

شبه‌سازی اقلیمی

با تأکید بر مدل اقلیم منطقه‌ای RegCM4

تألیف

دکتر زهرا حجازی زاده

(استاد و اسکده علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی)

میشم طولابی نژاد

(نشری دکتری آب و هواشناسی دانشگاه خوارزمی)

با منت‌مه : پروفیسور پرویز کردوانی چهره

مادر : جغرافیا



نشر آکادمیک



انتشارات انجمن جغرافیایی ایران

تهران - ۱۳۹۵

سرشناسه : حجازی زاده، زهرا. ۱۳۳۳ -
 عنوان و نام پدیدآور : شبیه سازی اقلیمی با تأکید بر مدل اقلیم منطقه ای RegCM4 / تألیف زهرا حجازی زاده، میثم طولابی نژاد.
 مشخصات نشر : تهران: انتشارات آکادمیک: انجمن جغرافیایی ایران، ۱۳۹۵.
 مشخصات ظاهری : ض، ۲۴۷ص: مصور، جدول، نمودار.
 شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۸۴۲۳۰۳۴ : ۱۵۰۰۰۰ ریال

وضعیت فهرست نویسی : فیبا
 یادداشت : ض.ع. به انگلیسی: Zahra Hejazi Zadeh, Meysam Toulabi Nejad.Climate

simulations emphasizing on regional ...

یادداشت : کتابنامه : ص. ۲۲۷ - ۲۴۵.
 موضوع : اقلیم شناسی -- شبیه سازی
 موضوع : Climatology -- Simulation methods
 رصو : اقلیم شناسی -- جنبه های زیست محیطی -- شبیه سازی
 شناسه افزوده : طولابی نژاد، میثم، ۱۳۶۵ -
 شناسه افزوده : انجمن جغرافیایی ایران
 رده بندی کنگره : ۱۳۴ ش ۳ / ج ۹۸۱ QC
 رده بندی دیویی : ۶/۵۵۱
 شماره کتابشناسی ملی : ۴۴ ۲۲۸



عنوان : شبیه سازی اقلیمی، با تأکید بر مدل اقلیم منطقه ای RegCM4

تألیف : دکتر زهرا حجازی زاده، میثم طولابی نژاد

انتشارات : آکادمیک-انجمن جغرافیایی ایران

شابک : ۹۷۸۶۰۰۸۴۲۳۰۳۴

نوبت انتشار : اول ۱۳۹۵ - تهران

قیمت : ۱۵۰۰۰۰ ریال

تیراژ : ۵۰۰ نسخه

چاپ : آکادمیک - انجمن جغرافیایی ایران

آدرس انجمن جغرافیایی ایران : خیابان آزادی، خ اسکندری شمالی، چهارراه شاهنگ، خ طوس شرقی - پلاک ۸۱ واحد ۱۹ / تلفکس: ۶۶۹۱۳۹۴۶

فروشگاه مرکزی: خیابان قائم مقام، بالاتر از خ مطهری، کوچه دهم، پلاک ۱۰، واحد ۱-تلفن: ۸۸۵۳۶۷۳۶

فروشگاه شماره ۲: خیابان مفتاح جنوبی، نرسیده به خ انقلاب، دانشگاه خوارزمی- واحد انتشارات تلفن: ۸۱۵۸۲۲۴۴

پست الکترونیکی: academicpub1@gmail.com / وبسایت: www.academicpub.ir

این اثر مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است. هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

فهرست

ش	پیشگفتار.....
۱	فصل اول: انواع مدل های اقلیمی.....
۳	۱-۱ تعاریف مدل
۳	۱-۲ انواع مدل
۵	۱-۳ علل نیاز به مدل سازی
۶	۱-۴ ارکان اصلی مدل ها.....
۷	۱-۵ انواع مدل های اقلیمی
۷	۱-۵-۱ مدل های موازنه انرژی (EBMS):
۹	۱-۵-۲ مدل های تابش همزمان (RCMS):
۱۰	۱-۵-۳ مدل های دو پهنای آماری-دینامیکی (SDM)
۱۱	۱-۵-۴ مدل های گردش عمومی (GCM)
۱۴	۱-۵-۴-۱ مدل های گردش عمومی-اتمسفر (AGCM)
۱۵	۱-۵-۴-۲ مدل های جفت شده جوی-اقیانوسی (AOJCM)
۱۷	۱-۵-۵ محدودیتهای مدل های گردش عمومی جوی.....
۱۷	الف: وقت گیر بودن و حجم زیاد اعداد:
۱۷	ب: اهمیت ندادن به برخی فرآیندهای سطحی:
۱۷	ج: عدم توانایی در یکار گیری دقیق ابرهای کوچک مقیاس در پیشینی و رافق اقلیم:
۱۸	۱-۵-۶ فرایندهای اساسی مدل های GCM
۱۸	الف: فرایندهای دینامیکی:
۱۸	ب: فرآیندهای فیزیکی:
۱۸	ج: سطوح مؤثر بر اقلیم:
۱۹	۱-۶ تفاوت مدل های گردش عمومی با مدل های منطقه ای.....
۲۱	۱-۷ ریز مقیاس نمایی:
۲۳	۱-۷-۱ ریز مقیاس نمایی آماری:

۲۳	۱-۷-۱-۱ مدل ریز مقیاس نمایی آماری SDSM
۲۶	۱-۷-۱-۲ مدل LARS-WG
۲۸	۱-۷-۱-۳ مدل MAGIC-SCENGEN
۳۱	۱-۷-۱-۴ مدل CLIMGEN
۳۲	۱-۷-۱-۴-۱ مدل CLIMGEN متغیرهای اصلی
۳۵	۱-۷-۱-۵ مدل شبکه‌های عصبی:
۳۷	۱-۷-۱-۵-۱ اجزای یک شبکه عصبی مصنوعی:
۳۹	۱-۷-۱-۵-۲ خصوصیات شبکه عصبی مصنوعی:
۴۰	۱-۷-۱-۵-۳ کارکردهای شبکه‌های عصبی مصنوعی
۴۰	۱-۷-۱-۵-۴ کاربردهای شبکه عصبی مصنوعی
۴۱	۱-۷-۱-۶ مدل سری زمانی: مروری بر...
۴۲	۱-۷-۱-۶-۱ ویژگی‌های سری‌های زمانی
۴۳	۱-۷-۱-۶-۲ مؤلفه‌های اصلی سری زمانی
۴۳	الف: روند یا نوسانات درازمدت
۴۳	ب: روند خطی
۴۴	ج: نوسانات کوتاه مدت
۴۵	د: نوسانات نامنظم
۴۶	۱-۷-۱-۶-۳ مراحل تحلیل آماری سریهای زمانی
۴۷	۱-۷-۱-۷ مدل HADCM3
۴۹	۱-۷-۱-۷-۱ مشخصات مدل جوی HADAM3
۵۳	۱-۷-۱-۷-۲ مشخصات مدل اقیانوسی
۵۴	۱-۷-۱-۷-۳ جفت شدگی مدل:
۵۴	۱-۷-۱-۷-۴ مدل ورقه‌ای HADCM3
۵۵	۱-۷-۱-۷-۵ مدل HADGEM1
۵۵	۱-۷-۲ سناریوهای جدید انتشار با عنوان RCPS
۶۱	۱-۷-۲ نرخ جمعیت بر اساس سناریوهای RCP

۶۲	۱-۸-۲ ریز مقیاس نمایی دینامیکی:
۶۲	۱-۸-۲-۱ مدل REGCM:
۶۳	۱-۸-۲-۲ مدل MMS:
۶۴	۱-۸-۲-۲-۱ اهداف اصلی طراحی مدل MM5:
۶۵	۱-۸-۲-۲-۲ دستگاه مختصات مدل:
۶۵	۱-۸-۲-۲-۳ داده‌های لازم برای اجرای مدل:
۶۶	۱-۸-۲-۳ مدل PRECIS:
۶۹	۱-۸-۲-۴ مدل WRF:
۷۲	۱-۹ تفاوت مدل‌های پیش‌بینی دینامیکی و آماری:
۷۷	فصل دوم: نا. نحوه سیستم‌عامل لینوکس
۷۹	۲-۱ تاریخچه سیستم عامل لینوکس (LINUX)
۸۱	۲-۲ خصوصیات سیستم عامل لینوکس:
۸۴	۲-۳ توزیع‌های لینوکس
۸۵	۲-۳-۱ UBUNTU:
۸۶	۲-۳-۲ REDHAT:
۸۶	۲-۳-۳ SUSE:
۸۶	۲-۳-۴ MANDRIVA:
۸۷	۲-۳-۵ DEBIAN:
۸۷	۲-۳-۶ SLACKWARE LINUX:
۸۸	۲-۳-۷ FEDORA:
۸۸	۲-۴ توزیع‌های فارسی لینوکس:
۸۸	۲-۴-۱ لینوکس شریف:
۸۹	۲-۴-۲ لینوکس پارسیکس:
۹۱	فصل سوم: نصب و راه اندازی اوبونتو:
۹۳	۳-۱ روش‌های کار با لینوکس اوبونتو:
۹۳	۳-۱-۱ اجرای لینوکس بدون نیاز به نصب:

۳-۱-۲	اجرای لینوکس با استفاده از نصب	۹۴
۳-۲	نصب لینوکس با سیستم عامل ویندوز	۹۴
۳-۲-۱	نصب بر روی رایانه و در کنار ویندوز (خارج از ویندوز)	۹۵
۳-۲-۱-۱	مرحله اول: پیش نیازهای نصب	۹۵
الف:	نصب درایور بوت	۹۵
ب:	تغییر اندازه پارتیشن ویندوز	۱۰۰
ج:	خاموش کردن FAST BOOT (راه اندازی سریع) ویندوز	۱۰۱
د:	موت کردن SECURE BOOT (بوت امنیتی)	۱۰۳
۳-۲-۲	مرحله دوم: نصب اوبونتو	۱۰۴
۳-۳	نصب بر سیستم عامل ویندوز با ماشین مجازی (نصب داخل ویندوز)	۱۱۶
۱۱۷	فصل چهارم: آشنایی با امپایر اوبونتو	
۴-۱	انواع رابط های دسترسی لینوکس:	۱۱۹
۴-۲	مفسر دستور	۱۱۹
۴-۳	استفاده از رابط های خط فرمان به جای رابط گرافیک (GUI):	۱۲۰
۴-۴	مزایای استفاده از ترمینال به جای رابط گرافیکی	۱۲۱
۴-۵	دسترسی به خط فرمان	۱۲۱
۴-۶	فرامین لینوکس	۱۲۲
۴-۶-۱	فرامین مدیریت کاربر	۱۲۳
۴-۶-۲	فرامین مدیریت فایل ها و پوشه ها	۱۲۴
۴-۶-۳	فرامین کاربردی	۱۲۸
۴-۶-۴	فرامین نصب برنامه ها و نرم افزارها	۱۲۹
۴-۶-۵	فرامین جستجو	۱۳۱
۴-۶-۶	فرامین نمایش اطلاعات سیستم	۱۳۱
۴-۶-۷	فرامین راه اندازی و خاموش کردن سیستم	۱۳۱
۱۳۵	فصل پنجم: تشریح مدل REGCM4	
۵-۱	سازوکار مدل REGCM	۱۳۵

۱۳۷	۵-۲ مشخصات کلی مدل <i>REGCM</i>
۱۳۸	۵-۳ ساختار قائم شبکه
۱۴۰	۵-۴ ساختار افقی شبکه
۱۴۱	۵-۵ پیاده سازی نقشه و فاکتورهای مقیاس نقشه
۱۴۲	۵-۶ طرحواره ها
۱۴۲	۵-۶-۱ طرحواره تابش
۱۴۳	۵-۶-۲ طرحواره پوشش سطح زمین
۱۴۴	۵-۶-۳ طرحواره لایه مرزی سیاره ای
۱۴۴	۵-۶-۴ طرحواره ارس بزرگ مقیاس
۱۴۴	۵-۶-۵ طرحواره صریح رطوبت
۱۴۴	۵-۶-۶ طرحواره پارامترهای اقیانوسی
۱۴۵	۵-۶-۷ طرحواره پارامترهای همرفت
۱۴۶	الف) طرحواره کو-آنتس (<i>K/U</i>)
۱۴۶	ب) طرحواره بتس - میلر (<i>BE-TS-MILLER</i>)
۱۴۷	ج) طرحواره امانوئل (<i>EMANOEL</i>)
۱۴۸	د) طرحواره گرل (<i>GRELL</i>)
۱۵۰	۵-۶-۸ انتخاب طرحواره مناسب
۱۵۱	۵-۷ ساختار اصلی مدل <i>REGCM</i>
۱۵۱	۵-۷-۱ بخش پیش پردازش (<i>PREPROCESSING</i>)
۱۵۲	۵-۷-۱-۱ انواع داده های <i>REGCM</i>
۱۵۴	۵-۷-۱-۲ برنامه <i>TERRAIN</i>
۱۵۶	۵-۷-۱-۳ برنامه <i>ICBC</i>
۱۵۷	الف: دمای سطح دریا
۱۵۸	ب: داده های شرایط اولیه و جانی مرزی
۱۵۹	ج: شرایط مرزی جانی
۱۵۹	۵-۷-۲ مدل اصلی <i>REGCM</i>

۱۶۰	انتخاب گام زمانی مناسب برای قدرت تفکیک	۵-۷-۲-۱
۱۶۱	شبیه سازی	۵-۷-۲-۲
۱۶۱	بخش پس پردازش (POST PROCESSOR)	۵-۷-۳
۱۶۶	شبیه سازی مجدد (RESTART)	۵-۷-۳-۱
۱۶۷	فصل ششم: اجرای مدل REGCM 4	
۱۶۹	نصب برنامه های کاربردی	۶-۱
۱۷۰	نصب نرم افزارها	۶-۱-۱
۱۷۵	نصب کتابخانه NETCDF	۶-۱-۲
۱۷۹	بیکربندی REGCM	۶-۱-۳
۱۸۴	ساخت و شه ها (DIRECTORY) مورد نیاز	۶-۲
۱۸۶	آغاز شبیه سازی در سیستم به NAMELIST	۶-۳
۱۸۸	تنظیمات NAMELIST	۶-۴
۱۹۴	اجرای NAMELIST	۶-۵
۱۹۶	محدوده مورد مطالعه	۶-۵-۱
۲۰۱	اجرای نهایی مدل	۶-۶
۲۰۴	نمایش داده ها در NCVIEW	۶-۶-۱
۲۰۶	نمایش داده ها در برنامه NCDUMP	۶-۶-۲
۲۰۶	نمایش داده ها در گرادس (GRADS)	۶-۶-۳
۲۱۰	تبدیل داده های SIGMA-LEVEL به سطوح فشاری	۶-۷
۲۱۲	درون یابی داده های مشاهده ای	۶-۸
۲۱۳	صحت سنجی مدل	۶-۹
۲۲۳	منابع	

مقدمہ پروفیسور یرویز کردوانی چھپو

ماندگار جغرافیا

به نام خدا

باطله را رایتان و او نرم (فرزها) بسیار از محاسبات سخت و طولانی در اندک زمانی
 قابل حل شده. بعضی نرم افزارهای مدلسازی شده در مکان شبیه سازی فرایند های
 مختلف اقلیم، محیط را فراهم می آورند. با ورود کلیه اطلاعات به مدل های نرم افزارهای
 و قسب آن گاهی های لازم از روشهای موجود (گام های اولیه به منظور دسترسی به پارامترهای مورد
 در شبیه سازی ها بر ملاخته می شود. به عنوان مثال داده های بارش را وارد مدل کرده و در
 این گامها بارش های بارشهای آماری موجود و داده های مورد نیاز از این نتیجه حاصل از
 بارش ها معرفی شده به مدل را شبیه سازی می کنیم
 مدل آماری از دو حالت حالت و نمایش ساده ای از یک سیستم پیچیده به عنوان مثال
 در یک مدل ریاضی از بارش به وسیله یک سری معادلات ریاضی در تباط با این تغییر ها
 و پارامترها بیان می کنند. در این شبیه سازی غیر مستقیم واکش های انرژی یک سیستم
 است که داده های مختلف را دریافت کرده و در پی آن شبیه سازی می شود
 امروزه در روشهای تغییرات اقلیم و تغییرات اقلیم و تغییرات اقلیم و تغییرات اقلیم
 بر محیط زندگی به دو بخش آب و هوا و سرعت فعلی و افعال های مختلف به هم با هم مرتبط زمان
 استفاده از مدل در نرم افزارها به نام رایتان ها می نامند. در این مدل های اقلیم منطقه ای
 به جهت در آوردن قابلیت های زیاد در حل مشکلات محلی به نام رایتان های محلی (ریز اقلیم)
 مدل های محلی تبدیل شده اند تا با استفاده از آن ها بتوان در این رایتان ها محلی به ویژه آب و هوا
 حرکت کرده های هوا را پیش بینی و شبیه سازی کرد تا باعث کاهش در مشکلات
 زیست محیطی شده و پیش بینی ها را امکان سازد. یکی از آن ها مدل های اقلیم منطقه ای
 که در این کتاب به اقلیم شناسان و هواشناسان و هواشناسان و هواشناسان و هواشناسان
 سرکار خاتم دکتر حمیدی زاده به دو بخش استفاده از جنبه های مدل و سرعت رایتان ها و فرایند های
 ضمن انجام مطالعات محلی در دانشکده هواشناسی (در این و تحقیق) کتاب های متعددی نوشته اند
 که همه با دانش هفتده و مورد استفاده رشته های مختلف هواشناسی و هواشناسی و هواشناسی
 کتاب را هم در این و هواشناسان و هواشناسان و هواشناسان و هواشناسان و هواشناسان
 بیشتر از آن که با سلسله ای از این فرایند ها از هواشناسان و هواشناسان و هواشناسان
 از این طریق خدمت زیادی به کشور می کنند بر این گردانی ۱۳۸۵/۱۳۸۶

نقش انسان در تغییر محیط‌زیست تا اواسط سده بیست و یکم، درخور توجه و بسی فراتر از تمام ۱۰ هزار سال گذشته خواهد بود. با وجود ابهام‌ها درباره جزئیات تغییرات آب و هوایی، این نکته مسلم است که فعالیت‌های بشر بی‌تردید از برخی جهت‌ها بر جو زمین موثر است. سوخت‌های فسیلی که در نیروگاه‌ها و اتومبیل‌ها می‌سوزند، ذرات و گازهایی را در هوا رها می‌کنند که به تدریج ترکیب جو را تغییر می‌دهد. غیر از استفاده از سوخت‌های فسیلی، فعالیت‌های دیگر بشر نیز آثار مخربی بر سیستم آب و هوایی دارد. برای مثال تبدیل جنگل‌ها به زمین‌های کثرت‌رزی موجب نابودی درختانی می‌شود که می‌توانست کربن موجود در هوا را جذب کرده و در شدت اثر گلخانه‌ای بکاهد. درک و احساس نقش عوامل تغییردهنده وضعیت آب و هوا یک موضوع، و داشتن چگونگی این تغییرات در سطوح محلی و جهانی موضوع دیگری است. برای این منظور لازم است مدل‌های دقیق‌تری از آب و هوا در اختیار داشته باشیم.

از نظر دانشمندانی که به تهیه مدل‌های آب و هوایی می‌پردازند، باید سر از هزاران کنش و واکنش اقیانوس‌ها، جو و توپوگرافی زمین به خصوص بیوسفر درآوریم تا بتوانیم متغیرهای بسیار دقیقی را در اختیار مدل‌ها قرار دهیم. این گونه واکنش‌ها بین اجزای مختلف سیستم اقلیمی طبق قوانین فیزیکی و بر اساس ده‌ها معادله ریاضی صورت می‌گیرد. مدل‌سازها برای هر قلمرو معادلاتی را (در یک شبکه سه بعدی دربرگیرنده تمام زمین و هر آنچه در آن می‌گذرد) برای محاسبه در اختیار کامپیوتر قرار می‌دهند. چون هیچ‌کس در چارچوب و محدوده این قلمروهای جداگانه باقی نمی‌ماند، نه تنها باید فرمول‌های مناسب برای درهم‌کنش اجزای هر گروه از عوامل آب و هوایی داشته باشیم، بلکه باید بتوانیم چگونگی انتقال انرژی و جرم به داخل و خارج آن‌ها را به نحو مناسبی تشریح و توجیه کنیم. از این رو زمان لازم برای شبیه‌سازی، خود نوعی عامل محدودکننده این مدل‌ها به شمار می‌رود.

اما مهم‌تر از همه اینکه باید بتوانیم پیش از هر گونه اعتماد و اتکا به مدل‌های پیش‌بینی وضعیت آینده، نشان دهیم که مدل‌های ابداعی ما می‌توانند تغییرات آب و هوا در گذشته و حال را دقیقاً شبیه‌سازی کنند. برای این کار، به سوابق درازمدتی نیاز داریم و شبیه‌سازی تنها

زمانی امکان‌پذیر است که با ثبت دائمی تغییرات در زمان وقوع آن‌ها همراه باشد. حتی پیچیده‌ترین مدل‌های کنونی ما نمی‌توانند مستقیماً شرایطی چون پوشش ابرها و تشکیل باران را شبیه‌سازی کنند. ابرهای توفان زای بسیار قدرتمند (که می‌توانند باران‌های سیل‌آسا را موجب شوند) اغلب در ابعادی کمتر از ۱۰ کیلومتر عمل می‌کنند و قطرات باران در مقیاس‌های کمتر از میلی‌متر فشرده می‌شود. از آنجا که هر یک از این رویدادها در مناطقی کوچک‌تر از حجم یک پیکسل شبکه رخ می‌دهد، خصوصیاتشان را باید با استفاده از تکنیک‌های آماری بسیار دقیق و سنجیم استنتاج کرد. موارد وقوع این پدیده‌ها می‌تواند از نقطه‌ای به نقطه دیگر متفاوت باشد، ولی بیشتر عواملی که (مانند افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای) بر آب و هوا تأثیر می‌گذارد، در تمام سطح کره زمین و همه نواحی آن کاملاً یکدست و یکنواخت عمل می‌کند. اگر بخواهیم نواحی هر یک را در نظر بگیریم، تفاوت و تنوع در آب و هوا، هر چه بیشتر بر فعالیت آب و هوا در آن رده خواهد افزود. به طور کلی ویژگی‌های آب و هوایی را که در تمام موارد شبیه‌سازی رخ می‌دهد، «سیگنال» و آن‌هایی را که تکرار نمی‌شوند، اغتشاش نامیده می‌شود.

نکته دیگری که در باب شبیه‌سازی آب و هوایی وجود دارد، بحث داده‌ها می‌باشد. اما این گونه شبیه‌سازی‌ها که فاقد مشاهدات دقیق است، عملاً از حیث گمانه‌زنی‌های خوب و قابل قبول خارج‌اند. به عبارت دیگر برای آنکه بر تردیدهای موجود درباره میزان تأثیرگذاری فعالیت‌های بشر بر سیستم آب و هوا فائق آییم، لازم است تا به گذشته چه تغییراتی را پشت سر گذاشته است. باید بتوانیم شرایط پیش از انقلاب صنعتی (به ویژه از زمانی که انسان‌ها تأثیرات بازگشت‌ناپذیری بر ترکیب جو گذاشتند) به حد کافی شبیه‌سازی کنیم.

برای درک تغییرات آب و هوایی در زمانی که هنوز ماهواره‌ها و ابزارها و دستگاه‌های هواشناسی وجود نداشتند، متکی به نشانگرهایی چون هوا و مواد شیمیایی به دام افتاده در عمق قطعات عظیم یخ، حلقه‌های چوب در بدنه درختان کهن‌سال، جزایر مرجانی، و رسوب‌های نشسته بر کف اقیانوس‌ها و دریاچه‌ها هستیم. این گونه تصاویر لحظه‌ای، اطلاعات سودمندی در اختیار ما قرار می‌دهد. در نهایت می‌توان با کنار هم گذاشتن تکه‌های مختلف دانسته‌ها (همچون قطعات پازل) به یک تصویر کلی از گذشته آب و هوایی زمین دست پیدا کرد. لیکن برای درک حقیقی آب و هوا در شرایط کنونی، لازم است تصاویر لحظه‌ای بیشتری از صفات و

کیفیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کره زمین در اختیار داشته، یا به چیزی شبیه نوارهای ویدئویی طولانی از تحولات کنونی در آب و هوا نیازمندیم. اندازه‌گیری‌هایی که هم اکنون به طور مرتب از یخ دریاها، پوشش برف، رطوبت خاک، پوشش گیاهی و درجه حرارت و نمک موجود در آب اقیانوس‌ها صورت می‌گیرد، تنها برخی از متغیرها را شامل می‌شود. درعین حال، چشم‌انداز کنونی چندان دلگرم‌کننده نیست. در حال حاضر دانشمندان تنها تفسیرهای خود را از اطلاعات حاصل از شبکه‌های بزرگی از ماهواره‌ها و حسگرهای سطح زمین مانند گوی‌های شناور، کشتی‌ها، رصدخانه‌ها، ایستگاه‌های هواشناسی و هواپیمایی که جهت مقاصد دیگری (مثلاً پیش‌بینی وضع هوا) به پرواز درآمده‌اند روی هم انباشته می‌سازند. نتیجه آنکه تصویر ما از تغییرات آب و هوایی در گذشته، غالباً، مبهم و دارای جاهای خالی بسیاری است. تغییر آب و هوا هم اکنون در جریان است و تغییرات بیشتری نیز قطعاً در آینده رخ خواهند داد. ضروری است که بشر از شناخت این تغییرات کاسته و برنامه‌ریزی معقول و منطقی برای آن داشته باشد؛ ولی در حال حاضر هیچ یک از این دو کار از ما بر نمی‌آید. دانشمندان برای پیش‌بینی شکل و شمایل واقعی آب و هوا در آینده، باید بر موانعی که در بالا برشمردیم فائق آیند. رفع مشکل تهیه مدل با قدرت تفکیر بیشتر برای درک پیچیده‌تر ظرایف تعاملات در آب و هوا، نسبتاً ساده است. بنابراین می‌توانست به جهت پیشرفت اهداف علوم جوی بایستی این علم نیز در کنار سایر علوم و تکنولوژی، پیشرفت نماید. امروزه جهت پیشبرد این اهداف، فراگیری تکنولوژی‌های نوین از جمله سیستم عامل لینوکس بخشی از پیش از سوی هواشناسان و اقلیم‌شناسان احساس می‌شود. در حال حاضر بسیاری از برنامه‌ها تحت سیستم عامل لینوکس پایه‌گذاری و ایجاد می‌شوند، ولی بیشتر دانشجویان اقلیم‌شناس به دلیل آشنا نبودن با این سیستم عامل توان فراگیری و استفاده از بسیاری برنامه‌ها و مدل‌ها را با سیستم عامل لینوکس از جمله *RegCM*، *PRECIS*، *GrADS* و *WRF* را پیدا نمی‌کنند. اساس نیاز به این سیستم عامل که زیرمجموعه لینوکس است ما را بر آن داشت که جهت رفع این نیازها اقدام به نگارش کتاب حاضر نماییم. جهت فهم دقیق تعاریف، دستورات و متغیرهای بکار رفته سعی شده است که تا حد امکان فرامین با زبانی ساده یا به قولی ((خودمانی)) نگاشته شود تا برای مخاطبین قابل درک باشد. در مجموعه پیش رو بیشتر به بخش دستورات، برنامه‌نویسی و اجرای صحیح مدل *RegCM4* به روش سریال، که یکی از مشکلات دانشجویان در

برنامه‌نویسی و اجرای این مدل ارزشمند است پرداخته شد. مباحث این کتاب مشتمل بر ۶ فصل است. فصل اول: شرح مختصری از انواع مدل‌های آب و هوایی؛ فصل دوم تاریخچه‌ای از سیستم‌عامل لینوکس؛ فصل سوم شامل طریقه نصب و راه‌اندازی سیستم‌عامل لینوکس اوبونتو؛ فصل چهارم: آشنایی کلی با فرامین کاربردی اوبونتو؛ در فصل پنجم نیز تشریح مدل اقلیم منطقه‌ای ارائه می‌شود؛ و سرانجام در فصل ششم، اجرای صحیح مدل *RegCM4* آموزش داده خواهد شد.

نتایج حاصل از فراگیری این مدل به خواننده در فهم پیچیدگی مدل اقلیم منطقه‌ای (*RegCM4*) کمک شایانی خواهد نمود. همچنین به مخاطبان اجازه می‌دهد که علاوه بر مدل *RegCM4* به دلایل قرابت دستورات و برنامه‌نویسی با سایر مدل‌های فیزیکی-دینامیکی نظیر *PRISM*, *WRF* و سایر وسیعی از انواع مدل‌های اقلیمی، با نحوه راه‌اندازی آن‌ها آشنا شده و با صرف کمترین هزینه بتوانند با اطمینان بالا به شبیه‌سازی آب و هوایی بپردازند. با عنایت به نوع مدل‌سازی، این کتاب برای دانشجویان مقطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری، طیف وسیعی از رشته‌های زیست‌محیطی، اقیانوس‌شناسی، جغرافیای طبیعی و اقلیم‌شناسی، هواشناسی کشاورزی، هیدرولوژی، علوم زمین، محیطی و سایر رشته‌هایی که با اتمسفر و آب و هوا سروکار دارند مناسب می‌باشد. با توجه به اینکه هیچ اثری خالی از اشکال نمی‌باشد، از مخاطبان عزیز تقاضا داریم با انتقادات و پیشنهادات ارائه شده، نویسندگان را در هر چه بهتر شدن مطالب این اثر یاری نمایند.

در پایان این مجموعه را به تمام پدران و مادران ایران زمینی، به سرزمین عظیم و انسانی‌شان از کلمه ایثار و از خود گذشتگی تقدیم می‌نماییم.

حجاری زاده و طولابی نژاد

مهرماه ۱۳۹۵