

بررسی طبقه‌بندی اقلیمی کوپن در ایران در سال ۱۹۷۵ و مقایسه آن با خروجی مدل MIROC برای سال‌های ۲۰۳۰، ۲۰۵۰، ۲۰۸۰ و ۲۱۰۰ تحت سناریوی A1B و A2 (با تأکید بر مساله تغییر اقلیم)

سید حسین میرموسوی-دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
حدیث کیانی- دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۴/۹ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۹/۲

چکیده

اقلیم، وضعیتی کلی از شرایط هوای غالب یک مکان مشخص بر اساس آمار بلندمدت است. تنوع عناصر اقلیمی در تعیین اقلیم یک ناحیه مؤثر بوده و باعث شکل‌گیری اقلیم‌های متنوع و متفاوت می‌شود. افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و به دنبال آن تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی پیامدهای بسیاری برای کره زمین داشته است. از جمله این پیامدها، بخصوص برای مناطقی که در کمربند گرم و خشک دنیا قرار گرفته‌اند، افزایش سطح پوشش اقلیم خشک و نیمه‌خشک است. در این مطالعه طبقه‌بندی اقلیمی کوپن برای کشور ایران در سال ۱۹۷۵ با طبقه‌بندی حاصل از خروجی مدل جوی-اقیانوسی MIROC برای سال‌های ۲۰۳۰، ۲۰۵۰، ۲۰۸۰ و ۲۱۰۰، تحت ۲ سناریوی A1B و A2، که در گزارش چهارم IPCC آمده، مقایسه شده است. طبقه‌بندی‌های حاصل از خروجی مدل روند رو به رشد اقلیم گروه B که نماینده اقلیم خشک و نیمه‌خشک در طبقه‌بندی کوپن است و کاهش تنوع اقلیمی را نشان می‌دهند. همان‌طور که در نقشه‌ها ملاحظه می‌شود و بر اساس وسعت تحت پوشش این نوع اقلیم طی سال‌های آتی، افزایش اقلیم Bwh که آب‌وهوای گرم و خشک را نشان می‌دهد، به‌وضوح قابل مشاهده است. این افزایش به‌گونه‌ای است که در سال ۲۱۰۰، شاهد پوشش بیش از ۹۵ درصد مساحت کشور توسط این اقلیم بر اساس هر دو سناریو هستیم. همچنین وسعت و تنوع مناطق تحت پوشش اقلیم معتدل (اقلیم گروه C) و اقلیم سرد (اقلیم گروه D) در کشور به کمتر از یک درصد مساحت کشور خواهد رسید.

کلیدواژه‌ها: تغییر اقلیم، طبقه‌بندی اقلیمی، گرمایش جهانی، مدل MIROC.

۱. مقدمه

اقلیم، وضعیتی کلی از شرایط هوای غالب یک مکان مشخص بر اساس آمار بلندمدت است (منتظری و بای، ۱۳۹۱: ۷۷) تنوع عناصر اقلیمی در تعیین اقلیم یک ناحیه مؤثر بوده و باعث شکل‌گیری اقلیم‌های متنوع و متفاوت می‌شود (دزفولی و کاکاوند، ۱۳۹۱: ۷۶) مقایسه ویژگی‌های ثبت شده آب‌وهوایی در مکان‌های مختلف زمین نشان دهنده وجود اختلاف‌های چشمگیر در سطح این سیاره است. چنانکه هر مکانی دارای ویژگی‌های منحصر به فرد است. شناخت هوا و در نهایت آب‌وهوا جزء موضوعات بسیار مهمی است که از زمان‌های دور مورد توجه انسان بوده و در زندگی بشر امروز نیز اهمیت خاصی یافته است. شناخت ویژگی‌های طبیعی هر منطقه، بخصوص آب‌وهوا می‌تواند در امر برنامه‌ریزی و آمایش سرزمین نقش عمده‌ای ایفا نماید (طاووسی و دل‌آرا، ۱۳۸۹: ۷۰).

به منظور حصول این امر، پهنه‌بندی اقلیمی به منظور شناسایی مناطق مختلف از لحاظ اقلیمی ضروری به نظر می‌رسد. از دیدگاه یک جغرافیدان پهنه‌بندی اقلیمی یعنی سازماندهی و گروه‌بندی آب‌وهوایی مناطق به نحوی که هر منطقه خصوصیات آب‌وهوایی مشابهی داشته باشد. (مهدویان و همکاران، ۱۳۸۱) از سوی دیگر تولید روز افزون گازهای گلخانه‌ای و اثرات مربوط به آن، گرمایش جهانی و تغییر اقلیم را به دنبال داشته است (صالح پورجم و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۴۸).

تغییر اقلیم عبارت است از تغییرات بلندمدت و غیر قابل بازگشت شرایط جوی که در طول ده‌ها یا میلیون‌ها سال در آب‌وهوای یک منطقه اتفاق می‌افتد. اطلاعات ثبت شده حاکی از آن است که از سال ۱۹۰۱ تا سال ۲۰۱۲ دمای سطح زمین و اقیانوس‌ها به طور متوسط حدود ۰/۸۹ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. (طائی سمیرمی و همکاران، ۱۳۹۳، ۱۴۵). با توجه به این مسئله، تغییر در اقلیم مناطق مختلف جهان و جابجایی مرزهای پهنه‌بندی‌های اقلیمی موجود مورد انتظار خواهد بود. کشور ایران به دلیل گستردگی در عرض‌های جغرافیایی مختلف و وجود شرایط محلی متفاوت در نواحی مختلف، از تنوع اقلیمی برخوردار بوده و همین موضوع اهمیت پهنه‌بندی اقلیمی را در این کشور مطرح ساخته است. از سوی دیگر با توجه به قرارگیری ایران در کمربند گرم و خشک جهان، این کشور تحت تأثیر مسئله گرمایش جهانی و تغییر اقلیم قرار گرفته است. بنابراین بررسی شرایط جدید اقلیمی این کشور و همچنین بررسی جابجایی‌های احتمالی مرزهای پهنه‌بندی‌های اقلیمی موجود، ضروری خواهد بود.

اگرچه تأثیرات تغییر اقلیم بر جابجایی مرزهای پهنه‌بندی‌های موضوع تازه‌ای است که چندان مورد بررسی قرار نگرفته است اما در رابطه با موضوع مورد مطالعه در سطح جهان و ایران بررسی‌هایی بخصوص

در زمینه تغییر اقلیم و طبقه بندی های اقلیمی صورت گرفته از جمله: بلدا^۱ و همکارانش (۲۰۱۴) در مطالعه ای به بازبینی طبقه بندی اقلیمی جهان با استفاده از روش کوپن و تروارتا با توجه به تغییرات آب و هوا پرداخته اند. این بررسی تغییراتی را در بعضی از زیرگروه ها نشان می دهد. همچنین با استفاده از یک نوع طبقه بندی اقلیمی به ارزیابی اثرات تغییر اقلیم در اروپا بر اساس مجموعه نه مدل اقلیمی منطقه ای پرداخته شده است (دی کاسترو^۲ و همکاران، ۲۰۰۷). در استرالیا به منظور پیش بینی اثرات تغییر اقلیم، رودخانه های مناطق گرمسیری طبقه بندی شده اند (واین ارسکین^۳ و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین تغییرات آینده در انواع آب و هواهای تحت طبقه بندی کوپن برای استرالیا مورد بررسی قرار گرفته است (کروسبی^۴ و همکاران، ۲۰۱۲). در مطالعه ای دیگر تغییرات اقلیمی با استفاده از طبقه بندی اقلیمی کوپن مشخص شده است (بیک^۵ و همکاران، ۲۰۰۵). با استفاده از طبقه بندی کوپن، میزان تغییر و دگرگونی اقلیمی در جهان طی دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۰۱ مورد بررسی قرار گرفته است (دلینگ^۶ چن^۷ و ویتنگ^۸ چن^۹؛ ۲۰۱۳: ۶۹). همچنین تأثیر تغییر اقلیم بر منابع آب در ایران و میزان آب قابل دسترس در مناطق نیمه خشک در مرکز مکزیک مطالعه شده است (پانتوجا^{۱۰} و هیسکوک^{۱۱}؛ ۲۰۱۵: ۸۱؛ شکوهی و همکاران، ۲۰۱۴: ۱). ارزیابی آسیب پذیری ناشی از تغییر اقلیم نیز از جمله مطالعاتی است که در رابطه با این موضوع انجام شده است (کی سی^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۵: ۶۲).

پهنه بندی اقلیمی استان اردبیل، قزوین، ناحیه خزری و طبقه بندی اقلیمی کل ایران با استفاده از داده های ایستگاه های سینوپتیک انجام گرفته است (طاووسی و دل آرا، ۱۳۸۹: ۷۰؛ دزفولی و کاکاوند، ۱۳۹۱: ۷۶؛ منتظری و بای، ۱۳۹۱: ۷۷؛ حیدری و علیجانی، ۱۳۷۸: ۵۷). تغییرات برخی متغیرهای اقلیمی با استفاده از مدل ریز مقیاس نمایی LARS-WG تحت سناریوهای مختلف و خشکسالی های دهه ۲۰۳۰-۲۰۱۱ تحت اثر تغییر اقلیم (برای حوزه آبخیز اسکندری، استان اصفهان) پیش بینی شده است (طائی سمیرمی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۴۵؛ بحری و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۵۷). طبقه بندی مناطق همگن اقلیمی تحت تأثیر تغییر اقلیم و سناریوهای انتشار گازهای گلخانه ای با استفاده از تکنیک گشتاور خطی و طبقه بندی اقلیمی - تابش برای کشور ایران انجام شده است (پورمحمدی و ملکی نژاد، ۱۳۹۱: ۵۸؛ جعفرپور و کارشناس، ۱۳۷۸).

- 1 Belda
- 2 de Castro
- 3 Wayne Erskine
- 4 Crosbie
- 5 Beck
- 6 Deliang Chen
- 7 Weiteng Chen
- 8 Pantoja
- 9 Hiscock
- 10 Binita KC

همان‌طور که ملاحظه می‌شود تغییرات اقلیمی و تاثیرات آن بر زمینه‌های مختلف، از جمله مسائل مهم و حیاتی است که توجه جامعه علمی را در سراسر جهان به خود معطوف داشته است و تلاشی روز افزون در جهت شناخت هرچه بیشتر این تاثیرات و پیش‌بینی آینده حیات کره زمین با توجه به تغییرات اقلیمی در جریان است. با توجه به تأثیر تغییرات اقلیمی بر مرزهای طبقه‌بندی‌های اقلیمی و جابه‌جایی احتمالی آنها، در این مطالعه به بررسی اقلیم ایران بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن در گذشته و مقایسه آن با آینده، تحت تأثیر تغییرات اقلیمی پرداخته شده است.

۲. مواد و روش‌ها

در این مطالعه داده‌های مربوط به طبقه‌بندی کوپن برای کشور ایران، که با استفاده از نرم افزار ArcGis بصورت نقشه درآمده‌اند، سال ۱۹۷۵ به عنوان سال پایه و داده‌های شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل جوی-اقیانوسی MIROC-H که در گزارش چهارم (AR4) IPCC ارائه شده‌است، تحت دو سناریوی A1B و A2، برای سال‌های ۲۰۳۰، ۲۰۵۰، ۲۰۸۰ و ۲۱۰۰ مورد استفاده قرار گرفته‌است. مشخصات مدل MIROC-H در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱ مشخصات مدل MIROC-H در گزارش AR4

نام مدل	قدرت تفکیک جوی	قدرت تفکیک اقیانوسی	سناریوهای شبیه‌سازی
MIROC-H	1.1° x 1.1°	0.2° x 0.3°	A1B, A2

این مدل با همکاری موسسه ملی مطالعات زیست محیطی (NIES)، موسسه تحقیقات اقیانوس-جو (CCSR) دانشگاه توکیو و آژانس علوم و فناوری دریایی-زمینی ژاپن برای پیش‌بینی اقلیم در قرن بیست و یکم، با پیچیدگی و قدرت تفکیک نسبتاً بالا طراحی شده است. بطوریکه در مقایسه با مدل‌هایی چون HadCM3 (با قدرت تفکیک جوی 3.75° x 2.5° و اقیانوسی 1.25° x 1.25°) از قدرت تفکیک بالاتری برخوردار می‌باشد.

متغیرهای پیش‌بینی‌کننده جوی در این مدل شامل: دما، مؤلفه باد شمالی و شرقی و فشار سطحی و متغیرهای پیش‌بینی‌کننده اقیانوسی شامل: سرعت باد مداری و نصف‌النهار، دما، شوری و ارتفاع از سطح دریا می‌باشند (http://www.ipcc-data.org/ar4/model-NIES-MIROC3_2-HI-change.html). اطلاعات مربوط به سناریوهای استفاده شده در این مدل به شکل مختصر در جدول ۲ ارائه شده است. داده‌های مربوط به سناریوهای انتشار A2 و A1B قابل دریافت از آدرس الکترونیکی http://www.ipcc-data.org/sim/gcm_monthly/SRES_AR4/index.html می‌باشند.

جدول ۲ مشخصات مربوط به سناریوهای انتشار A1 و A2

سناریوی A2	سناریوی A1B
دنیای واگرا (منطقه محوری) توسعه اقتصادی منطقه محور افزایش دما (۲ تا ۵,۴ درجه)	دنیای همگرا (جهانی سازی) رشد اقتصادی سریع (A1T, A1FI و A1B) افزایش دما (۱,۴ تا ۶,۴ درجه)

منبع: <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf>

اگرچه معیار کوپن برای تقسیم بندی اقلیمی ساده به نظر می‌رسد، اما به دلیل تاکید این پژوهش بر بررسی تغییرات اقلیمی در ایران و تأثیر آن بر جابه جایی مرزهای طبقه‌بندی‌های اقلیمی، طبقه‌بندی اقلیمی کوپن می‌تواند این مسئله را به خوبی نشان دهد.

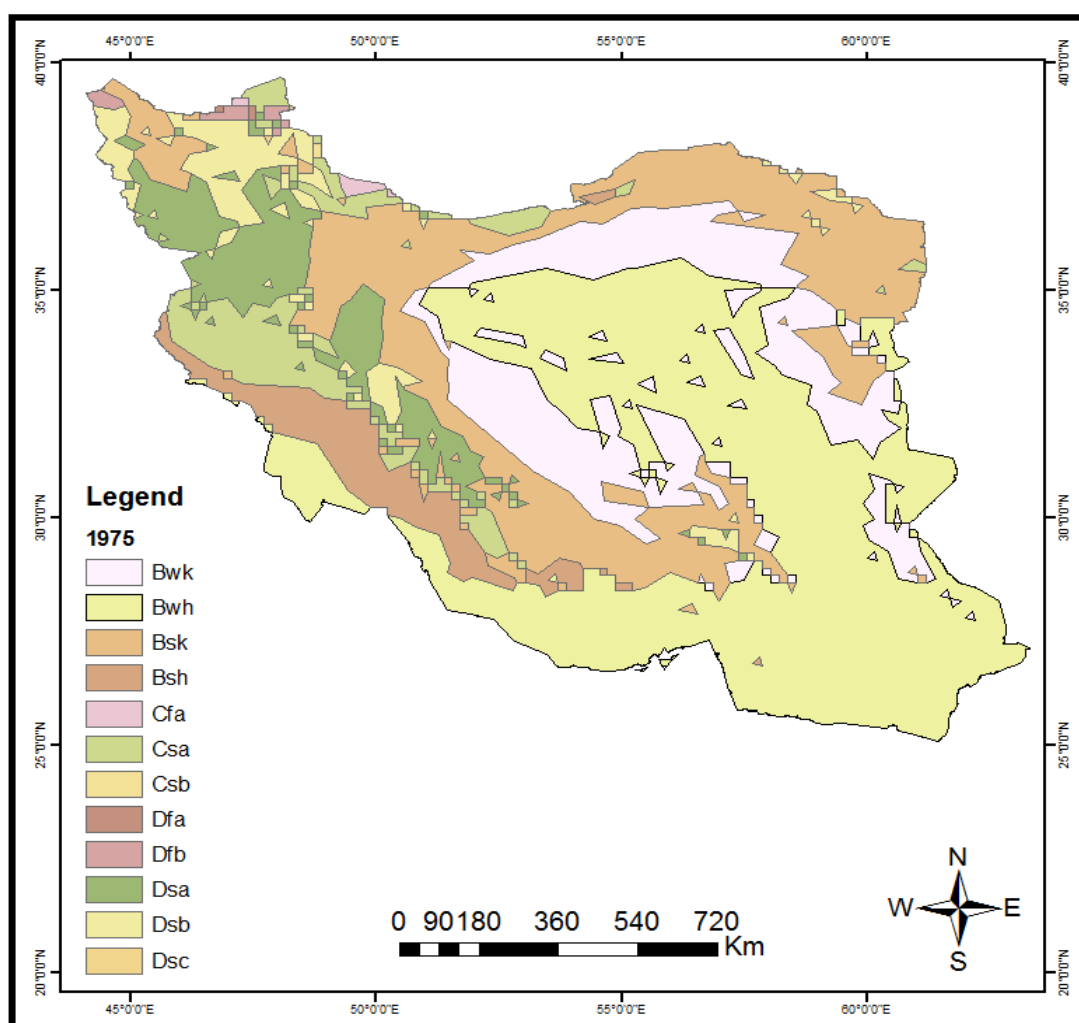
کوپن در سال ۱۹۱۸، بر اساس دما و بارش ماهانه و سالانه و با توجه به واحدهای متمایز پوشش گیاهی، روی زمین را به چندین واحد اقلیمی تقسیم کرد که شامل گروه‌های اصلی زیر است:

گروه اقلیمی A: با آب‌وهوای حاره‌ای و بدون زمستان
گروه اقلیمی B: با آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک با کمبود بارش
گروه اقلیمی C: با آب‌وهوای معتدل و زمستان ملایم
گروه اقلیمی D: با آب‌وهوای سرو و زمستان‌های سرد
گروه اقلیمی E: با آب‌وهوای قطبی و بدون تابستان (علیجانی و کاویانی، ۱۳۷۱: ۳۴۶).

۳. بحث و نتایج

بر اساس این تقسیم بندی، اقلیم کشور ایران در سال ۱۹۷۵ شامل ۳ گروه اولیه B (خشک و نیمه‌خشک با کمبود بارش)، C (معتدل با زمستان ملایم) و D (سرد با زمستان سرد، دمای سردترین ماه سال کمتر از ۳- درجه است) و زیر مجموعه‌های این سه گروه بوده است. هم‌مطور که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود، اقلیم گروه B بیشترین میزان وسعت کشور را به خود اختصاص داده‌اند. اقلیم $B_{wh} (T \geq 18^{\circ}C)$ که نماینده اقلیم گرم و خشک می‌باشد، بیشترین وسعت کشور را در بر دارد (641043.7 km^2) و شامل بخش‌های وسیعی از ایران مرکزی، جنوب، جنوب شرق و جنوب غرب کشور می‌باشد که حدود ۴۰ درصد مساحت کشور است. همچنین اقلیم B_{sk} که بیانگر اقلیم نیمه‌خشک و سرد است، با وسعتی شامل

۲۲ درصد در مناطق شمال شرق، دامنه‌های شرقی زاگرس و البرز و اقلیم Bwk (اقلیم خشک و سرد) با وسعتی معادل ۱۵/۴ درصد مساحت کشور در مناطق حاشیه‌ای ایران مرکزی و بخش‌هایی از شرق و جنوب شرق، در جایگاه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. اقلیم معتدل گروه C که بیشتر شاهد زیر گروه Csa که نماینده اقلیم مدیترانه‌ای است، در کشور هستیم، با وسعتی حدود ۶ درصد مساحت کشور، مناطقی از شمال، شمال غرب، غرب و کوهپایه‌های غربی زاگرس را در بر گرفته است. همچنین اقلیم‌های سرد گروه D، در مناطق کوهستانی غرب و شمال غرب کشور به چشم می‌خورند که وسعتی معادل ۱۲ درصد مساحت کشور را پوشانده‌اند. وسعت و درصد مساحت مربوط به گروه‌های اقلیمی مختلف در جدول ۳ آمده است.



شکل ۱ نقشه اقلیمی ایران بر اساس تقسیم بندی اقلیمی کوپن در سال ۱۹۷۵

جدول ۳ انواع گروه‌های اقلیمی کشور ایران و مساحت و درصد آنها بر اساس طبقه‌بندی کوپن در سال ۱۹۷۵

گروه اقلیمی	وسعت به کیلو متر مربع	وسعت به درصد
Bwk	252287	15.49866
Bwh	641043.7	39.38101
Bsk	362448.8	22.26619
Bsh	83479.68	5.128378
Cfa	3420.774	0.210147
Csa	92607.88	5.689147
Csb	651.8185	0.040043
Dfa	651.8185	0.040043
Dfb	6652.383	0.408673
Dsa	122045.2	7.497561
Dsb	62302.19	3.827388
Dsc	208.7084	0.012822

بررسی تقسیم بندی اقلیمی کوپن در ایران بر اساس مدل MIROC برای سال‌های آینده

با توجه به بحث تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی که کره زمین شاهد اثرات و پیامدهای آن در سال‌های اخیر بوده است، مدل‌ها و روش‌های بسیاری سعی در بازسازی و پیش‌بینی شرایط اقلیمی کره زمین برای سال‌های آینده داشته‌اند. اگرچه این مدل‌ها هنوز دارای ضعف‌ها و کاستی‌های بسیاری هستند تا آینده زمین را با دقت پیش‌بینی نمایند، اما نقاط قوت بسیاری نیز دارند که آنها را برای پیش‌بینی و شناخت اقلیم آینده کره زمین تا حدودی قابل اعتماد می‌سازد. استفاده از خروجی مدل‌های گردش کلی جو - اقیانوس^۱ به منزله معتبرترین ابزار در تحقیقات تغییر اقلیم، در حال افزایش است. تاکنون نسخه‌های گوناگونی از مدل‌های (AOGCM) عرضه شده است که از آن جمله می‌توان به مدل‌های چهارمین گزارش ارزیابی هیئت بین المللی تغییر اقلیم^۲ تحت عنوان (AR4(2007) اشاره کرد. در این قسمت از مطالعه تقسیم بندی اقلیمی کوپن در ایران که خروجی مدل MIROC از گزارش چهارم IPCC است، برای سال‌های ۲۰۳۰، ۲۰۵۰، ۲۰۸۰ و ۲۱۰۰ تحت ۲ سناریوی A1B و A2 آورده شده است.

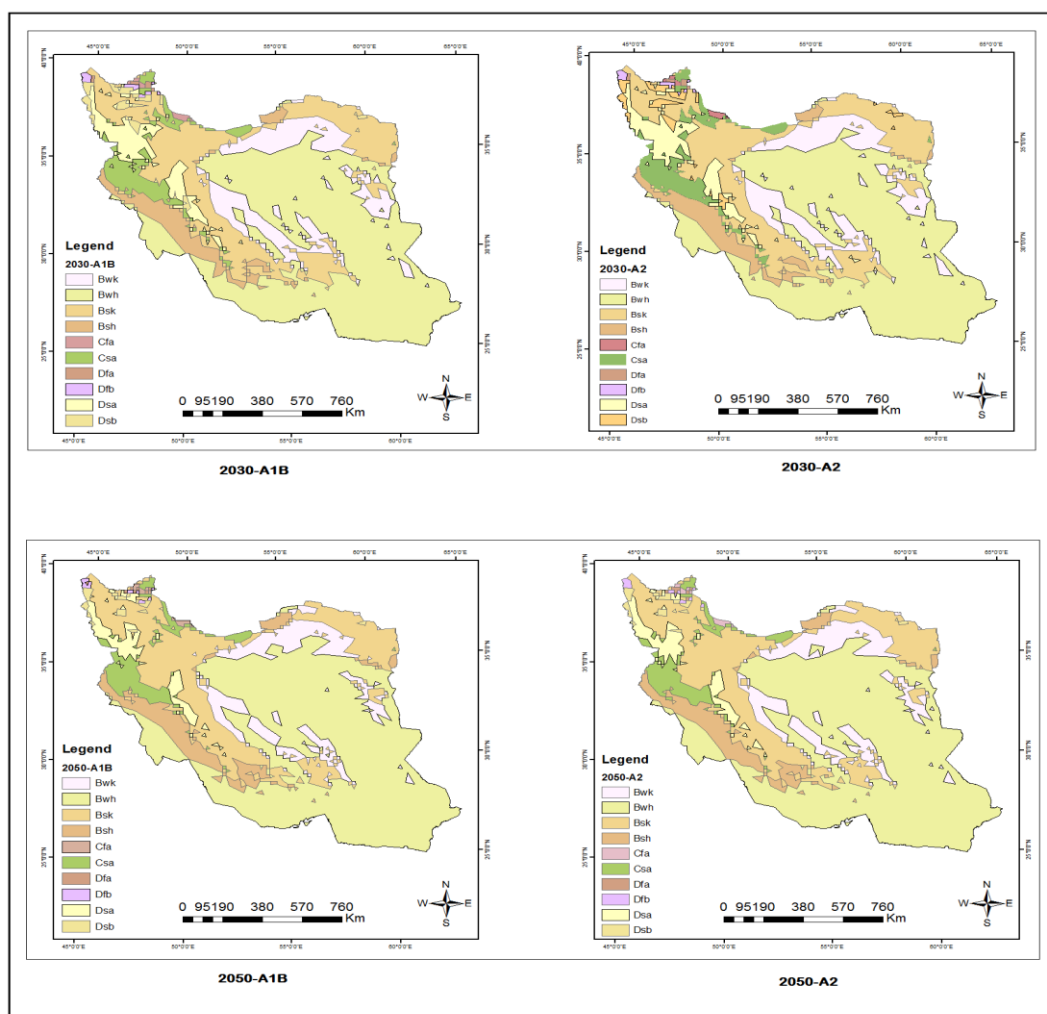
نتایج حاصل از تقسیم بندی اقلیمی کوپن بر اساس مدل MIROC

نقشه‌های حاصل از مدل MIROC طی سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ برای هر دو سناریو، وجود سه تقسیم‌بندی اولیه اقلیمی را که شامل B، D و C می‌باشند، نشان می‌دهند (شکل ۳). این امر در حالیکه تغییراتی در میزان وسعت مناطق دارای اقلیم گروه B (خشک و نیمه‌خشک با کمبود بارش) حاصل شده است، بطوریکه گروه اقلیمی Bwh با آب‌وهوای گرم و خشک که بیشترین وسعت را در سطح کشور در

1 AOGCMs Model

2 IPCC

سال ۱۹۷۵ داشت، در سال ۲۰۳۰ شاهد افزایش ۹ درصدی بر اساس سناریوی A1B و افزایش ۸ درصدی بر اساس سناریوی A2 بوده است. در ۲۰۵۰ نیز سطح زیر پوشش این اقلیم، تحت سناریوی A1B، ۱۳ درصد و تحت سناریوی A2، ۱۱ درصد افزایش را نشان می‌دهد. در سایر زیر گروه‌های اقلیم B نیز تقریباً افزایش وسعت رخ داده است. در گروه اقلیمی C، نکته قابل توجه کاهش حدود ۱ درصدی وسعت و کاهش تنوع زیر شاخه‌های این نوع آب‌وهوا در سال ۲۰۳۰ برای هر دو سناریو نسبت به سال پایه می‌باشد. در سال ۲۰۵۰، این کاهش وسعت به بیش از ۱ درصد رسیده است. گروه اقلیمی D نیز، در سال ۲۰۳۰ تحت دو سناریوی A1B و A2، به ترتیب کاهش ۵/۵ و ۴/۵ درصدی از میزان وسعت تحت پوشش را دارد. این کاهش سطح پوشش طی سال ۲۰۵۰ نیز به شکل گسترده‌تری قابل مشاهده است. مقادیر سطح پوشش اقلیم‌های مختلف برای سال ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ تحت ۲ سناریوی A1B و A2 در جدول ۴ آمده است.



شکل ۳ نقشه‌های حاصل از مدل MIROC برای سال ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ تحت دو سناریو A1B و A2

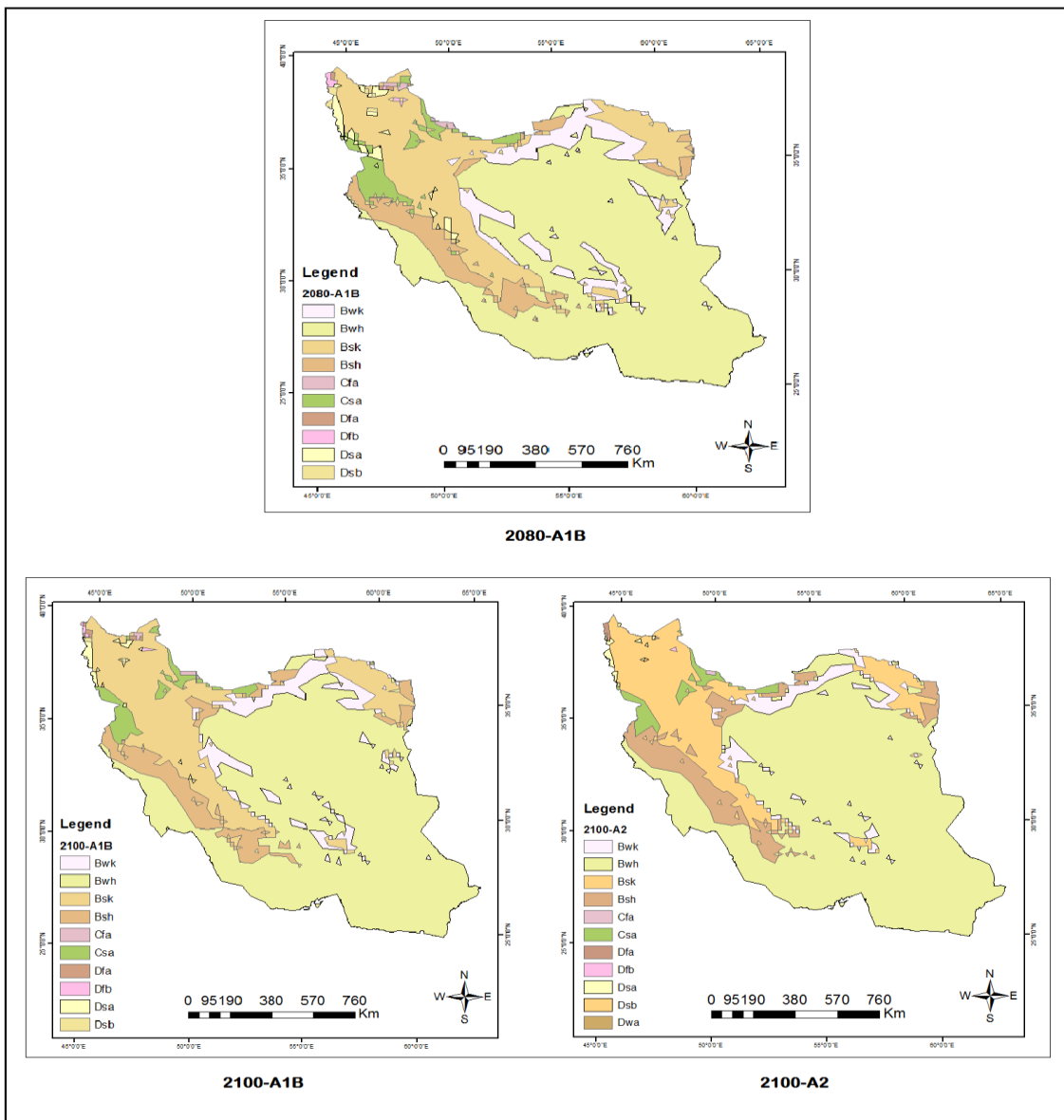
جدول ۴ انواع گروه‌های اقلیمی حاصل از مدل MIROC در کشور ایران و مساحت و درصد آنها بر اساس

طبقه‌بندی کوپن در سال ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ تحت دو سناریوی A1B و A2

2030 A1B-2030 A2			2050 A1B-2050A2		
گروه اقلیمی	وسعت به کیلو متر مربع	وسعت به درصد	گروه اقلیمی	وسعت به کیلو متر مربع	وسعت به درصد
Bwk	194411.7	11.96181	Bwk	165522.5	10.18543
Bwh	774782.1	47.67098	Bwh	851419.9	52.39213
Bsk	368619.9	22.68053	Bsk	363386	22.36096
Bsh	90465.72	5.566196	Bsh	101703.9	6.258353
Cfa	4362.239	0.268401	Cfa	4479.565	0.27565
Csa	81063.66	4.987704	Csa	70391.09	4.331517
Dfa	2679.589	0.16487	Dfa	1791.724	0.110254
Dfb	5572.961	0.342894	Dfb	4044.778	0.248895
Dsa	80717.64	4.966414	Dsa	50599.5	3.113641
Dsb	22594.97	1.390229	Dsb	11752.51	0.723191
گروه اقلیمی	وسعت به کیلو متر مربع	وسعت به درصد	گروه اقلیمی	وسعت به کیلو متر مربع	وسعت به درصد
Bwk	198653.3	12.22175	Bwk	174166.3	10.7216
Bwh	764847	47.05569	Bwh	833203.3	51.29163
Bsk	367301.3	22.59749	Bsk	364837	22.45921
Bsh	89815.78	5.525737	Bsh	101715.9	6.261583
Cfa	4362.239	0.268378	Cfa	4356.038	0.268156
Csa	84591.19	5.204305	Csa	70670.93	4.350471
Dfa	2679.589	0.164856	Dfa	2145.253	0.132061
Dfb	4936.743	0.303723	Dfb	4549.032	0.280036
Dsa	82408.32	5.070008	Dsa	55297.75	3.404105
Dsb	25812.51	1.588063	Dsb	13501.52	0.831148

در شکل ۴ نقشه مربوط به تقسیم‌بندی اقلیمی کوپن برای سال‌های ۲۰۸۰ و ۲۱۰۰ تحت دو سناریوی A1B و A2 آمده است. مرزهای طبقه‌بندی کوپن طی این دو سال نیز شاهد جابه‌جایی‌های قابل ملاحظه‌ای بوده است به طوری که در سال ۲۰۸۰ و تحت سناریوی A1B مساحت تحت پوشش اقلیم گرم و خشک کشور (Bwh) نسبت به سال ۱۹۷۵، ۱۸ درصد افزایش یافته است. به بیانی دیگر، گروه اقلیمی B، بیش از ۹۵ درصد مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. اقلیم‌های گروه C نیز در کشور کاهش یافته و تنوع آنها از بین رفته است. بیشترین میزان کاهش وسعت را گروه‌های اقلیمی D تجربه کرده‌اند، به طوری که میزان وسعت آنها نسبت به سال ۱۹۷۵، از حدود ۱۱ درصد مساحت کشور به کمتر از ۲ درصد رسیده است. این روند، در سال ۲۱۰۰ نیز با شدت بیشتری ادامه یافته است، در این سال اقلیم گرم و خشک (Bwh) طبق سناریوی A1B حدود ۶۲ درصد از مساحت کشور را در بر گرفته است و طبق سناریوی A2 این رقم به ۶۷

درصد می‌رسد. اقلیم معتدل گروه C، تحت سناریوی A1B، مساحتی حدود ۲/۵ درصد از سطح کشور را پوشش می‌دهد و در سناریوی A2 این رقم به کمتر از ۲ درصد کاهش می‌یابد. اقلیم سرد نیز در هر دو سناریو در کمتر از ۱ درصد مساحت کشور به چشم می‌خورد.



شکل ۴ نقشه‌های حاصل از مدل MIROC برای سال ۲۰۸۰ و ۲۱۰۰ تحت دو سناریو A1B و A2

جدول ۵ انواع گروه‌های اقلیمی حاصل از مدل MIROC در کشور ایران و مساحت و درصد آنها بر اساس

طبقه‌بندی کوپن در سال ۲۰۸۰ و ۲۱۰۰ تحت دو سناریوی A1B و A2

2080 A1B

2100 A1B ۲۱۰۰

گروه اقلیمی	وسعت به کیلو متر مربع	وسعت به درصد
Bwk	141102.2	8.689166
Bwh	933838.4	57.50637
Bsk	344137.9	21.19223
Bsh	118600.3	7.303481
Cfa	4296.074	0.264555
Csa	51516.42	3.172414
Dfa	1609.059	0.099087
Dfb	3291.868	0.202715
Dsa	21286.8	1.310855
Dsb	4208.737	0.259177

گروه اقلیمی	وسعت به کیلو متر مربع	وسعت به درصد
Bwk	112057.2	6.894478
Bwh	1003792	61.75971
Bsk	328861	20.23364
Bsh	123626	7.606266
Cfa	2711.141	0.166807
Csa	40074.19	2.465622
Dfa	2151.013	0.132344
Dfb	1572.831	0.096771
Dsa	9386.949	0.577545
Dsb	1086.275	0.066835

گروه اقلیمی	وسعت به کیلو متر مربع	وسعت به درصد
Bwk	78252.47	4.814159
Bwh	1082600	66.60247
Bsk	290128.4	17.84895
Bsh	132947.7	8.179056
Cfa	819.4154	0.050411
Csa	32343.85	1.989821
Dfa	1987.334	0.122262
Dfb	364.3046	0.022412
Dsa	5577.569	0.343137
Dsb	174.4059	0.01073

۴. نتیجه‌گیری

در این مطالعه سعی شد که طبقه‌بندی اقلیمی کوپن برای کشور ایران در سال ۱۹۷۵ با خروجی مدل زوجی MIROC که در گزارش چهارم IPCC آمده است، تحت ۲ سناریوی A1B و A2، برای سال‌های ۲۰۳۰، ۲۰۵۰، ۲۰۸۰ و ۲۱۰۰ مقایسه گردد. طبقه‌بندی‌های حاصل از خروجی مدل روند رو به رشد اقلیم گروه B که نماینده اقلیم خشک و نیمه‌خشک در طبقه‌بندی کوپن می‌باشد، و کاهش تنوع اقلیمی را نشان می‌دهند. نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج کار بلدا و همکارانش (۲۰۱۴)، بیک و همکارانش (۲۰۰۵)، کروسبی و همکارانش (۲۰۱۲)، دلپانگ چن و ویتنگ چن (۲۰۱۳)، دی کاسترو (۲۰۰۷)، پانتوجا و هیسکوک (۲۰۱۵)، طائی سمیرمی و همکارانش (۱۳۹۴) و پور محمدی و ملکی نژاد (۱۳۹۲) نیز همسو است.

همان‌طور که در نقشه‌ها ملاحظه می‌شود و بر اساس وسعت تحت پوشش این نوع اقلیم طی سال‌های آتی، افزایش اقلیم Bwh که آب‌وهوای گرم و خشک را نشان می‌دهد، به‌وضوح قابل مشاهده است. این افزایش به‌گونه‌ای است که در سال ۲۱۰۰، شاهد پوشش بیش از ۹۵ درصد مساحت کشور توسط این اقلیم بر اساس هر دو سناریو هستیم. این امر در حالیست که اقلیم معتدل گروه C، که نماینده اقلیم مدیترانه‌ای در ایران است، تنها در قسمت‌های محدودی از نواحی ساحلی شمال و شمال غرب کشور به چشم می‌خورد. اقلیم سرد گروه D نیز شامل نواحی بسیار کم وسعتی از مناطق کوهستانی شمال غرب کشور می‌شود. بطور کلی نتایج حاصل از خروجی مدل، افزایش تدریجی وسعت تحت پوشش اقلیم گرم و خشک و کاهش وسعت اقلیم‌های سرد و معتدل را در ایران طی سال‌های آینده تا سال ۲۱۰۰ نشان می‌دهند.

به این ترتیب می‌توان شاهد آثار زیانبار تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی در کشور و جابه‌جایی مرزهای طبقه‌بندی اقلیمی کوپن در کشور بود. نتایج حاصل از این مطالعه با وجود عدم قطعیت، می‌تواند بعنوان هشدار برای گسترش هرچه بیشتر اقلیم خشک و آثار زیانبار آن بر روی حوزه‌های مختلفی چون کشاورزی، منابع آب و ... در کشور محسوب شود. هرچند با نگاهی به وضعیت موجود در کشور و دیدن مواردی چون خشک شدن آب دریاچه ارومیه، خالی شدن سفره‌های آب زیر زمینی و موارد بسیار دیگر، می‌توان گفت که این زنگ خطر به طور جدی به صدا درآمده است.

کتابنامه

- بحری، معصومه، دستورانی، محمد تقی و مسعود گودرزی؛ ۱۳۹۴. بررسی خشکسالی‌های دهه ۲۰۱۱-۲۰۲۰ تحت اثر تغییر اقلیم، مطالعه موردی: حوزه آبخیز اسکندری، استان اصفهان. نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز. شماره ۲. جلد ۷. ص ۱۷۱-۱۵۷.
- پورمحمدی، سمانه؛ ملکی نژاد، حسین؛ ۱۳۹۱. طبقه‌بندی مناطق همگن اقلیمی کشور ایران تحت تأثیر تغییر اقلیم و سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از تکنیک گشتاور خطی. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. سال چهارم. شماره ۸. ص ۷۶-۵۸.
- جعفر پور، خسرو؛ کارشناس، محمود؛ ۱۳۷۸. طبقه‌بندی اقلیمی - تابشی برای ایران، دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم - سازمان هواشناسی کشور.
- حیدری، حسن؛ علیجانی، بهلول؛ ۱۳۷۸. طبقه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از تکنیک‌های آماری چند متغیره. پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۳۷. ص ۷۴-۵۷.
- صالح پورجم، امین؛ محسنی ساروی، محسن؛ بذرفشان، جواد و شهرام خلیقی سیگارودی؛ ۱۳۹۲. بررسی اثر تغییر اقلیم بر ویژگی‌های خشکسالی دوره آبی با کاربرد مدل گردش عمومی جو HadCM (مطالعه موردی: شمال غربی ایران). مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۷، شماره ۴، ص ۵۳۷-۵۴۸.
- طائی سمیرمی، سیاوش؛ مرادی، حمیدرضا و مرتضی خداقلی؛ ۱۳۹۴. پیش‌بینی تغییرات برخی از متغیرهای اقلیمی با استفاده از مدل ریز مقیاس سازی LARS-WG و خروجی‌های مدل HADCM3 تحت سناریوهای مختلف. نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۷. شماره ۲. صفحات ۴۱۱.
- طاووسی، تقی؛ دل آرا، قدیر؛ ۱۳۸۹. پهنه‌بندی آب‌وهوایی استان اردبیل. مجله علمی و فنی نیوار. شماره ۷۱-۷۰.
- علیجانی، بهلول؛ کاویانی، محمد رضا؛ ۱۳۷۱. مبانی آب‌وهوا شناسی. انتشارات سمت.
- محمدی پور، سمانه؛ ملکی نژاد، حسین؛ ۱۳۹۲. طبقه بندی مناطق همگن اقلیمی کشور ایران تحت تأثیر تغییر اقلیم و سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از تکنیک گشتاور خطی. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. سال چهارم. شماره ۸.

منتظری، مجید؛ بای، ناصر؛ ۱۳۹۱. پهنه‌بندی اقلیم ناحیه خزری با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. سال ۲۷. شماره ۲.

مهدویان، عبدالرضا؛ بذاق جمالی، جواد؛ موقر مقدم، حسین و سارا خجسته؛ ۱۳۸۱. بررسی روش‌های مختلف پهنه‌بندی اقلیمی استان سیستان و بلوچستان و ارتباط آن با خشکسالی. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب.

هدایتی دزفولی، اکرم؛ کاکاوند، رضا؛ ۱۳۹۱. پهنه‌بندی اقلیمی استان قزوین. مجله علمی و فنی نیوار. شماره ۷۶-۷۷.

Shokoohi, A., Razinei, T., & Daneshkar Arasteh, P. (2014). On the effects of climate change and global warming on water resources in Iran. *International Bulletin of Water Resources and Development*, 2(4), 1-9.

Binita, K. C., Marshall Shepherd, J., & Johnson Gaither, C. (2015). Climate change vulnerability assessment in Georgia. *Applied Geography*, 62, 62-74.

Chen, D., & Chen, H. (2013). Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010. *Environmental Development*, 6, 69–79.

Crosbie, R. S., Pollock, D. W., Mpelasoka, F. S., Barron, O. V., Charles, S. P., & Donn, M. J. (2012). Changes in Köppen-Geiger climate types under a future climate for Australia: Hydrological implications. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16, 3341–3349.

Wayne Erskine, M. J. Saynor & J. Lowry, (2006), Classification of Australian tropical rivers to predict climate change impacts. 9th International River Symposium, September 2006 New Delhi, India.

Belda, M., Holtanová, E., Halenka, T., & Kalvová, J. (2014). Climate classification revisited: From Köppen to Trewartha. *Climate Research*, 59, 1–13.

De Castro, M., Gallardo, C., Jylha, K., & Tuomenvirta, H. (2007). The use of a climate-type classification for assessing climate change effects in Europe from an ensemble of nine regional climate models. *Climatic Change*, 81, 329-341.

Beck, C., Grieser, J., Kotteck, M., Rubel, F., & Rudolf, B. (2005). Characterizing global climate change by means of Köppen climate classification. *Klimastatusbericht*, 51, 139-149.

Herrera-Pantoja, M., & Hiscock, K. M. (2015). Projected impacts of climate change on water availability indicators in a semi-arid region of central Mexico. *Environmental Science and Policy*, 54, 81–89.

http://www.ipcc-data.org/sim/gcm_monthly/SRES_AR4, 2017.5.9

SPM, I. S. (2000). Summary for policymakers, emissions scenarios: a special report of IPCC Working Group III, IPCC. ISBN, 92(9169), 113.

http://www.ipcc-data.org/ar4/model-NIES-MIROC3_2-HI-change.html, 2017,5,9