروری است.

1- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

استان گلستان تحت پدیده تغییر اقلیم پرداختند. نتایج آنان نشان داد میانگین دمای هوا در استان گلستان تا سال ۲۱۰۰ حدود ۴/۳ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد (۵). واکاوی تغییرات اخیر روزهای یخبندان و فصل بدون یخبندان در ایالات متحده آمریکا نشان داد که گرمایش مشاهده شده اخیر در ایالات متحده منجر به کاهش تعداد روزهای یخبندان شده است (۸). به‌طورکلی یخبندان‌ها تأثیرات زیادی بر فعالیت‌های عمرانی و کشاورزی به‌ویژه محصولات باغی دارند، بر این اساس هدف این پژوهش بررسی پدیده سرما و یخبندان در ایستگاه هواشناسی گرگان و مشخص نمودن تعداد روزهای یخبندان در دوره آینده (۲۰۱۵-۲۰۶۸) با استفاده از داده‌های نسل پنجم توسعه توسط هر کدام از سناریوهای RCP\_2.6، RCP\_4.5 و RCP\_8.5 بر اساس خروجی مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM<sup>۱</sup> و مقایسه آن با دوره مشاهده‌ای (۱۹۶۱-۲۰۱۴) می‌باشد.

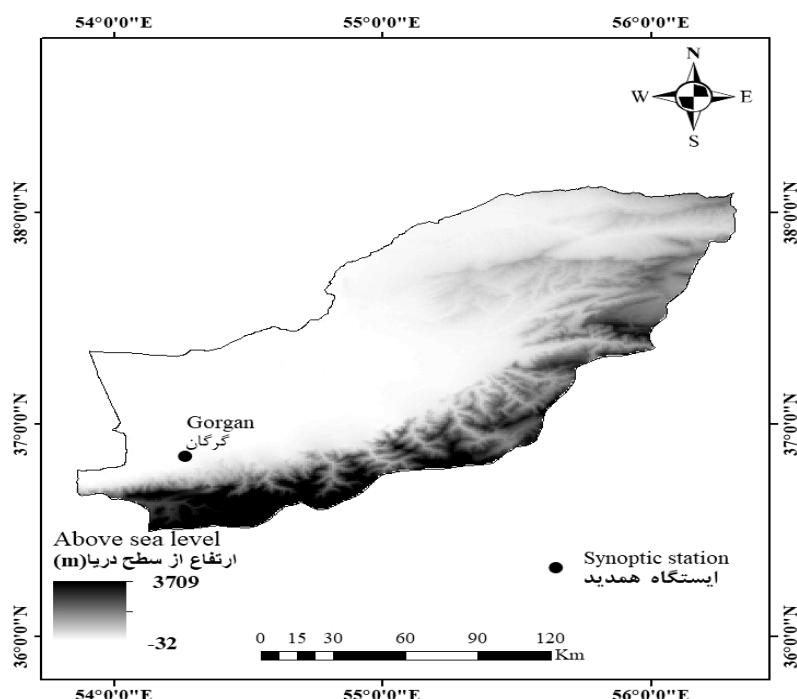
### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** شهر گرگان در بخش جنوبی استان گلستان در شمال‌شرقی ایران و شرق سواحل دریای خزر و در ارتفاع ۱۷۴ متر از سطح دریا، واقع شده است. قسمت‌های جلگه‌ای و اراضی پست گرگان به لحاظ مجاورت با صحرای ترکمنستان، دوری از دریا و کاهش ارتفاعات، آب و هوای نیمه‌بیابانی و گرم دارد. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

نمونه‌های متعددی در این باره در خارج از کشور کار شده است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: بونسال (۲۰۰۱) از طریق روندیابی دماهای کمینه و کرانه‌ای نتیجه گرفت که تعداد روزهای یخبندان در کشور کانادا کاهش یافته است (۶). استرلینگ (۲۰۰۲) تغییرات تعداد روزهای یخبندان و بدون یخبندان را برای ۹ ناحیه کشور آمریکا به روش آماری مورد مطالعه قرار داد، او نتیجه گرفت که طول فصل بدون یخبندان برای دوره ۱۹۴۸-۱۹۹۹ در ایالات متحده افزایش یافته است (۸). مارتینز و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی روند دماهای کمینه و بیشینه کاتالونیا طی دوره زمانی ۱۹۷۵-۲۰۰۴ نتیجه گرفتند که دمای 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 حالی‌که در فصل پاییز روند دمای کمینه و بیشینه کاهش یافته است و میزان آن برابر ۰/۵- درجه سانتی‌گراد در هر دهه است (۱۲).

نمونه‌های متعددی نیز در رابطه با این موضوع در ایران صورت پذیرفته است. بهیار و همکاران (۱۳۹۲) تأثیر تغییر اقلیم بر شماره روز اولین یخبندان پاییزه و آخرین یخبندان بهاره در ایران را با استفاده از مدل SDSM بررسی کرده‌اند، نتایج آن‌ها نشان داد، میانگین شماره روز آخرین یخبندان بهاره در ایستگاه‌های کرمانشاه، گرگان و رشت کاهش و در ایستگاه‌های اصفهان و زاهدان بدون تفاوت و در بقیه ایستگاه‌ها افزایش می‌یابد (۴). بذرافشان و همکاران (۱۳۹۴)، در پژوهشی تحت عنوان مطالعه تطبیقی پهنه‌های اقلیمی استان گلستان تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم به بررسی تغییرات پهنه‌های اقلیمی

1- Statistical Down Scaling Model



شکل ۱- موقعیت ایستگاه همدید گرگان.

Figure 1. Location of Gorgan synoptic station.

طبق سه سناریوی انتشار AR5<sup>۳</sup> شامل (RCP\_8.5 و RCP\_4.5 و RCP\_2.6)<sup>۴</sup> در بازه زمانی ۵۴ ساله (۲۰۱۵/۱/۱-۲۰۶۸/۱۲/۳۱) محاسبه گردید. هیات بین‌الدول تغییر اقلیم در تدوین گزارش پنجم ارزیابی خود AR5 از سناریوهای جدید RCP به‌عنوان نماینده‌های خطوط سیر غلظت‌های گوناگون گازهای گلخانه‌ای استفاده کرده است که بر اساس میزان واداشت تابشی آن‌ها در سال ۲۱۰۰ نام‌گذاری شده‌اند. مدل SDSM روابط و ارتباطات آماری بین رفتارهای بزرگ‌مقیاس (پیش‌بینی‌کننده‌ها) و محلی (پیش‌بینی‌شونده‌ها) را بر اساس روش رگرسیون خطی چندگانه برقرار می‌کند. این ارتباطات با استفاده از داده‌های مشاهداتی ایستگاه و برون‌دادهای (خروجی) مدل‌های گردش عمومی در دوره مشابه دیدبانی ایجاد می‌شوند. فرض بر این است که این روابط در آینده

در این پژوهش برای واکاوی روزهای یخبندان ایستگاه همدید گرگان با رویکرد تغییر اقلیم، داده‌های روزانه دمای کمینه ایستگاه گرگان در بازه زمانی ۲۰۱۴-۱۹۶۱ از اداره کل هواشناسی استان گلستان دریافت شد. در محدوده کشاورزی، یخبندان به رویداد دمایی گفته می‌شود که سبب خسارت به بافت‌های گیاهی شود و در آستانه‌های متفاوت با توجه به نوع گیاه تعیین می‌شود، که در اغلب مواقع، این دمای بحرانی با دمای صفر درجه سانتی‌گراد هماهنگ نیست. به‌طورکلی روزهای یخبندان<sup>۱</sup> تعداد روزهایی از سال است که دمای کمینه روزانه، کم‌تر از صفر درجه سانتی‌گراد باشد (۶). حال جهت واکاوی تعداد روزهای یخبندان ایستگاه گرگان در محیط نرم‌افزار متلب<sup>۲</sup> تعداد روزهای یخبندان به‌صورت ماهانه و سالانه در دوره مشاهداتی (پایه) و دوره آینده

3- Fifth Assessment Report  
4- Representative Concentration Pathways

1- Frost Days  
2- Matlab

$$MAE = 1/n - \sum_{i=1}^n (s_i - o_i) \quad (3)$$

$$R^2 = \left[ \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n (s_i - \bar{s})(o_i - \bar{o}) \right]^2 / (\sigma_s * \sigma_o) \quad (4)$$

که در آن،  $o_i$  داده‌های مشاهداتی،  $s_i$  داده‌های برآورد شده و  $\sigma$  واریانس می‌باشد. مقدار MAE معرف دقت در بسیاری از روش‌های آماری می‌باشد که این مقدار هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده دقت بالای مدل و مقدار صفر، نشان‌دهنده عدم وجود خطا در برآورد مدل است.  $R^2$  بیانگر ارتباط داده‌های دوره پایه و برآورد شده می‌باشد. دامنه این پارامتر بین صفر تا یک است هرچه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده ارتباط قوی بین دو گروه می‌باشد. دامنه ضریب NSE بین  $-\infty$  تا یک می‌باشد دامنه بین صفر تا یک قابل‌قبول و بهترین حالت زمانی است که ضریب NSE برابر یک باشد. PBIAS هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده دقت بالاتر مدل در برآورد متغیر مورد نظر می‌باشد. در صورتی که مقدار این پارامتر به سمت مثبت میل کند نشان‌دهنده این است که متغیر مورد بررسی بسیار کم‌تر از مقدار واقعی برآورد شده است. اگر این پارامتر به سمت منفی میل کند نشان می‌دهد که پارامتر مورد نظر مقدار متغیر را بسیار بیشتر از مقدار واقعی برآورد کرده است. قابل ذکر است که برای این پارامتر آستانه خاصی در نظر گرفته نشده است (۱۳).

**آزمون ویلکاکسون:** از آزمون‌های آماری ناپارامتری است که برای ارزیابی همانندی دو نمونه وابسته با مقیاس رتبه‌ای به کار می‌رود. همان آزمون علامت زوجی است که در آن اختلاف نسبی تفاوت از میانگین لحاظ می‌شود. از پیش‌فرض‌های این آزمون،

نیز صادق باشند، به عبارت دیگر فرض اساسی در ریزمقیاس‌نمایی آماری مستقل از زمان بودن این ارتباطات است. قبل از انجام فرآیند ریزمقیاس‌نمایی توسط این مدل داده‌های مشاهداتی و داده‌های مدل‌های گردش عمومی با توجه به مقادیر میانگین و انحراف معیار آن‌ها در دوره ۲۰۱۵-۱۹۹۰ نرمالیزه می‌شوند. این کار به این دلیل انجام می‌شود که مدل‌های گردش عمومی نمی‌توانند به خوبی اقلیم محلی را مانند دیدبانی شبیه‌سازی نمایند، بنابراین مقایسه این دو با هم قبل از نرمالیزه کردن می‌تواند موجب همبستگی‌های غیرمعقول گردد. متغیرهای پیش‌بینی‌کننده، اطلاعات مربوط به حالت بزرگ مقیاس جو را فراهم می‌کنند، در حالی که متغیرهای پیش‌بینی‌شونده حالت جو را در مقیاس نقطه‌ای/ محلی مشخص می‌کنند (۱۰). در این پژوهش پس از انتخاب بهترین متغیر پیش‌بینی‌کننده و صحت‌سنجی داده‌ها، ریزگردانی داده‌ها برای دوره آینده به صورت روزانه در بازه زمانی ۵۴ ساله (۲۰۱۵-۲۰۶۸) برای سه سناریو مذکور تولید شد.

در نهایت به منظور انتخاب مدل گردش عمومی جو و سناریو مناسب داده‌های ریزمقیاس‌سازی شده توسط مدل با داده‌های مشاهداتی مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت راستی‌آزمایی عملکرد مدل‌ها و مقایسه آن‌ها از روش معیارهای آماری مرسوم PBIAS، NSE، MAE و  $R^2$  استفاده گردید. این معیارها بر اساس رابطه‌های ۱ تا ۴ محاسبه می‌شوند.

$$PBIAS = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (o_i - s_i) * 100}{\sum_{i=1}^n (o_i)} \right] \quad (1)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (o_i - s_i)^2}{\sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})} \quad (2)$$

## نتایج

دقت برآورد مدل: پس از تعیین متغیرهای Mslp، P500 و Temp به عنوان متغیرهای منتخب در پیش‌بینی دوره آینده با استفاده از نیمه اول داده‌های دوره مشاهداتی دقت مدل در شبیه‌سازی داده‌های NCEP مورد بررسی قرار گرفت. سپس برای پیش‌بینی دوره آینده ۵۴ ساله آینده از کل داده‌های روزانه ۵۴ ساله دوره مشاهداتی استفاده گردید. مقادیر MAE بین صفر تا ۱/۲، میزان  $R^2$  در سناریوها حدود ۰/۷ می‌باشد که نشان‌دهنده دقت قابل قبول در مدل می‌باشد. دامنه ضریب NSE حدود ۰/۳ و قابل قبول می‌باشد. در داده‌های NCEP نزدیک صفر و قابل قبول می‌باشد و در دوره آینده به سمت مثبت میل می‌کند.

تصادفی بودن نمونه‌ها و حداقل فاصله‌ای بودن مقیاس اندازه‌گیری متغیر مورد مطالعه است (۳). مقایسه زوجی در دو گروه مستقل از یکدیگر گاهی اوقات می‌تواند بر اساس تفاضل‌های زوجی بر طبق مقادیر عددی آن‌ها بدون توجه به علامت‌ها، مرتب شده و سپس برای تشکیل آماره آزمون، رتبه‌های مربوط به مشاهدات مثبت با یکدیگر جمع شوند، این شیوه اساس آزمون رتبه علامت‌دار ویلکاکسون است (۱۱). در این پژوهش به دلیل نرمال نبودن داده‌ها از این آزمون استفاده شده است. در مراحل مختلف این پژوهش از نرم‌افزارهای EXCEL، SDSM، ArcGIS، Matlab و SPSS نیز استفاده شده است.

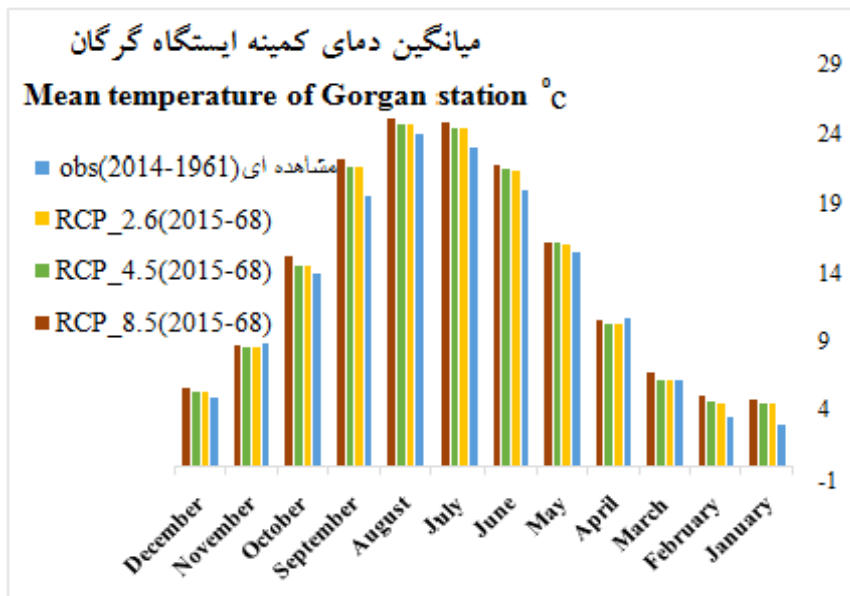
جدول ۱- معیارهای عملکرد سناریوهای مختلف در مقایسه با دوره مشاهده‌ای در ایستگاه گرگان.

Table 1. Performance criteria for different scenarios compared to the observation period at Gorgan.

سناریو Scenario	ضریب تشخیص $R^2$	ضریب کارایی نش- ساتکلیف NSE	میانگین قدرمطلق خطا MAE	اریبی PBIAS
NCEP	0.75	0.3	0.008	0.06
RCP_2.6	0.76	0.27	0.83	6.1
RCP_4.5	0.767	0.28	0.834	6.17
RCP_8.5	0.769	0.29	1.24	8.89

که بیانگر افزایش حدود یک‌درجه‌ای دمای کمینه در ۵۴ سال آینده نسبت به دوره مشاهداتی می‌باشد. سناریوهای ۲/۶ و ۴/۵ نتایج مشابهی را نشان می‌دهند اما سناریوی ۸/۵ افزایش دمای بیش‌تری را نشان می‌دهد. نتایج نشان‌دهنده این است که دمای کمینه در تمامی سناریوها در دوره آینده نسبت به دوره مشاهداتی افزایش پیدا کرده است و این امر بیانگر کاهش معنی‌دار روزهای یخبندان در دوره آینده می‌باشد.

پس از اطمینان از دقت مدل در برآورد، داده‌های دوره آینده جهت تحلیل و بررسی مورد استفاده قرار گرفت. در شکل ۲ دمای کمینه ایستگاه گرگان در دوره مشاهداتی و آینده بر اساس سه سناریوی ۲/۶، ۴/۵ و ۸/۵ آورده شده است. میانگین دمای کمینه در دوره مشاهداتی (۱۹۶۱-۲۰۱۴) به میزان ۱۲/۸ درجه سانتی‌گراد و در دوره آینده (۲۰۱۵-۲۰۶۸) در سناریوی ۲/۶ به میزان ۱۳/۵۵، در سناریوی ۴/۵ به میزان ۱۳/۵۴ و در سناریوی ۸/۵ به میزان ۱۳/۹۵

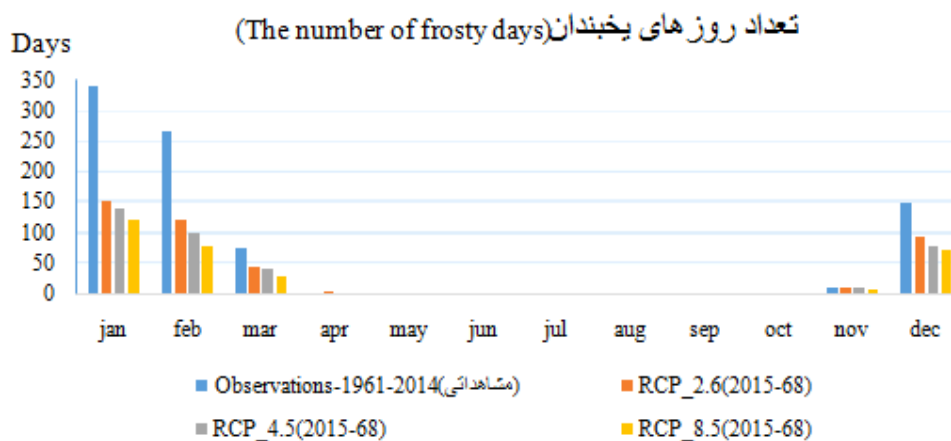


شکل ۲- میانگین دمای کمینه ایستگاه گرگان در دوره مشاهده‌ای و آینده.

Figure 2. The average temperature of the Gorgan station in the observation and future period.

تغییر خواهد شد. به‌عنوان مثال میانگین تعداد روزهای یخبندان در ماه ژانویه از حدود ۳۴۰ روز در دوره ۵۴ سال مشاهده‌ای به ۱۴۰ روز در ۵۴ سال آینده کاهش خواهد یافت.

با توجه به شکل ۳ در ایستگاه همدید گرگان ملاحظه می‌گردد تنها ماه‌های سرد سال (نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس) دارای روز یخبندان است که با توجه به نتایج به‌دست آمده از افزایش دما در ۵۴ سال آینده تعداد روزهای یخبندان دست‌خوش



شکل ۳- مقایسه تعداد روزهای یخبندان در دوره پایه و آینده.

Figure 3. Compare the number of freezing days in the base and future periods.

حذف شدن ماه آوریل در این مقایسه به این دلیل است که روزهای یخبندان در این ماه در داده‌های مشاهده‌ای و سناریوی ۲/۶ و ۴/۵ کلا دو روز است و در سناریوی ۸/۵ هیچ روز یخبندانی نداریم. نتایج به‌دست آمده از طریق این مقایسه در جدول‌های ۲، ۳ و ۴ قابل مشاهده می‌باشد. در جدول ۲ مقایسه میانگین‌های ماه نوامبر و دسامبر به این علت معنی‌دار نیست که تعداد روزهای یخبندان در این ماه‌ها بسیار کم است و بنابراین آزمون جوابگو نیست. با توجه به جدول ۳ تمام مقایسه‌ها به‌دلیل محدودیت روزهای یخبندان در سناریوی ۴/۵ معنی‌دار است.

مقایسه میانگین: این داده‌ها از الگوی نرمال پیروی نمی‌کنند، 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. به‌طورکلی هدف از این پژوهش بررسی تعداد کل روزهای یخبندان در دوره مشاهداتی و مقایسه آن با سناریوهای مختلف در آینده است که با استفاده از آزمون ویلکاکسون میانگین داده‌های مشاهده‌ای با سه سناریوی ۲/۶ و ۴/۵ و ۸/۵ مقایسه شده است، این مقایسه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها است. معنی‌دار بودن میانگین‌ها معرف این است که روزهای یخبندان در آینده کاهش زیادی خواهد داشت. البته

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های داده‌های مشاهده‌ای و سناریوی ۲/۶ در ماه‌های مختلف.

Table 2. Comparison of observation data and scenarios of 2.6 in different months.

ژانویه Jan	فوریه Feb	مارس Mar	نوامبر Nov	دسامبر Dec	سالانه Year	RCP_2.6 و مشاهداتی (obs)
-3.531	-3.513	-1.867	-0.295	-1.45	-4.411	خطای استاندارد میانگین (Z)
0	0	0.062	0.767	0.145	0	سطح معنی‌داری (P-value)

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های داده‌های مشاهده‌ای و سناریوی ۴/۵ در ماه‌های مختلف.

Table 3. Comparison of observational data and scenarios 4.5 in different months.

ژانویه Jan	فوریه Feb	مارس Mar	نوامبر Nov	دسامبر Dec	سالانه Year	RCP_4.5 و مشاهداتی (obs)
-3.703	-3.834	-2.297	-0.321	-1.965	-4.792	خطای استاندارد میانگین (Z)
0	0	0.022	0.748	0.049	0	سطح معنی‌داری (P-value)

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های داده‌های مشاهده‌ای و سناریوی ۸/۵ در ماه‌های مختلف.

Table 4. Compares the mean of observational data and the scenario 8.5 in different months.

ژانویه Jan	فوریه Feb	مارس Mar	نوامبر Nov	دسامبر Dec	سالانه Year	RCP_8.5 و مشاهداتی (obs)
-4.225	-4.275	-2.983	0.483	-2.048	-5.239	خطای استاندارد میانگین (Z)
0	0	0.003	0.629	0.041	0	سطح معنی‌داری (P-value)



یخبندان در دوره مشاهداتی (۲۰۱۴-۱۹۶۱) حدود ۱۶ روز، در دوره آینده تا سال ۲۰۶۸ در سناریوی ۲/۶ حدود ۸ روز، در سناریوی ۴/۵ حدود ۷ روز و در سناریوی ۸/۵ حدود ۶ روز است که کاهش روزهای یخبندان در آینده کاملاً مشهود است که این خود پیامد منطقی تغییر اقلیم و گرمایش جهانی در آینده است. لازم به ذکر است که نتایج به دست آمده از این پژوهش، نتایج پژوهشگران دیگر مانند بذرافشان و همکاران (۱۳۹۴)، بهیار و همکاران (۱۳۹۲)، اسماعیلی و همکاران (۱۳۸۹) (۹)، صداقت‌کردار و رحیم‌زاده (۱۳۸۵) (۱۴) و مهدوی و همکاران (۱۳۸۳) مبنی بر افزایش دمای کمینه و همچنین کاهش دوره یخبندان را تأیید می‌کند، که هوشیاری بیش‌تر برنامه‌ریزان را جهت مقابله با آثار مخرب تغییر اقلیم می‌طلبد.

معنی‌دار بودن میانگین‌های تعداد روزهای یخبندان در دوره مشاهداتی و آینده در جدول‌های بالا به‌خصوص در سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵ نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار و شدید روزهای یخبندان و افزایش دمای کمینه در آینده است که این خود می‌تواند دلیلی بر تغییر اقلیم باشد.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش با در نظر گرفتن تعداد روزهای یخبندان و مقایسه آن‌ها در دوره مشاهداتی و آینده سعی بر مشخص کردن چگونگی تعداد روزهای یخبندان در آینده و تغییر اقلیم بوده است. مقایسه نتایج در دوره پایه و آینده بیانگر افزایش دمای کمینه و کاهش تعداد روزهای یخبندان است، بر اساس خروجی مدل‌های استفاده‌شده، میانگین تعداد روزهای

### منابع

1. Alijani, B., Mahmoudi, P., Rigi Khachi, E., and Khosravi, P. 2010. Investigating the persistence of freezing days in Iran using the Markov chain model. The 73<sup>th</sup> Natural Geographic Survey. 73: 1-20. (In Persian)
2. Altafi, N. 2017. Introduction of Climate Change Modeling. Bachelor project. Karaj Environmental Faculty.
3. Asghari, J., Abadi, M., and Mohammadi, S.M. 1393. Statistical Series: Common Nonparametric Methods. J. Diabete and Metabolism of Iran. 14: 3. 145-162. (In Persian)
4. Bahiar, M.B., Khayand Andish, M., and Zamanian, M.T. 2013. Investigating the effects of climate change on the number of days of the first autumn frost and the last frost of spring in Iran using SDSM scale magnitudes. The 15<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> Climate Stud. J. Year 4. (In Persian)
5. Bazrafshan Daryasari, M., Meftah Halghi, M., Ghorbani, Kh., and Ghahraman, N. 2015. Comparative study of climatic regions of Golestan province under different climate change scenarios. J. Water Soil Cons. 22: 5. 187-202. (In Persian)
6. Bonsal, B., Zhang, R.X., Vincent, L.A., and Hogg, W.D. 2001, Characteristics of Daily and Extreme Temperature Canada Climate. 14: 1959-197. 10.
7. Darand, M. 2012. Assessment and Recognition of Climate Change in Iran over the past decade. Iran's Watershed Sciences and Engineering. 30: 9. 1-7. (In Persian)
8. Easterling, D.R. 2002. Recent changes in frost days and the frost-free season in the united states, American meteorological society. 83: 1327-1332.
9. Esmaili, R., Habibi No Khandan, M., and Fallah Gholheri, G.A. 2010. Evaluation of Changes in the Growth and Freezing Rate Due to Climatic Oscillations Case study: Khorasan Razavi. Natural Geography Research. 73: 69-82. (In Persian)
10. IPCC Semenov, M.A. 2007. Developing of High-resolution UKCUP20. based Climate Change Scenarios in the UK, Agricultural Forest Meteorology, 144: 127-138.
11. Mahdavi, M., and Taher Khani, M. 2004. Application of Statistics in Geography. Gomes Publishing. Pp: 300-301. (In Persian)

12. Martinez, M.D., Serra, C., Burgueno, A., and Lana, X. 2010. Time trends of daily maximum and minimum temperatures in Catalonia (ne Spain) for the period. 2004-1957, *Inter. J. Clim.* 30: 267-290.
13. Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D., and Veith, T.L. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE.* 50: 3. 885-900.
14. Sedaghat Kerdar, A., and Rahimzade, F., 2008. The Changes of Growth Season Length in Second Half of 20 Century in Iran, Investigate in *Constructiveness Quarterly*, issue 75.



## **Analysis of frosty days in Gorgan synoptic station with climate change approach**

**A.R. Kashki<sup>1</sup>, \*H. Imani Pour<sup>2</sup> and M. Firooz Yazdi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof. of Climatology, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran,

<sup>2</sup>M.Sc. Graduate, Dept. of Climatology, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran,

<sup>3</sup>Undergraduate Student Degree in Climatology, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

Received: 04.16.2018; Accepted: 10.29.2018

### **Abstract**

**Background and Objectives:** Changing the number of frosty days in the future, which is important for agriculture and development, can be one of the consequences of climate change and the phenomenon of global warming. Understanding how and when it happens can help the agricultural sector. The purpose of this study is to determine the change in the number of frosty days in the future period (2068-2015) compared to the base period (1961-2014) for the Gorgan station.

**Materials and Methods:** In order to compare the number of freezing days in the base and future periods, daily data on the minimum temperature of the Gorgan station was received from the Iranian Meteorological Organization during the period 1966-2014. The latest available scenarios of the Fifth Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR5 2014), which include RCP scenarios, were downloaded from the Canadian Climate Change Web site and, using the SDSM macroeconomic statistics software, data for the upcoming period (2068-2015) in the region was scaled down. Afterward, the number of frosty days in the base period and the scenarios was calculated. Then, Wilcoxon test showed a significant difference between the mean numbers of frosty days.

**Result:** In general, the purpose of this study is to investigate the total number of freezing days during the observation period and compare it with different scenarios in the future. In order to achieve this goal, using the Wilcoxon test, the mean of observational data with three scenarios 2.6, 4.5 and 8.5 respectively. This comparison shows a significant difference between the means. (The compare means is significant when it is less than 0.05). Meaningful meanings indicate that frosty days will be reduced significantly in the future. The results of this research indicate that in the next 54 years (2015-2068), the minimum temperature will increase for Gorgan station and the number of frost days will significantly decrease. The average number of freezing days in the base period (1961-2016) is about 16 days, in the upcoming period until 2068 in the scenario 2.6, about 8 days, in the scenario 4.5, about 7 days and in the scenario 8.5, about 6 days.

**Conclusion:** Based on the results of the used models, the comparison of results in the base and future periods indicates a minimum temperature increase and a decrease in the number of freezing days. The significance of the average number of freezing days in the observation and future period indicates a significant and severe decrease of frosty days and low minimum temperatures in the future, which could be a reason for climate change. The findings of this research and similar studies confirm the results of the increase in minimum temperature and also the reduction of the frost phase, which requires a greater awareness of planners to deal with destructive effects of climate change.

**Keywords:** Climate change, Frosty days, Gorgan, SDSM

---

\* Corresponding Author; Email: [birjand.climate@yahoo.com](mailto:birjand.climate@yahoo.com)

