

## بررسی تغییر اقلیم شمال شرق ایران در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ میلادی

ایمان بابائیان، زهرا نجفی نیک

پژوهشکده اقلیم شناسی مشهد، گروه پژوهشی اقلیم شناسی کاربردی، ص.پ ۹۱۷۳۵-۶۷۶

اداره کل هواشناسی خراسان رضوی، مشهد، ص.پ ۹۱۷۳۵-۴۹۶

[Email: babaeian@irimo.ir](mailto:babaeian@irimo.ir)

### چکیده

با افزایش، آلایندها و گازهای گلخانه ای مناطق متعددی از کره زمین دستخوش تغییرات شگرف اقلیمی شده اند. در برخی نقاط بارش ها افزایش یافته و بارندگی های سیل آسا رخ می دهند و نقاطی دیگر با خشکسالی های شدید مواجه خواهند شد. وقوع توفانهای سهمگین در اقصی نقاط جهان و همچنین وقوع سایر پدیده های حدی اقلیمی از تغییرات اقلیمی گسترده در کره زمین حکایت دارد. اما آن چیزی که برای ما و برای برنامه ریزی های راهبردی و بلند مدت مورد نیاز است، وضعیت اقلیم کشورمان در دهه های آینده و در افق ۲۵ سال آینده می باشد. در حالیکه زیر بنای توسعه کشور وابسته به منابع آب، بارش و دما می باشد، متأسفانه تا کنون مطالعات عمده ای در این ارتباط نشده است. اگر ما پیش بینی درستی از وضعیت بارش و دمای کشور در دهه های آینده نداشته باشیم، چگونه می توانیم عملکرد محصولات کشاورزی را پیش بینی نمائیم و یا بدون وجود منابع آبی مطمئن چگونه می توان برای توسعه شهری و جمعیتی برنامه ریزی نمود. از طرفی افزایش همزمان دما و رطوبت می تواند موجب طغیان برخی بیماریها در کشورمان گردد. برای مقابله با این پدیده ها، برنامه ریزی و نهایتاً تهیه برنامه عملیاتی (Action plan)، نیاز اولیه ارزیابی اقلیم کشور در دهه های آینده است. در این مقاله مابا استفاده از داده های مدل جهانی ECHO-G و سناریوی A2 هیئت بین الدول تغییر اقلیم، از طریق ریز مقیاس نمایی داده های مدل یاد شده، به بررسی تغییر اقلیم در شمال شرق کشور طی دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ میلادی پرداخته شده است. نتایج حاکی از کاهش ۹/۵ درصدی در بارش سالانه، افزایش بارش های فصل تابستان به میزان ۱۱۰ درصد و کاهش بارش فصول سرد به میزان ۳/۴ درصد و افزایش در بارش ماه فوریه می باشد. همچنین آستانه بارش های سنگین و خیلی سنگین بین ۴۰ تا ۶۰ درصد افزایش یافته است. بطور کلی تمایل آشکاری در اقلیم افق ۱۴۰۰ به سمت افزایش بارش های تابستانه و جابجایی بارش های فصول سرد به سمت انتهای فصل زمستان و اوایل بهار می باشد.

**کلمات کلیدی:** تغییر اقلیم، برنامه ریزی، مدل جهانی ECHO-G، ریز مقیاس نمایی، شمال شرق کشور

## • مقدمه

گرمایش جهانی یکی از مسائل بسیار مهم اقلیمی است که به طور گسترده در سطح جهان مطرح است. شواهد بسیار قوی وجود دارد که گرمایش جهانی در پنجاه سال اخیر به دلیل فعالیت های انسانی است [۲]. با افزایش دما، آلایندها و گازهای گلخانه ای، مناطق متعددی از کره زمین دستخوش تغییرات شگرف اقلیمی شده اند. در برخی نقاط بارش ها افزایش یافته و بارندگی های سیل آسا رخ می دهند؛ اما نقاطی دیگر با خشکسالی های شدید مواجه می شوند. وقوع توفانهای سهمگین در اقصی نقاط جهان و همچنین وقوع سایر پدیده های حدی اقلیمی از تغییرات اقلیمی گسترده در کره زمین حکایت دارند. این تغییرات اقلیمی می توانند روی زیست بوم طبیعی و فعالیت جوامع بشری تاثیر گذار باشند. تغییر دمای پیش بینی شده جهانی در قرن بیست و یکم حدود ۲ تا ۱۰ برابر بزرگتر از افزایش دمایی است که در صد سال گذشته رخ داده است. تغییرات فوق الذکر منافع و مضراتی برای انسان و طبیعت دارد، اما اگر سرعت افزایش دما بزرگتر باشد، مضرات آن نیز گسترده تر و بیشتر خواهد بود [۷]. پیش بینی تغییر اقلیم کاربرد های اقتصادی و اجتماعی بسیاری خواهد داشت. بنابر این بسیار مهم است که ما تغییر اقلیم را در ابعاد منطقه ای شناسایی کرده و خودمان را با این تغییرات سازگار نماییم [۲]. هدف این مقاله بررسی تغییر اقلیم در شمال شرق کشور در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ میلادی و ارزیابی برخی پدیده های حدی اقلیمی در دوره یاد شده با استفاده از روش ریز مقیاس نمایی ۱ خروجی مدل جهانی ECHO-G است. ریز مقیاس نمایی می تواند به روش دینامیکی یعنی استفاده از مدل های منطقه ای اقلیمی و با استفاده از مدل های آماری باشد. مدل های مصنوعی مولد پارامتر های هواشناسی (Weather Generator) مدل هایی هستند که خروجی مدل های عددی گردش عمومی جو را با استفاده از روش های آماری به نحوی ریز مقیاس می نمایند که به مقدار واقعی در مقیاس ایستگاهی بسیار شباهت دارد. برای این کار ابتدا همبستگی آماری بین خروجی مدل های گردش عمومی جو در گذشته با داده های دوره آماری ایستگاه هواشناسی واقع در شبکه مدل اقلیمی بدست آمده و سپس این همبستگی به دوره مورد مطالعه در آینده تعمیم داده می شود. از معروفترین این مدل ها می توان به USCLIMATE, WGEN, GEM, CLIGEN, LARS-WG اشاره کرد (Zhang و دیگران، ۲۰۰۳) و (Dubrovsky, ۱۹۹۶, ۱۹۹۷, ۱۹۹۸). برخی از این مدل ها پارامترهای هواشناسی را به صورت میانگین ماهانه و برخی به صورت ساعتی تولید می کنند. این مدل ها ماهیت مدل های پیش بینی کننده را ندارند بلکه قادر به تولید یک سری داده های هواشناسی با مشخصه های آماری مشابه دوره اقلیمی هستند (Rasko و دیگران، ۱۹۹۱). مدل های مولد داده های هواشناسی در دو مرحله پارامترهای هواشناسی را شبیه سازی می کنند. آنها در ابتدا بارش روزانه را مدل کرده و سپس در گام بعدی سایر متغیرهای باقی مانده مانند دمای بیشینه، دمای کمینه، تابش، رطوبت، سمت و سرعت باد و ... را شبیه سازی می کنند. مدل کردن متغیرهای سری دوم وابسته به رخداد بارش در روز مورد نظر است (Wilks و دیگران، ۱۹۹۹) و (Goodess, ۲۰۰۰). از مهمترین مدل های این دسته می توان به LARS-WG اشاره کرد که در این مطالعه از آن استفاده می شود. مدل مذکور که در سال ۱۹۹۱ توسط Rasko و همکاران ابداع شد، می تواند برای تولید سری داده های هواشناسی برای هر دوره مورد استفاده قرار گیرد. در این روش رخداد بارش در دو طبقه تر و خشک شبیه سازی می شود و مقدار بارش

<sup>1</sup>: Downscaling

روز تر از توزیع نیمه تجربی بارش ماه مربوطه شبیه‌سازی می‌شود. دمای حداقل و حداکثر، بسته به اینکه روزمورد نظر تر یا خشک باشد، با استفاده از سری فوریه مرتبه سوم و توزیع نرمال مدل می‌شوند (Semenov و دیگران، ۱۹۹۸).

### • مشخصات مدل LARS-WG

مدل LARS-WG توزیع نیمه تجربی را برای مدل سازی طول دوره روزهای خشک و تر، بارش روزانه و سری‌های تابش به کار می‌برد. سری فوریه نیز درجه حرارت را تخمین می‌زند. مقادیر تابش با استفاده از توزیع نیمه تجربی بصورت تقسیم فاصله‌ها به طور مساوی بین تابش بیشینه و کمینه ماهانه، صورت می‌گیرد. در حالیکه فاصله‌ها برای طول روزهای تر و خشک و بارش افزایشی هستند. 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. در این مدل سری فوریه مرتبه سوم برای همانندسازی میانگین و انحراف معیار درجه حرارت فصلی به کار می‌رود. مقادیر مانده‌ها که از تفریق مقادیر میانگین از دیده‌بانی شده به دست می‌آیند، برای محاسبه خود همبستگی زمانی داده‌های بیشینه و کمینه مورد استفاده قرار می‌گیرند. از آنجا که پارامتر تابش از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کند، بنابراین توزیع نیمه تجربی مبتنی بر تعداد روزهای تر و خشک برای همانندسازی تابش روزانه به کار می‌رود. برای اجرای مدل LARS-WG و ریز مقیاس نمایی داده‌های GCM نیاز به ایجاد دو فایل اساسی مشخص کننده رفتار اقلیم در گذشته (WG) و سناریوی تغییر اقلیم (بنام Sce) وجود دارد. فایل اول از داده‌های روزانه ایستگاهها بدست می‌آید و فایل دوم از خروجی GCM در گذشته و آینده. در شکل های ۱ و ۲ دو فایل مذکور ملاحظه می‌شود [۱].

```

mashadWGWG.wg - Notepad
File Edit Format View Help
[[NAME]
mashadWGWG
[LAT, LON and ALT]
36.16 59.38 999.20
[SERIES]
0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0
51.0 37.0 8.0 13.0 1.0 5.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 1.0 2.0 4.0 7.0 11.0 16.0 22.0 29.0 37.0
11.0 14.0 27.0 34.0 23.0 5.0 11.0 3.0 0.0 1.0
0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0
30.0 20.0 17.0 0.0 8.0 5.0 0.0 1.0 0.0 0.0
0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 7.0 10.0 14.0 19.0
12.0 5.0 11.0 1.0 1.0 15.0 26.0 8.0 2.0 1.0
0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0
53.0 36.0 28.0 3.0 9.0 2.0 5.0 0.0 0.0 3.0
0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 7.0 10.0 14.0 19.0
39.0 28.0 20.0 9.0 7.0 8.0 9.0 4.0 6.0 3.0
0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0
61.0 27.0 8.0 8.0 2.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 1.0 3.0 6.0 10.0 16.0 24.0 34.0 46.0 60.0
    
```

شکل ۱- فایل مشخصات رفتار اقلیم مشهد (WG) در دوره آماری

```

sce-1039-khorasan.sce - Notepad
File Edit Format View Help
Climate Change scenario derived from HADCM2 experiment
Control run 1988-2005, Perturb run 2010-2039"
GG - greenhouse gases only, GS- greenhouse gas and sulfate"
m. rain - relative change in monthly mean rainfall
wet/dry - relative change in duration of wet and dry spell
tem and sd - relative changes in daily temperature and absolute
rad - absolute changes in radiation, Mj/m2*day"
[NAME]
Sce-1039-khorasan
[DATA] m.rain wet dry tem sd rad
Jan 0.86 1.00 1.04 1.05 1.06 1.03
Feb 1.09 0.93 1.76 1.06 1.06 0.99
Mar 1.14 1.00 0.99 1.06 1.06 0.99
Apr 0.83 0.95 1.76 1.05 1.06 1.02
May 0.79 0.97 1.69 1.03 1.05 1.04
Jun 0.75 0.99 1.23 1.03 1.05 0.95
Jul 0.76 0.99 1.20 1.01 1.06 1.02
Aug 0.67 0.99 1.20 1.00 1.06 1.02
Sep 0.77 0.99 1.43 1.00 1.05 1.04
Oct 0.75 0.97 1.93 1.01 1.06 0.98
Nov 0.85 0.97 1.34 1.02 1.06 0.99
Dec 0.84 0.98 1.11 1.03 1.06 1.01
[END]
    
```

شکل ۲- فایل مشخص کننده سناریوی تغییر اقلیم (Sce) در آینده

#### • مواد و روش ها

مدل ECHO-G یک مدل گردش عمومی جو است که دارای دقت T42 (معادل  $2/8 \times 2/8$  درجه) بوده و از دو مؤلفه جوی به نام ECHAM4 و HOPE-G تشکیل شده است که ابداع و توسعه این مدل در ابتدا توسط دانشگاه هامبورگ آلمان انجام شده است (Min و دیگران، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۴). در این مطالعه خروجی مدل مذکور برای شبکه ای که منطقه شمال شرق کشور در آن قرار دارد، به روش آماری توسط مدل LARS-WG ریز مقیاس گردید.

همانطور که گفته شد این مدل با دریافت داده‌های هواشناسی دوره آماری (۱۹۸۸-۲۰۰۵)، خروجی مدل ECHO-G برای دوره (۲۰۱۰-۲۰۳۹) و یک سناریوی اقلیمی خاص می‌تواند پارامترهای هواشناسی را به صورت روزانه و در مقیاس ایستگاهی برای نقاط مورد مطالعه در آینده تولید نماید. تولید داده‌های روزانه توسط مدل LARS-WG در سه مرحله انجام می‌شود: کالیبره کردن مدل، ارزیابی مدل و تولید داده‌های روزانه.

در مرحله ارزیابی یک سناریوی کنترل یا پایه (مربوط به دوره آماری) برای هر ایستگاه ایجاد شده، سپس داده‌های روزانه‌ای برای دوره آماری هر ایستگاه تولید می‌شود. داده‌های تولید شده از لحاظ مشخصات آماری با داده‌های واقعی این دوره مقایسه شده و با استفاده از آزمون‌های آماری، قدرت مدل در شبیه‌سازی اقلیم گذشته مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در مرحله نهایی با استفاده از سناریوی اقلیمی آینده که در اینجا ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ میلادی می‌باشد، داده‌های دوره آماری ایستگاه، داده‌های GCM و پارامترهای روزانه هواشناسی برای دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ میلادی برای ده ایستگاه سینوپتیک شمال شرق کشور شامل استان خراسان شمالی و رضوی تولید شد. ایستگاه‌های هواشناسی منتخب جهت انجام مطالعه عبارتند از: مشهد، تربت حیدریه، بجنورد، قوچان، گل‌مکان، گناباد، فردوس، سبزوار و سرخس (شکل ۳).



شکل ۳- نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

### • بررسی خروجی های مدل LARS-WG

تمامی مقادیر روزانه بارش، تابش، دمای حداقل و حداکثر برای ده ایستگاه سینوپتیک شمال شرق ایران با استفاده از مدل LARS-WG برای دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ تولید شد. همانطور که گفته شد مدل LARS-WG مدلی برای پیش بینی وضع هوا نبوده بلکه برای ارزیابی تغییرات اقلیمی در مقیاس زمانی دهه‌ای بکارگرفته می شود (Semenov و دیگران، ۲۰۰۲). لذا مطالعات بر روی پارامترهای اقلیمی بارش، تابش، دمای حداقل و حداکثر و روند تغییرات بارشهای سنگین به صورت دهه‌ای و برای دهه ۲۰۲۰ انجام شده است.

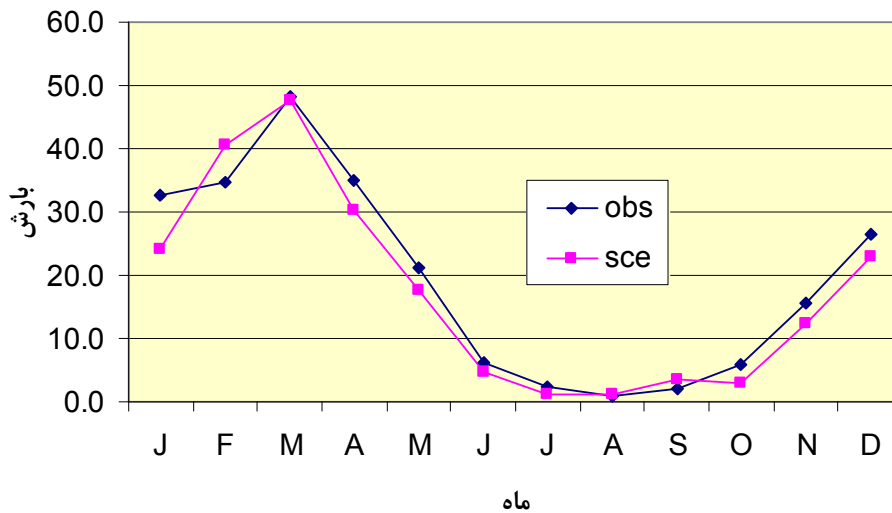
### • بارش

با توجه به رفتار اقلیم منطقه مورد مطالعه در دوره گذشته و همچنین سناریوی اقلیمی تهیه شده از خروجی مدل های ECHO-G، میزان بارش های روزانه ده ایستگاه سینوپتیک مورد مطالعه در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ محاسبه گردید. در جدول ۱ میانگین و انحراف معیار آنها آورده شده است.

جدول ۱- مقایسه بارش ها و انحراف معیار آنها دوره آماری و دهه ۲۰۲۰ در ده ایستگاه منتخب شمال شرق کشور

		ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
دوره آماری	میزان بارش	۳۲٫۶	۳۶٫۸	۴۸٫۳	۳۵٫۰	۲۱٫۰	۶٫۲	۲٫۳	۱	۲٫۲	۵٫۹	۱۵٫۶	۲۶٫۴
	انحراف معیار	۱۷٫۸	۲۵٫۲	۲۹٫۳	۲۶٫۶	۱۹٫۵	۹٫۱	۵٫۱	۱٫۹	۵٫۵	۷٫۶	۱۲٫۳	۱۹٫۳
دهه ۲۰۲۰	میزان بارش	۲۴٫۲	۴۰٫۶	۴۷٫۶	۳۰٫۲	۱۷٫۶	۴٫۶	۱٫۲	۱٫۳	۳٫۶	۳٫۱	۱۲٫۶	۲۳٫۰
	انحراف معیار	۱۷٫۵	۲۹٫۰	۳۲٫۲	۲۰٫۷	۱۳٫۶	۶٫۱	۲٫۳	۲٫۰	۶٫۱	۴٫۴	۱۵٫۱	۱۵٫۹

در شکل ۴ نمودار ماهانه بارش های ده ایستگاه مورد مطالعه شمال شرق کشور آورده شده است. ملاحظه می شود که بجز بارش ماه فوریه که در مقایسه با دوره آماری افزایش یافته است، در سایر ماههای فصل سرد سال بارش ها کاهش می یابند. همچنین بارش فصل تابستان نیز افزایش یافته است. اما در مجموع بارش های سالانه به میزان ۱۰ درصد کاسته شده است.



شکل ۴- میانگین بارش ماهانه ایستگاههای شمال شرق ایران در دهه ۲۰۲۰

### • بارش های سنگین

با استفاده از مقادیر بارش روزانه، آستانه بارش های سنگین ۱ و بارش های خیلی سنگین ۲ برای دوره آماری و همچنین دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ محاسبه گردیدند، که در شکل ۵ نمودار مربوطه آورده شده است.



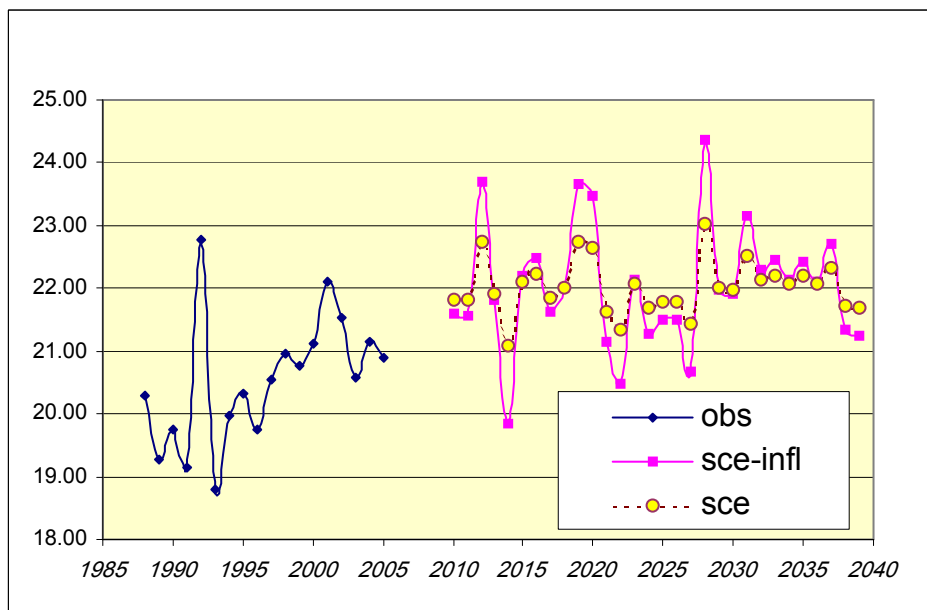
شکل ۵- مقایسه تغییرات بارش های سنگین و خیلی سنگین شمال شرق ایران

1 : Heavy Rain Fall (HR)  
 2: Extreme Rain Fall (XR)

حد آستانه بارش های سنگین در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ نسبت به دوره آماری ۶۵ درصد افزایش یافته است. این نسبت در مورد بارش های خیلی سنگین ۴۳ درصد می باشد.

• دما

میانگین دمای شمال شرق کشور با استفاده از روش میانگین گیری حسابی بین ایستگاههای سینوپتیک مورد مطالعه محاسبه شد. شکل ۶ میانگین دمای سالانه شمال شرق کشور را تا سال ۲۰۳۹ نشان می دهد. انحراف معیار مقادیر دمای سالانه در دوره ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۹ به نسبت انحراف معیار دوره پیش بینی به دوره آماری خروجی های مدل GCM افزایش یافته است.



شکل ۶- میانگین دمای شمال شرق کشور تا سال ۲۰۳۹. میانگین دمای سالانه در دوره مورد مطالعه به نسبت انحراف معیار دوره آماری به پیش بینی داده های GCM افزایش یافته است.

نتایج مدل نشان می دهند که میانگین دمای شمال شرق کشور دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ در مقایسه با دوره آماری ۱/۵ درجه سانتی گراد افزایش یافته است. در جدول شماره ۲ به تفکیک ایستگاهها میزان افزایش دما آورده شده است. بیشترین افزایش دما مربوط به ایستگاه فردوس با ۳/۳ درجه سانتی گراد و کمترین مربوط به تربت حیدریه می باشد که نسبت به دوره آماری ۱/۵ کاهش را نشان می دهد. اما بیشترین نسبت افزایش دما در شهرستان کاشمر رخ می دهد که دمای آن ۹/۹ درصد نسبت به دوره آماری افزایش یافته است.

جدول ۲- تغییرات دما در ایستگاههای مختلف شمال شرق کشور در دهه ۲۰۲۰

مشهد	سبزوار	فردوس	ت حیدریه	بجنورد	کاشمر	گلمکان	قوچان	گناباد	سرخس
------	--------	-------	----------	--------	-------	--------	-------	--------	------

۱۹,۵	۲۴,۳	۲۲,۴	۲۰,۸	۱۶,۷	۲۳,۰	۱۶,۴	۱۶,۱	۲۲,۶	۲۳,۶	دمای دوره آماری
۲۱,۱	۲۵,۷	۲۵,۷	۱۹,۳	۱۸,۲	۲۵,۳	۱۸,۰	۱۷,۶	۲۴,۱	۲۵,۲	دمای دهه ۲۰۲۰
۱,۶	۱,۵	۳,۳	۱,۵	۱,۶	۲,۳	۱,۶	۱,۵	۱,۵	۱,۶	تغییرات دما

## • جمع بندی

نتایج خروجی روزانه پارامترهای هواشناسی مدل گردش عمومی جو ECHO-G توسط مدل آماری LARS-WG بر روی ده ایستگاه سینوپتیک شمال شرق کشور ریز مقیاس گردیدند. روی پارامترهای بارش و دما تحلیل های آماری صورت گرفت نتایج حاکی از کاهش ۹/۵ درصدی بارش میانگین سالانه ناحیه مورد مطالعه از ۲۳۱/۳ به ۲۰۹/۳ میلیمتر می باشد. تحلیل ماهانه بارش نشان دهنده افزایش بارش ماه فوریه و بارش های فصل تابستان می باشد. عبارت دیگر تمایل نسبی به سمت بارش های مونسونی تابستانه در اقلیم این ناحیه و همچنین تغییر رژیم بارش فصول سرد به سمت بهار دیده می شود. مقادیر آستانه بارش های سنگین و خیلی سنگین در دهه ۲۰۲۰ در مقایسه با دوره آماری به ترتیب به میزان ۶۴/۹ و ۴۲/۸ در صدافزایش یافته است، لذا با توجه به کاهش بارش سالانه و افزایش حد آستانه بارش های سنگین وقوع بارش های سیل آسا در دوره مورد مطالعه افزایش خواهد یافت. میانگین دمای ناحیه مورد مطالعه به میزان ۱/۸ درجه سانتی گرادافزایش یافته است که بیشترین دما در ایستگاه فردوس به میزان ۳/۳ درجه و کمترین افزایش در ایستگاه های تربت حیدریه، گناباد، قوچان و سبزوار با ۱/۵ درجه رخ خواهد داد.

## • منابع

۱. باباییان، ا، ۱۳۸۴، مطالعه مقدماتی و ارزیابی مدل های weather generator مطالعه موردی: ارزیابی مدل LARS-WG بر روی ایستگاههای منتخب خراسان، پژوهشکده اقلیم شناسی، گزارش پروژه.
۲. موسسه پژوهش های برنامه ریزی و اقتصاد کشاورزی، ۱۳۸۴، بررسی مدل های جهانی اقلیم در منطقه و ایران، تهران وزارت جهاد کشاورزی.
3. Dubrovsky M., (1996b): Validation of the stochastic weather generator Met&Roll. Meteorological Bulletin, 49, 129-138.
4. Dubrovsky M., 1998: Estimating climate change impacts on crop yields with use of crop growth model and weather generator. Proc. 14th Conf. Prob. Stat., AMS.
5. Dubrovsky, M., (1997): Creating daily weather series with use of the weather generator environ metrics 8,409-424
6. Goodess, C.M., 2000: The Construction of Daily Rainfall Scenarios for Mediterranean Sites Using a Circulation-type Approach to Downscaling, PhD Thesis, University of East Anglia.
7. I. Babaeian, Won-T. Kwon, E-Soon. Im, J.B. Jamali, Z.Najafi. Nik, 2005, Climate Change Assessment over Korea Using Stochastic Daily Weather Data, Climatological Research Institute (CRI), Mashad, Iran
8. Min, S.K., (2002) Climate change projection over East Asia as simulated by a Coupled AOGCM ECHO-G: A preliminary results, Climate Research Lab., Meteorological Research Institute/KMA, Korea.
9. Min. S.K., et al, (2004a) Climatology and internal variability in a 1000-year control simulation with the coupled climate model ECHO-G. Clim. Dyn., submitted.
10. Rasco, P., Szeidl, L., and Semenov, M.A., 1991: A serial approach to local stochastic models. J. Ecological Modeling 57, 27-41.

11. Semenov, M.A., and Barrow, E.M., 2002: LARS-WG a stochastic weather generator for use in climate impact studies. User's manual, Version3.0.
12. Semenov, M.A., Brooks, R.J., Barrow, E.M., and Richardson, C.W., 1998: Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators in divers climates. *Climate Research* 10, 95-107.
13. Wilks, D.S. and Wilby, R.L. (1999): The weather generation game: a review of stochastic weather models. *Progress in Physical Geography* 23, 329-357.
14. Zhang, X.C., 2003: Evaluation of CLIGEN precipitation parameters and their implication on WEPP runoff and erosion prediction, *Transaction of the ASAE*, Vol.46 (2):311-320.