پیش‌نگری اقلیم منطقه‌ای ایران

یوسف ثبوتی[1]، امیر نقوی آزاد* [1]

چکیده

این مقاله حاصل تأملاتی است در جستجوی پاسخ این پرسش که: «چرا علیرغم نزدیک به دو دهه رواج گفتمان تشکیل اقتصاد دانش‌بنیان در نهادهای سیاستگذار ایران، همچنان در آغاز این راه هستیم؟». در این سمت و سو به تبیین نقش سه نهاد دولت، صنعت و دانشگاه به مثابه سه کانون اصلی سامانه اقتصاد دانش‌بنیان پرداخته شده‌است. در ادامه با توجه به نقش کلیدی دانشگاه‌ها در شکل‌گیری اقتصاد دانش‌بنیان، بر ضرورت بازاندیشی مأموریت‌های این نهاد تأکید شده است. سپس نقش دولت‌ها و صنعت تحلیل شده و تأثیر توجه به مزیت‌ها و اولویت‌های بومی در شکل‌گیری اقتصاد دانش‌بنیان (با اشاره به دو حوزه مطالعاتی دارای اولویت یعنی داروسازی و شیمی) بررسی می‌گردد. در پایان فهرستی از مهم‌ترین راهکارهای مقابله با کاستی‌های موجود در این خصوص پیشنهاد شده است.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، اقلیم منطقه‌ای، راستی‌آزمایی، پیش‌نگری اقلیم، گرمایش زمین.

* عهده‌دار مکاتبات: تلفن: ۲۲۱۲ ٤۱٥ (۲٤۱ ۹۸+)، دورنگار: ۲۱۰٤ ٤۱٥ (۲٤۱ ۹۸+)، نشانی الکترونیکی: amirazad@iasbs.ac.ir
۱. پژوهشکده تغییر اقلیم و گرمایش زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه، زنجان، ایران.

کم و بیش از چهل سال پیش گرمایش جهانی و تغییر اقلیم در مجامع علمی مورد توجه قرار گرفته و افراد با تخصص‌های مختلف، جنبه‌های گوناگون آن را مطالعه می‌کنند. یافته‌ها نشان می‌دهند که از عصر صنعتی به این سو، دمای میانگین سطح زمین رو به افزایش است، سطح دریاها بالا می‌آیند، و بارش و الگوهای آن تغییر می‌کنند.

در کنار جنبه جهانی، جنبه‌های منطقه‌ای مسئله نیز مهم است. تغییر اقلیم و گرمایش زمین در همه جا یکسان و یکنواخت اتفاق نمی‌افتد. برای مثال باران‌های موسمی در جنوب و جنوب شرق آسیا افزایش یافته و زمان اوج آن‌ها هم نسبت به گذشته جابجا شده است. این در حالی است که میزان بارندگی در عرض‌های جغرافیایی میانی، که کشور ما نیز در این عرض‌ها قرار دارد، رو به کاهش است. لازم است هر کشور و منطقه‌ای با چالش‌ها و مشکلات خاص خود روبرو شود.

در کشورما کارهای شبیه‌سازی اقلیم‌های گذشته و راستی‌آزمایی الگوهای به کار گرفته شده به صورت محدود انجام گرفته است[۱-۳]. ولی تا آن جا که نویسندگان اطلاع دارند تاکنون از الگوهای اقلیم منطقه‌ای برای پیش‌نگری اقلیم آینده ایران استفاده وسیع نشده است. پژوهشکده تغییر اقلیم و گرمایش زمین، وابسته به دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه – زنجان، طرح گسترده‌ای با عنوان «پیش‌نگری اقلیم منطقه‌ای ایران و همسایگان جغرافیایی آن» در دست اجرا دارد. هدف طرح به طوری که از نام آن بر می‌آید بررسی روند و الگوی تغییرات در پارامترهای عمده اقلیم ایران است. بخشی از این تغییرات مربوط به عوامل طبیعی، و بخش دیگر انسان پایه است.

با رشد جوامع انسانی از لحاظ جمعیت و صنعتی شدن، و به تبع آن افزایش مصرف از منابع طبیعی، انتظار می‌رود عوامل انسانیِ تغییر دهنده اقلیم در آینده‌های نزدیک نقش فزاینده‌ای بازی کنند. بنابراین لازم است پارامترهای رشد انسانی به طور مداوم پایش شده و در صورت لزوم در شبیه‌سازی‌های اقلیم کشور لحاظ شوند. در حال حاضر پایش و دخالت عوامل انسانی در محاسبه اقلیم‌های جهانی تحت نام «سناریوهای نشر» انجام می‌گیرد و می باید در بررسی اقلیم‌های منطقه‌ای نیز به کار برده شود.

RegCM الگو

الگوهای جهانی، اقلیم را برای تمام کره زمین شبیه‌سازی می‌کنند. برون‌داد آن‌ها رخدادهای بزرگ مقیاس در هوا و آب و کمینه‌ها و بیشینه‌های آب‌وهوایی است. این برون‌دادها به نام "الگوی گردش عمومی (GCM)"[1] شناخته می‌شوند. نظر به بزرگی کره زمین و فراوانی پارامترهایی که در شکل دادن به اقلیم نقش بازی می‌کنند داده‌های الگوی گردش عمومی تقریبی هستند. کاربرد عمده آن‌ها در شبیه‌سازی اقلیم‌های منطقه‌ای است. رسم بر این است که داده‌های الگوی گردش عمومی به عنوان تقریب اول به نرم‌افزار اقلیم منطقه‌ای داده می‌شود و اقلیم منطقه مورد نظر دوباره محاسبه می‌شود که دقت بیشتری از آنچه که از الگوی گردش عمومی گرفته شده خواهد داشت.

نسخه اول الگوی RegCM توسط دیکینسون و همکاران، و گیورگی در سال ۱۹۸۹ ارائه شد.

نسخه دوم در سال ۱۹۹۳ توسط گیورگی و همکاران و نسخه سوم در سال ۲۰۰۰ توسط پال و همکاران منتشر شد. رمز RegCM همگانی، متن باز، کاربر دوست و قابل جابجائی طراحی شده است. "شبکه پژوهش اقلیم منطقه‌ای"[2] مستقر در مرکز بین‌المللی فیزیک نظری عبدالسلام – تریست[3] از این رمز پشتیبانی می‌کند. از سال ۲۰۰۷ تاکنون، الگو از نظر نرم‌افزار و استفاده از پارامترهای فیزیکیِ واقعی‌تر پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای داشته است و در نهایت به انتشار نسخه RegCM٤,١ در سال ۲۰۱۰ منجر شد.

نسخه آزمایشی RegCM٤,٣ نیز در سال ۲۰۱۲ در اختیار کاربران قرار گرفت. نسخه اخیر توسط انجمن‌های کاربری زیادی به کار گرفته شده و کارایی و اجرای بهتری از خود نشان داده است.

بازتولید اقلیم گذشته

همان طور که اشاره شد برای محاسبه اقلیم منطقه‌ای به الگو های گردش عمومی به عنوان داده اولیه نیاز است. چندین الگوی گردش عمومی وجود دارد که RegCM از خروجی آن‌ها می‌تواند استفاده کند. نتایج بدست آمده با داده‌های اولیه از الگو های گردش عمومی مختلف، معمولا متفاوت است. ممکن است اجرای الگوی منطقه‌ای با یک مجموعه داده اولیه برای یک منطقه نتیجه خوب بدهد و برای منطقه دیگر چنین نباشد. لذا لازم است برای راستی‌آزمایی شبیه‌سازی ها، از چند مجموعه داده اولیه گردش عمومی استفاده شود.

الگو های اقلیم منطقه‌ای برای دقت و تفکیک مکانی بالا طراحی شده‌اند. در RegCM دقت مکانی شبکه‌بندی افقی مدل را تا ۲۰×۲۰ کیلومتر می‌توان بالا برد، در حالی که در الگو های گردش عمومی ابعاد شبکه‌ها از مرتبه چند صد کیلومتر در چند صد کیلومتر است. نکته مهمی که باید در نظر داشت این است که افزایش دقت مکانی، همواره به نتیجه بهتر نمی‌انجامد. در پژوهش های ما از دو دقت مکانی ۶۰×۶۰ و ۲۰×۲۰ کیلومتر برای بررسی این ویژه‌گی استفاده شده است. به جز دما و فشار، برای پارامترهای ورودی دیگر مانند الگوهای بارش و سناریوهای نشر، انتخاب‌های مختلفی وجود دارد و در چندین اجرا از برخی از آن‌ها

1. General Circulation Model (GCM).
2.Regional Climate Research Network (http://users.ictp.it/RegCNET).
3. Abdus Salam International Center for Theoretical Physics (http://ictp.it).

استفاده شده است. تنظیم پارامترهای ورودی برای دست‌یابی به نتایج قابل اعتماد مستلزم اجراهای متعدد الگو است. عامل محدود کننده زمان‌بر بودن محاسبات، به خصوص در دقت‌های مکانی بالا، است. از این رو در این طرح برای بازتولید و راستی‌آزمایی اقلیم گذشته ایران تنها تاثیر دو عامل، داده‌های ورودی اولیه و دقت‌های مکانی مختلف، بررسی شده است.

۴. راستی‌آزمایی

برای راستی‌آزمایی مدل ، سه کمیت فشار هوا، دمای هوا و بارش برای سال ۹۰ میلادی و برای ۲٤ شهر کشور(بیشتر مراکز استان‌ها) محاسبه شده‌اند. برای هر کدام از این پارامترهای الگو، چهار بار برای دو دقت مکانی ۲۰×۲۰ و ٦۰×٦۰ کیلومتر، و دو داده اولیه از دو الگوی گردش عمومی به نام‌های NNRP۱ و ERA٤۰ به کار برده شده است. نتایج بدست آمده با داده‌های ثبت همدید مقایسه و اختلاف‌ها بدست آمده–اند. فشار شبیه‌سازی شده برای هر ۲٤ شهر هم‌خوانی خوبی با ثبت‌های همدید دارد. در شبیه‌سازی‌های دمای میانگین، بیشینه، و کمینه، و همچنین بارش، تفاوت‌هائی با ثبت‌های همدید ظاهر می‌شوند که در زیر به آن‌ها پرداخته می‌شود.

۴،۱. دما

برای هر ۲٤ شهر دمای میانگین ماهانه هم‌خوانی خوبی با ثبت همدید دارد. تفاوت‌ها در حد ۳–۲ درجه گرم‌تر یا سردتر است. تفاوت دماهای بیشینه و کمینه با ثبت‌های همدید بیشتر و در حد ٥–٤ درجه است. تفاوت‌ها در تابستان بیشتر از فصل‌های دیگر است. برای نمونه دمای میانگین ماهانه زنجان برای چهار اجرا و ثبت همدید آن در شکل ۱ آورده شده است. این که دقت مکانی ۲۰×۲۰ الزاماً باید نتیجه بهتری از دقت ٦۰×٦۰ بدهد در مورد زنجان صدق نمی‌کند. البته در مورد بعضی از شهرهای دیگر چنین بوده است.

۴. ۲. بارش

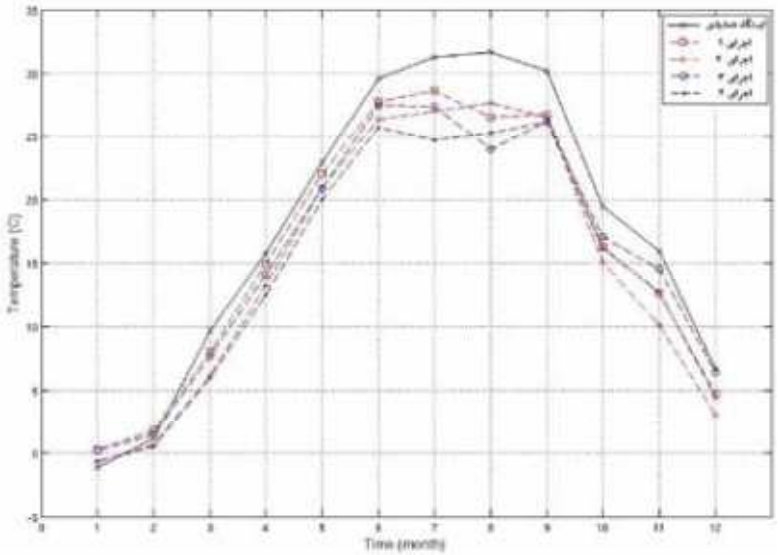
در مورد بارش برخلاف فشار و دما، دقت‌های مکانی و نوع داده‌های ورودی تاثیر زیادی در نتیجه دارند. سبب این امر تعدد و تنوع پارامترهای دخیل در بارش است که به‌خوبی هم شناخته شده نیستند. برخی از شبیه‌سازی‌ها مقدار بارش را برای چند ماه متوالی بسیار نزدیک به مقدار ثبت همدید می‌دهند و برای ماه‌های دیگر اختلاف‌ها نسبتاً زیاد اند.

بطور کلی برای مناطقی که بارندگی زیاد دارند (مانند رشت) نتایج بهتر اند. هم‌چنین بارش‌های شبیه‌سازی شده روی‌هم‌رفته بیش از بارش‌های ثبت همدید هستند. موضوع نیاز به مطالعه بیشتر دارد، و به نظر می‌رسد برای مناطق مختلف کشور لازم است پارامترهای دیگری، خاص هر منطقه، جسته شده و منظور شوند. برای نمونه بارش شبیه‌سازی شده سال ۱۹۹۰ میلادی و ثبت همدید آن برای زنجان در شکل ۲ آورده است.

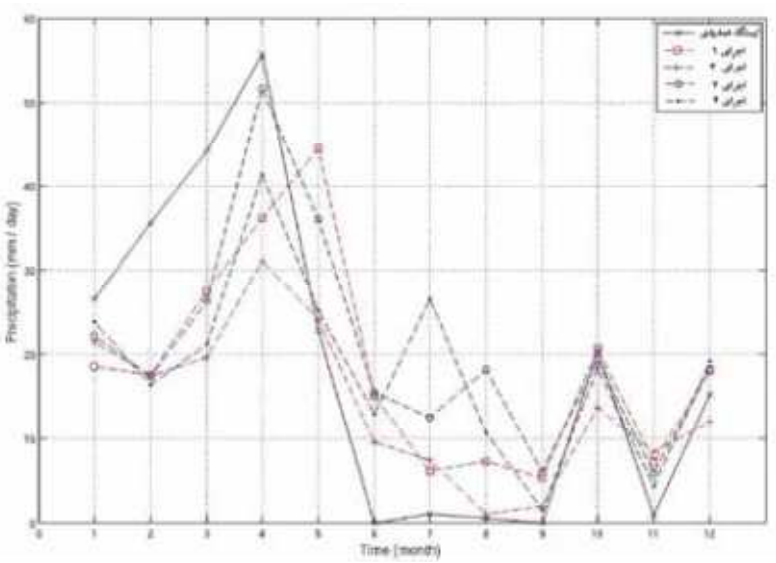
۴. ۳. مقایسه زنجان و رشت و تهران

برای این که تصویر بهتری از هم‌خوانی شبیه‌سازی‌ها با ثبت‌های همدید در دست باشد، داده‌های سه شهر زنجان و رشت و تهران با هم مقایسه و نتایج در جدول زیر خلاصه شده است.

پارامترفشار به خوبی با ثبت‌های همدید می‌خوانند و در جدول نیامده‌است. دماهای کمینه و بیشینه و میانگین تفاوت‌های قابل قبول



شکل ۱. دمای میانگین ماهانه شبیه‌سازی شده و ثبت همدید زنجان، ۱۹۹۰ میلادی. اجرای ۱: داده ورودی NNRP۱ ، دقت مکانی ٦۰×٦۰ کیلومتر – اجرای ۲: داده ورودی NNRP۱، دقت مکانی ۲۰×۲۰ کیلومتر – اجرای ۳: داده ورودی ERA٤۰، دقت مکانی ٦۰×٦۰ کیلومتر – اجرای ٤: داده ورودی ERA٤۰، دقت مکانی ۲۰×۲۰ کیلومتر



شکل ۲. بارش شبیه‌سازی شده و ثبت همدید زنجان، ۱۹۹۰ میلادی. مشخصات اجرا در زیر شکل ۱ آمده است.

با ثبت‌های همدید دارند. بارش شبیه‌سازی شده زنجان بیشتر از ثبت همدید و الگوی آن تابستانی‌تر است. میزان و الگوی بارش برای رشت با ثبت همدید هم‌خوان است. ولی برای تهران تفاوت بین شبیه‌سازی‌ها و ثبت‌های همدید زیاد و غیرقابل قبول است.

زنجان:

دمای کمینه در بعضی اجراها خنک‌تر و در بعضی گرم‌تر- تفاوت قابل قبول

دمای بیشینه در همه اجراها خنک‌تر- تفاوت قابل قبول

دمای میانگین ماهانه خنک‌تر – تفاوت سه چهار درجه قابل قبول

بارش سالانه رویهم رفته بیشتر و الگوتابستانی‌تر- تفاوت‌ها غیر قابل قبول

رشت:

دمای کمینه گرم‌تر- تفاوت ۸-۷ درجه زیاد

دمای بیشینه خنک‌تر – تفاوت ٤-۳ درجه قابل قبول

دمای میانگین ماهانه در بعضی اجراها خنک‌تر و در بعضی گرم‌تر- تفاوت قابل قبول

بارش سالانه هم‌خوان با ثبت همدید- الگوی بارش بدون تفاوت محسوس

تهران:

دمای کمینه ٦-٥ درجه گرم‌تر- تفاوت قابل قبول

دمای بیشینه ٥-٤ درجه خنک‌تر – تفاوت قابل قبول

دمای میانگین ماهانه هم‌خوان با ثبت همدید. بهار و تابستان ۳-۲ درجه گرم‌تر و پائیز و زمستان ۳-۲ درجه خنک‌تر

بارش سالانه بیش از ثبت همدید- تفاوت غیر قابل قبول

۵. پیش‌نگری

پیشتر گفته شد که هر مدل اقلیم منطقه‌ای، چه برای گذشته و چه برای آینده، نیاز به داده‌های ورودی از یک مدل اقلیم جهانی دارد. شمار مدل‌های جهانی که گذشته را شبیه‌سازی کنند اندک‌اند و شمار مدل‌هایی که داده برای آینده بدهند اندک‌تراند. خوش‌بختانه دسترسی به مجموعه داده‌هایی که نسخه RegCM٤,٣ می‌توانست از آنها استفاده کند، پیش از بهار ۱۳۹۲ بدست ما رسید و امکان اجرا برای ایران در چند ماه پیش رو به وجودآمد. از میانه فروردین ۱۳۹۲ (نخستین روزهای آوریل ۲۰۱۳) داده‌های مورد نیاز پیاده شدند. مدل با تنظیمات لازم برای ماه چهارم میلادی و با دو دقت مکانی ٦٠×٦٠ و ۲۰×۲۰ کیلومتر اجرا شد، و شبیه‌سازی ۲۰ روز پایانی آوریل ۲۰۱۳ (۲۰ فروردین- ۱۰ اردیبهشت۱۳۹۲) انجام گرفت. در پایان دوره، ثبت‌های همدید نیز از سازمان هواشناسی کشور برای ٢٤ شهر به دست آمد و با هم مقایسه شدند. نتایج در جدول ۱ آمده است.

برای دقت مکانی ۲۰×۲۰ کیلومتر بیشترین اختلاف مربوط به شهر ساری با ۳/٦ درجه گرم‌تر و کمترین آن مربوط به شهر بیرجند با ٤/۰ درجه سردتر است. دمای پیش‌بینی شده برای جنوب و جنوب شرق کشور اختلاف کمتری با دماهای ثبت همدید دارد. در حالی که برای شمال کشور و کناره‌های البرز (به خصوص دو شهر ساری و تهران) اختلاف زیاد است.

جدول ۱. دمای میانگین برای ۲۰ روز پایانی آوریل ۲۰۱۳ – ستون a ثبت همدید – ستون b دقت ۲۰×۲۰ کیلومتر– ستون c قدرمطلق (a–b) – ستون d دقت ۶۰×۶۰ کیلومتر– ستون e قدرمطلق |a–d|

نام شهر					
a	b	|b–a|	d	|d–a|	
اراک	۱۳/۹۵	۱۳/۰۱	۰/۹۴	۱۰/۳۴	۳/۶۱
اردبیل	۸/۵۹	۱۱/۵۳	۲/۹۴	۶/۰۴	۲/۵۵
اهواز	۲۶/۰۳	۲۶/۵۳	۰/۵۰	۲۸/۰۶	۲/۰۳
ایلام	۱۴/۹۸	۱۹/۲۰	۴/۳۱	۱۵/۵۷	۰/۸۶
بجنورد	۱۴/۵۶	۱۲/۴۰	۲/۱۶	۹/۹۷	۴/۵۹
بیرجند	۱۷/۱۲	۱۶/۷۱	۰/۴۱	۱۴/۸۳	۲/۲۹
بندرعباس	۲۷/۰۳	۲۶/۰۸	۰/۹۵	۲۶/۱۵	۰/۸۸
بوشهر	۲۵/۶۰	۲۴/۳۱	۱/۲۹	۲۴/۶۳	۰/۹۷
تبریز	۱۲/۵۴	۱۰/۰۱	۲/۵۳	۸/۱۹	۴/۳۵
تهران	۱۸/۱۵	۱۲/۴۶	۵/۶۹	۱۳/۰۳	۵/۱۲
چابهار	۲۷/۴۶	۲۵/۳۴	۲/۱۲	۲۵/۳۵	۲/۱۱
رشت	۱۴/۷۵	۱۳/۹۰	۰/۸۵	۱۴/۰۶	۰/۷۱
زاهدان	۲۰/۸۳	۲۱/۳۴	۰/۵۱	۲۰/۰۱	۰/۸۲
زنجان	۱۰/۹۸	۸/۷۵	۲/۲۳	۵/۳۷	۵/۶۱
ساری	۱۶/۰۱	۹/۶۷	۳۴/۶	۱۶/۰۶	۰/۵۰
سمنان	۱۸/۸۸	۱۶/۴۵	۲/۳۴	۱۲/۲۵	۶/۳۶
سنندج	۱۲/۹۵	۱۱/۰۱	۱/۹۴	۹/۲۰	۳/۷۵
شهرکرد	۹/۶۶	۱۲/۳۱	۲/۶۵	۱۰/۷۵	۱/۰۹
قم	۱۹/۴۷	۱۵/۶۹	۳/۷۸	۱۸/۸۷	۰/۶۰
کرمان	۱۷/۲۰	۱۸/۲۲	۱/۰۲	۱۷/۳۱	۰/۱۱
گرگان	۱۵/۶۳	۱۴/۴۶	۱/۱۷	۱۶/۵۶	۰/۹۳
مشهد	۱۵/۵۷	۱۲/۵۲	۳/۰۵	۱۰/۷۲	۴/۸۵
نائین	۱۶/۶۷	۱۷/۷۸	۱/۱۱	۱۴/۷۸	۱/۹۰
یاسوج	۱۳/۸۳	۱۳/۲۱	۰/۶۲	۸/۵۹	۵/۲۴
میانگین	**۱۷/۰۱**	**۱۵/۹۵**	**۲/۱۴**	**۱۴/۸۶**	**۲/۵۶**

برای دقت مکانی ۶۰×۶۰ کیلومتر بیشترین اختلاف مربوط به سمنان ۶/۶ درجه و کمترین آن مربوط به ساری با ۰/۵ درجه است. به نظر می‌رسد دقت مکانی در شبیه‌سازی‌های مناطق مختلف تاثیر زیادی دارد. انحراف معیار (میانگین قدر مطلق اختلاف‌ها برای ۲۴ شهر) برای دقت مکانی ۲۰×۲۰ کیلومتر ۱۴/۲ درجه و برای دقت مکانی ۶۰×۶۰ کیلومتر، ۲/۵۴ درجه، بسیار نزدیک به هم و قابل قبول اند. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت، هر چند مدل برخی شهرها را گرم‌تر و برخی دیگر را خنک‌تر پیش‌بینی کرده، اما در کل، دمای متوسط همه شهرها با خطای ۱ درجه برآورد شده و قابل قبول است.

تقدیر و تشکر

در پایان لازم است از صندوق حمایت از پژوهشگران بابت حمایت مالی برای انجام بخشی از پژوهش‌های گزارش شده در این نوشته تشکر نمود.

منابع و مآخذ

[۱]. بابائیـــان ا.، مدیریان ر.، کریمیان م.، حبیبی نوخندان م. (۱۳۸٦). " شبیه‌سازی بارش ماه‌های سرد سال‌های ۱۳۷٦ و ۱۳۷۹ با استفاده از مدل اقلیمی RegCM۳"، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۰ صص ۵۵-۷۲.
[۲]. کریمیـــان م.، بابائیان ا.، مدیریان ر. (۱۳۸۸)." بررســـی توانمندی مدل اقلیمی RegCM۳ در مدل‌سازی بارش و دمای استان خراسان، مطالعه موردی: زمستان‌های دوره ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۷، صص ۱٦۵-۱۸٦.
[۳]. بابائیان ا.، مدیریان ر.، کریمیان م.، ملبوسی ش. (۱۳۹۰). "بررسی توانمندی مدل اقلیمی PRECIS در شبیه‌سازی بارش‌های منطقه‌ای ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی"، شماره ۷۷، صص ۱۲۵-۱٤۰.