

بررسی تأثیرات تغییر اقلیم بر طول فصل رشد در چشم انداز ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ در چند نمونه اقلیمی ایران

محمد مهدی اکبریان

استادیار گروه کشاورزی، اعضای هیئت علمی، واحد بم، دانشگاه آزاد اسلامی، بم، ایران

امید محمدپور

دانشجوی دکتری، رشته آگرو تکنولوژی، دانشکده کشاورزی، واحد بم، دانشگاه آزاد اسلامی، بم، ایران

چکیده

از دیدگاه هواشناسی کشاورزی فصل رشد عبارت است از دوره ای که گیاه قادر به رشد باشد. این دوره عموماً به فاصله بین آخرین یخبندان بهاره و اولین یخبندان، پاییزه که دما از آستانهای معین بالاتر است (صفر) یا ۵ درجه سانتی گراد) اطلاق میشود در آینده یکی از روشهای مطالعه اقلیم استفاده از خروجی مدلهای گردش عمومی جو است. اما این مدلها به دلیل قدرت تفکیک زمانی و مکانی پایین گویای تغییر اقلیم منطقه ای نیستند در این تحقیق از مدلی آماری برای ریز مقیاس نمایی نتایج مدلهای گردش عمومی جو تحت دو سناریوی انتشار A2 و B1 در چند نمونه اقلیمی استفاده شد. نتایج این تحقیق برای چشم انداز ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ بر مبنای سناریوی A2 نشان میدهد برای آستانه دمایی صفر درجه سانتیگراد طول فصل رشد در مقایسه با اقلیم گذشته در ایستگاههای مشهد، تهران، اصفهان، رشت و زاهدان افزایش و در ایستگاههای تبریز، کرمان و گرگان کاهش خواهد یافت تحت سناریوی B1، مشخص شد متغیر مذکور در ایستگاههای مشهد و تهران و رشت روندی افزایشی و در ایستگاههای کرمان و گرگان روندی کاهشی در مقایسه با اقلیم گذشته دارد برای آستانه دمایی ۵ درجه سانتیگراد طول فصل رشد بر مبنای سناریوهای A2 و B1 برای همه ایستگاه ها، به جز شیراز افزایش خواهد یافت برای ۵ روز متوالی با آستانه دمایی کمتر از ۵ درجه سانتیگراد تحت سناریوهای A2 و B1، در ایستگاههای تهران، مشهد، اصفهان، تبریز، کرمان و کرمانشاه افزایش خواهد یافت به طور کلی، طول فصل رشد برای هر سه آستانه دمایی تحت هر دو سناریوی انتشار در ایستگاههای مشهد و تهران و رشت افزایش خواهد یافت و در ایستگاه اصفهان فقط با آستانه دمایی صفر درجه مبتنی بر سناریوی B1 تغییری مشاهده نشد و برای بقیه حالات در این ایستگاه روندی افزایشی مشاهده شد.

واژگان کلیدی تغییر اقلیم، طول فصل رشد، اقلیمی ایران

مقدمه

تأثیر روش های کوچک مقیاس کردن رگرسیونی بر رژیم سیلاب رودخانه نشان داد روش آماری - رگرسیونی نسبت به سایر روش ها نتایج بهتری دارد و کوچک مقیاس کردن داده های روزانه نسبت به داده های فصلی نتایج بهتری به دست می دهد. همچنین مطالعه روند رخداد یخبندان دیررس بهاره، زودرس پاییزه، طول دوره بدون یخبندان، و تعداد روزهای یخبندان به منظور کاهش خسارات کشاورزی در کشور ایران حاکی از آن بود که جز در تبریز و زاهدان طول دوره ای که گیاه دور از ریسک مواجهه با یخبندان می تواند رشد کند به طور معناداری افزایش یافته است. همچنین جز زاهدان تعداد روزهای یخبندان در سایر ایستگاهها به طور معناداری کاهش یافته در مطالعات انجام شده در خارج از کشور ایران نیز می توان به تحلیل روند طول فصل رشد در آلاسکا پرداخت. این تحقیق روند طول فصل رشد و تاریخ اولین یخبندان پاییز و آخرین یخبندان بهار را در هشت ایستگاه هواشناسی بین سالهای ۱۹۲۴ و ۱۹۸۹ ارزیابی می کند. دو دمای حداقل صفر و ۳ درجه سانتی گراد به عنوان معیار مشخص شدن تاریخ های یخبندان استفاده شدند. محاسبات روند افزایشی طول فصل رشد را در سه ایستگاه نشان می دهد که نتیجه رخداد زودتر یخبندان های دیررس بهاره است. همچنین تأثیر روش های کوچک مقیاس کردن رگرسیونی بر رژیم سیلاب رودخانه نشان داد روش آماری - رگرسیونی نسبت به سایر روش ها نتایج بهتری دارد و کوچک مقیاس کردن داده های روزانه نسبت به همچنین مشخص شد طول فصل رشد در سه ایستگاه دیگر، طی دوره آماری ۱۹۷۰ تا ۰۴۹۱، کوتاه تر شد. در تحقیق دیگری روند تغییرات برخی شاخص های اقلیمی - کشاورزی (طول فصل رشد، تاریخ آخرین یخبندان بهاره، درجه روزهای بالاتر از صفر درجه قبل از آخرین یخبندان بهاره) طی دوره ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۴ در چند منطقه رومانی مطالعه شد.

همچنین تأثیر روش های کوچک مقیاس کردن رگرسیونی بر رژیم سیلاب رودخانه نشان داد روش آماری - رگرسیونی نسبت به سایر روش ها نتایج بهتری دارد و کوچک مقیاس کردن داده های روزانه نسبت به داده های فصلی نتایج بهتری به دست می دهد. همچنین مطالعه روند رخداد یخبندان دیررس بهاره، زودرس پاییزه، طول دوره بدون یخبندان، و تعداد روزهای یخبندان به منظور کاهش خسارات کشاورزی در کشور ایران حاکی از آن بود که جز در تبریز و زاهدان طول دوره ای که گیاه دور از ریسک مواجهه با یخبندان می تواند رشد کند به طور معناداری افزایش یافته است. همچنین جز زاهدان تعداد روزهای یخبندان در سایر ایستگاهها به طور معناداری کاهش یافته در مطالعات انجام شده در خارج از کشور ایران نیز می توان به تحلیل روند طول فصل رشد در آلاسکا پرداخت. این تحقیق روند طول فصل رشد و تاریخ اولین یخبندان پاییز و آخرین یخبندان بهار را در هشت ایستگاه هواشناسی بین سالهای ۱۹۲۴ و ۱۹۸۹ ارزیابی می کند. دو دمای حداقل صفر و ۳ درجه سانتی گراد به عنوان معیار مشخص شدن تاریخ های یخبندان استفاده شدند. محاسبات روند افزایشی طول فصل رشد را در سه ایستگاه نشان می دهد که نتیجه رخداد زودتر یخبندان های دیررس بهاره است. همچنین تأثیر روش های کوچک مقیاس کردن رگرسیونی بر رژیم سیلاب رودخانه نشان داد روش آماری - رگرسیونی نسبت به سایر روش ها نتایج بهتری دارد و کوچک مقیاس کردن داده های روزانه نسبت به همچنین مشخص شد طول فصل رشد در سه ایستگاه دیگر، طی دوره آماری ۱۹۷۰ تا ۰۴۹۱، کوتاه تر شد. در تحقیق دیگری روند تغییرات برخی شاخص های اقلیمی - کشاورزی (طول فصل رشد، تاریخ آخرین یخبندان بهاره، درجه روزهای بالاتر از صفر درجه قبل از آخرین یخبندان بهاره) طی دوره ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۴ در چند منطقه رومانی مطالعه شد.

نتایج بیانگر افزایش نسبی طول دوره بدون یخبندان و عدم تغییر معنادار طول دوره رشد است. در مرور جامع دیگری تغییرات طول فصل رشد طی قرن گذشته بررسی شد. نتایج مطالعه نشان داد در مجموع تغییرات درون سالیانه این کمیت بیشتر از تغییرات سالیانه

است. بیشتر این تغییرات در طول فصل رشد و مراحل فنولوژیکی در سی سال آخر قرن رخ داده است. از مطالعات تأثیر تغییر اقلیم می توان به مطالعه تغییرات طول فصل رشد در چهارده حوزه آب ریز در یازده ایالت امریکا اشاره کرد. نتایج مطالعه در مقادیر سالیان ۴۲ تا ۲۷ روز در سه سناریوی انتشار گازهای گلخانه ای، در همه حوزه های مطالعاتی افزایش نشان داد.

بیشترین افزایش در مناطق کوهستانی و کمترین آن در دشت های غرب میانه و شمال شرق و جنوب شرق مشاهده شد. داده های فصلی نتایج بهتری به دست می دهد. همچنین مطالعه روند رخداد یخبندان دیررس بهاره، زودرس پاییزه، طول دوره بدون یخبندان، و تعداد روزهای یخبندان به منظور کاهش خسارات کشاورزی در کشور ایران حاکی از آن بود که جز در تبریز و زاهدان طول دوره ای که گیاه دور از ریسک مواجهه با یخبندان می تواند رشد کند به طور معناداری افزایش یافته است. همچنین جز زاهدان تعداد روزهای یخبندان در سایر ایستگاهها به طور معناداری کاهش یافته در مطالعات انجام شده در خارج از کشور ایران نیز می توان به تحلیل روند طول فصل رشد در آلاسکا پرداخت. این تحقیق روند طول فصل رشد و تاریخ اولین یخبندان پاییز و آخرین یخبندان بهار را در هشت ایستگاه هواشناسی بین سالهای ۱۹۲۴ و ۱۹۸۹ ارزیابی می کند. دو دمای حداقل صفر و ۳ درجه سانتی گراد به عنوان معیار مشخص شدن تاریخ های یخبندان استفاده شدند. محاسبات روند افزایشی طول فصل رشد را در سه ایستگاه نشان می دهد که نتیجه رخداد زودتر یخبندان های دیررس بهاره است.

هدف اصلی

این مطالعه مقایسه میانگین طول فصل رشد برای اقلیم گذشته و آینده در اقالیم مختلف ایران بر اساس سناریوهای مختلف تغییر اقلیم است.

مواد و روش ها

داده های استفاده شده در این مطالعه از آمار دوازده ایستگاه هواشناسی سینوپتیک تهران، بندرعباس، شیراز، اصفهان، بوشهر، زاهدان، کرمان، کرمانشاه، تبریز، مشهد، گرگان، و رشت با توجه به سه اصل تنوع اقلیمی (جدول ۱) و پراکنش جغرافیایی مناسب و وضعیت آماری (طول دوره و کامل بودن داده ها) استفاده شد. این دادهها شامل بارندگی و حداقل و حداکثر دما در مقیاس روزانه در دوره آماری چهل و چهار ساله (۱۹۶۱-۵۰۰۲) است.

جدول ۱. نوع اقلیم ایستگاه های منتخب در سیستم طبقه بندی اقلیمی دومارتن گسترش یافته

نوع اقلیم S

میانگین میانگین دمای بارندگی

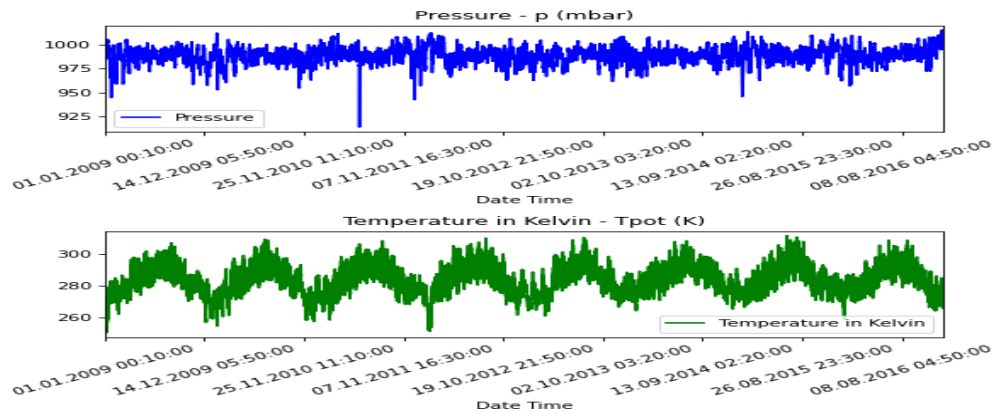
ایستگاه

سالیانه S^m۶ سالیانه mm

سینوپتیک S

تهران S	۳/۱۷S	۱/۲۳۶S	خشک بیابانی S
بندرعباس S	۹/۲۶S	۰/۱۷۸S	فراخشک S
شیراز S	۷/۱۷S	۱/۳۲۸S	نیمه خشک معتدل S
اصفهان S	۰/۱۶S	۷/۱۲۰S	خشک بیابانی S
بوشهر S	۵/۲۴S	۶/۲۵۳S	فراخشک S
زاهدان S	۰/۲۰S	۰/۱۲۰S	فراخشک بیابانی S
کرمان S	۸/۱۵S	۰/۱۳۵S	خشک بیابانی S
کرمانشاه S	۰/۱۴S	۰/۴۵۶S	نیمه خشک سرد S
تبریز	۲/۱۲S	۰/۳۱۰S	نیمه خشک S
مشهد S	۰/۱۴S	۰/۲۴۱S	نیمه خشک S
گرگان S	۹/۱۷S	۰/۵۵۰S	مدیترانه ای S
رشت S	۹/۱۵S	۱۳۵۹/۰S	خیلی مرطوب نوع الف

تحلیل روند یکی از روش های متداول جهت تحلیل سری های زمانی هواشناسی بررسی وجود یا عدم روند در آنها با استفاده از روش های آماری است. اصولاً وجود روند در سری های زمانی هواشناسی ممکن است ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیم یا اثر فعالیت انسانی باشد. اثبات وجود روند معنادار در یک سری زمانی به تنهایی نمی تواند دلیل قاطع بر وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه باشد؛ بلکه فرض رخداد آن را تقویت می کند. روش های آماری متعددی جهت تحلیل روند سری های زمانی ارائه شده است. این روش ها در دو دسته کلی روش های پارامتری و ناپارامتری قابل تقسیم بندی اند. روش های ناپارامتری نسبت به روش های پارامتری کاربردی وسیع تر و چشمگیرتر دارند. مبنای کلی ه روش های آماری مطرح کردن دو فرضیه صفر (m -) و یک (b -) و آزمودن آن ها بر اساس تکنیک هایی خاص و در نهایت پذیرش یکی از دو فرضیه است. پذیرفتن فرض صفر یعنی عدم روند و پذیرفتن فرض یک یعنی وجود روند معنادار در سری داده ها. آزمون ناپارامتری استفاده شده در این تحقیق شامل آزمون من کندال است.



آزمون من کندال را ابتدا $(b/ *) = an$ و سپس $\{ (b/ -) \}$ بسط و توسعه دادند. این روش به طور متداول و گسترده در تحلیل روند سری های هواشناسی به کار می رود. از نقاط قوت این روش می توان به مناسب بودن کاربرد آن اشاره کرد برای سری های زمانی ای که از توزیع خاصی پیروی نمی کنند. تأثیر ناچیز این روش از مقادیر حدی، که در برخی سری های زمانی مشاهده می شود، از دیگر مزایای استفاده از این روش است.

فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم روند در سری داده ها دلالت می کند و پذیرفتن فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده هاست. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

الف) محاسبه اختلاف مشاهدات متوالی و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S:

$$n-b \quad n \quad s = \sum \sum sign \quad xU \quad j - xk$$

$$k=bj=b$$

رابطه n تعداد مشاهدات سری و X_j و X_k به ترتیب داده های /زام و داده های kام سریاند.

تابع علامت نیز به شرح زیر قابل محاسبه است:

اگر n تعداد داده های مشاهده ای و m تعداد سری هایی است که در آن ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. آتیز بیانگر فراوانی داده ها با ارزش یکسان است.

در آزمون دودامنه، جهت روندیابی سری داده ها، فرض صفر در $Z \leq \alpha$ صورتی پذیرفته می شود که باشد؛ که α سطح معنادار است و برای آزمون در نظر گرفته می شود و $Z \alpha$ آماره نرمال استاندارد در سطح معناداری $\alpha/2$ است. در بررسی حاضر این آزمون برای سطوح ۵۹ درصد و ۹۹ درصد به کار رفت. در صورتی که آماره Z مثبت باشد، روند سری داده ها صعودی و در صورتی که منفی باشد، روند سری داده ها نزولی در نظر گرفته می شود. این آماره برای سطوح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد به ترتیب برابر است با ۱/۹۶ و ۲/۵۸.

ریزمقیاس نمایی مدل های گردش عمومی چون مدل های چرخش عمومی جَو (° = ۶) می توانند اطلاعات جامعی درباره پاسخ جَو به افزایش غلظت گازهای گلخانه ای فراهم کنند. این مدل ها وابسته به زمان اند و شبیه سازی های عددی سه بعدی، شامل حرکات

جَوّی و تبادلات گرمایی و اندرکنش های یخ و اقیانوس و خشکی، دارند. مدل استفاده شده در این مطالعه (=۷۶@- است) (جدول ۲) که مرکز تحقیقاتی انگلستان آن را نوشته است.

جدول ۲ معرفی مدل گردش عمومی جو HADCM3

مدل اقلیمی جهانی	نام اختصاری مدل	دقت مکانی S	سناریوهای انتشار	نوره های شبیه سازی شده S	مرجع S
ad-۱S =	@-۱S =	$WK^{\circ}SWS)K_{\epsilon}$	$b^{\circ}aS@WaS^{\circ}S@b$	$swaWmWmsa^{\circ}S$ $SWm\ saSWm/ms$	$KSWmmaSPope^{\circ}SU^{\circ}ordonSetIal$ $KWmmmJa^{\circ}etIal$
		S			
aseline ^o					
جدول ۳ معرفی سناریوهای انتشار گازهای گلخانه ای و فرض بهای کاررفته در آن ها و غلظت ۲Co (بر حسب پی پی ام) در دهه های مختلف (غلظت ۲Co برای سناریوی پایه IPCC, 2007a) پی پی ام)					
فرض های کلیدی	سناریو	غلظت ۲Co در دهه های			
		۲۰۹۰S	۲۰۵۵S	۲۰۲۰S	
b ^o	جهانی قابل تحمل، تغییرات سریع در ساختارهای اقتصادی و غیر مادی که شامل افزایش سرمایه و نگرانی های زیست محیطی، یک مشارکت جهانی برای مسائل اجتماعی و محیط زیست وجود دارد و برای معرفی تکنولوژی پاک تلاش می شود، جمعیت به ۹.۱۰S میلیارد در سال می رسد.	۵۳۸S	۴۹۲S	۴۱۰S	
S@W	دنیا به جداسده، هویت فرهنگی در مناطق مختلف در حال جداسدن است که موجب افزایش غیریکنواختی و احتمال کاهش همکاری های بین المللی میشود. به کاهش خانواده ها و سنت های محلی، رشد بالایی جمعیت در آن تأکید شده است. توجه کمتری به رشد اقتصادی (۱/۶۵% در سال) و ۷۵۴S ثروت مادی شده است.	۷۵۴S	۵۴۵S	۴۱۴S	

سناریوهای مختلف انتشار به مدل معرفی می شود و هر یک وضعیت گازهای گلخانه ای را تا سال ۲۱۰۰ بر اساس فرض های مختلف وضعیت اقتصادی و اجتماعی و تغییرات رشد جمعیت کره زمین نشان می دهد. جدول ۳ دو سناریوی استفاده شده در این تحقیق را معرفی می کند.

خروجی مدل های ۶= دقت مکانی و زمانی لازم را برای مطالعات تغییر اقلیم منطقه ای ندارد. روش های مختلفی برای ریزمقیاس نمایی وجود دارد؛ از جمله روش های دینامیکی، نظیر مدل های گردش جو منطقه ای ۱ (R۶=)، و روش های آماری ۲S ۱S=

در این مطالعه از روش های آماری مبتنی بر مولد داده های هواشناسی استفاده شد. اساس کار مولدها برقراری همبستگی آماری بین متغیرهای اتمسفری بزرگمقیاس و متغیرهای محلی است. از مولد ۳RSVW@ برای ریزمقیاس نمایی آماری استفاده شد. در نسخه پنجم ۳RSVW@، که در این تحقیق از آن استفاده شد، از توزیعی نیمه تجربی برای تخمین توزیع های احتمال چند متغیر اقلیمی استفاده می شود K در نسخه پنجم تعداد بازه های استفاده شده در توزیع نیمه تجربی از ۰۱ به ۲۳ افزایش یافت تا نسبت به توزیع

داده های مشاهده شده حساسیت بیشتری داشته باشد. برای هر متغیر اقلیمی U_i مقدار U_i با توجه به احتمال آن P_i محاسبه می شود.

برای تخمین درست مقادیر حدی متغیرهای اقلیمی چند مقدار P_i نزدیک به صفر برای مقدار پایین حدی متغیرهای اقلیمی و چند P_i نزدیک به ۱ برای مقادیر بالای حدی متغیرها در نظر گرفته می شود و بقیه P_i ها به طور مساوی در مقیاس احتمال توزیع می شوند. برای دمای حداقل و دمای حداکثر هم از دو مقدار نزدیک به صفر و دو مقدار نزدیک به ۱ برای تخمین وقایع حدی پایین و بالا استفاده می شود؛ مثلاً $P_1=0.01$ ، $P_2=0.02$ ، $P_{nVW}=0.98$ ، $P_{nVB}=0.99$ ، یافته های تحقیق

بررسی روند طول فصل رشد در اقلیم گذشته آزمون ناپارامتری من کندال برای تحلیل روند متغیرهای مورد مطالعه اجرا شد و در نهایت آماره این آزمون به دست آمد (جدول ۴). آماره به دست آمده از این آزمون در سطح معناداری ۹۵ درصد و ۹۹ درصد با آماره مورد نظر جدول مقایسه شد.

جدول ۴. آماره Z به دست آمده با استفاده از روش من کندال

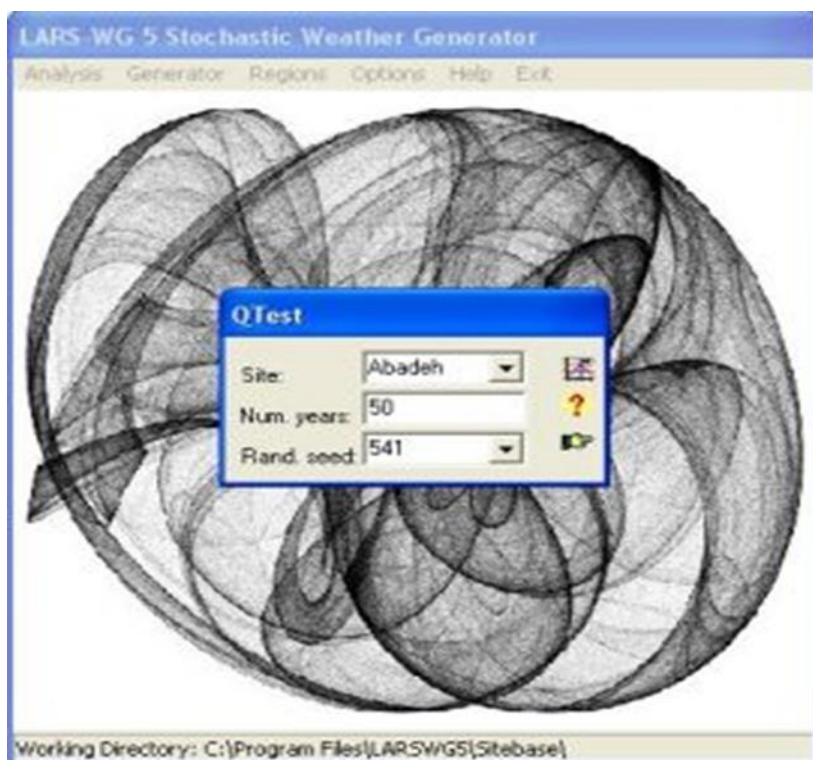
طول فصل رشد ایستگاه S	تعریف S1	تعریف S2	تعریف S3
تهران S	wwS28/3	wS99/1	wS92/1
مشهد S	91/0	S04/1	S40/0-
اصفهان S	00/0	S96/0	S83/0
شیراز S	wwS62/4	S85/0	S43/0
تبریز S	90/1	S11/1	S61/0
کرمان S	10/0	wS45/2	S08/1
بندرعباس S	-S	-S	-S
رشت S	wwS99/2	S51/0	S22/0
گرگان S	S19/1-	S46/0	wS98/2
کرمانشاه S	w98/1	wS17/2	S91/0
بوشهر S	-S	-S	-S
زاهدان S	wS18/2	S59/1	wS96/1

می توان از جدول ۴، بر اساس معنادار بودن آماره ها، نتیجه گرفت که طول فصل (تعریف ۱) برای ایستگاه های تهران، شیراز، رشت، کرمانشاه، و زاهدان روندی معنادار و افزایشی دارد. طول فصل رشد (تعریف ۲) برای ایستگاه های تهران، کرمان، و

کرمانشاه روندی معنادار و افزایشی دارد. طول فصل رشد (تعریف ۳) برای ایستگاه های تهران، گرگان، و زاهدان روندی معنادار و افزایشی دارد. به طور کلی میتوان نتیجه گرفت طول فصل رشد برای ایستگاه تهران بر مبنای هر سه تعریف روندی افزایشی در اقلیم گذشته داشته است.

مدل $RSVW @ ^0$ از سه بخش اصلی کالیبره کردن مدل، ارزیابی مدل، و شبیه سازی داده های هواشناسی تشکیل می شود. به طور کلی، توانمندی مولد داده های آب وهوایی بر ارزیابی تغییر اقلیم در منطقه مورد مطالعه اثری مستقیم دارد. بنابراین، در ابتدا توانمندی این مدل با استفاده از داده های ۴۵ سال دیدبانی شده دوازده ایستگاه سینوپتیک کشور ارزیابی شد. بدین منظور یک سناریوی حالت پایه برای دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵ تهیه و مدل $RSVW @ ^0$ بر آن اجرا شد.

داده های دیدبانی و مدل سازی شده برای دو پارامتر دمای بیشینه و کمینه و ویژگی های آماری آن ها شامل انحراف معیار، میانگین، خطاهای نسبی، و مقدار همبستگی - با آزمون های مختلف، نظیر آزمون t و S ، برای ارزیابی مدل استخراج گردید و برای همۀ ایستگاه های مورد مطالعه تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد توانمندی مدل در مدل سازی دمای بیشینه و کمینه بسیار بالاست (شکل ۱)؛ هرچند انحراف معیار مقادیر مدلسدها اغلب کمتر از مقادیر دیدبانی شده بود (شکل ۲).



برآورد طول فصل رشد در چشم انداز ۰۲۰۲ تا ۲۰۵۰ و مقایسه آن با اقلیم گذشته در برآورد طول فصل رشد در اقلیم آینده بیان چند نکته حائز اهمیت است:

در اقلیم آینده ایستگاه های شیراز، زاهدان، گرگان، و رشت تعریف ۳ طول فصل رشد قابل استخراج نیست؛ زیرا بیشتر از T_8 : میانگین دما در دوره ۰۲۰۲ تا ۲۰۵۰ و TP : میانگین دما در دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵

RA : میانگین بارندگی در دوره ۰۲۰۲ تا ۲۰۵۰ و RP : میانگین بارندگی در دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵

جدول ۵. نسبت پارامتر مطالعه شده طول فصل رشد، بارندگی، و دما در اقلیم آینده به اقلیم گذشته در سناریوی A2

ایستگاه					
تهران S	۰۱/۱S	۰۲/۱S	۰۲/۱	۱۷/۱	۰۹/۱
مشهد S	۲۳/۱	۰۲/۱S	۰۳/۱S	۱۴/۱	۲۴/۱
اصفهان S	۰۴/۱	۰۱/۱S	۱۵/۱S	۱	۰۷/۱
شیراز S	۹۹/۰S	۹۹/۰S	SV	۲۹/۱	۱/۱
تبریز S	۹۸/۰	۰۲/۱S	۰۵/۱S	۱۴/۱	۱/۱
کرمان S	۹۵/۰	۰۱/۱S	۰۴/۱S	۲۵/۱	۰۷/۱
بندرعباس S	SV	SV	SV	۷۵/۱	۳۸/۱
رشت S	۰۳/۱S	۰۲/۱S	SV	۲۰/۱	۲۷/۱
گرگان S	۸۶/۰S	۰۱/۱S	SV	۱۳/۱	۰۴/۱
کرمانشاه S	۱S	۰۳/۱S	۰۴/۱S	۰۹/۱	۰۵/۱
بوشهر S	SV	SV	SV	۴۰/۱	۰۷/۱
زاهدان S	۰۱/۱	۰۲/۱S	SV	۵۰/۱	۰۵/۱

جدول ۶. نسبت پارامتر مطالعه شده طول فصل رشد، بارندگی، و دما در اقلیم آینده به اقلیم گذشته در سناریوی B1

ایستگاه	۲	۱
تهران S	۰۲/۱S	۰۲/۱S
مشهد S	۰۴/۱	۰۲/۱S

اصفهان S	۱S	۰۴/۱S	۱۶/۱S	۳۳/۱	۰۶/۱
شیراز S	۹۸/۰S	۹۹/۰S	SV	۲۹/۱	۰۹/۱
تبریز S	۹۹/۰	۰۲/۱S	۰۶/۱S	۱۴/۱	۱۲/۱
کرمان	۹۶/۰	۰۱/۱S	۰۳/۱S	۰۰/۱	۰۶/۱
بندرعباس	SV	SV	SV	۲۵/۱	۳۸/۱
رشت S	۰۲/۱S	۰۳/۱S	SV	۲۰/۱	۲۹/۱
گرگان S	۸۶/۰S	۰۳/۱S	SV	۱۹/۱	۰۴/۱
کرمانشاه S	۱S	۰۳/۱S	۰۵/۱S	۲۷/۱	۰۵/۱
بوشهر S	SV	SV	SV	۲۰/۱	۰۷/۱
زاهدان S	۰۲/۱	۰۲/۱S	SV	۰۰/۱	۰۴/۱

با توجه به جدولهای ۵ و ۶ می توان نتایج به دست آمده را به صورت زیر خلاصه کرد:

نتایج جدول حاکی از افزایش دما در همه ایستگاه های مورد مطالعه و افزایش بارندگی در همه ایستگاه ها، به جز ایستگاه کرمان و زاهدان، است؛ که در مقدار بارش تفاوت چندانی در مقایسه با اقلیم گذشته مشاهده نمی شود.

الف) مقایسه میانگین طول فصل رشد برآورد شده (۸' و) میانگین طول فصل رشد مشاهده شده (P') (تعریف ۱):

- سناریوی @W: در چشم انداز ۲۰۲۰ تا ۰۵۰۲ در جدول

۵ مشاهده می شود که در ایستگاه شیراز ۸Ubj'، تبریز، کرمان، و گرگان نیز ۸Ubj' در مقایسه با PUBj' با وجود وقوع افزایش دما کاهش یافته است.

- سناریوی ۵b: در جدول ۶ مشاهده می شود که در ایستگاه شیراز ۸Ubj'، تبریز، کرمان، و گرگان نیز ۸Ubj' در مقایسه با PUBj' با وجود وقوع افزایش دما کاهش یافته است.

چهار روز متوالی دمای کمتر از درجه ۵ سانتی گراد مشاهده نیست. نتایج حاصل از هر سه تعریف طول فصل رشد برای دوره نمی شود و در اقلیم فراهشک، که شامل ایستگاه بندرعباس و ۲۰۲۰ تا ۰۵۰۲ بر اساس سناریوهای @W و ۵ شبیه سازی و با بوشهر است، هیچیک از تعاریف طول فصل رشد قابل استخراج اقلیم گذشته مقایسه شدند.

در نهایت می توان گفت که این نتایج متناقض و متفاوت بین ایستگاههای مورد مطالعه در مطالعات قبلی هم دیده می شود؛ مثلاً عزیزی (۱۳۸۷) در تحقیقی که با هدف آشکارسازی تغییر اقلیم در غرب کشور انجام داد دریافت میانگین درجه حرارت روزانه در برخی ایستگاه ها روندی کاهشی و در برخی دیگر روندی افزایشی دارد. در حقیقت می توان گفت این قبیل تفاوت های مکانی

جزء ذات اقلیم بهشمار می روند و توان آشکارسازی این تغییرات جزء مزیت ها و قابلیت های عمده مدل های ریزمقیاس نمایی در مطالعات منطقه ای و محلی است.

(ب) مقایسه میانگین طول فصل رشد برآورد شده (۸) و میانگین طول فصل رشد مشاهده شده (P)

تعریف ۲:

- سناریوی W@ در جدول ۵ مشاهده می شود که در ایستگاه شیراز UJW ۸ در مقایسه با PUWJ با وجود وقوع افزایش دما کاهش یافته است .

- سناریوی b ۵: در جدول ۶ مشاهده می شود که در ایستگاه شیراز UJW ۸ در مقایسه با PUWJ با وجود وقوع افزایش دما کاهش یافته است .

(ج) مقایسه میانگین طول فصل رشد برآورد شده (۸) و میانگین طول فصل رشد مشاهده شده (P)

تعریف ۳:

- سناریوی W@ برای همه ایستگاه هایی که تعریف مذکور صادق است افزایش پیش بینی می شود .

- سناریوی B1: برای همه ایستگاه هایی که تعریف مذکور صادق است افزایش پیش بینی می شود.

نتیجه گیری

با توجه به شکل های ۳ و ۴ مشاهده میشود که UJb ۸ مبتنی بر سناریوی W@ برای دوره ۲۰۲۰ تا ۰۵۰۲ در ایستگاه های مشهد، تهران اصفهان، رشت، و زاهدان به ترتیب ۱۳، ۱۲، ۹، ۱۱، و ۷ روز افزایش و در ایستگاه های تبریز، کرمان، و گرگان به ترتیب ۵، ۷، و ۳۰ روز کاهش را در مقایسه با اقلیم گذشته ' PUJb نشان می دهد. برای سناریوی b ۵ در دوره ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ این متغیر در ایستگاه های مشهد و تهران و رشت به ترتیب ۸ و ۵ و ۷ روز افزایش و در ایستگاه های کرمان و گرگان به ترتیب ۹ و ۴۸ روز کاهش در مقایسه با اقلیم گذشته داشت. UJW ۸ تحت سناریوی W@ در همه ایستگاه ها به جز ایستگاه شیراز، که اختلاف معناداری دیده نمیشود، بین ۶ تا ۰۱ روز افزایش این متغیر مشاهده می شود. همچنین تحت سناریوی b ۵ در دوره ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ متغیر مذکور برای همه ایستگاهها به جز شیراز بین ۴ تا ۲ روز افزایش می یابد. UJ ۸ مبتنی بر سناریوی W@ در ایستگاههای



تهران و مشهد و اصفهان به ترتیب ۶۱ و ۲۴ و ۴۸ و در ایستگاه های تبریز و کرمان و کرمانشاه ۸۱ روز افزایش را در مقایسه با ' PU)J نشان می دهد. ل(۸U ' برای سناریوی ۵b در ایستگاه های تهران، مشهد، اصفهان، تبریز، کرمان، و کرمانشاه به ترتیب ۵۱، ۴۴، ۱۱، ۵، و ۴۱ روز افزایش در مقایسه با ' PU)J نشان می دهد. به طور کلی طول فصل رشد برای هر سه آستانه دمایی تحت هر دو سناریوی انتشار در ایستگاه های مشهد و تهران و رشت افزایش خواهد یافت. در ایستگاه اصفهان فقط برای آستانه دمایی صفر درجه مبتنی بر سناریوی ۵b تغییری مشاهده نشد و برای بقیه حالات روند افزایشی مشاهده شد. تحقیقات اسماعیلی (۱۳۸۹) نشان می دهد افزایش طول فصل رشد ' PubJ در ایستگاه مشهد به مدت ۵۱ روز برای سناریوی @b با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. همچنین ایشان نشان دادند که طول فصل رشد در ایستگاه تربت حیدریه کاهش و ادر یستگاه سبزوار افزایش می یابد.



منابع

- Abassi, F., Malbusi, S., Babaeian, I., Asmari, M., and Brohani. R. (2010). Climate change prediction of South Khorasan province during, 2010-2039, by using statistical downscaling of ECHO-G dat, J. Water and Soil, 24(2): 218-233, (In Farsi).
- Brooks, C. E. P. and Carrthers, N. (1953). Handbook of statistical methods in meteorology, London, 480 p.
- Carter, T. R. (1998). Changes in the thermal growing season in Nordic countries during the past century and prospects for the future, Agric Food Sci, Finland 7, 161–179.
- Christiansen, D. E., Steven L., and Markstrom, Lauren, E. Hay, (2011), Impacts of climate change on the growing season in the United States, Earth Interact, 15, 1–17, doi: <http://dx.doi.org/10.1175/2011EI376.1>.
- Dubrovsky, M. (1996). Validation of the stochastic weather generator Met&ROLL, Meteorogickeo Zpravy, 49, 12.
- Esmaili, R., Habibi, M., and Fallah ghalhari, Gh. (2011). The changes assessment of growth season length and freezing due to climate fluctuation- Case-study: Khorasan Razavi province, Physical Geography Research Quarterly, (73): 69-82, (In Farsi).
- Francis, P., Burton, M. R., and Oppenheimer, C. (2000). Remote measurements of volcanic gas 425 compositions by solar occultation spectroscopy, Nature, 396, 567-570.
- Frich, P., Alexander, L. V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A. M. G., and Peterson, T. (2002). Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the 20th century, Climate Res, 19, 193–212.
- Johnson, G. L., Hanson, C. L., Hardegree, S. P., and Ballard, E. B. (1996). Stochastic Weather Simulation: overview and analysis of two commonly used models, J. Applied Meteorology, 35, 1878-1896.
- Lettenmaier, P., Wood, E. F., and Wallis, R. (1994). Hydro-climatological Trends in the Continental United States, 1948–1988, J. Climate, 7, 586607.