



Geographic Notion
Vol.6. Autumn 2009
Zanjan University
No. 45

اندیشه جغرافیایی
سال سوم، شماره ششم، پائیز ۱۳۸۸
دانشگاه زنجان
مقاله شماره ۴۵

پارادایم‌های روش‌شناسی اقلیم

اسماعیل نصرآبادی، سید ابوالفضل مسعودیان^۲

چکیده

اگرچه به نظر می‌رسد تغییر در پارادایم به آن شکل گسترده که مدنظر کوهن بود در کم‌تر علمی اتفاق افتاده، اما رصد تاریخ علوم حکایت از آن دارد که می‌توان نشانه‌هایی از تغییر در پارادایم با مفهومی ساده و محدودتر را در علوم مختلف ردیابی کرد. اقلیم یکی از علمی است که حداقل تغییر پارادایم در حوزه‌ی روش‌شناسی را از سر گذرانده است. با توجه به دیدگاه‌های جغرافیایی و مفاهیم فضا، اقلیم رویکردی اساسی و ذاتی به تحلیل‌های مکانی و منطقه‌ای دارد و این مهم با پارادایم ایستگاه مبنا قابل تحقق نیست. به همین جهت در سال‌های اخیر پارادایم یاخته مبنا در میان اقلیم‌شناسان به جایگاه قابل تأملی رسیده و در سطح گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است؛ تا بتواند با توجه به عمل‌گرهای فضایی و تعمیم مکانی تحلیل‌های مناسب از مسائل اقلیم‌گردشی به محیطی، محیطی به گردش، الگوهای مکانی و مسائل مرتبط با آن ارائه کند.

هدف این تحقیق، آن است که ضمن معرفی فلسفه اقلیم از جنبه‌ی روش‌شناسی، دو پارادایم مطرح در این زمینه و مزایا و معایب هر یک را برشمرده و نتایج حاصل از به کارگیری هر یک از پارادایم‌ها را در مطالعات اقلیمی مورد کنکاش قرار دهد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد پاسخ‌گویی به سؤالات اساسی مطرح شده در تعمیم اقلیم به مکان و مسائل مرتبط با آن، با به کارگیری پارادایم یاخته مبنا میسر می‌گردد و همه‌ی اقلیم‌شناسان باید در جهت یادگیری و آموزش مفاهیم و تکنیک‌های این پارادایم گام بردارند.

واژگان کلیدی: پارادایم، فلسفه علم، ایستگاه مبنا، یاخته مبنا.

۱. دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه اصفهان esmailnasrabaadi@gmail.com

۲. استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه اصفهان

مقدمه

فلسفه علم، نظامی دیرینه و با سابقه است که هم افلاطون و هم ارسطو و به تحقیق، برخی از فیلسوفان پیش از سقراط در باب این مقوله قلم زده‌اند. البته، علم جدید قرن هفدهم تأملاتی گسترده و رساله‌هایی متنوع درباره‌ی ماهیت علم، شناخت و روش علمی با خود به همراه داشت (هاشمی، ۱۳۸۷: ۸). فلسفه علم شاخه‌ای از فلسفه است که مبانی، روش‌ها، نتایج (محصولات) و استدلال‌هایی را که علم نامیده می‌شود نقادانه مطالعه می‌کند. فلسفه‌ی علم شامل الف- منشاء و سرشت زبان علمی (برای مثال اصطلاحات، مفاهیم، عبارات، قوانین، تبیین‌ها و پیش‌بینی‌ها)، ب- اعتبارسنجی زبان علمی (برای مثال تعاریف، معانی و کاربردها)، پ- سرشت روش‌های علمی، ت- طبیعت استدلال علمی، ث- مدل‌های فعالیت علمی می‌شود (مور، ۲۰۱۰: ۱۲۳). به عبارتی، فلسفه علم به مطالعه تاریخ، ماهیت، اصول، روش‌ها، ابزار و طبیعت نتایج به دست آمده از علوم گوناگون می‌پردازد. فلسفه علم، از جهت علم مورد بررسی، خود به زیرشاخه‌های متعددی تقسیم می‌شود؛ که از جمله می‌توان فلسفه شیمی، فلسفه جغرافیا، فلسفه فیزیک کوانتومی، فلسفه اقلیم و ... را نام برد. بنابراین در فلسفه علم اقلیم که یک مفهوم اخص و زیر شاخه از فلسفه علم به شمار می‌آید، در واقع با یک علم بین رشته‌ای روبرو هستیم که در آن محقق از یک سو باید با اصول و مبانی علم فلسفه آشنایی داشته باشد و از سوی دیگر از اصول، مبانی و روش‌های علم اقلیم‌شناسی آگاهی کافی و وافی داشته باشد.

توماس کوهن علم را فعالیتی منظم می‌داند که در آن تلاش هر نسل بر نتایج به دست آمده از نسل قبلی استوار نیست و روندی مشتمل بر تنش‌های مختلف است که در آن گذشته علوم تقدسی ندارد، مردود است. با این نگرش، انتقال پارادایمی، مشتمل بر یک تغییر همه جانبه در درون یک رشته علمی می‌باشد. با قبول این دیدگاه در حوزه بسیاری از علوم انسانی و بین رشته‌ای کم‌تر می‌توان وقوع و تغییر پارادایم با این شکل از

ویژگی‌ها را اثبات کرد. اما اگر این مفهوم را ساده کرده و پارادایم را متوسط ادراکی یا استقرایی و بهترین روش تحقیقاتی درباره‌ی آن دسته از پدیده‌هایی که دانشمندان بایستی به تحقیق درباره‌ی آن پردازند بدانیم و پارادایم را نوعی «ابرمدل» که تئوری وظایف و روش‌های علمی که تحقیق را تنظیم می‌کند تعریف کنیم (جنسن، ۱۳۷۶: ۶۶). یا پارادایم را قالب پایدار فعالیت‌های علمی که در طول یک دوره در داخل یک رشته علمی از علوم هنجاری صورت می‌گیرد و یا مجموعه‌ی عقاید، ارزش‌ها و تکنیک‌هایی که اعضای یک جامعه علمی به کار می‌گیرند (شکویی، ۱۳۷۵: ۲۳) بدانیم، تغییر در پارادایم‌ها و یا ظهور یک پارادایم نو در علوم و از جمله اقلیم نه تنها محتمل، بلکه با توجه به سیر اقلیم در طول زمان قابل اثبات و ردگیری است. به عنوان نمونه بیش‌تر مقالاتی که به ارزیابی تغییر اقلیم می‌پردازند معتقدند که یک پارادایم جای‌گزین برای ارزیابی اثرات گازهای گل‌خانه‌ای در تبیین تغییر اقلیم وجود دارد و اگر زمانی پارادایم دی‌اکسید کربن، پارادایم غالب در تأثیر گازهای گل‌خانه‌ای و تبیین تغییر اقلیم محسوب می‌شد، امروزه با توجه به عدم توانایی این پارادایم در پاسخ‌گویی به بسیاری از سؤالات مرتبط با تغییر اقلیم، شاهد ظهور پارادایم تنظیم‌کننده (ترموستات) هوا در این گونه مطالعات هستیم (رورش، ۲۰۱۰: ۱۶۵). به تبع، هر تغییری در پارادایم غالب و یا جای‌گزین شدن پارادایم‌های نو در هر علمی، نگاه آن علم به مسائل، روش‌ها و نتایج حاصل از مطالعات بر اساس پارادایم نو تفاوت خواهد کرد.

برخی از مطالعاتی که در این حوضه صورت گرفته را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد. کاتز^۳ (۱۹۹۳) معتقد است، بیان مفاهیم آماری تغییر اقلیم نیازمند تدوین پارادایم است. یک مدل آماری ساده برای تغییر اقلیم در برگیرنده تغییر در فراسنج مقیاس و موقعیت توزیع احتمال متغیر اقلیمی است، در حالی که باید تغییر در شکل توزیع را نیز مد نظر داشت. کولول^۴ (۱۹۹۶) از بیماری مالاریا به عنوان پارادایم مالاریا در اقلیم یاد

1. The Paradigm Of The Weather Thermostat
2. Rorsch
3. katz
4. Colwell

کرده است. در این مطالعه بر رابطه بین اقلیم جهانی و بیماریهای عفونی تأکید شده و با توجه به نقشی که فاکتورهای محیطی نه تنها بر فهم واگیری بیماری بلکه بر انتقال و همه گیر شدن (اپیدمی) آن می گذارد، بیماری مالاریا را به عنوان یک مثال مناسب از بیماری های واگیر در نظر گرفته و پارادایم مالاریا را مطرح کرده است. راندال^۱ و ویلیکی (۱۹۹۷) روش های اندازه گیری، مدل ها و فرضیه ها در علوم جوی مورد مطالعه قرار داده و از مدل ها به عنوان یک ساختار مفهومی که به پیش بینی خروجی اندازه گیری می پردازند یاد کرده و به یک تقسیم بندی مفهومی ساده از انواع مدل های جوی اشاره نموده اند. شاکلی و همکاران^۲ (۱۹۹۸) نقش مسلط مدل سازی علمی را در اتخاذ سیاست های مرتبط با آینده تغییر اقلیم و آگاهی نسبت به آن را مورد توجه قرار داده و بر جایگاه برجسته مدل های گردش عمومی جو در این زمینه تأکید کرده اند. پترسون^۳ (۲۰۰۰) فلسفه علم اقلیم را با تأکید بر روش شناسی مورد مطالعه قرار داده و سه موضوع در ارتباط با شبیه سازی مدل های تغییر اقلیم شامل پیچیدگی و سلسله مراتب مدل، میزان سازی و قابلیت انحراف و عدم قطعیت مورد بررسی قرار داده و در مورد نقش مکمل مدل های با وضوح پایین و بالا در تغییر اقلیم بحث نموده است. چمبرز و براین^۴ (۲۰۰۲) معتقدند، شاخص های اصلی که در دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ در مورد علل انسانی گرم شدن اقلیم مورد توجه بود، با بینش جدیدی که طی سال های ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۱ با شواهد موجود در اقیانوس ها و هسته های یخ، به کار گیری ابزار نوین، تأثیر انسان بر دیگر مسائل محیطی و ... شکل گرفت، منجر به تغییر پارادایم هولوسن شد. چرا که برای به دست آوردن یک چشم انداز روشن از تغییر اقلیم اواخر هولوسن، لازم است داده های اقلیم دیرینه طیف وسیعی از منابع مربوط به رسوب شناسی، زیست شناسی، باستان شناسی و اسنادی و داده های تغییرات جهانی قرن بیستم و سناریوهای برنامه ریزی شده اوایل قرن بیستم، از جهت بزرگی، فراوانی و میزان تغییرات مورد مقایسه قرار

1. Randall and Wielicki
 2. Shackley et al
 3. Petersen
 4. Chambers & Brain

گیرد. بک و همکاران^۱ (۲۰۰۵) پایگاه داده‌های بارش شبکه‌بندی را یک نیاز ضروری برای کاربرد در علوم زمین و به خصوص تحقیقات اقلیمی، به طور مثال مطالعات چرخه‌ی آب‌شناختی در مقیاس جهانی و ناحیه‌ای و تغییرپذیری اقلیم، اعتبارسنجی و واسنجی پایگاه داده اقلیم ماهواره‌ای یا ارزیابی مدل‌های عمومی گردش جو می‌دانند.

یکی از رسالت‌های محققین هر رشته تخصصی مقدم بر طرح مسئله، فرضیه و ...، کنکاش راجع به ماهیت علم، ماهیت رشته تخصصی و فکر کردن راجع به پدیده‌های آن علم و عشق به کشف حقیقت وجود است. به جهت همین اهمیت، در این پژوهش، فلسفه علم اقلیم مورد توجه قرار گرفته و با توجه به گستردگی موضوعات مورد مطالعه در فلسفه اقلیم بر جنبه‌های روش‌شناسی و استفاده از دو پارادایم مسلط در روش‌شناسی و نتایج حاصل از این دو پارادایم تأکید شده است.

هم‌چو موری اندرین خرمن خوشم تا فزون از خویش باری می‌کشم «مولوی»

حدود و ثغور اقلیم

جغرافیای طبیعی شامل هشت حوضه تحقیقاتی «ژئومورفولوژی، اقلیم‌شناسی، آب-شناسی، جغرافیای زیستی، جغرافیای خاک، سیستم‌های ساحلی، سیستم اقیانوس و زمین بوم‌شناسی کوهستانی» می‌باشد (سالا^۲). از ابتدا جغرافیدان‌ها متولی مطالعه اقلیم بوده و در مراکز دانشگاهی نیز تاکنون دوره‌های آموزشی این علم در گروه‌های آموزشی جغرافیا دایر بوده است (علی‌جانی، ۱۳۷۶: ۴۲). آموزش و آموختن اقلیم به واسطه طبیعت پیچیده‌ای که دارد با چالش‌هایی روبرو است که در بین این چالش‌ها می‌توان به عدم قطعیت در تئوری‌های مربوط به این علم اشاره کرد. این عدم قطعیت در مدل‌های سامانه پیچیده زمین که دانشمندان برای پیش‌بینی تغییر اقلیم استفاده می‌کنند، افزایش می‌یابد (هال^۳، ۲۰۰۶: ۴۸). اگر اقلیم را وضعیت درازمدت هوای یک مکان و هوا را کلیه‌ی

1. Beck et al
2. Mountain Geocology
3. Sala, Encyclopedia
۴ Hall

شرایط لحظه‌ای اتمسفر یک مکان در یک لحظه تعریف کنیم، در تعریف اقلیم سه نکته‌ی مهم وابستگی به مکان، جامعیت و کلیت و وضعیت درازمدت مستتر است (علیجانی، ۱۳۷۶: ۴۲)، که موجب هم‌پوشی و نزدیکی زیادی بین اقلیم‌شناسی و جغرافیا شده است.

علم اقلیم تغییرات مشخصی را در دو دهه‌ی اخیر از سر گذرانده است. در آغاز، اصطلاح «علم اقلیم» کمی بیش از یک برچسب سطحی برای تعدادی از علوم مانند هواشناسی، اقیانوس‌نگاری، یخچال‌شناسی، برخی جنبه‌های جغرافیا و طبقه‌ی ممتازی از علوم زمین بود. برای مثال تا اواسط دهه‌ی ۱۹۸۰ انجمن هواشناسی آمریکا یک مجله ویژه اقلیم نداشت (برای و استورچ، ۱۹۹۹: ۴۳۹).

علت تفاوت در آرایه خصوصیات الگوی هوا از فصلی به فصل دیگر مربوط به تفاوت اقلیم از یک فصل به فصل دیگر است؛ البته این به آن مفهوم نیست که اقلیم مجموع‌یابی هوا است. بلکه به این مفهوم است که ماحصل حالت‌های ترمودینامیک سیستم زمین-جو-آب‌کره-یخ‌کره مشخص‌کننده‌ی آرایه ممکن (و بایسته‌ی) الگوی هوا است. این حالت که با زمان و فصل تغییر می‌کند، در صورت همراهی با الگوهای هوا، تشکیل دهنده اقلیم هستند. با قبول این تعریف برخی قضایا و نتایج زیر را می‌توان استنباط کرد: قضیه ۱- اقلیم حالت ترمودینامیک/ هیدرودینامیک شرایط لایه‌ی مرزی جهانی است که آرایه هم‌زمان الگوی هوا را مشخص می‌کند. ۱-۱- تأکید اساسی در تئوری و مدل‌سازی اقلیم باید در مورد شرایط لایه مرزی باشد؛ زیرا جریان‌های مهم انرژی و جنبشی در سطح زمین بیش‌تر از لایه‌های بالا است. ۱-۲- داده‌های اقلیم نه یک کمیت زده‌ای (اسکالر) تنها، بلکه چند بعدی (برداری) است. ۲- اقلیم پیشین (گذشته) سری‌های زمانی نایستا هستند. ۱-۲- بهنجار (نرمال) اقلیمی راستین وجود ندارد. ۳- محیط و اقلیم در مقیاس زمانی مختلف از لحظه تا میلیون سال تغییر می‌کنند. ۳-۱- اقلیم و محیط مشابه در چند میلیون سال اخیر وجود ندارد.

۴- ریزاقلیم‌های متعددی وجود دارند که کم و بیش جدای از بزرگ اقلیم‌های دیگر نواحی هستند. ۱-۴- اگر داده‌های اقلیمی نماینده شرایط خیلی محلی باشند، آن‌ها وضعیت مربوط به ریزاقلیم همان محل را نشان می‌دهند و منعکس کننده‌ی راستین بزرگ اقلیم نیستند (برایسون، ۱۹۹۷: ۴۵۱).

به طور سنتی در قرن ۱۹ و تا اواسط قرن ۲۰ اقلیم‌شناسی «دفترداری» برای هواشناسی و موضوع ثبت و نمایش متغیرهای اقلیمی نمونه مانند کمینه نزدیک سطح، بیشینه و میانگین دما، مقدار بارش، فشار سطح، سرعت باد، طول امواج و مانند این‌ها بود که از این داده‌ها برای برنامه‌ریزی و استاندارد یک خانه امن و هم‌چنین عملیات در سواحل و مقایسه بین مکان‌ها و زمان‌ها استفاده می‌شد (زوویر و استورچ، ۲۰۰۴: ۶۶۹). موضوع ذاتی و اصلی اقلیم‌شناسی، اقلیم است که در واقع تنها جمع‌آوری آماری شرایط جوی در یک ناحیه نیست. بلکه «حالت ترمودینامیک/ هیدرودینامیک شرایط لایه مرزی جهان است که آرایه‌های هم‌زمان الگوهای هوا را مشخص می‌کند». این تعریف عکس تصور فکری مجردی است که اقلیم را «میانگین جوی» می‌داند. برخی از مهم‌ترین شواهد (دلایل) که بنیان‌های اقلیم‌شناسی را به عنوان یک علم شکل می‌دهند، به شرح زیر است: ۱- اقلیم نایستا است. ۲- اقلیم در مقیاس‌های متفاوت فضایی و زمانی تفاوت می‌کند. ۳- برخی از مدهای اصلی جریانات جوی در اقلیم، توسط پیوند از دور شکل می‌گیرد. ۴- اقلیم جلوه بلندمدت اندرکنش بین جو و سطح زمین و فرایندهای نشأت گرفته از دیگر علل بیرونی و درونی سامانه اقلیم است. ۵- سامانه‌های اقلیم به هر دوی واداشت‌های درونی و بیرونی پاسخ می‌دهد و تحت تأثیر پس‌خوراندهای منفی و مثبت به نظم می‌رسد. ۶- اقلیم یک مکان، تحت تأثیر موازنه بین فاکتورهای کلان و محلی است. ۷- اقلیم ممکن است منبع اصلی مخاطرات برای فعالیت‌های انسان به شمار آید.

1. Brayson

2. Zwiers and Storch

۸- فعالیت‌های انسانی (بشری) پتانسیل لازم برای تأثیرگذاری بر اقلیم را دارد (مک‌گریگور، ۲۰۰۶: ۵-۱).

اقلیم دستگاه بسیار بزرگی است که خود از اندرکنش (ارتباط متقابل) میان چندین دستگاه دیگر (هواسپهر، آب‌سپهر، یخ‌سپهر، سنگ‌سپهر و زیست‌سپهر) پدید می‌آید. اگر در یکی از این دستگاه‌ها تغییری پدید آید، دیگر دستگاه‌ها به سرعت یا به آرامی خود را با او هماهنگ می‌سازند. پی‌آمدهای این هم‌آهنگی، دامن همان دستگاهی که آغازگر تغییر بوده است را نیز می‌گیرد و زنجیره بی‌پایانی از پیوندها، این دستگاه‌ها را به هم گره می‌زند (مسعودیان، ۱۳۸۷: ۱). بنابراین اقلیم یک مکان، از برآیند همه‌ی اندرکنش‌های درون و بین دستگاه‌های تشکیل‌دهنده‌ی اقلیم در یک نظام پایگانی شکل می‌گیرد. به این جهت در شناخت اقلیم یک مکان بایستی به نقش آفرینی بازیگران در مقیاس‌های کلان، میانی، محلی و خرد توجه نمود و هیچ کدام را جدا از دیگری ندانست.

پارادایم‌های روش‌شناسی اقلیم

در سال‌های اخیر شاهد تنوع زیادی در منابع جمع‌آوری داده برای استفاده در مطالعات اقلیم‌شناسی هستیم. به تبع این تنوع و بسته به اهداف و نیازها، اقلیم‌شناسان از طیف وسیعی از داده‌های ماهواره‌ای و راداری تا داده‌های ایستگاهی را مورد استفاده قرار می‌دهند. اما کار بر روی داده‌های ایستگاهی (پیمونگاهی) به واسطه قدمت، دقت، عینی بودن، گسترده‌گی و آشنایی بسیاری از محققین با این روش، از اهمیت شایان توجهی برخوردار است. ولی این به آن معنی نیست که این تنها روش موجود و مورد قبول است و پژوهش‌گران و اندیشمندان ناگزیرند در تحلیل‌های اقلیمی فقط از داده‌های ایستگاه‌ها و آن هم به صورت ایستگاهی استفاده کنند و به قول بسیاری از کسانی که با سیستم اطلاعات جغرافیایی سر و کار دارند فقط داده‌های وکتوری (نقطه‌ای) اصالت

دارند و داده‌هایی که تحت تأثیر اصول میان‌یابی قرار گرفته و به صورت محاسباتی از روی داده‌های ایستگاهی و یا منابع دیگر جمع‌آوری داده حاصل می‌شوند دارای اصالت نبوده و نمی‌توان به آن‌ها اتکاء کرد. این گروه اعتقادی به داده‌های گریده‌شده (شبکه‌ای) و تحلیل‌های رستری ندارند و معتقدند باید داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده قرار بگیرد. در مقابل، گروه دیگری به استفاده از داده‌های شبکه‌بندی شده و سلول مینا (یاخته‌ای مینا)^۱ یا اصطلاحاً رستری معتقدند (خسروی، خبرنگار انجمن اقلیم-شناسی، ۱۳۹۰). اما به راستی در مطالعات اقلیمی کدام روش ارجح است؟ و یا می‌توان و باید بر اساس هدف مطالعه و نوع ارزیابی از یکی از این روش‌ها استفاده کرد؟ و یا پارادایم ایستگاه مینا توانایی پاسخ به تمامی سؤالات اقلیم‌شناسان را دارد و نیازی به تدوین پارادایم‌های جدید وجود ندارد؟

پارادایم ایستگاه مینا

ایستگاه‌های باران‌سنجی، اقلیمی و هم‌دیدگی از منابع معتبر داده برای مطالعات اقلیم-شناسی به شمار می‌آیند. چنان‌چه قصد بررسی داده بر روی یک ایستگاه را داشته و یا به دنبال ارائه وضعیت اقلیمی یک ایستگاه در طول زمان باشیم و یا قصد تعمیم نتایج مطالعات به همان مکان جمع‌آوری داده‌ها را داشته باشیم؛ پارادایم ایستگاه مینا قادر به پاسخ‌گویی نیاز ما است. اما در بسیاری از مطالعات اقلیم‌شناسی قصد تعمیم نتایج به یک پهنه مکانی را داریم. زیرا مکان بستر مطالعه در علوم جغرافیایی به صورت عام و اقلیم به صورت خاص است. به محض این که صحبت از اقلیم به میان می‌آید، این سؤال به ذهن متبادر می‌شود که این اقلیم متعلق به چه مکانی است و اقلیم و مکان دو مفهوم جدا نشدنی هستند. اقلیم بدون مکان وجود ندارد. این در حالی است که از جهت علمی نمی‌توان نتایج به دست آمده از یک نقطه اندازه‌گیری را به این راحتی به یک پهنه و

مکان گسترده نسبت داد و در صورت انجام تعمیم، نتایج حاصل از درجه بالایی از استناد علمی برخوردار نیست.

علاوه بر آن، به فرض در نظر نگرفتن نقصانها و کمبودهای بیان شده و چشم‌پوشی از آنها، در این پارادایم یک سری مشکلات دیگری وجود دارد. نخست، پراکندگی مکانی ایستگاه‌ها سوگیرانه است (معمولاً احداث ایستگاه‌ها بی طرفانه نیست) به این معنی که ایستگاه‌ها بیش‌تر در محلی که آبادی و جمعیت بیش‌تر است احداث می‌شود و ما از نقاط کم جمعیت، کویری و قله‌ها اطلاعات کمی در اختیار داریم. این در حالی است که ما عموماً به دنبال مرزهای عناصر اقلیمی هستیم تا شرایط معمولی. دوّم، در مطالعات اقلیمی بسته به متغیر مورد مطالعه به تعداد ایستگاه و طول دوره‌ی آماری متفاوت نیاز است. هرچه عنصر اقلیمی مورد مطالعه سرکش‌تر باشد به تعداد ایستگاه بیش‌تر با طول دوره‌ی آماری طولانی‌تر نیاز است. سوم، میزان صحت تعمیم نتایج یک ایستگاه به پهنه، به شرایط محیطی مورد مطالعه بستگی زیادی دارد و حتی تعمیم یافته‌ها بسته به عوارض سطح زمین در جهات مختلف، ممکن است تفاوت کند. بنابراین صحت تعمیم نتایج برای کل پهنه یکسان و برابر نیست (مسعودیان، ۱۳۸۹: ۱۰).

اگرچه استفاده از مشاهدات ایستگاهی و حاکمیت پارادایم ایستگاه مبنای مطالعات اقلیمی حاوی ارزش‌های زیادی است، اما به واسطه‌ی روبرو بودن با ایراداتی که ذکر برخی از آنها گذشت و هم‌چنین عدم توانایی در پاسخ‌گویی به پاره‌ای از سؤالات مطالعات اقلیمی - جغرافیایی در مورد تفاوت‌های مکانی، روند تغییرات مکانی، الگوهای مکانی و نیز تمامی تحلیل‌های مرتبط با آن، عدم هم‌آهنگی با داده‌های جو بالا و همدیدی مراکز بین‌المللی مثل مرکز ملی داده‌های اقلیمی، مرکز ملی پیش‌بینی محیطی^۲ و دیگر پایگاه‌های متنوع داده شبکه‌بندی جهانی و منطقه‌ای دچار بحران شده و زمینه‌های پیدایش پارادایم یاخته مبنای شکل داد.

1. National Climate Data Center

۲ National centers for Environmental Prediction

پارادایم یاخته مبنا

برای درک بهتر این پارادایم، آشنایی با برخی مفاهیم، مفید فایده به نظر می‌رسد که به آن اشاره می‌شود. به فرآیند برآورد ارزش‌های کمی، برای نقاط فاقد داده، به کمک نقاط مجاور و معلوم (که به نام پیمونگاه، نمونه و یا شاهد موسوم‌اند) میان‌یابی^۱ گویند. در عمل شیوه‌های متعدد میان‌یابی وجود دارد که از این شیوه‌های میان‌یابی به کار رفته در نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی در هواشناسی استفاده می‌شود (دوبسچ و همکاران^۲ ۲۰۰۷:۴۵). بررسی چگونگی تغییرات مکانی عناصر اقلیمی با دقت بالا تنها با روش میان‌یابی قابل دست‌یابی است. در خصوص صحت میان‌یابی، هریک از روش‌های میان‌یابی، روش‌های مرتبط به خود را دارند که خطاها را کمینه سازند و در نهایت بتوان روش مناسب را انتخاب کرد. این فرآیند به دلیل محدودیت داده‌های نقطه‌ای و ضرورت تدوین نقشه از کل یک پهنه صورت می‌گیرد. انواع روش‌های میان‌یابی به طور کلی به شکل جدول ۱ طبقه‌بندی می‌شود. در این طبقه‌بندی در روش‌های همگانی^۳ برای میان‌یابی از داده‌های همه‌ی نقاط معلوم استفاده می‌شود. در حالی که در روش محلی^۴ جهت برآورد هر نقطه نامعلوم تنها داده‌های برخی نقاط معلوم به کار می‌رود. در روش رسا^۵ مقادیر برآورد شده به مشاهدات (اندازه‌گیری‌ها) نزدیک‌تر است. در حالی که روش نارسا^۶ تقریبی از ارزش‌های سطحی را برآورد می‌کند که از پیمونگاه می‌گذرد. و سرانجام در روش قطعی^۷ مقادیر تخمینی فاقد خطا، ولی در روش احتمالی^۸ برآورد حاوی خطا است (عساکره ۱۳۸۷:۲۷).

۱ Interpolation

۲ Dobesech et al

۳ Global

۴ Local

۵ exact

۶ Inexact

۷ Deterministic

۸ Astochastic

جدول ۱- طبقه بندی روش های عمده میان یابی

محل		همگانی	
قطعی	احتمالی	احتمالی	قطعی
تی سن (رسا)	کریگینگ (رسا)	رگرسیون (نارسا)	سطح روند (رسا)
برآورد چگالی (نارسا)			
عکس مربع فاصله (رسا)			
اسپیلین (رسا)			

بعد از انجام میان یابی به جای داده های وکتوری با داده های رستری سروکار داریم. این داده ها از مجموعه ای منظم و شبکه مانند از سلول مربعی هم اندازه و تقسیم ناپذیر به نام یاخته تشکیل شده اند که کوچک ترین جزء هندسی در ساختار رستری محسوب می شود؛ هر یاخته دارای سه بعد است که علاوه بر بعد طول و عرض، بعد سوم هم وجود دارد که می توان آن را به یک متغیر اختصاص داد (سنجری، ۱۳۸۸: ۲۰۲). هر چه تعداد یاخته ها در واحد سطح بیش تر باشد وضوح (ضریب تفکیک) بالاتر است. این ضریب قابل محاسبه برای طول و عرض است. در رابطه ۱ اگر تفاضل بیشینه و کمینه یاخته ها در جهت محور طول را داشته باشیم و آن را بر تعداد ستونهای روی محور طول تقسیم کنیم، ضریب تفکیک برای محور طول به دست می آید. در رابطه ۲ با داشتن تفاضل بیشینه و کمینه یاخته ها در جهت محور عرض ها و تقسیم آن بر تعداد ردیف های محور عرض ها می توان ضریب تفکیک برای محور عرض ها را به دست آورد.

$$\frac{Max(X) - Min(X)}{N(c)} \quad (1)$$

$$\frac{Max(Y) - Min(Y)}{N(r)} \quad (2)$$

$Max(X)$ بیشینه تعداد پیکسل ها در محور طول ها

کمینه تعداد پیکسل‌ها در محور طول‌ها $Min(X)$

تعداد ستون‌ها $N(c)$

بیشینه تعداد پیکسل‌ها در محور عرض‌ها $Max(Y)$

بیشینه تعداد پیکسل‌ها در محور عرض‌ها $Min(Y)$

تعداد ردیف‌ها $N(r)$

استقراء و تعمیم یافته‌های حاصل از نمونه به جامعه مورد مطالعه یکی از فعالیت‌های مرسوم در رشته‌های مختلف علوم است. زیرا در بسیاری رشته‌های علمی امکان بررسی تک‌تک موارد تحت آزمایش امکان‌پذیر نبوده و چه بسا ضرورتی هم نداشته باشد. به همین جهت شاهد رشد در خور توجه این نوع فعالیت‌های علمی، مباحث، روش‌ها و گرایش‌های مرتبط در رشته‌های متعدد علمی هستیم. نتیجه این گسترش روزافزون در علم آمار کلاسیک، گرایش «نمونه‌گیری» را شکل داده است. در بسیاری از علوم، امکان نشان دادن تعمیم نمونه به جامعه به شکل ترسیمی وجود ندارد و این علوم ناچارند برای بیان قوانین و نتایج تعمیم نمونه به جامعه از گزاره‌های خبری و بیانی استفاده کنند. اما این داستان برای علوم زمین و از جمله اقلیم‌شناسی به گونه‌ای دیگر مطرح است. به این ترتیب که این علوم علاوه بر استفاده از فرایند نمونه‌گیری و تعمیم یافته‌ها به صورت گزاره‌های خبری مانند سایر علوم، قادر هستند که نتایج حاصل از تعمیم را به صورت ترسیمی و در قالب نقشه ارائه کنند. بنابراین در اقلیم‌شناسی اگر قرار به تحلیل در قالب زمان باشد بایستی از روش‌های مرسوم در تحلیل سری‌های زمانی سود جست و در تحلیل‌های مکانی با گرایشی میان رشته‌ای به نام «زمین آمار» روبرو هستیم. یکی از تکنیک‌های مهم و رایج در زمین آمار «میان‌یابی» است. میان‌یابی نوعی تکنیک در دانش است که تکنولوژی‌های متنوع، ساده و پیچیده را نیز تولید کرده است. در سطح کمینه، ما موظف به یادگیری و آموزش این تکنیک و تکنولوژی‌های مرتبط با آن

هستیم و در سطح بیشینه، موظف به شناخت نقاط قوت و ضعف آن و رفع محدودیت- های آن‌ها جهت استفاده‌ی کاربردی از آن می‌باشیم. کما این که همه‌ی علوم از تکنیک و تکنولوژی‌های مربوطه بهره‌مند می‌شوند (عساکره، خبرنگار انجمن اقلیم‌شناسی، ۱۳۹۰).

سؤالی که توسط منتقدین این روش مطرح می‌شود، این است که آیا می‌توان از روی داده‌های نقطه‌ای داده‌های پهنه‌ای را به دست آورد و ضرورت آن چیست؟ از لحاظ تئوری این کار ممکن نیست اما از جهت عملی این عمل امکان‌پذیر است و می‌شود نقاطی نمونه با حفظ شرایطی انتخاب کرد. به نحوی که داده‌ی نقطه، نماینده پهنه باشد و داده‌های نقطه‌ای را به داده‌های یاخته‌ای تبدیل کرد. البته انجام این امر مستلزم آگاهی نسبت به روش‌های میان‌یابی، اندازه یاخته‌ها، تعداد ایستگاه‌های مورد نیاز و ... است.

ویژگی عمده‌ی اقلیم‌شناسی، توجه به بازه‌ی زمانی بزرگ است. در این راستا عمدتاً به سازوکارها و فرایندهای مولد اقلیم توجه می‌شود. چون این سازوکارها و فرایندها در مقیاس‌های بزرگ مکانی - زمانی عمل می‌کنند، مسلم است شرایط جوی را در مقیاس بزرگ شکل می‌دهند. ولی اندازه‌گیری شرایط جوی در مقیاس‌هایی این چنین نه لازم است و نه ممکن. امکان سنجش گام به گام و لحظه به لحظه‌ی متغیرهای متعدد اقلیمی در این شرایط وجود ندارد. ولی ثابت شده است که معمولاً اقلیم مشابه در جوار هم شکل می‌یابند. با این تفاوت که ویژگی‌های اقلیمی از یک مرکز به اطراف کم می‌شود. (هم‌چون معیار و یا معیارهایی که برای تعیین یک ناحیه در جغرافیا استفاده می‌شود و با حرکت از کانون ناحیه به اطراف از شدت معیار مورد استفاده کاسته شده تا در مرز ناحیه به مقدار کمینه می‌رسد). لذا اقلیم و ویژگی‌های آن مشخصه‌ی مکانی (فضایی) به خود می‌گیرد. به منظور تعمیم این رفتار بر اساس نمونه‌های موجود، روش‌های زمین آمار و نیز روش‌های میان‌یابی نوع و شکل این مشخصه (تفاوت)‌های مکانی را به ما نشان می‌دهد. این امر ضرورت انجام مطالعات رستری را نشان می‌دهد (عساکره، خبرنگار انجمن اقلیم‌شناسی، ۱۳۹۰).

نتایج مطالعات پارادایم‌ها

در مطالعات صورت گرفته با منطق ایستگاه مبنا بر اساس دیده‌بانی‌های منظمی که در مورد عناصر اقلیمی در ایستگاه پراکنده با طول آماری متفاوت صورت گرفته، اقدام به تهیه نقشه‌های پراکنش الگوی مکانی عناصر مختلف می‌شود و آنچه از اندازه‌گیری از یک نقطه مشخص حاصل شده به یک پهنه تعمیم داده می‌شود. ابعاد پهنه‌ای که داده‌های ایستگاه به آن تعمیم داده شده به فاصله این ایستگاه تا ایستگاه بعدی ارتباط دارد. پس طبیعی است که در نقاطی که تعداد ایستگاه‌ها کاهش می‌یابد، باید انتظار داشت که یافته‌های این نقطه به پهنه‌ی وسیع‌تری نسبت داده شود. در واقع فرایند تهیه نقشه‌های اقلیمی بارش که تا حد زیادی برای تهیه نقشه‌های فراسنج‌های دیگر عناصر اقلیمی صدق می‌کند، در روش سنتی از این قرار بوده است: گردآوری داده‌های حاصل از دیده‌بانی عناصر اقلیمی، ارزیابی کیفیت داده‌ها، ارزیابی بسنده‌گی کمی داده‌ها، بازسازی داده‌ها، میانگین‌گیری از داده‌ها در قلمرو زمان، پیاده‌سازی میانگین‌ها بر روی نقشه ناهمواری، ترسیم خطوط هم‌بارش به روش دستی (مسعودیان، ۲۰۰۸: ۷۰). توجه به مراحل تهیه این نقشه‌ها حکایت از وجود چند چالش در تهیه این نوع نقشه‌ها دارد. نخست، بازسازی داده‌های عناصر اقلیمی از اعتبار بالایی برخوردار نیست. این موضوع به خصوص در مورد برخی عناصر سرکش و با تغییرات زمانی و مکانی شدید به عنوان مثال بارش مناطق خشک که به بارش‌های فرین نادر بستگی دارد، با تردیدهای اساسی روبرو است. در صورتی که به بازسازی داده‌ها تن ندهیم مجبور به کنار گذاشتن داده‌های ایستگاه‌های با آمار ناقص هستیم و این امر کاهش چگالی داده‌ها را به همراه دارد. دوّم، با توجه به ضرورت استفاده از داده‌های با طول دوره زمانی یکسان، داده‌های ایستگاه‌های با دوره زمانی کوتاه حذف می‌شود. به عبارتی، در این روش دو گزینه پیش‌رو قرار دارد «یا باید از خیر استفاده از تجربه قدیمی‌ترها به نفع جوان‌ترها گذشت و یا جوان‌ترها را به پای با تجربه‌ها قربانی کرد». سوم، ماهیت برداری نقشه‌های حاصل از

این روش امکان اعمال عمل گرهای منطقی و ریاضی را سخت و چه بسا غیر ممکن می کند. چهارم، صحت و اعتبار داده های این نقشه ها تابع دانش، مهارت و دقت تهیه کننده است.

برای پرهیز از این دشواری ها می توان فرایند دیگری را جانشین روش سنتی تهیه نقشه های اقلیمی کرد. مراحل این روش تازه ی نگاشت اقلیمی را می توان شامل گردآوری داده ها، ارزیابی کیفیت داده ها، تعیین چهارچوب پوش (دامنه مکانی نگاشت)، شناسایی رفتار مکانی عنصر اقلیمی، تعیین اندازه یاخته ها، گزینش میان یاب بهینه، میان یابی متغیر مورد نظر دانست (مسعودیان، ۲۰۰۸: ۷۱).

مهم ترین محدودیت های این روش شامل موارد زیر است: نخست، چگونگی تجزیه چهارچوب مورد مطالعه به تعداد معینی یاخته است. اگر چه از لحاظ تئوری هر چه ابعاد یاخته ها کوچک تر باشد، درجه تفکیک مکانی نقشه بالاتر است؛ اما به جهت عملی ابعاد یاخته ها تحت تأثیر چگالی داده های مورد استفاده و رفتار متغیر است و بایستی بر مبنای علمی درجه تفکیک مکانی را مشخص کرد. از طرفی، اگر با متغیر پیچیده و سرکشی مانند بارش روبرو باشیم، برای مطالعه مؤلفه های مکانی نیازمند درجه تفکیک بالاتری نسبت به یک متغیر خوش خیم مانند دما هستیم و برای رسیدن به یاخته های با ابعاد کوچک تر نیاز است تا از داده های ایستگاه های بیش تری بهره ببریم. دوم، ارزیابی همسان گردی و ناهمسان گردی که از ابعاد مهم میان یابی است و نشان دهنده ی شعاع تأثیر برابر و یا متفاوت متغیر اقلیمی در جهات مختلف است. در یک فضای ناهمسان گرد، شعاع تأثیر در جهات مختلف متفاوت است. که این خود آشنایی کامل رفتار مکانی را می طلبد. بنابراین در جهات با تغییرات شدیدتر (شعاع تأثیر کوتاه تر) نیازمند چگالی بالاتری از ایستگاه ها هستیم که ممکن است به این تعداد ایستگاه دسترسی نداشته باشیم. سوم، برای دریافت داده های نزدیک به واقعیت های موجود در طبیعت از یک روش میان یابی بهینه بایستی به یک تعداد کمینه از ایستگاه دسترسی داشت.

مهم‌ترین مزایای این روش به شرح زیر است: در روش‌های میان‌یابی با معادلات پیچیده مانند روش کریجینگ یا روش‌های مشابه، امکان تعمیم داده‌های ایستگاهی به تعداد بی‌شماری سلول که هویت‌شان بر اساس تراکم و چگالی نقاط ایستگاهی طوری تعیین شده که قابلیت جای‌گزینی نقاط را داشته باشند، فراهم است. قدرت تفکیک این سلول‌ها تعیین‌کننده دقت نقشه و تحلیل است. لذا در این شیوه، دیگر خلاء مکانی و حتی زمانی ناشی از کمبود ایستگاه‌ها قابل رفع و رجوع می‌باشد و هر ایستگاه که دارای داده باشد در فرایند تعیین داده یاخته سهیم است. ساختار داده‌های تهیه‌شده با داده‌های یاخته‌ای مشابه شبکه‌های داده‌ای شبکه‌بندی شده جو بالا و پایگاه‌های داده‌ای عناصر اقلیمی می‌باشد و نقشه‌های تهیه‌شده قابلیت اعمال عمل‌گرهای ریاضی و آماری را دارند. البته مزایای دیگری برای استفاده از داده‌های شبکه‌بندی وجود دارد. به طور نمونه مطالعه روند متغیرهای اقلیمی در یک پهنه که در مطالعات مربوط به تغییر اقلیم مورد توجه زیاد اقلیم‌شناسان است، با داده‌های ایستگاهی، ممکن است ما را به نتایج اشتباهی رهنمون کند. زیرا وقتی برای آزمون روند متغیرهای اقلیمی مانند دما، بارش و ... از داده‌های ثبت شده روی ایستگاه‌ها استفاده می‌کنیم این خطر وجود دارد که به یک ایستگاه روند نسبت دهیم؛ در حالی که واقعاً دارای روند نیست یا برعکس. مثلاً اگر فرض کنیم یک فاصله اطمینان ۹۵ درصد برای β نشان‌دهنده روند است. اگر شامل صفر نباشد و نشان‌دهنده نبود روند است. اگر شامل صفر باشد باز هم چنان این تردید وجود دارد که در مورد یک ایستگاه معین داوری ما درباره روند در حوزه آن ۹۵ درصد درست قرار دارد یا در حوزه آن ۵ درصد خطا. اما اگر فرض کنیم همین آزمون روند برای صد نقطه همسایه نشان دهد که در هر صد نقطه یک روند افزایشی با ۹۵ درصد اطمینان رد نمی‌شود، آن‌گاه به طور شهودی اطمینان به این که روندهای به دست آمده واقعیت خارجی داشته باشند افزایش می‌یابد. بنابراین همان‌طور که مثلاً میانگین بارش تعدادی ایستگاه، هرچند تعداد آنها زیاد باشد، نمی‌تواند نماینده قابل اعتمادی از میانگین بارش روی یک گستره باشد. همان‌طور هم از راه تحلیل روند بارش تعدادی

ایستگاه نمی توان داوری قابل اعتمادی درباره بود یا نبود روند در سری زمانی بارش یک گستره به دست آورد. بر این پایه به نظر می رسد، آشکارسازی روند در سری های زمانی اقلیمی فرایندی است که در آن میان یابی مقدم بر آزمون روند است (مسعودیان، ۱۳۸۳: ۶۵).

نتیجه گیری

مطالعه روش شناسی و ابزار مورد استفاده علم، یکی از حوزه هایی است که در فلسفه علم مورد توجه قرار می گیرد. بررسی فلسفه اقلیم از این منظر حکایت از آن دارد که اگر چه استفاده از داده های ایستگاهی یک روش غالب در دوره های گذشته بوده و امروز هم برای انجام پاره ای از مطالعات اقلیمی که با هدف اظهار نظر در مورد وضعیت اقلیمی یک ایستگاه در طول زمان صورت می گیرد، مورد استفاده قرار می گیرد. اما با توجه به عدم توانایی این پارادایم در پاسخ گویی به سؤالات پیش روی اقلیم شناسان دچار بحران شده است زیرا بر اساس یافته های حاصل از به کارگیری داده های ایستگاهی، نمی توان با یک پشتوانه علمی قوی به تعمیم نتایج به دست آمده از یک نقطه (ایستگاه) به یک پهنه پرداخت و چندی است که پارادایم یاخته مبنا مورد توجه قرار گرفته است.

در تهیه نقشه های داده های حاصل از ایستگاه ها، طول دوره ی یکسان آماری، بازسازی داده های مفقود، حذف داده های ایستگاه های با طول دوره کوتاه و ... نیاز است. در حالی که در روش یاخته مبنا نیازی به بازسازی داده ها نیست و هر ایستگاه اگر یک دوره کوتاه هم داده داشته باشد، در تهیه نقشه دخالت داده می شود. با داده های یاخته در صورتی که با لحاظ شرایط لازم تهیه شده باشد، می توان نتایج را به مکان تعمیم داده و با اطمینان بیش تری در مورد برخی جنبه های مورد علاقه اقلیم شناسان مانند مطالعه روند اظهار نظر کرد. البته روش یاخته مبنا هم با مشکلاتی هم چون تعیین اندازه ی بهینه یاخته ها، تعداد ایستگاه های مورد نیاز و روش مطلوب میان یابی مواجهه است. با این وجود باید

اذعان کرد که میان‌یابی و استفاده از داده‌های یاخته‌ای یک ضرورت (تکنیکی ضروری) در اقلیم‌شناسی نوین به‌شمار می‌آید. به ویژه اگر هدف ردیابی تفاوت‌ها و شباهت‌های زمانی- مکانی اقلیم باشد و تمامی اقلیم‌شناسان رسالت یادگیری، یاد دادن، زمینه‌های کاربرد، شناخت نقاط قوت و ضعف و رفع این ضعف‌ها را بر عهده دارند.

منابع

- ۱ - جنسن، آریلد هولد (۱۳۷۶)، ترجمه جلال تبریزی، جغرافیا، تاریخ و مفاهیم مکاتب،
- ۲ - فلسفه و روش‌شناسی، انتشارات سیر و سیاحت، چاپ نخست.
- ۳ - خسروی، محمود (۱۳۹۰)، آیا در تحلیل‌های اقلیم‌شناسی به تحلیل ایستگاه مبنایی اعتقاد دارید یا سلول مبنایی؟، خبرنامه انجمن ایرانی اقلیم‌شناسی.
- ۴ - سنجری، سارا (۱۳۸۸)، آرک جی آی اس، انتشارات عابد، چاپ چهارم.
- ۵ - شکویی، حسین (۱۳۷۵)، اندیشه‌های نو در فلسفه جغرافیا، جلد نخست، انتشارات گیتاشناسی، چاپ نخست.
- ۶ - عساکره، حسین (۱۳۸۷)، کاربرد روش کریجینگ در میان‌یابی بارش مطالعه موردی: میان‌یابی بارش ۱۳۷۶/۱۲/۲۶ در ایران زمین، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، صص ۴۲-۲۵.
- ۷ - عساکره، حسین (۱۳۹۰)، میان‌یابی، خبرنامه انجمن ایرانی اقلیم‌شناسی.
- ۸ - علیجانی، بهلول (۱۳۷۶)، اقلیم‌شناسی، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۵، صص ۴۰-۵۵.
- ۹ - مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۳)، روند بارش در نیم سده گذشته، دو فصل‌نامه جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۲، صص ۷۲-۶۳.
- ۱۰ - مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۷)، اقلیم‌شناسی ایران، اصفهان، انتشارات دانشگاه اصفهان، چاپ نخست.
- ۱۱ - مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۹)، سیستم اطلاعات جغرافیایی (ساج)، جزوه درسی دوره دکتری دانشگاه اصفهان.

۱۲ - هاشمی، عادل (۱۳۸۷)، تاریخچه فلسفه علم، ماهنامه علمی تخصصی اطلاعات حکمت و معرفت، شماره ۳۵، صص ۱۲-۸.

13- Beck, C., Grieser, J. and Rudolf, B., 2005, A new monthly precipitation climatology for the global land areas for the period 1951 to 2000, *Geophysical Research Abstracts*, 7, 1-2.

14- Bray, D. and Storch V. H., 1999, Climate science: an empirical example of postnormal science, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80, 439-455.

15- Bryson, R. A., 1997, The Paradigm of climatology: an essay, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(3), 449-455.

16- Chambers, F.M. and Brain S.A., 2002, Paradigm shifts in late-Holocene climatology? *The Holocene*, 239-249, DOI: [10.1191/0959683602hl540fa](https://doi.org/10.1191/0959683602hl540fa).

17- Colwell, R.R., 1996, global climate and infectious disease: the cholera paradigm, *science*, 274, 2025-2031.

18- Dobesch, H., Dumolard, P. and Dyras, I., 2007, Spatial interpolation for climate data, the use of GIS in climatology and meteorology, press ISTE Ltd, 278.

19- Hall, B., 2006, Teaching and learning uncertainty in science: the case of climate change, *Planet*, 17, 48-49.

20- Katz, W.R., 1993, Toward a statistical paradigm for climate change, *climate research*, 2, 167-175.

21- Masoodian, S.A, 2008, On precipitation mapping in Iran, *Journal of Humanities the University of Isfahan*, 30(2), 69-80.

22- McGregor, G. R., 2006, Climatology: its scientific nature and scope, *International Journal of Climatology*, 26: 1-5. DOI: [10.1002/joc.1291](https://doi.org/10.1002/joc.1291).

23- Moore, J., 2010, Philosophy of science, with special consideration given to behaviorism as the philosophy of the science of behavior, *The Psychological Record*, 60, 137-136.

24- Petersen, A. C., 2000, Philosophy of climate science, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81, 265-271.

- 25- Randall, D. A. and Wielicki, B. A., 1997: Measurements, models, and hypotheses in the atmospheric sciences. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, 399–406.
- 26- Rorsch, A., 2010, Introductory paper on paradigm shift should we change emphasis in greenhouse effect research, *Energy and Environment*, 21(4), 165-169.
- 27- Shackley, S., Young, P., Parkinson, S. and Wynne, B., 1998, Uncertainty, complexity and concepts of good science in climate change modeling: Are GCMs the best tools?, *Climatic Change*, 38, 155–201.
- 28- Zwiers, W., F. and Storch, V. H., 2004, on the role of statistics in climate research, *International Journal of Climatology*, 24: 665–680. [DOI: 10.1002/joc.1027](https://doi.org/10.1002/joc.1027).