



## پیش بینی اثر تغییر اقلیم بر دما و بارش دهه ۲۰۲۰

مسعود گودرزی<sup>۱</sup> محمد جعفر سلطانی<sup>۲</sup>

۱- استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری تهران

۲- عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری تهران

۱- پست الکترونیک: massoudgoodarzi@yahoo.com

### چکیده

روند شتابان تغییرات اقلیمی در دهه‌های اخیر چه در اثر عوامل طبیعی و چه در اثر فعالیت‌های صنعتی باعث شده که توجه زیادی به پیش‌بینی آن شود. در این تحقیق تلاش شده است تا اثرات پدیده تغییر اقلیم بر میزان دما و بارش حوزه آبخیز اسکندری واقع در استان اصفهان که از منابع مهم تامین کننده آب سد زاینده رود می باشد، برای دهه ۲۰۲۰ بررسی گردد. بدین منظور از مدل LARS-WG جهت ریز مقیاس نمایی داده‌های پیش یابی مدل Had-CM3 استفاده شده است. نتایج حاکی از افزایش ۷/۲ درصدی بارش سالانه و افزایش یک درجه سانتی‌گرادی دمای متوسط سالانه می‌باشد. با بررسی مقادیر فصلی پارامترهای اقلیمی می‌توان بیان داشت که بارش در فصل تابستان بیش از فصول دیگر کاهش داشته و در این فصل افزایش دمای قابل توجهی مشاهده می‌شود، بدین ترتیب در دهه آینده با کمبود آب جدی در این فصل روبرو خواهیم بود.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، حوزه آبخیز اسکندری، مدل LARS-WG، مدل HadCM3

### مقدمه

پس از انقلاب صنعتی، بدلیل افزایش روزافزون صنایع و بواسطه آن افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، توازن گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر زمین برهم خورده و مقادیر آن به خصوص میزان گاز دی‌اکسیدکربن افزایش یافته است. افزایش گازهای گلخانه‌ای تغییراتی را در اقلیم کره زمین به وجود آورده است که در نوشته‌های علمی به آن تغییر اقلیم اطلاق می‌شود [۹]. مهم‌ترین اثر تغییر اقلیم تاثیرگذاری آن بر پدیده‌های حدی جوی و اقلیمی نظیر طوفان، سیل، تگرگ، خشکسالی، امواج گرمایی و سرماهای نابهنگام خواهد بود [۱]. با توجه به تشدید مخاطرات زیستی تحت تنش تغییر اقلیم و همچنین با توجه به اینکه امروزه مسائل مهم اقتصادی-اجتماعی و پروژه‌های طولانی مدت نظیر مدیریت منابع آب و کشاورزی با تصور ثابت ماندن متوسط‌های اقلیمی تصمیم‌گیری می‌شوند، لذا لازم است شرایط اقلیمی آینده برآورد شده تا تصمیمات و برنامه ریزی‌ها بر اساس واقعیات اصلاح گردد. معتبرترین ابزار جهت بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر سیستم‌های مختلف، استفاده از متغیرهای اقلیمی شبیه‌سازی شده توسط مدل‌های گردش عمومی جفت شده جوی-اقیانوسی<sup>۱</sup> است [۱۰]. این مدل‌ها پارامترهای جوی و اقیانوسی را با استفاده از سناریوهای تایید شده IPCC<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> Atmospheric-Ocean General Circulation Model

<sup>۲</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change

مدلسازی می‌کنند. مدل‌های مذکور دارای قدرت تفکیک مکانی کمی بوده بدین جهت برای فائق آمدن به این ضعف لازم است خروجی مدل‌ها قبل از استفاده در مطالعات ارزیابی تغییر اقلیم، ریزمقیاس<sup>۳</sup> شوند [۱۱]. دو روش دینامیکی و آماری جهت ریزمقیاس‌نمایی مدل‌های اقلیمی وجود دارد. در روش ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی<sup>۴</sup> معادلات حاکم بر بسته هوا در شبکه‌های ریزتری از شبکه مدل گردش عمومی جو<sup>۵</sup> با استفاده از روش‌های آنالیز عددی از قبیل تفاضل محدود حل می‌شوند [۷]. ریزمقیاس‌نمایی به این روش مستلزم سامانه‌های پردازشی پرسرعت و صرف وقت زیاد می‌باشد، لذا استفاده از این مدل‌ها با وجود دقت بالای آن‌ها رواج چندانی در میان محققین کشورمان نداشته‌است. ریزمقیاس‌نمایی آماری شامل بسط روابط کمی بین متغیرهای بزرگ مقیاس اتمسفری و متغیرهای محلی می‌باشد. کوچک مقیاس کردن آماری با سه روش اصلی طبقه‌بندی هواشناسی، مدل‌های رگرسیونی و مولدهای هواشناسی انجام می‌شود. در روش طبقه‌بندی هواشناسی الگوهای هواشناسی بر طبق شباهتشان با یک سری از داده‌های اقلیمی دسته‌بندی شده، سپس برای مناطق اقلیمی غالب دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از مهمترین مدل‌ها در این روش، مدل آنالوگ است که جهت پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی به کار می‌رود. روش‌های دیگر شامل طبقه‌بندی فازی، رویکردهای هیبریدی و مونت کارلو است. مدل‌های رگرسیونی اصولاً یا به صورت خطی و یا غیرخطی ارتباط پیش‌بینی شونده‌ها و پیش‌بینی‌کننده‌ها را نشان می‌دهد. این مدل‌ها شامل روش‌های رگرسیون خطی، آنالیز همبستگی، شبکه عصبی و کریجینگ است. مدل‌های مصنوعی مولد هواشناسی<sup>۶</sup> در دو مرحله پارامترهای هواشناسی را شبیه‌سازی می‌کنند ابتدا رخداد بارندگی و شدت آن و در مرحله بعد سایر پارامترها مانند دمای کمینه، بیشینه، تابش، سرعت باد و رطوبت را شبیه‌سازی می‌کنند [۴]. امروزه مطالعات بسیاری با استفاده از مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری LARS-WG، CLIMGEN، SDSM، MET&ROLL و غیره جهت مدلسازی اقلیمی مورد صورت گرفته است. ویبلی و همکاران جهت پیش‌داده‌های بارش در کشور انگلستان و ارزیابی تغییرات فصلی آن از مدل SDSM استفاده نمودند [۱۴]. مک کی و همکاران امکان استفاده از مدل CLIMGEN را در کشور کانادا ارزیابی نمودند [۱۲]. بابائیان و همکاران در مطالعه‌ای تغییرات اقلیمی کشور کره جنوبی با استفاده از مدل LARS-WG در دوره زمانی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ مورد بررسی قرار دادند [۶]. در ایران نیز بابائیان و نجفی نیک از مدل LARS-WG برای بررسی پارامترهای اقلیمی استان خراسان بهره جستند [۲]. کمال و مساح بوانی از با استفاده از مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM نوسانات و مقادیر متوسط متغیرهای دما و بارش حوضه قره سو را شبیه‌سازی نمودند [۵]. بحری و دستورانی با استفاده از روش ریزمقیاس‌نمایی تناسبی تغییرات اقلیمی ایستگاه شهرکرد را بررسی نمودند [۳].

در مطالعه حاضر تلاش بر این است که با پیش‌داده‌های اقلیمی مشاهداتی طی سال‌های ۱۹۶۵ تا ۲۰۰۸ و با بدست آوردن پیش‌یابی خروجی مدل HadCM3 سال ۲۰۳۰-۲۰۱۱ تحت سناریوی A2 و ریزمقیاس‌نمایی آن‌ها با استفاده از مدل LARS-WG جهت مشخص کردن دگرگونی‌های دما و بارش حوضه آبخیز اسکندری پرداخته شود.

## مواد و روش‌ها

### ۱. معرفی مدل

مدل LARS-WG یکی از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هوا است که برای تولید بارش روزانه، تابش، دمای ماکزیمم و مینیمم روزانه در یک ایستگاه تحت شرایط اقلیم حاضر و آینده استفاده می‌شود. نسخه اولیه آن در بوداپست در سال ۱۹۹۰ میلادی به عنوان بخشی از پروژه ارزیابی ریسک‌های کشاورزی در کشور مجارستان

<sup>3</sup> Downscale

<sup>4</sup> Dynamical Downscaling

<sup>5</sup> General Circulation Models

<sup>6</sup> Weather Generators(WG)

ابداع شد. دلیل اصلی تولید این مدل غلبه بر نقاط ضعف زنجیره مارکف بود که به کرات از آن برای مدلسازی رخداد بارش استفاده شده است. در واقع در نسخه‌های جدید این مدل به خاطر ضعف روش مارکف از توزیع نیمه تجربی استفاده گردید. مدل LARS-WG برای طول روزهای تر و خشک، بارش روزانه و تابش آفتابی از توزیع نیمه تجربی زیر استفاده می کند:

$$EPM = \{a_0, a_i, h_i, i = 0, 1, \dots, 10\}$$

که در اینجا EPM یک هیستوگرام با ده بازه با شدت‌های مختلف بارش است و داریم  $\langle a_i \rangle$  و  $a_{i-1}$  و  $h_i$  تعداد رخداد بارش در  $i$  امین فاصله را نشان می‌دهد. مقادیر تصادفی از توزیع‌های نیمه تجربی با انتخاب یکی از فاصله‌ها و سپس انتخاب یک مقدار در آن محدوده از توزیع یکنواخت مشخص می‌شوند. این نوع توزیع قابل انعطاف بوده و می‌تواند تا حدودی تبدیل به تنوع وسیعی از شکل‌های گوناگون با بازه‌های مختلف  $[a_{i-1}, a_i]$  شوند. فاصله  $[a_{i-1}, a_i]$  براساس توزیع قابل انتظار از رفتار متغیرهای هواشناسی است. برای تابش خورشیدی فاصله‌ها بین مقادیر بیشینه و کمینه داده‌های دیدبانی شده ماهانه برابر هستند، در صورتی که برای طول سری خشک و تر و بارش، اندازه فاصله‌ها به تدریج با افزایش  $i$  افزایش می‌یابد. در این دو مورد نوعاً مقادیر کوچک به تعداد زیاد و مقادیر بزرگ به مقدار کمی وجود دارند که این نحوه انتخاب فاصله از به کار بردن یک دقت پائین برای فواصل کوچک جلوگیری می‌کند. از آنجا که پارامتر تابش از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کند، بنابراین یک توزیع نیمه تجربی مبتنی بر تعداد روزهای تر و خشک برای همانند سازی تابش روزانه به کار می‌رود. در این مدل تابش به طور مستقل از دما مدل شده است. همچنین می‌توان به جای تابش از ساعات آفتابی نیز استفاده کرد. برای یک روز تر مقدار بارش از توزیع نیمه تجربی بارش ماه مورد نظر و به طور مستقل از سری‌های تر یا مقدار بارش در روز قبل به دست می‌آید. دمای بیشینه و کمینه روزانه به صورت فرآیندهایی تصادفی با میانگین و انحراف معیارهای روزانه که وابسته به تر یا خشک بودن روز مورد نظر هستند، مدل سازی می‌شوند. سری فوریه نیز درجه حرارت را تخمین می‌زند. سری فوریه مرتبه سوم برای همانند سازی میانگین و انحراف معیار درجه حرارت فصلی به کار می‌رود. مقادیر مانده‌ها که از تفریق مقادیر میانگین تولید شده از مقادیر دیده بانی شده به دست می‌آیند، برای محاسبه خود همبستگی زمانی داده‌های بیشینه و کمینه مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۳]. فرآیند تولید داده‌های مصنوعی توسط این مدل در سه مرحله انجام می‌گیرد: کالیبره کردن داده‌ها، ارزیابی داده‌ها، تولید داده‌های هواشناسی برای دوره آتی.

## ۲- معرفی مدل HadCM3 و سناریوی A2

در جداول شماره ۱ و ۲ به ترتیب مشخصات مدل HadCM3 و سناریوی A2 بیان شده است.

جدول ۱. مشخصات مدل HadCm3 [۸]

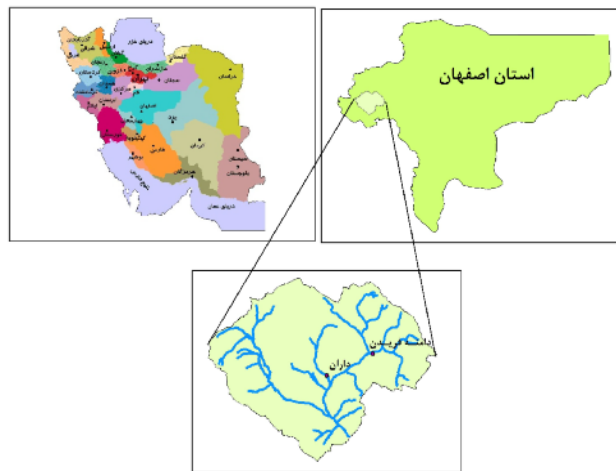
سناریوهای شبیه سازی شده	طول دوره شبیه سازی (سال)	دوره شبیه سازی گاز های گلخانه ای و ذرات معلق در گذشته	دقت مکانی (طول*عرض)	
A1,A2 B1,B2	دوره کنترل: ۲۴۰ سناریو های انتشار: ۱۹۵۰-۲۰۹۹	co2: 1860-1989 so4: 1860-1989	۳/۷۵*۲/۵	HadC M3

جدول ۲. مشخصات سناریوی اقلیمی A2 در سال ۲۱۰۰ نسبت به سال ۱۹۹۰ [۸]

افزایش جهانی سطح آب (cm)	تغییر متوسط دمای میانگین (سانتی گراد)	غلظت CO <sub>2</sub> (ppmv)	جمعیت (بیلیون نفر)	A2
۶۲	۳/۱	۸۳۴	۱۵/۱	

### ۳- داده‌ها، منطقه و دوره مورد مطالعه

حوزه آبخیز اسکندری واقع در استان اصفهان از سرشاخه‌های سد زاینده رود و یکی از منابع مهم تامین کننده آب شهر اصفهان بوده، لذا پایش و پیش بینی بارندگی و دمای این منطقه ضروری به نظر می‌رسد. شکل شماره ۱ موقعیت منطقه مطالعاتی را به نمایش می‌گذارد.



شکل شماره ۱- موقعیت حوزه آبخیز اسکندری

جهت انجام مطالعه پیش رو از ایستگاه کليماتولوژی دامنه فریدن که دارای آمار طولانی مدت و ارتفاعی برابر با ارتفاع متوسط وزنی حوزه آبخیز اسکندری می‌باشد و همچنین ایستگاه سینوپتیک داران استفاده شده است. دوره آماری ۱۹۶۵-۲۰۰۸ میلادی به عنوان دوره پایه لحاظ گردیده است. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه، داده‌های دیدبانی شده ایستگاه‌های مورد مطالعه شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و ساعت آفتابی به صورت روزانه و داده‌های سناریوی A2 به عنوان سناریوی حدواسط مدل گردش عمومی جو HadCM3 می‌باشند. جهت ارزیابی تغییرات پارامترهای اقلیمی بارش و دما در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ (دهه ۲۰۲۰) از روش ریزمقیاس نمایی آماری و مدل تولید داده LARS-WG استفاده شده است. به منظور کالیبره کردن و اطمینان از صحت کارکرد مدل، یک سناریوی حالت پایه و بدون در نظر گرفتن هیچگونه تغییر اقلیم برای دوره آماری پایه ۱۹۶۵-۲۰۰۸ تدوین و مدل برای این دوره اجرا گردید، سپس خروجی‌های مدل که شامل دمای کمینه و بیشینه روزانه، بارش، تابش و انحراف معیار آن‌ها می‌باشد، با داده‌های ۴۴ سال دیدبانی شده مقایسه گردیدند. ارزیابی مدل LARS-WG از طریق مقایسه داده‌های دوره مشاهداتی و داده‌های تولید شده توسط مدل با استفاده از نمودارهای مقایسه ای و پارامترهای آماری  $RMSE^7$ ،  $MAE^8$ ،  $NSE^9$  صورت گرفت. فرمول‌های شماره ۱ تا ۴ بیانگر این آمارها می‌باشند. مقدار پارامتر  $NSE$  بین منهای بینهایت و یک متغیر می‌باشد و هرچه این مقدار به یک نزدیک تر باشد نشان دهنده بیش تر بودن دقت

<sup>7</sup> Root Mean Square Error

<sup>8</sup> Mean Absolute Error

<sup>9</sup> Nash- SutcliffeS

مدل است. پارامترهای MAE و RMSE خطای مدل را نشان می‌دهند و پایین تر بودن مقادیر مربوط به این دو معیار نمایانگر کارایی بهتر مدل می‌باشد. نزدیک به صفر بودن پارامتر BIAS نیز نشان دهنده دقت بیش تر مدل در شبیه سازی است.

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

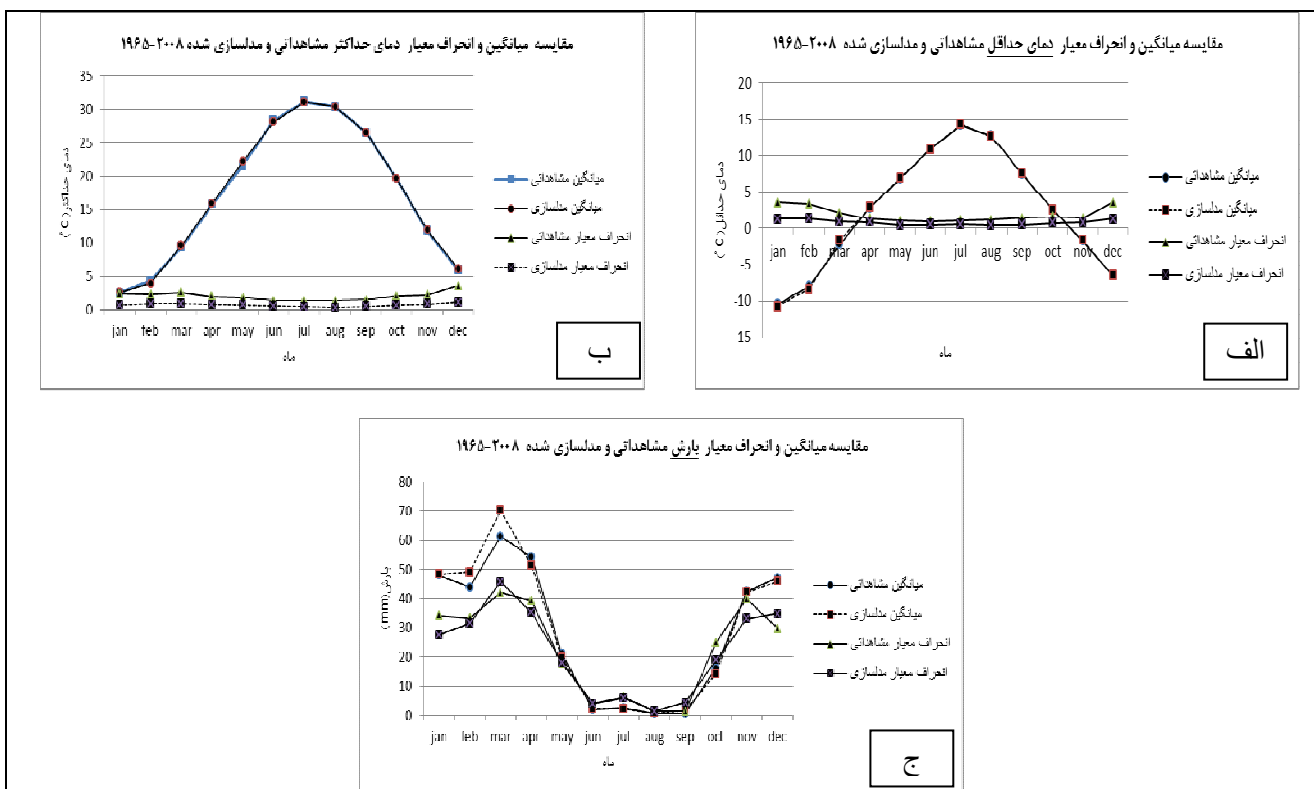
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (o_i - s_i)^2}{n}} \quad (2)$$

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

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |o_i - s_i|}{n} \quad (4)$$

در این روابط S مقادیر شبیه سازی شده توسط مدل، O نشان دهنده مقادیر واقعی، اندیس i ماههای سال و n تعداد ماه های سال است.

شکل شماره ۲ مقایسه مقدار کمینه، بیشینه و بارش تولید شده توسط مدل و مقادیر مشاهداتی را به نمایش گذاشته است.



شکل ۲- مقایسه مقادیر مشاهداتی و مدلسازی شده برای پارامترهای الف) دمای حداقل ب) دمای حداکثر ج) بارش در دوره ۱۹۶۵-۲۰۰۸

در جدول شماره ۱ مقادیر آماره های خطاسنجی آورده شده است

جدول شماره ۱- پارامترهای آماری جهت مقایسه دوره پایه ۱۹۶۵-۲۰۰۸ و ۲۰۱۱-۲۰۳۰

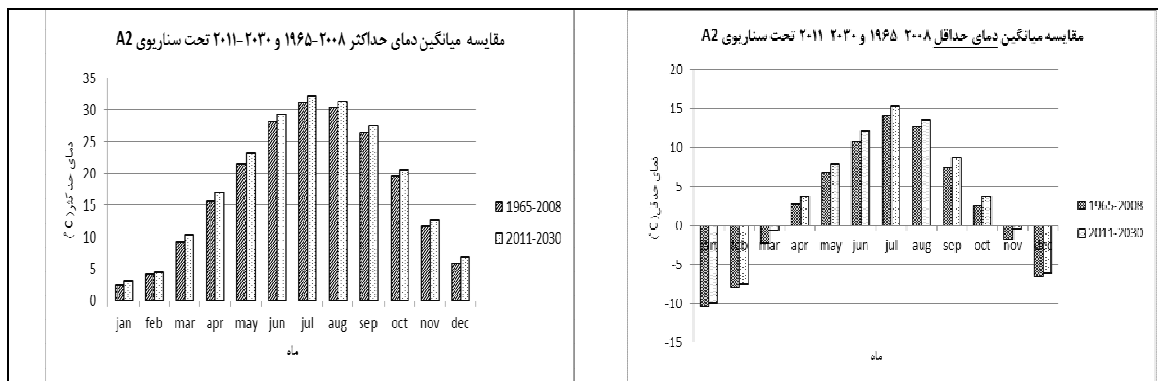
دمای حداقل				دمای حداکثر				بارش			
Bias	NSE	MAE	RMSE	Bias	NSE	MAE	RMSE	Bias	NSE	MAE	RMSE
۰.۰۱۷	۰.۹۹۹	۰.۰۱۸	۰.۲۳۰	۰.۰۵۸	۰.۹۹۹	۰.۰۵۸	۰.۲۲۸	۰.۶۵۸	۰.۹۸۲	۰.۶۵۰	۳.۱۷۶

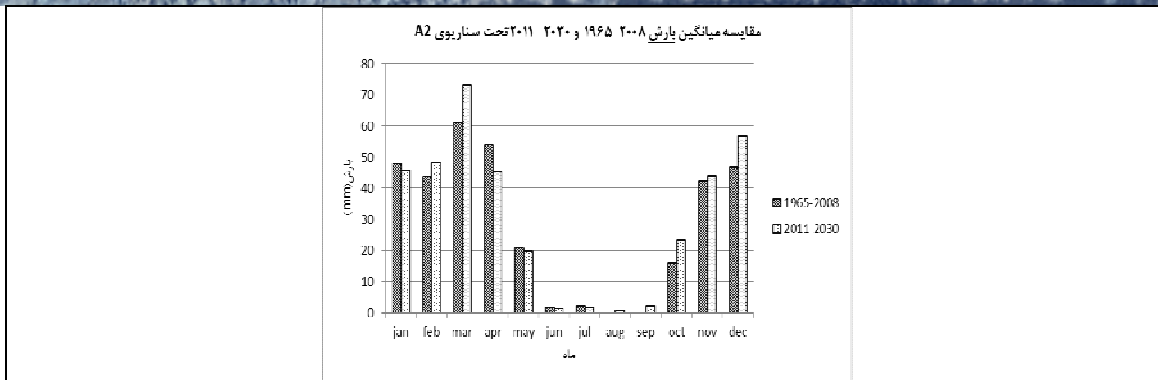
پس از بررسی نتایج مرحله ارزیابی و اطمینان از قابلیت مدل LARS-WG در شبیه سازی داده های هواشناسی در ادامه کار این مدل جهت ریز مقیاس نمایی آماری داده های مدل گردش عمومی جو HadCM3 و تولید داده مصنوعی برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با استفاده از سناریوی A2 (به عنوان سناریوی حالت متوسط) تایید شده توسط IPCC، اجرا شده و بدین ترتیب مقادیر روزانه پارامترهای مذکور تولید شد. سپس تغییرات پارامترهای دمای بیشینه، کمینه، بارش مورد ارزیابی قرار گرفته شد.

### نتایج و بحث

با توجه به اینکه مقدار NSE برای هر سه پارامتر اقلیمی مطالعه شده نزدیک به عدد یک می باشد و همچنین مقدار آماره Bias نزدیک به صفر است، مدل لارس دارای دقت مدلسازی بالایی است. مقدار آماره RMSE برای دمای کمینه و بیشینه کم تر از مقدار آن برای بارش است. این مسئله بیانگر قدرت بالای LARS-WG در مدل کردن داده های دیدبانی شده دما نسبت به بارش است. این امر ممکن است به خاطر ماهیت پارامتر دما باشد که عنصری پیوسته است. با بررسی شکل شماره ۲ نمودارهای دمای کمینه و بیشینه مشاهداتی و مدلسازی شده مطابقت بیشتری با هم داشته که موید مطالب بیان شده می باشد. چنین به نظر می رسد که تغییرپذیری زیاد بارش از یک سو و نوع مکانیسم های بارش را در منطقه مطالعاتی از سوی دیگر، در افزایش خطای مدلسازی این پارامتر تاثیرگذار است. می توان بیان داشت که هرچه پارامتر حالت پیوستگی داشته باشد، میزان خطای مدلسازی کاهش می یابد.

با اجرای مدل، سری های پیش بینی بارش، دمای کمینه و بیشینه روزانه ایستگاه مورد مطالعه در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ تولید گردیدند. سپس با استفاده از این خروجی ها و همچنین داده های دوره آماری مقادیر میانگین پارامترهای اقلیمی برای دو دوره آینده (۲۰۱۱-۲۰۳۰) و دوره پایه (۱۹۶۵-۲۰۰۸) محاسبه گردید. شکل شماره ۳ مقایسه پارامترهای اقلیمی دوره پایه و آینده را نمایش می دهد.





شکل شماره ۳- مقایسه مقادیر دوره پایه و آینده برای پارامترهای الف) دمای حداقل ب) دمای حداکثر ج) بارش در دوره ۱۹۶۵-۲۰۰۸

همانطور که ملاحظه می شود مدل LARS-WG برای ماه‌های فوریه، مارس، آگوست، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر افزایش بارندگی و برای ماه آوریل و ژوئیه کاهش بارندگی را برای دهه ۲۰۲۰ (۲۰۱۱-۲۰۳۰) پیش بینی نموده است که در این بین بیشترین کاهش بارندگی مربوط به ماه آوریل می باشد. بیشترین افزایش میزان بارندگی با توجه به سناریوی A2 مربوط به ماه مارس می باشد. در مجموع بارش متوسط سالانه در این دوره روند افزایشی نشان می دهد. میزان بارش متوسط سالانه پیش‌بینی شده برای این دوره ۳۶۴/۵ می باشد، در مقابل میزان بارندگی مشاهداتی ۳۲۶/۹ میلی‌متر است. در نتیجه میزان افزایش بارندگی در این دوره ۷/۲ درصد می باشد. با بررسی بارش فصلی ملاحظه می شود که در فصل‌های زمستان و پاییز افزایش بارندگی وجود خواهد داشت.

بررسی میانگین دمای کمینه در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ حاکی از آن است که افزایش دمای کمینه در دوره مذکور رخ خواهد داد. بیشترین افزایش در مقدار دمای کمینه مربوط به ماه‌های ژوئن، ژوئیه، سپتامبر و مارس می باشد.

افزایش دمای بیشینه برای تمامی ماه‌ها در دوره آتی توسط مدل LARS-WG پیش بینی شده است. با مقایسه دمای بیشینه دوره مشاهداتی و دوره آتی با توجه به سناریوهای A2، بیشترین افزایش دما در ماه می به میزان ۱/۶ درجه سانتی گراد رخ خواهد داد. کم ترین افزایش دمای بیشینه در ماه فوریه و به میزان ۰/۳ خواهد بود.

به طور کلی با توجه به افزایش توامان دمای کمینه و بیشینه می توان انتظار داشت میانگین دمای حوزه مطالعاتی در دهه ۲۰۲۰ افزایش شایانی را تجربه نماید. میزان متوسط دمای سالانه پیش بینی شده توسط مدل ۱۰/۸ درجه سانتی گراد بوده و با توجه به این که متوسط دمای دوره پایه در منطقه مطالعاتی ۹/۸ بوده است، سناریوی مذکور یک درجه سانتی گراد افزایش دمای متوسط سالانه را برای دهه ۲۰۲۰ پیش بینی می نماید. با بررسی دمای متوسط ماهانه ملاحظه می شود که سناریوی A2 بیشترین افزایش دما را برای ماه می و به میزان ۱/۳۷ درجه و کم ترین افزایش دما را برای ماه فوریه بیان داشته است. همانطور که ملاحظه می شود بررسی دمای متوسط ماهانه موید افزایش دمای بیشتر در فصل تابستان می باشد. با توجه به موارد بیان شده، در دهه ۲۰۲۰ بارش در فصل تابستان کاهش یافته و دما در این فصل افزایش می یابد این مسئله می تواند باعث افزایش تبخیر و تعرق شده و کمبود آب را در منطقه جدی تر نماید. با توجه به نقش مهم حوزه آبخیز اسکندری در تامین آب سد زاینده رود و آب شرب شهروندان شهر اصفهان باید با برنامه ریزی و مدیریت صحیح منابع آب با ذخیره سازی آب مازاد در فصول پاییز و زمستان، با کمبود آب تابستانه منطقه مقابله نمود.

#### منابع.

- [۱] اشرف ب.، موسوی بایگی م.، کمالی غ.، داوری.، (۱۳۹۰)، پیش بینی تغییرات فصلی پارامترهای اقلیمی در ۲۰ سال آتی با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری داده های HADCM3، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵، شماره ۴، صفحات ۹۵۲-۹۴۰.
- [۲] بابائیان ا.، نجفی نیک ز.، (۱۳۸۵)، ارزیابی مدل LARS-WG برای مدلسازی پارامترهای هواشناسی استان خراسان، دوره آماری (۲۰۰۳-۱۹۶۱)، مجله نیوار، شماره ۶۲، صفحات ۶۵-۴۹.
- [۳] بحری، م.، دستورانی، م. (۱۳۹۱)، پیش بینی تغییرات دما و بارش تحت تاثیر تغییر اقلیم در دهه های آینده (مطالعه موردی: ایستگاه شهرکرد)، اولین همایش تغییر اقلیم و امنیت غذایی.
- [۴] زرغامی م.، (۱۳۹۰)، مطالعه تغییر اقلیم و اثرات آن بر رواناب حوضه های آبریز منتخب استان آذربایجان شرقی، طرح تحقیقات کاربردی شرکت سهامی آب منطقه ای آذربایجان شرقی، سازمان مجری دانشگاه تبریز.
- [۵] کمال ع.، مساح بوانی ع. (۱۳۸۹)، تأثیر تغییر و نوسانات اقلیمی بر رواناب حوضه با دخالت عدم قطعیت دو مدل هیدرولوژی. مجله آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۵، صفحات ۹۳۱-۹۲۰.
- [۶] گودرزی، م.، (۱۳۹۰)، بررسی و ارزیابی تاثیرات پدیده دگرگونی اقلیمی بر منابع آبهای سطحی مطالعه موردی زیرحوضه کرخه علیا، رساله دکترای تخصصی رشته کلیماتولوژی دانشگاه تبریز، ۱۹۲ص.
- [6] Babaeian I., Kwon W.T., and Im E.S. 2004. Application of weather generator technique for climate change assessment over Korea. Korea Meteorological Research Institute, Climate Research lab., 98pp.
- [7] Haltiner G., and Williams R. 1980. Numerical Prediction and Dynamic Meteorology, John Wiley & Sons, 115-120.
- [8] IPCC-TGCI, (1999). Guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment. eds. Carter, T.R., Hulme, M. and Lal, M., Version 1, 69pp. Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Scenarios for Climate Impact Assessment.
- [9] IPCC. 2007. Summary for policy makers Climate change: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report. Cambridge University Press, 881 PP.
- [10] 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. Journal Applied Meteorology, 35, 1878-1896.
- [11] Lane M.E., Kirshen P.H., and Vogel R.M. 1999. Indicators of impact of global climate change on U.S. water resources. ASCE, Journal of Water Resource Planning and Management. 125(4): 194-204.
- [12] McKee T.B., Doesken N.J., and Kleist J. 1995. Drought Monitoring with Multiple Time. American Meteorological Society, Massachusetts, 233-236.
- [13] Semenov M.A., and Barrow E.M. 2002. LARS-WG a stochastic weather generator for use in climate impact studies. User's manual, Version 3.0.
- [14] Wilby R.L., Conway D., and Jones P.D. 2002. Prospects for downscaling seasonal precipitation variability using conditioned weather generator parameters, hydrological processes. 16, 1215-1234.



# بتتر کم آبی، استحصال آب باران

(گذشته، امروز، آینده)

روز ششمین سالنامه های مطبوع آبگیر مارا  
دو بهار