

مدل سازی هواشناسی میان مقیاس

تألیف

راجر پیلکه

www.ketab.ir

ترجمه

دکتر نفیسه پگاه فر

استادیار پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوئی

دکتر مریم قرایلو

استادیار مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران



شماره مسلسل ۱۰۴۳۸

شماره انتشار ۴۲۱۹

انتشارات دانشگاه تهران

سرشناسه	پیلکه، راجر، ۱۹۴۶-م.	Pielke, Roger, Sr., 1946
عنوان و نام پدیدآور	مدل سازی هواشناسی میان مقیاس / آراجر پیلکه؛ ترجمه نفیسه پگاه فر، مریم قرایلو.	
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۹.	
مشخصات ظاهری	۸۵۰ ص.	
فروست	انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره انتشار ۴۲۱۹.	
شابک	978-964-03-0072-5	
وضعیت فهرست نویسی	فیبا	
یادداشت	Mesoscale Meteorological Modeling.	
موضوع	عنوان اصلی:	
موضوع	هواشناسی میان مقیاس	
موضوع	Mesometeorology	
موضوع	هواشناسی -- الگوهای ریاضی	
موضوع	Meteorology - Mathematical Models	
شناسه افزوده	پگاه فر، نفیسه، ۱۳۵۸-، مترجم	
شناسه افزوده	قرایلو، مریم، ۱۳۵۴-، مترجم	
شناسه افزوده	دانشگاه تهران. مؤسسه انتشارات.	University of Tehran. Press
رده بندی کنگره	QC۸۸۳/۵ ۱۳۹۹	
رده بندی دیویی	۵۵۱/۶۳۴	
شماره کتابشناسی ملی	۶۲۲۷۸۴۴	

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل های pdf، لوح فشرده، بازنویسی در وبگاه ها، سایت ها، مجله ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می شود و تمامی حقوق برای ناشر محفوظ است.
(این کتاب با کاغذ حمایتی به چاپ رسیده است.)



عنوان: مدل سازی هواشناسی میان مقیاس
تألیف: راجر پیلکه
ترجمه: دکتر نفیسه پگاه فر - دکتر مریم قرایلو
ویرایش ادبی: معصومه پوراسدیان
نوبت چاپ: اول
تاریخ انتشار: ۱۳۹۹
شمارگان: ۲۰۰ نسخه
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران
چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مترجمان است»

بها: ۱۲۵۰۰۰۰ ریال

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید فرش مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

پست الکترونیک: press @ ut. ac. ir - تارنما: http://press.ut.ac.ir

بخش و فروش: تلفکس ۸۸۳۳۸۷۱۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فهرست مطالب

ش	تقدیم
ض	تقدیم
ظ	پیشگفتاری بر ویرایش سوم
غ	پیشگفتاری بر ویرایش دوم
ق	پیشگفتاری بر ویرایش اول
ن	پیشگفتار مترجم
و	دیاچه
۱	فصل اول - مقدمه
۳	فصل دوم - مجموعه معادلات پایه
۴	۱-۲ پایستاری جرم
۵	۲-۲ پایستاری گرما
۱۴	۳-۲ پایستاری حرکت
۱۷	۱-۳-۲ نیروهای بیرونی
۱۸	۲-۳-۲ نیروهای درونی
۱۹	۴-۲ پایستاری آب
۲۰	۵-۲ پایستاری سایر مواد گازی و هواویز
۲۰	۶-۲ خلاصه مطالب
۲۳	فصل سوم - ساده‌سازی معادلات پایه
۲۴	۱-۳ پایستاری جرم
۲۶	۱-۱-۳ معادله پیوستگی برای شاره عمیق
۲۹	۲-۱-۳ معادله پیوستگی در شاره کم‌عمق
۳۰	۲-۲ پایستاری گرما
۳۱	۳-۲ پایستاری حرکت

۳۱	۱-۳-۳ معادله قائم حرکت
۳۵	۲-۳-۳ معادله افقی حرکت
۴۰	۴-۳ پایستاری آب و دیگر آلاینده های گازی و هواویز
۴۳	فصل چهارم - میانگین گیری روابط پایستاری
۴۳	۱-۴ تعریف میانگین ها
۵۱	۲-۴ معادله فرایابی فشار غیرهیدرواستاتیک
۵۳	۳-۴ شکل فشار مقیاس شده
۵۵	۴-۴ خلاصه مطالب
۵۹	فصل پنجم - مدل سازی فیزیکی و تحلیلی
۶۰	۱-۵ مدل های فیزیکی
۶۶	۲-۵ مدل های خطی
۶۹	۱-۲-۵ مدل مخزن
۶۹	۱-۱-۲-۵ شاره همگن منفرد
۷۴	۲-۱-۲-۵ شاره های دولایه ای
۷۷	۲-۲-۵ معادلات خطی تعمیم یافته
۸۸	۳-۲-۵ معادلات خطی سازی شده میان مقیاس
۸۸	۱-۳-۲-۵ مدل Defant
۹۷	۲-۳-۲-۵ سایر تحقیقات درباره پریشدگی های فشار غیرهیدرواستاتیک با استفاده از مدل Defant
۱۱۳	۳-۵ نقش تراکم پذیری در مدل های میان مقیاس
۱۱۹	فصل ششم - تبدیل های مختصات
۱۱۹	۱-۶ تحلیل تانسوری
۱۲۸	۲-۶ مختصه قائم تعمیم یافته
۱۳۶	۳-۶ سیستم مختصات سیگما-Z
۱۳۶	۱-۳-۶ استخراج فرض هیدرواستاتیک
۱۴۰	۲-۳-۶ معادله هیدرواستاتیک تعمیم یافته
۱۴۱	۴-۶ استخراج معادلات جریان زهکشی با استفاده از دو نمایش متفاوت از مختصات
۱۴۲	۱-۴-۶ تبدیل I

۱۴۳	تبدیل II ۲-۴-۶
۱۴۵	خلاصه مطالب ۵-۶
۱۴۷	کاربرد سیستم‌های مختصات زمینگان یرو ۶-۶
۱۵۱	فصل هفتم - پارامترسازی‌های مرسوم
۱۵۲	۱-۷ مقدمه
۱۵۴	۲-۷ پارامترسازی واگرایی شار میانگین‌گیری‌شده در مقیاس زیرشیکه
۱۵۴	۱-۲-۷ جمله‌های پایه
۱۶۲	۲-۲-۷ زیرلایه گران‌رو
۱۶۴	۳-۲-۷ پیچیدگی پارامترسازی
۱۶۵	۳-۷ پارامترسازی واگرایی شار تابشی
۱۶۵	۱-۳-۷ جمله‌های پایه
۱۶۹	۲-۳-۷ واگرایی شار تابشی موج‌بلند
۱۶۹	۱-۲-۳-۷ جو پاک
۱۸۰	۲-۲-۳-۷ هوای ابری
۱۸۵	۳-۲-۳-۷ هوای آلوده
۱۹۱	۳-۳-۷ واگرایی شار تابشی موج کوتاه
۱۹۲	۱-۳-۳-۷ هوای پاک
۱۹۵	۴-۳-۷ هوای ابری
۱۹۹	۵-۳-۷ هوای آلوده
۲۰۵	۶-۳-۷ پیچیدگی پارامترسازی
۲۰۶	۱-۶-۳-۷ معادله ۶۴-۷
۲۰۶	۲-۶-۳-۷ معادله ۶۲-۷
۲۰۶	۳-۶-۳-۷ معادله ۷۹-۷
۲۰۶	۴-۷ پارامترسازی فرایندهای ترمودینامیکی مرطوب
۲۰۶	۱-۴-۷ مفاهیم پایه
۲۰۹	۲-۴-۷ پارامترسازی اثرات تغییرات فاز آب در جوی با پایداری همرفتی ($\partial \bar{\theta}_E / \partial z > 0$)
۲۱۰	۱-۲-۴-۷ پایداری همرفتی در هر جایی در ستونی بالای تراز اشباع
۲۱۰	۲-۲-۴-۷ مناطقی با ناپایداری همرفتی در مقیاس زیرشبکه بالای تراز اشباع اما با
۲۱۷	$\partial \bar{\theta}_E / \partial z > 0$

پیشگفتاری بر ویرایش سوم

از زمان ویرایش دوم این کتاب، حوزه مدلسازی هواشناسی میان‌مقیاس به پیشرفت خود ادامه داده است. در واقع، مدلسازی منطقه‌ای و میان‌مقیاس به پیوستاری از تلاش‌های مدلسازی ادغام شده است. مدل‌های میان‌مقیاس، که در زمان ویرایش اول این کتاب تقریباً در تحقیقات و برای مطالعات موردی منتخب استفاده می‌شد، اکنون برای صدور پیش‌بینی‌های روزمره وضع هوا هر روز اجرا می‌شود. هر چند که پایه‌های اساسی مدلسازی هواشناسی تغییر نکرده است، در ویرایش سوم این کتاب، مبحث اصلی پایه‌های این ابزار مهندسی در فصل‌های ۶ و ۲ (مجموعه معادلات پایه، ساده‌سازی معادلات پایه، میانگین‌گیری روابط پایستاری، مدلسازی فیزیکی و تحلیلی و تبدیل‌های مختصات) حفظ می‌شود.

در فصل ۵، Mel Nicholls، بحثی درباره نقش تراکم‌پذیری در مدل‌های میان‌مقیاس ارائه می‌دهد. پارامترسازی‌های دو ویرایش اول در فصل جدید ۷ با عنوان پارامترسازی‌های مرسوم، که در آن بازبینی Nelson Seaman از چندین پارامترسازی کومه‌ای ارائه شده است، ادغام می‌شوند. اقتباسی از نوع جدیدی از پارامترسازی در فصل ۸ با عنوان رگرسیون‌های جدید پارامترسازی مطرح شده است. این روش‌شناسی نه تنها پتانسیلی برای افزایش چشمگیر سرعت محاسباتی دارد، بلکه پتانسیل بهبود دقت پارامترسازی‌ها را نیز دارد. آنگاه، در فصل ۹ روش‌های حل مسئله با همکاری Bob Walko در زمینه فن جواب حجم متناهی ارائه می‌شود و بخشی را نیز در زمینه فن حل کاملاً لاگرانژی توسط John Lin شامل می‌شود. فصل‌های ۱۰ و ۱۱ در مورد شرایط مرزی و اولیه و ارزیابی مدل است و Xubin Zeng اطلاعاتی درباره چگونگی برهم‌کنش‌های جوی خشکی و اقیانوس در فصل‌های ۷ و ۱۰ ارائه می‌دهد. در فصل ۱۱، Pinhas Alpert متن خود در زمینه تفکیک عامل، که دربرگیرنده چند نمونه است، را به‌روزرسانی کرده است. فصل ۱۲، که Toshi Matsui از NASA نوشته است، بخش جدیدی در زمینه مدلسازی میان‌مقیاس و شبیه‌ساز ماهواره‌ای است که کاربرد جدید مدل‌ها را نشان می‌دهد. در فصل ۱۳، همانند دو ویرایش قبل، نمونه‌هایی از مدل‌های میان‌مقیاس شامل بخشی در مورد مدلسازی جو میان‌مقیاس مریخ، تیتان و زهره توسط Scot Rafkin و بخشی در مورد برهم‌کنش‌های هواشناسی - کیفیت هوا توسط George Kallos وجود دارد. زیربخش جدید دیگری در این فصل ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی است. در انتها، در فصل جدید ۱۴، پس‌زمینه همدیدی‌مقیاس، که دیدگاه جدید مهمی نسبت به محیط بزرگ‌مقیاس‌تر که در آن سامانه‌های میان‌مقیاس توسعه می‌یابند، اضافه شده است. در پیوست «ب»، فهرستی از چند مدل میان‌مقیاس و منطقه‌ای شامل خلاصه‌ای از مؤلفه‌های آنها براساس

ساختار بحث شده در این متن فراهم شده است. Toshi Matsui پیوست «ج» را تهیه کرده است. همچنین، کمک‌هایی از طرف Gail Cordova و Wayne Schubert از دانشگاه ایالتی کلرادو در تهیه شکل‌های مورد نیاز دریافت شده است. طراحی نهایی جلد کتاب را Jason McDonald انجام داده است. بعد از انتشار ویرایش دوم، نظرها و تصحیح‌هایی از سایر همکاران از جمله Bob Bornstein, Jerry Davis, Giovanni Dolif, Ann Gravier, Erica McGrath-Spangler و Fedor Mesinger دریافت شد. مؤلف مفتخر است که از Dallas Staley، کسی که کار طاقت‌فرسایی را در این کتاب انجام داد، تشکر کند. او نزدیک به ۳۰ سال با مؤلف کار کرده است. در سرتاسر این دوره، همکاری وی در بالابردن سطح بوده است و کار او روی این کتاب نمونه دیگری است. مؤلف از همکاری با او در تمام این سال‌ها خوش‌وقت است.

همچنین مؤلف از دانشگاه کلرادو در بولدر (CIRES، ATOC) و معاونت تحقیقاتی رئیس جمہور و بنیاد ملی علوم به‌خاطر پژوهانه‌های AGS 1219833 و AGS 0831331 برای حمایت‌های آنها قدر دانی می‌کند.

در انتها، همانند دو ویرایش قبل، مؤلف از ادامه حمایت‌های خانواده خود در زمینه علایق تحقیقاتی و دانشگاهی‌اش تشکر می‌کند و این کتاب را به آنها - Gloria, Roger Jr., Tara, Julie, Richard, Annabel و Emma, Calvin Jacob, Megan Harrison - تقدیم می‌کند.