

بکارگیری مدل SDSM جهت ریزمقیاس نمائی داده های GCM بارش و دما مطالعه موردی:

پیش بینی های اقلیمی ایستگاهی در ایران

سینا صمدی نقاب^{۱*}، علیمحمد خورشید دوست^۲، مجید حبیبی نوخندان^۳، فاطمه زابل عباسی^۴

۱. سرپرست گروه پژوهشی اقلیم شناسی بلایای جوی، پژوهشکده اقلیم شناسی

۲. دانشیار گروه جغرافیای دانشگاه تبریز

۳. استادیار پژوهش کده اقلیم شناسی

۴. گروه پژوهشی اقلیم شناسی کاربردی، پژوهشکده اقلیم شناسی

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۷/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۴/۱۴

چکیده

بکارگیری روش های جدید در حل معادلات جوی و در اختیار داشتن پیش بینی های اقلیمی با توجه به ماهیت بازه زمانی طولانی مدت آن ها، نقش بسیار ارزنده ای در مدیریت های کلان ایفا می نماید. ولیکن در بازه زمانی دراز مدت به دلیل محدودیت جدی در قدرت تفکیک مکانی، قادر به پیش بینی آب و هوای واقعی در مقیاس ایستگاهی و خرد مقیاس نمی باشد. لذا جهت به کارگیری خروجی مدل های اقلیمی تمام کره ای و دستیابی به قدرت تفکیک فضائی کم، روش ریزمقیاس نمائی مورد استفاده قرار گرفته که به دو دسته آماری و دینامیکی و گاه تلفیقی از آن دو تقسیم بندی می گردند. در این میان صحت سنجی داده های ریزمقیاس شده جهت تحلیل پیش بینی های درازمدت به عنوان یکی از پارامترهای اساسی در کسب دقت این گونه مدل ها از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این تحقیق سعی گردیده تا با انتخاب کل منطقه کشور و ابتدا برای ۴۱ ایستگاه منتخب کشور که دارای آمار اقلیمی ۴۱ ساله (۲۰۰۱-۱۹۶۱ میلادی) می باشند، خروجی مدل اقلیمی HadCM3 تحت سناریوی اقلیمی A2 که یکی از محتمل ترین سناریوهای انتشار می باشد، توسط مدل SDSM که قادر است خروجی مدل های گردش عمومی جو را به مقیاس ایستگاهی تبدیل نماید، ریزمقیاس گردد. سپس با استفاده از روش های آماری و بدست آوردن ضرائب وزنی داده های ریزمقیاس شده و داده های پایه را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و واسنجی مناسبی از آنها ارائه گردد. نتایج بیان گر آن است که بین مقادیر ریزمقیاس شده بارش، دمای کمینه و بیشینه و مقادیر واقعی آنها تفاوت معنا داری با خطای بحرانی ۰/۰۵ وجود ندارد و بازه اطمینان داده ها مشتمل بر مقدار صفر است. لذا به کارگیری داده های ریزمقیاس شده مدل جهت بهینه سازی داده های آینده در مقیاس ایستگاهی می تواند به صورت قابل قبول مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه ها: مدل گردش عمومی GCM، ریزمقیاس، سناریوهای اقلیمی، مدل های اقلیمی

مقدمه

با توجه به وقوع بلایای متعدد در کشور و بروز خسارات جانی، مالی، اجتماعی و غیره که ما هر ساله شاهد آن هستیم، در اختیار داشتن سیستم پیش آگاهی به موقع و جامع می تواند کمک بسیار شایانی به کاهش خسارات وارده نموده و موجب به حداقل رساندن میزان صدمات و خسارات به بخشهای مختلف جامعه از جمله کشاورزی، صنعت، اقتصاد و سایر ... گردد (صمدی، ۱۳۸۶).

جهت ارائه مدیریت بهینه و کارا در حد کلان، از روشهای گوناگونی می توان به عنوان ابزاری مناسب بهره جست. یکی از این روشها به کار گیری خروجی مدل های گردش عمومی و منطقه ای جو می باشد (Ragab, 2000). ابزار اصلی پیش بینی اقلیم در آینده بوده و ما را قادر می سازند تا حساسیت سیستم اقلیمی را در برابر عوامل تأثیرگذار روی آن مانند غلظت گازهای گلخانه ای و مکانیزم های تغییر پذیری و تغییر اقلیم مورد بررسی قرار دهیم (Lane, 1999).

این مدلها، فرآیندهای مختلف و مهم را برای سیستم اقلیمی جفت شده جو، اقیانوس و سطح زمین در نظر گرفته و بر هم کنش های بین آنها را مورد توجه قرار می دهند (بابائیان، ۱۳۸۶). فرآیندهای مهم جوی، اقیانوس و سطح زمین از قبیل بر هم کنش بین ابرها و تابش، مکانیزم های تولید باران، ترکیب جو و اقیانوس، انتقال گرما و رطوبت از طریق خاک و انجماد آب روی سطح دریا، زمین و جو و غیره را میتوان در این مدل ها جستجو نمود.

مدل های اقلیمی در حال حاضر در مدل های سیستم زمینی نیز، در حال توسعه هستند. با توجه به اینکه در بسیاری از مراکز مهم تحقیقات اقلیمی در سراسر جهان

مدل های اقلیمی مختلفی اجرا شده و داده های خروجی آنها دارای پیش بینی های بلند مدت بوده که در دسترس نیز می باشد، ولیکن استفاده مستقیم از این داده ها جهت بکارگیری در پیش بینی های طولانی مدت و فصلی در یک منطقه خاص دارای خطا بوده و نیازمند بکارگیری روش های خاصی می باشد (بابائیان، ۱۳۸۵).

معمولاً دو روش بررسی نسبت به سایر روشها از اهمیت بیشتری برخوردار است. در روش اول با استفاده از داده های هواشناسی موجود و با در اختیار گرفتن روش های ریاضی و آماری سری های زمانی پارامترها بررسی و پیش بینی صورت می گیرد.

در روش دوم از مدل های تغییر مقیاس استفاده می شود. در این مدلها با در نظر گرفتن شرایط دینامیکی جو و با فرض سناریوی اقلیمی مشخص قدرت تفکیک فضائی و زمانی خروجی مدل های گردش عمومی تغییر می یابد (Hellstrom, 2006).

ولیکن با توجه به پارامترهای دیگری که تأثیرگذار بر ارائه این پیش بینی ها می باشد بکارگیری هر دو روش آماری و دینامیکی می تواند دقت کار را افزایش بخشد. مقاله سی. اس. تامسون^۱ و آ.ب. مولان^۲ (۱۹۹۵) از مطالعات شاخص در این زمینه می باشد که در آن اقلیم ایستگاه های هواشناسی کشور نیوزلند تا ۳۰ سال آینده مدل شده است.

جی. ال. جانسون^۳ و همکارانشان از مرکز تحقیقات منابع آب شمال غرب آمریکا در مجله هواشناسی کاربردی انجمن هواشناسی آمریکا عملکرد و قدرت مدل سازی دو مدل مختلف تولید داده های آب و هواشناسی به نام های USCLIMATE و CLIGEN را مورد بررسی قراردادند. آر. دی. هارمل و همکارانش در موسسه تحقیقات

^۱. C.S.thompson

^۳. G.L.Johnson

^۲. A.B.Mullan

مورد استفاده قرار می گیرند (Schmidli, 2004). این مدل ها بر پایه قوانین فیزیکی که بوسیله روابط ریاضی ارائه می شود استوار می باشد. روابط ریاضی این مدل ها در شبکه های سه بعدی، با مقیاس مکانی افقی ۲۵۰ تا ۶۰۰ کیلومتر و ۱۰ تا ۲۰ لایه اتمسفری و ۳۰ لایه در اقیانوس حل می شوند (آشسته، ۱۳۸۶).

این مدل ها قادر خواهند بود تا سیستم اقلیمی را با لحاظ نمودن اکثر فرایندها و پارامترهای اقلیمی شناخته شده در ابعاد جهانی و یا قاره ای به طور کامل و دقیق شبیه سازی نمایند. این نکته نیز در این مدل بسیار حائز اهمیت است که مقیاس های زمانی مدل توسط مقیاس های مکانی (افقی) محدود می شوند (صمدی، ۱۳۸۳).

تاکنون مدل های گردش عمومی مختلفی در مراکز گوناگون تحقیقاتی تدوین و طراحی شده است. از آن جمله می توان به مدل های HadCM3، ECHAM4، CCSR و GFDL، NCAR، CGCM2، CSIRO اشاره نمود (Widmann, 2003).

کشاورزی آمریکا دمای کمینه و بیشینه ایستگاه های هواشناسی آمریکا را با استفاده از روش های آماری مدل کردند.

مواد و روش ها

• مروری بر منطقه مورد مطالعه

این مطالعه بر روی ۴۱ ایستگاه همدیدی کشور انجام شده است که توزیع جغرافیایی و مشخصات این ایستگاهها در شکل ۱ ارائه شده است.

ایستگاه هایی که دارای داده های ناقص قابل توجهی بودند، در این تحقیق حذف گردیده اند. با توجه به اینکه طول دوره آماری ایستگاه های مذکور یکسان نمی باشد، لذا دوره زمانی ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۱ میلادی (۴۱ ساله) به عنوان دوره اقلیمی پایه لحاظ گردیده است.

• مدل های گردش عمومی (GCM)^۱

مدل های گردش عمومی، مدل های سه بعدی می باشند که به عنوان معتبرترین ابزار جهت تولید سناریوهای اقلیمی



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه های همدیدی کشور

^۱. General Circulation Models

جدول ۱. مشخصات سناریوی A2 در سال ۲۱۰۰ نسبت به سال ۱۹۹۰ میلادی (IPCC-TGCI-A-1999,69)

سناریو	جمعیت (میلیارد نفر)	غلظت CO ₂ (ppmv)	متوسط دمای کره زمین	افزایش سطح آب دریا (cm)	GDP جهانی (10 ¹² \$)
A2	۱۵/۱	۸۳۴	۳/۱ (۲/۱-۴/۴)	۶۲ (۲۷-۱۰۷)	۲۴۳

در این روش ابتدا روابط بین داده‌های مشاهده شده تاریخی و داده‌های مدل بررسی و تعیین می‌شوند. این معادلات، پایه تبدیل داده‌های مدل برای سال‌های آینده خواهند بود. روش‌های رگرسیون چند متغیره، شبکه‌های عصبی، پارامترهای آماری بدون بعد و همبستگی‌های منطقی، نمونه‌ای از روش‌های آماری در زمینه تبدیل مقیاس هستند (مهدویان، ۱۳۸۳). در این تحقیق از خروجی مدل HadCM3 که در مرکز هادلی انگلستان اجرا می‌گردد (IPCC-DDC, 1988) و سناریوی اقلیمی A2 که محتمل‌ترین سناریوی انتشار می‌باشد، بعنوان داده‌های اقلیمی جهت ریز مقیاس نمائی استفاده گردید.

جدول ۲ مشخصات این مدل را نشان می‌دهد. جهت داده‌های پایه نیز از داده‌های ۴۱ ایستگاه همدیدی که دارای آمار ۴۱ ساله (۲۰۰۱-۱۹۶۱ میلادی) می‌باشند استفاده گردیده است که مدل داده‌های بارش، دمای کمینه و دمای بیشینه می‌باشد. پس از اخذ داده‌های اقلیمی، به دوروش آماری و تحلیلی تبدیل مقیاس صورت می‌گیرد. رگرسیون و معادله بین داده‌های مشاهده شده در دوره پایه (که در این تحقیق دوره اقلیمی ۲۰۰۱-۱۹۶۱ میلادی در نظر گرفته شده) و داده‌های مدل در همین دوره محاسبه گردید.

برای داده‌های مشاهده شده (X_0) و داده‌های مدل (X_m) ضریب رگرسیون خطی به فرم زیر محاسبه گردید (Hellstrom, 2006, 954).

$$r = \frac{n \sum X_0 X_m - (\sum X_0)(\sum X_m)}{\sqrt{[n(\sum X_0^2) - (\sum X_0)^2][n(\sum X_m^2) - (\sum X_m)^2]}} \quad (1)$$

از آنجا که مهمترین ورودی این مدل‌ها میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در دوره‌های آتی می‌باشد، از این رو سناریوهای مختلفی که دربرگیرنده چگونگی تغییرات این گازها در آینده می‌باشد، ارائه شده که به سناریوهای انتشار معروفند. یکی از محتمل‌ترین این سناریوها سناریوی A2 از مجموعه سناریوهای SRES می‌باشد که توسط IPCC در سال ۱۹۹۸ ارائه گردید (IPCC, 1996). مشخصات این سناریو در جدول ۱ بیان گردیده است.

• مواد و روش‌ها

برای استفاده از داده‌های مدل‌های GCM بایستی تبدیل مقیاس زمانی و مکانی صورت گیرد تا داده‌ها از مقیاس تمام کره‌ای به مقیاس محل مورد مطالعه و در مقیاس زمانی ماهانه، روزانه و در مواردی کمتر از روز تبدیل گردد. تبدیل داده‌های مدل از مقیاس تمام کره‌ای به داده‌های مورد استفاده در مطالعات محلی و ایستگاهی را تبدیل مقیاس^۱ می‌گوئیم (ابراهیمی، ۱۳۸۳). تبدیل مقیاس برای پارامترهای اقلیمی نیاز به شناخت کامل مدل داشته و بعضا همراه با مشکلات و خطا خواهد بود. در این تحقیق جهت تبدیل مقیاس داده‌های اقلیمی از تمام کره‌ای به مقیاس ایستگاهی از مدل SDSM^۲ استفاده گردیده است که امروزه یکی از کاراترین مدل‌ها جهت انجام مطالعات اقلیمی در سطح جهان محسوب می‌گردد. در این مدل اساسا جهت تبدیل مقیاس از روش‌های آماری و داده‌های تاریخی استفاده می‌شود.

¹- Down Scaling

². Statistical Down Scaling Model

جدول ۲. مشخصات مدل HadCM3 (IPCC-TGCI-1999,69)

سناریوها	طول دوره شبیه سازی	دوره شبیه سازی	دقت مکانی OGCM (طول*عرض)	دقت مکانی AGCM (طول*عرض)
A1,A2,B1,B2	دوره کنترل: ۲۴۰ سناریوهای SRES : 1950-2099	CO ₂ : 1861-1989 SO ₂ : 1860-1989	2.5*3.75	2.5*3.75

شرط پذیرش همبستگی بین داده های مدل با داده های مشاهده شده این است که مقدار آماره t محاسبه شده از فرمول زیر از مقدار بحرانی آن بیشتر باشد.

$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}} \quad H_0 : \rho = 0 \quad (5)$$

به عنوان نمونه شکل ۲ خروجی روش خطی برای ایستگاه مشهد می باشد.

این روش زمانی مناسب است که ضریب r با توجه به فرمول (۱) قابل پذیرش باشد (ابراهیمی، ۱۳۸۳). در روش تحلیلی روند خطی داده های مدل و داده های پایه تعیین و روند داده های آینده ارائه شده توسط مدل به

چنانچه مقادیر r محاسبه شده در سطح اطمینان مورد نظر معنی دار باشد، معادله بین دونوع داده عبارت است از:

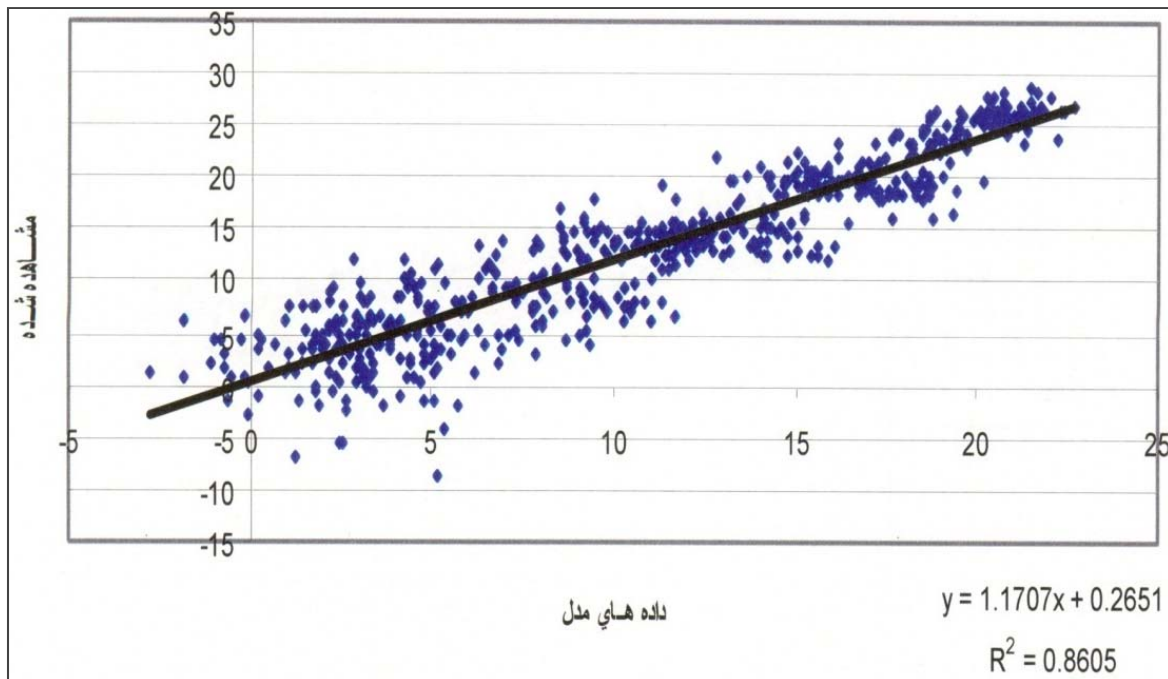
$$X_{0m} = a + mX_m \quad (2)$$

(X_{0m}) مقادیر تبدیل مقیاس شده، (X_m) مقادیر محاسبه شده از مدل و a و m ضرایب ثابت بوده و از روابط زیر بدست می آیند.

$$m = \frac{n(\sum X_0 X_m) - (\sum X_0)(\sum X_m)}{n(\sum X_m^2) - (\sum X_0^2)} \quad (3)$$

$$a = \overline{X_0} - m\overline{X_m} \quad (4)$$

در این معادله با داشتن داده های مدل برای سال های بعدی خواهیم توانست پیش بینی از شرایط واقعی داشته باشیم.



شکل ۲. نمونه ای از خروجی تبدیل مقیاس پارامتر دمای میانگین داده های مدل به روش رگرسیون برای ایستگاه مشهد

نتایج

برای دستیابی به بهترین نتایج در هر مدلی، کالیبراسیون صحیح و صحت سنجی اطلاعات از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. از اینرو، کالیبره کردن مدل با استفاده از ۴۱ سال داده های دیدبانی در دوره پایه ۱۹۶۱-۲۰۰۱ میلادی و مقایسه آن با داده های تولیدشده توسط مدل SDSM برای داده های بارش، دمای بیشینه و دمای کمینه در این دوره صورت گرفت.

جهت صحت سنجی داده های کوچک مقیاس شده، ابتدا مدل برای دوره پایه اجرا گردید و مقادیر بارش، دمای کمینه و بیشینه و انحراف معیار آنها برای ۴۱ ایستگاه همدیدی ایران تهیه شد.

جداول ۳ و ۴ و ۵ نتایج بدست آمده از اجرای مدل و همچنین مقادیر واقعی پارامترهای بترتیب بارش، دمای بیشینه و دمای کمینه را در دوره مذکور برای ماه های مختلف سال نشان می دهند. پارمترهای دمایی در ماه های مختلف سال نسبت به بارش دارای همخوانی بهتری می باشد.

انتهای داده های دیده بانی شده منتقل می گردد (بزرگ نیا، ۱۳۶۶). تبدیل مقیاس با معادله زیر انجام پذیر است:

$$X_{OM} = X_M + (X_{TO} - X_{TM}) \quad (۶)$$

X_{OM} = داده های تبدیل مقیاس شده مدل

X_M = داده های خام مدل

X_{TO} = مقدار پارامتر در سال مورد نظر که از تابع خطی روند داده های تاریخی بدست می آید.

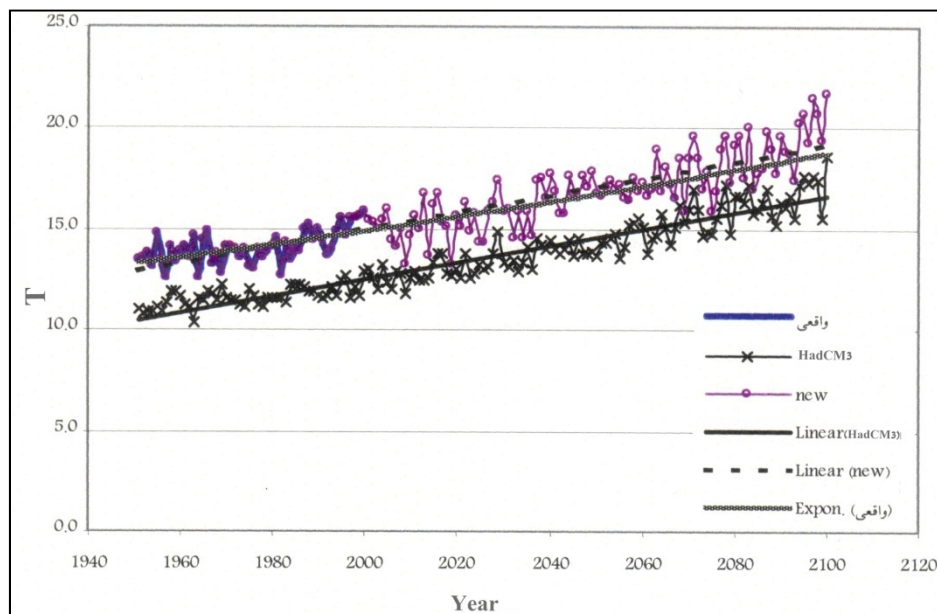
X_{TM} = مقدار پارامتر در سال مورد نظر که از تابع خطی روند داده های مدل بدست می آید.

$$X_{TO} = a + bT \quad (۷)$$

$$X_{TM} = a' + b'T$$

a' ، b' ، a و b ضرایب ثابت معادلات خطی روند داده های مدل و دیده بانی شده نسبت به زمان (سال) هستند (Jones, 1996).

نمونه ای از خروجی تبدیل مقیاس به روش تحلیلی که در ایستگاه مشهد اجرا گردیده است، در شکل ۳ ملاحظه می شود. در این روش روند تغییرات داده ها باید یکسان باشد.



شکل ۳. نمونه ای از خروجی تبدیل مقیاس پارامتر دمای میانگین داده های مدل به روش تحلیلی برای ایستگاه مشهد

که تفاوتی بین مقادیر مدل سازی و واقعی وجود ندارد. جدول ۷ نتایج بدست آمده از آزمون دونمونه ای زوجی t استیودنت را به منظور مقایسه مقادیر کوچک مقیاس شده و مقادیر واقعی را نشان می دهد، همانطور که مشاهده می شود بین مقادیر ریزمقیاس بارش، دمای کمینه و بیشینه شبیه سازی شده و مقادیر واقعی دیده بانی شده تفاوت معناداری با خطای بحرانی ۰/۰۵ وجود ندارد و بازه اطمینان داده های دمای کمینه و بیشینه و بارش مشتمل

بارش نیز در ماه های سرد سال نسبت به ماه های گرم سال جواب بهتری را در شبیه سازی ارائه نموده است. البته این همان انتظاری است که از مدل های اقلیمی نیز داریم. آمار توصیفی مقادیر کوچک مقیاس شده توسط مدل SDSM و واقعی در دوره پایه در جدول ۶ نشان داده شده است. سپس داده های خروجی مورد آزمون آماری قرار گرفتند. مقادیر میانگین و انحراف معیار محاسبه شده از داده های واقعی و بدست آمده از مدل می توانند بیانگر این امر باشند

جدول ۳: مقایسه میانگین بارش و انحراف معیار بدست آمده از مدل و مقادیر واقعی (دوره ۲۰۰۱-۱۹۶۱ میلادی)

پارامتر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
میانگین بارش دیدبانی	۳۶/۸	۴۰/۹	۴۸/۷	۳۷/۴	۱۹/۶	۳/۸	۰/۹	۰/۶	۱/۳	۷/۶	۱۳/۳	۳۰/۳
انحراف معیار داده های واقعی	۳/۵	۴/۴	۴/۲	۳/۹	۲/۷	۱/۱	۰/۴	۰/۳	۰/۷	۱/۵	۲/۱	۳/۴
میانگین بارش مدل شده	۳۶/۱	۳۹	۴۸/۹	۳۴/۶	۱۹/۳	۵/۲	۱/۶	۰/۶	۱	۶	۱۲/۹	۲۹/۷
انحراف معیار داده های مدل	۳/۴	۳/۹	۴/۱	۳/۵	۲/۷	۱/۲	۰/۴	۰/۴	۰/۸	۱/۴	۲/۲	۳/۱

جدول ۴: مقایسه میانگین بیشینه دما و انحراف معیار بدست آمده از مدل و مقادیر واقعی در دوره ۲۰۰۱-۱۹۶۱ میلادی

پارامتر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
میانگین دمای نرمال	۷/۴	۹/۷	۱۵/۱	۲۲/۳	۲۸/۱	۳۳/۵	۳۵/۲	۳۴	۳۰/۳	۲۳/۶	۱۶/۸	۱۰/۴
انحراف معیار داده های واقعی	۵/۴	۵/۷	۶	۵/۷	۴/۸	۳/۶	۳/۱	۳/۲	۴/۱	۴/۸	۵	۵
میانگین دمای مدل شده	۷/۶	۹/۷	۱۴/۹	۲۲/۱	۲۸	۳۳/۳	۳۵/۲	۳۳/۹	۳۰/۳	۲۳/۸	۱۶/۹	۱۰/۶
انحراف معیار مدل	۵/۵	۶/۱	۶/۳	۶	۵/۱	۴	۳/۴	۳/۴	۴/۳	۵/۱	۵/۴	۵/۲

جدول ۵: مقایسه میانگین کمینه دما و انحراف معیار بدست آمده از مدل و مقادیر واقعی در دوره ۲۰۰۱-۱۹۶۱ میلادی

پارامتر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
میانگین دمای نرمال	-۳/۵	-۱/۶	۳/۱	۹/۱	۱۳/۶	۱۸/۱	۲۰/۵	۱۸/۲	۱۳/۳	۷/۷	۲/۸	-۱/۲
انحراف معیار داده های واقعی	۵/۱	۵	۴/۵	۴/۳	۴	۳/۸	۳/۵	۳/۹	۴/۴	۴/۵	۴/۸	۴/۵
میانگین دمای مدل شده	-۳/۳	-۱/۶	۳/۱	۸/۹	۱۳/۶	۱۸	۲۰/۲	۱۸/۱	۱۳/۴	۷/۷	۲/۸	-۱/۲
انحراف معیار مدل	۴/۹	۵	۴/۵	۴/۴	۴/۱	۳/۸	۳/۷	۴	۴/۶	۴/۸	۴/۶	۴/۶

جدول ۶. آمار توصیفی داده‌های ریزمقیاس شده توسط مدل SDSM و داده‌های واقعی در دوره ۲۰۰۱-۱۹۶۱ میلادی

وضعیت		بارش	کمینه دما	بیشینه دما
داده های واقعی	میانگین	۲۰/۱	۸/۳	۲۲/۲۲
	انحراف استاندارد	۱۷/۸	۸/۴	۱۰/۱
	میانگین خطای انحراف استاندارد	۵/۱	۲/۴	۲/۹
داده‌های مدل‌سازی شده	میانگین	۱۹/۶	۸/۳	۲۲/۱۹
	انحراف استاندارد	۱۷/۳	۸/۳۶	۱۰/۰۶
	میانگین خطای انحراف استاندارد	۵/۰	۲/۴	۲/۹

جدول ۷. مقایسه مقادیر ریزمقیاس مدل SDSM با مقادیر واقعی در دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۱ میلادی

آزمون	بارش	کمینه دما	بیشینه دما
T-TEST	۱/۲	۰/۹	۰/۵
Significance level	۰/۲	۰/۳	۰/۶
95 Percent Confidence interval	۰۰/۲-۱/۲	۰/۰۳-۰/۰۹	۰/۰۵-۰/۱۳
Correlation	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۸

خطای مطلق داده‌های ریزمقیاس با استفاده از معادلات زیر محاسبه گردیدند:

$$\text{Bias} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (s_i - o_i) \quad (8)$$

$$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |s_i - o_i| \quad (9)$$

بطوریکه S_i و O_i در آن به ترتیب نشان دهنده پارامتر مدل و دیدبانی شده هستند.

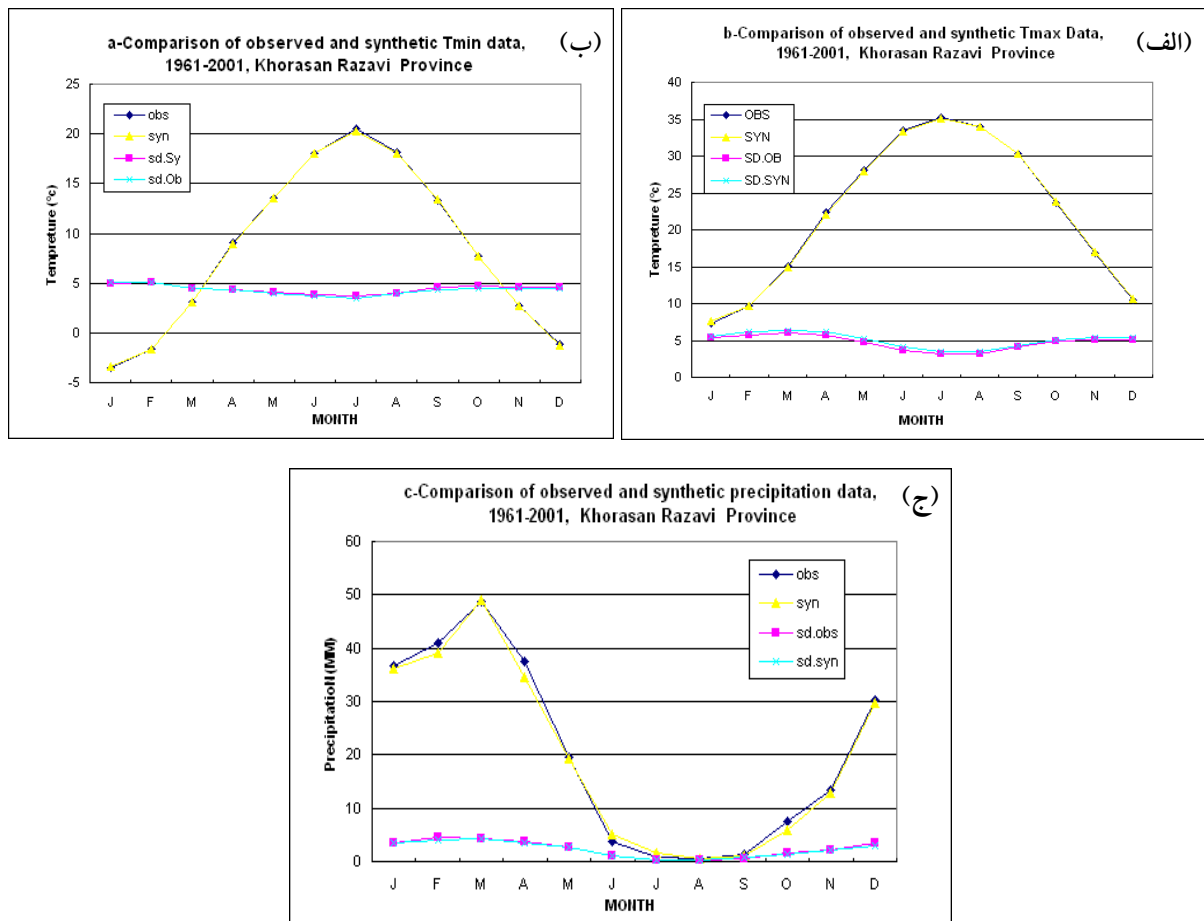
اندیس i نشان دهنده ماه‌های سال است (۷). در جدول ۸ خطای مطلق و مقادیر بایاس هر یک از پارامترهای مورد مطالعه در کشور آورده شده است.

برمقدار صفر است. از طرفی مقادیر همبستگی بین مدل‌ها در سطح معناداری ۰/۰۱ قابل قبول می‌باشد شکل ۴ نمودارهای ترسیمی - مقایسه‌ای پارامترهای مذکور را نشان می‌دهد.

همانطور که مشاهده می‌شود مدل‌سازی دمای کمینه، بیشینه، بارش ریزمقیاس شده و همچنین انحراف معیار آنها با داده های واقعی دیدبانی شده مطابقت خوبی داشته و مدل به خوبی توانسته روند تغییرات پارامترهای مذکور در ماه های مختلف سال را مدل‌سازی نماید. مقدار بایاس و

جدول ۸: بایاس و میانگین خطای داده های مدل شده روزانه توسط SDSM نسبت به داده‌های دیدبانی شده

بارش		دمای حداقل		دمای حداکثر	
Bias	Mae	Bias	Mae	Bias	Mae
-۶	۰/۹	۰/۹	۰/۰۸	-۰/۳	۰/۲



شکل ۴ مقایسه داده‌های ریزمقیاس شده و دیدبانی شده برای پارامترهای الف. دمای بیشینه ب. دمای کمینه، ج. بارش (دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۱ میلادی)

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهند که پارامترهای مذکور به خوبی توسط مدل ریزمقیاس شده‌اند و بطور کلی مدل توانمندی مدل‌سازی و ریزگردانی اقلیم دوره گذشته در ایستگاه‌های تحت مطالعه را دارا است. این نتیجه‌گیری در اشکال ۵ و ۶ و ۷ به وضوح قابل مشاهده می‌باشد.

شکل ۵ پهنه‌بندی بارش در کشور را توسط داده‌های ریزمقیاس مدل (الف) و داده‌های دیده‌بانی (ب) نشان می‌دهد. پهنه‌بندی بارش بیانگر نتایج خوب ریزمقیاس نمایی داده‌های اقلیمی توسط مدل است.

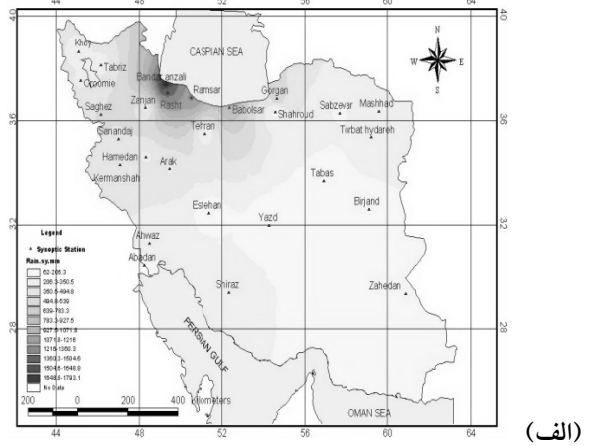
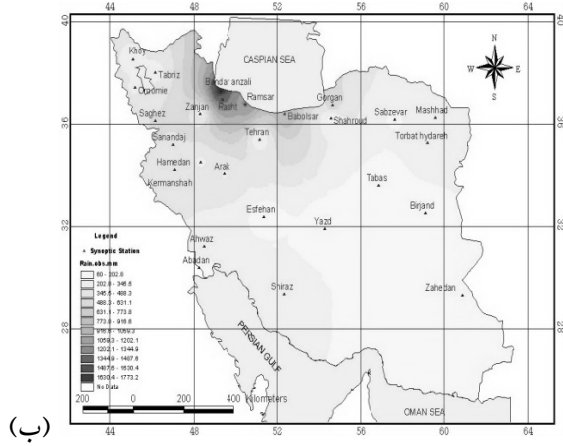
این نتیجه‌گیری در اشکال ۶ و ۷ نیز که مربوط به دمای

بیشینه و کمینه می‌باشد نیز صادق است. البته همانطور که نقشه‌های پهنه‌بندی نیز بیانگر آنست، در نواحی مرکزی ایران مقداری اختلاف قابل رویت است که این خطاها را می‌توان به دلیل شرایط توپوگرافی منطقه فوق‌الذکر و تا حدودی فقر داده‌های آماری دیده‌بانی شده در نواحی مرکزی کشور که ناشی از فاصله نسبتاً زیاد بین ایستگاهی در این منطقه می‌باشد، دانست.

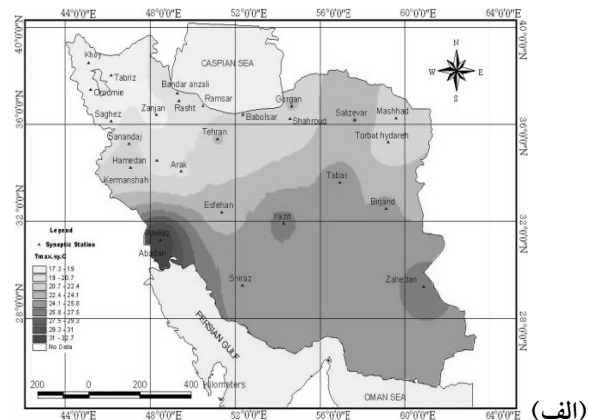
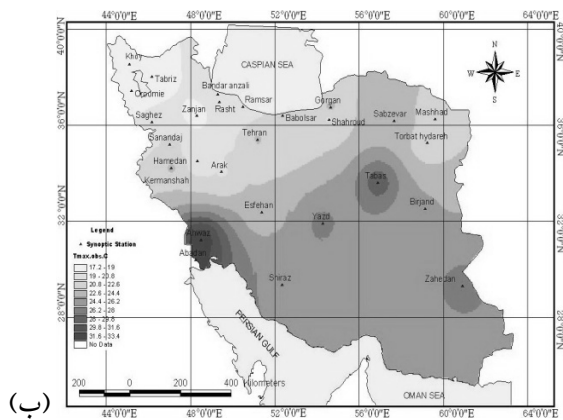
بطور کلی نتایج بیانگر این امر است که داده‌های ریزمقیاس شده به خوبی توانسته است همخوانی مناسبی با پارامترهای اقلیمی واقعی منطقه داشته باشند و میتوان با صحت بالا این داده‌ها را در شبیه‌سازی‌های دوره‌های آتی

داشته و به کمک آن مدیریت های کلان آبی را در زمینه های بهره‌وری مناسب تر از منابع و بالاخص منابع آبی ارتقاء بخشید.

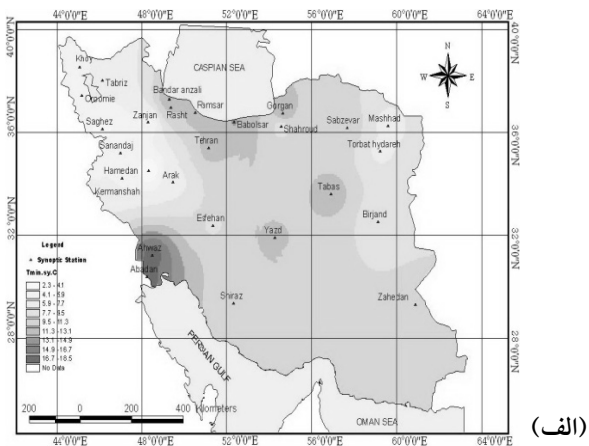
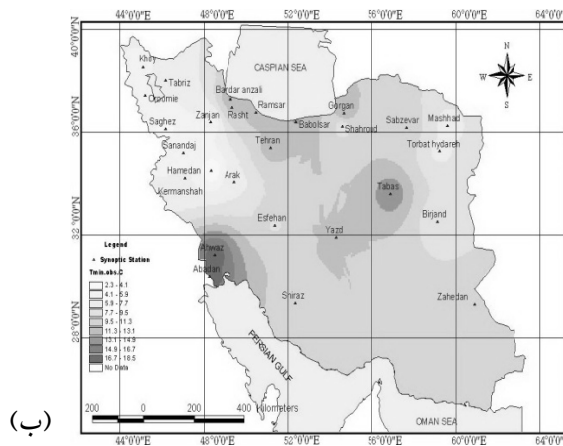
در مقیاس ایستگاهی و با بکارگیری مدل های آماری ایستگاه مقیاس ۱ بسط و توسعه داد و آینده‌نگری مناسب‌تری از شرایط آب و هوایی در دوره‌های آینده



شکل ۵- پهنه‌بندی بارش در ایران (۱۹۶۱-۲۰۰۱). الف) داده های مدل شده ب) داده های دیده بانی شده



شکل ۶- پهنه‌بندی دمای بیشینه ایران (۱۹۶۱-۲۰۰۱). الف) داده های مدل شده ب) داده های دیده بانی شده



شکل ۷- پهنه‌بندی دمای کمینه ایران (۱۹۶۱-۲۰۰۱). الف) داده های مدل شده ب) داده های دیده بانی شده

استفاده از سری زمانی. طرح پژوهشی سازمان

هواشناسی کشور.

9. Jones, P.D. and M. Hulme, 1996, **Calculating Regional Climate time series for temperature and precipitation: Methods and illustrations**. International, J. Climatol. 16:361-377.

10. Hellstrom C. and Chen D., 2006, **Statistical Downscaling Based on Dynamically Downscaled Predictors: Application to Monthly Precipitation in Sweden**, Advances in Atmospheric Sciences, Vol. 20, No. 6, PP. 951-958

11. Hummer, G.L., Nicholson, N., 1996, **managing for Climate Variability: the role of seasonal Climate forecasting in improving agricultural systems**. In: Proc. Second Australian Conference on Agricultural Meteorology, Bureau of Meteorology, Commonwealth of Australia, Melborn, Australia: 19-27.

12. 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 Resources Planning and Management. 125(4): 194-204

13. IPCC, 1996, Climate change 1995, the science of climate change, Summary for Policy-makers, contribution of working group 1 to

منابع

۱. ابراهیمی، ح. ۱۳۸۳. **بررسی پتانسیل اثر تغییر اقلیم بر مصارف آب کشاورزی دشت مشهد**. رساله دوره دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات: ۶۹-۹۱-۱۱۳.

۲. آشفته، پ. س. مساح بوانی، ع. ۱۳۸۶. **تأثیر تغییر اقلیم بر شدت و فراوانی سیلاب در دوره های آتی، مطالعه موردی حوضه آیدوغموش آذربایجان شرقی، کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب: ۳۲-۴۵**

۳. اندرسن، الف. ترجمه بزرگ نیا، الف. ۱۳۶۶. **تجزیه و تحلیل سری های زمانی و پیش بینی**. چاپ اول، موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی.

۴. بابائیان، الف. نجفی نیک، ز. ۱۳۸۵. **ارزیابی تغییر اقلیم استان خراسان رضوی در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ با استفاده از ریز مقیاس نمایی خروجی مدل GCM**. پژوهشکده اقلیم شناسی.

۵. بابائیان، الف. و همکاران. ۱۳۸۶. **پروژه مدل سازی اقلیم ایران در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ با استفاده از ریز مقیاس نمایی آماری خروجی مدل ECHO-G**. پژوهشکده اقلیم شناسی.

۶. صمدی، س. ۱۳۸۳. **مدل های اقلیمی**. بولتن علمی پژوهشکده اقلیم شناسی. جلد چهارم. شماره سوم: ۹-۱۳.

۷. صمدی، س. ۱۳۸۶. **پروژه ارائه پیش بینی های فصلی با روش تغییر مقیاس داده های GCM**. پژوهشکده اقلیم شناسی: ۶۲-۷۱.

۸. مهدویان، ع. ۱۳۸۴. **تحلیل و پیش بینی بارندگی سالانه و فصلی در استان خراسان جنوبی با**

- Region**, Institute of Hydrology, NERC, Wallingford, OXON, OX10, 8BB, UK.
17. Schmidli J., 2004, **Statistical Downscaling using GCM Precipitation as a Predictor:** An evaluation for the European Alps, Proceeding of 9th International Meeting on Statistical Climatology:29-32
18. Widmann M. AND Bretherton C. S., 2003, **Statistical Precipitation Downscaling over the Northwestern United States Using Numerically Simulated Precipitation as a Predictor**, Journal of Climate, Vol 16: 801-803.
- the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge University Press, Cambridge, UK
14. IPCC-DDC, 1988, <http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/>
15. IPCC-TGCIA, 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, 69 pp. Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Scenarios for Climate Impact Assessment.
16. Ragab, R., 2000, **Climate Change and Water Resources Management in the Arid**