مدلهای گردش عمومی جو

دکتر حسین عساکره

چکیده

مدل‌سازی عبارت از ارائه وضعیتی پیچیده به صورتی ساده و فرضی با تأکید بر جنبه‌ها و ویژگیهایی و حذف برخی دیگر به منظور بازآفرینی و پیش‌بینی وضعیت گذشته و آینده است. اولین مدلها بر روی هواسپهر انجام گرفت. سپس با بهره‌گیری دانسته‌های علوم دیگر مدلسازی اقلیم انجام شد.

مدلهای اقلیمی در چهارگروه مدلهای موازنه انرژی(EBM)، مدلهای تابشی- همرفتی(RCM) مدلهای آماری - دینامیک(SDM) و مدلهای گردش عمومی جو(CCM) قرار می‌گیرند.

مدلهای گردش عمومی جو شاخصهای سه‌بعدی اقلیم را در شبکه‌هایی مشخص نموده، فرایندهای دینامیک و ترمودینامیک را در هر شبکه و از شبکه‌ای به شبکه دیگر و براساس معادلات اساسی حرکت و در دوره‌های زمانی و مکانی متفاوت و در سطوح مختلف جوی محاسبه می‌کنند.

نهایتاً محتوا و بنیاد این مدلها براساس دینامیکها- فیزیک و سطوح مؤثر بر دینامیک و فیزیک اقلیم استوار است.

مقدمه

از روشهای جدید مطالعاتی که بسیار موردتوجه جغرافیدانان قرار گرفته، استفاده از مدلها و مدل سازی است. اصطلاح مدل در زبانهای بیگانه مفاهیم متفاوتی دارد. اما از آن میان سه معنای آن رایج‌تراست.

- به صورت اسم به معنای الگو
- به صورت صفت به معنای چیز دلخواه
- به صورت مصدر(فعل) به معنای چیزی را ساختن و به نمایش گذاردن

در مدل‌سازی معمولاً معانی فوق به صورت توأمان موردنظر است. در واقع از طریق مدل‌سازی کوشش می‌کنیم تا الگو و نموداری دلخواه از واقعیت را با تأکید بر برخی ویژگیهای آن بازسازی کرده و به نمایش بگذاریم. به این ترتیب، مدل سازی به معنای ارائه وضعیتی پیچیده به صورتی ساده و فرضی است.

به عبارت دیگر از طریق مدل‌سازی می‌توانیم دنیای واقعی و زمان را به اندازه و وضعیت دلخواه درآوریم. واقعیتها را ساده نموده و تأثیر عوامل گوناگون راکاهش دهیم.

دقت در نحوه تأثیرگذاری عوامل، آزمایشهای گوناگون، گسترش دامنه متغیرها، تعمیم داده‌ها و یافته‌ها، نظریه پردازی و توضیح و تبیین نیز از فرایندهای مفید مدل‌سازی است.

مدلهای اقلیمی

از میان اجزاء سیستم اقلیمی، اولین مدل‌سازی بر روی هواسپهر انجام گرفت. زیرا این بخش نسبت به بقیه اجزاء سیستم اقلیمی از تحرک بیشتری برخوردار است همچنین چگالی آن نسبت به بقیه اجزاء کمتر و در نتیجه ارائه مدل آن ساده‌تر است.

به دلیل تفاوت نقاط بحرانی هواسپهر و دیگر اجزاء سیستم اقلیمی و همچنین اختلاف در زمان تأخیر این اجزاء تعیین ارتباط قسمتهای مختلف هواسپهر با بقیه سیستم مشکل بود.

به همین خاطر این مدلها ابتدا برای پیش‌بینی روزانه تا چندروزه هوا به کار گرفته شدند. در حالی که مدلهای اقلیمی می‌بایست تحولات را در کلیه سیستم و برای مقیاسهای دهه تا سده پیش‌بینی کند.

هدف اقلیم شناسانی که به ساخت و تکامل مدلهای اقلیمی دست برده‌اند، آن بوده است تا برپایه اصول فیزیکی، رفتار دستگاه اقلیم را شبیه‌سازی (بازآفرینی و پیش‌بینی) کنند. (غیور و مسعودیان، ۱۳۷۵) در این راستا مدلهای اقلیمی از علوم مختلف بهره گرفته‌اند. مثلاً بازآفرینی‌های دوره‌های طولانی، دانسته‌های یخچال شناسان، زمین شناسان، ژئوفیزیکدانان را به کارمی‌گیرد.

(Henderson- Sellers and Mc Guffie 1987)

به طوری که بازسازی اقلیم دیرینه براساس شواهد یخچالی، واکنش هواسپهر به دمای آب سپهر، وسعت و ضخامت یخ سپهر، توزیع پهنه‌های آبی پیشین و... انجام می‌گیرد.(Dawson 1992)

همچنین مدل‌سازی ساختمان عمودی هواسپهر با استمداد از یافته‌های شیمی آن و بررسی سیستم خورشیدی با دانسته‌های بنیادی فیزیک دانان و ستاره شناسان انجام می‌گیرد.

(Henderson -Sellers and Mc Guffie 1987)

با این حال حتی با به کارگیری کامپیوترهای بسیار پیشرفته از برآوردهای مدل نتایج تقریبی حاصل می‌شود. آزمون مدلها تنها برای داده‌های گذشته و حال امکان‌پذیر است.

بنابراین یک مدل پس از برآورد اقلیم گذشته و همخوانی با اقلیم کنونی برای پیش‌بینی اقلیم آینده و بازآفرینی اقلیم دیرینه کارآیی خواهد داشت.

انواع مدلهای اقلیمی

بسته به اینکه در یک مدل اقلیمی چه مقدار بر روی هر یک از عناصر و اجزاء سیستم اقلیمی تکیه شده باشد، چهار نوع مدل اقلیمی می‌توان تشخیص داد که به ترتیب از ساده به پیچیده عبارتند از: (غیور و مسعودیان، ۱۳۷۵)

۱ - مدلهای موازنه انرژی (Energy Balance Models(EBM))

۲ - مدلهای تابشی - همرفتی (Radiative - Convective Models(RCM))

۳ - مدلهای دوبعدی آماری- دینامیک (Teo-Dimensional Statistical Models(SDM)

۴ - مدلهای گردش عمومی‌جو (General Circulation Models(GCM)

هر یک از مدلهای فوق در منبع (۱) به اختصار و در منبع (۶) به تفصیل معرفی شده‌اند. در اینجا هدف معرفی پیچیده‌ترین و در عین حال کامل‌ترین این مدلها است.

جالب توجه است بدانیم که این مدلها اگر چه پیچیده‌ترین مدلهای اقلیمی به شمار می‌آیند. اما نخستین مدلها در تلاشهای اولیه برای مدل‌سازی بوده‌اند.(غیور و مسعودیان، ۱۳۷۵)

مدلهای گردش عمومی‌جو

(General Circulation Models(GCM)

در این مدلها همه عوامل اقلیمی شایان توجه، در آنها منظور شده است و خود بر سه نوعند، (غیور و مسعودیان، ۱۳۷۵)

- چرخش عمومی‌جو
- مدل چرخش عمومی‌اقیانوسی
- مدلهای چرخش عمومی مزدوج(جوی- اقیانوسها)

به کارگیری این مدلها برای بازسازی اقلیم گذشته یا پیش‌بینی اقلیم آینده، این قبیل مدلها را به مدلهای جهانی اقلیم(Global Climate Models) معروف نموده است.

هدف مدلهای (GCM) محاسبه همه شاخصهای سه بعدی اقلیم درشبکه‌های مشخص است.

در مدلهای (GCM) سطح کره زمین به شبکه‌های ۵ × ۵ (و گاهی ۲/۵×۴) درجه طول و عرض جغرافیایی تقسیم می‌شود و هر شبکه از سطح زمین تا جو بالا به لایه‌های افقی تقسیم می‌شوند بنابراین برای سطح زمین حدود ۲۵۹۲۰ شبکه به وجود می‌آید(Gates 1993).

قدرت تفکیک این مدلها بیش از ۱۰۰ کیلومتر(۲/۸ درجه قوسی) است.(Barry and Chorley 1992)

معادلات ریاضی براساس قوانین بنیادین فیزیک به هر شبکه ارزش رقومی داده و به وسیله نرم‌افزارهای کامپیوتری انتقال ماده و انرژی در سطوح مختلف افقی و عمودی هر شبکه و از شبکه‌ای به شبکه دیگر را محاسبه کرده و نیز فرایندهای فیزیکی حاصل از این نقل و انتقال را شبیه‌سازی می‌کنند.(Gates 1993)

توضیح این که همه فرایندهای دینامیک و ترمودینامیک و انتقال انرژی تابشی و ماده در شبکه‌ها به مدل کشیده می‌شوند و معادلات اساسی برای حرکت افقی، عمودی(قانون دوم نیوتن، بقاء گشتاور) - بقاء انرژی (قانون اول ترمودینامیک) معادله حالت(قانون گاز ایده‌ال) - ویژگیهای آب و بقاء ماده و همچنین زمان تعادل، اصطکاک سطحی و تشکیلات ابری برای دوره‌های زمانی و سطوح متفاوت جوی مشخص می‌گردد.(Barry and Chorley 1992)

محتوا و بنیاد مدلهای (GCM)

مدلهای (GCM) به مقادیر میانگین ناحیه‌ای نیز توجه دارند و همچنین به اندازه مدلهای تابشی- همرفتی به تابش در طیفهای مختلف اهمیت می‌نهد. این مدلها گاهی لایه اختلاط اقیانوسها را به عنوان یک زیرمجموعه مدل(Sub Model) درنظر می‌گیرند.

غالباً مدلهای (GCM) سه محتوای اساسی را دربرمی‌گیرند که کاربرد آنها در بنیاد مدلها بسته به میزان پذیرش هزینه مدلهاست.

(Henderson -Sellers and Mc Guffie 1987)

۱ - دینامیکها

دینامیکها شامل طرحهای رقومی بزرگ مقیاس از هواسپهر که به روش کارتزین (فضای منظم شبکه‌ای) و فضای طیفی محاسبه می‌شوند. در سیستم کارتزین معمولاً شبکه افقی و منظم هستند. درحالی که در فضایابی عمودی مساحت شبکه‌ها در سطوح مختلف متفاوت خواهد بود.

اختلاف بین شبکه‌ها در مراحل زمانی کوتاه مورد توجه قرار می‌گیرند تا حداقل تغییرات درون شبکه‌ای و بین شبکه‌ای مشخص شود. این روش به دلیل توانایی بالا و صرف هزینه کم نسبت به روش طیفی برتری دارد.

روش طیفی تفاوت اصولی با روش کارتزین دارد. در این روش شبکه‌ای چهارگوشه برای تابش، فرایندهای سطحی و انتقال عمودی ماده و انرژی برای کل سطح زمین به مدل درمی‌آید.

در این روش اگر چه سطح زمین به شکل یک نقطه درنظرگرفته می‌شود اما این نقطه زیر نفوذ عملکرد مراکز عمل موجهای جوی قرار می‌گیرند. فایده این روش کاهش ارقام و زمان لازم برای محاسبات موردنیاز جهت نمایش گستره جهانی است.

۲ - فیزیکی

در این قسمت شش متغیر شامل فشارسطحی- جهت و سرعت باد- دما- رطوبت و ارتفاع ژئوپتانسیل بنیاد مدلها را تشکیل می‌دهند. همه شش متغیر مزبور به اقتضای زمان یا مکان در زیرمجموعه‌های ذیل مدل را

همراهی می‌نمایند.

- طرح انتقال تابش:

دوره‌های تابشی روزانه و نیز سالانه با پیچیدگیهایی کمتر از مدلهای تابشی - همرفتی اما مشابه با آن.

- طرح لایه مرزی:

لایه تغییردهنده جهت و سرعت وزش باد(اثر Ekman) و نقش این لایه بر افت وخیزهای دما و رطوبت.

- پراش (Parameterization) سطوح:

محاسبه آلبدو و تعریف آن از طریق مطالعه میانگین سطوح عمده زمین و محاسبه میانگین رطوبتی آن. از آنجاکه تنها مقادیر میانگین سطوح فوق مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد، به آن پراش یا ساده‌سازی سطوح گفته می‌شود.

۳ - سطوح متفرقه

سطوح متفرقه‌ای همچون ابرها نیز در دو مقیاس ناحیه‌ای و جهانی تعریف می‌شوند. ابرهای همرفتی به علت این که کوچکتر از واحدهای شبکه‌ای (GCM) است کمتر در مدل موردتوجه است و بیشتر ابرهای بزرگ مقیاس فوق اشباع از اهمیت برخوردار می‌باشد.

محدودیتهای مدلهای (GCM)

از محدودیتهای این مدلها وقت‌گیر بودن آنهاست. مثلاً برای محاسبه هر متغیرجوی در هر نقطه از شبکه نیاز به ۱۰ (صدهزار) عدد ذخیره شده است که در هر مرحله زمانی باید محاسبه و ذخیره شود.

هم‌اکنون هر نقطه شبکه‌ای ۵ - ۳ درجه طول و عرض جغرافیایی را دربرگرفته و در فاصله‌های ۳۰ دقیقه‌ای محاسبه می‌شوند. برای کاهش حجم محاسباتی طبقه‌بندی عمودی هواسپهر به شش تا پانزده سطح(عموماً ده سطح) محدودمی‌شود.

بنابراین قدرت تفکیک تا مقیاس ۱۰۰ کیلومتر و بیشتر خواهد بود.در نتیجه مدل باید بیشتر ساده شود.(Giambelluca and Henderson - Sellers 1996) که این امر از کیفیت واقعی پدیده‌ها می‌کاهد.

همچنین این مدلها به اثر سرزمینهای پرمافروست که به طور فصلی در تسلط یخهاست و به عملکرد یخهای دریایی توجه کافی ندارند. دمای سطوح یخی میزان و تأثیر و حرکت یخها نیز اصولاً در این مدلها درنظر گرفته نمی‌شود.

از دیگر معایب این مدلها عدم توانایی در به کارگیری دقیق نقش ابرها در پیش‌بینی و باز آفرینی اقلیم است. به طوری که از بین ۱۴ نمونه(GCM) تنها به خاطر عدم توانایی در تشخیص مقادیر مربوط به ابرها، ۱۴ نتیجه متفاوت حاصل گردید.(Gates 1993)

منابع

۱ - غیور، حسنعلی و مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۷۵)"درباره اقلیم و مدل‌سازی اقلیمی"، نیوار، شماره ۳۲، صص ۵۰-۳۹.

2 - Barry,Roger.G and Chorly. Richard.J. (1992). "Atmosphere, weather and climate".Routledge pub.London.

3 - Dawson.Alastair.G.(1992)."Ice Age Erthe".Routledge pub .London.

4 - Gates.David.M.(1993)."Climate chang and its biological consequences" Sinauer Associates, INC. pub Sunderlnd, Massachusetts.

5 - Giambelluca.Themas.W and Henderson-Sellers.Ann (Editor) (1996) "Climate Change". John Willey& Sons NewYork.

6 - Henderson-Sellers.A.and Mc Guffic.K.(1987)"A Climeite Modelling Primer".John Willey & Sons NewYork.