

فیزیک و مدل سازی فرسایش بادی

۹۶۶۲۱
۱۵۴۴۲۷۸

تألیف

یابینگ شائو

ترجمه

پرویز ایران نژاد



شماره مسلسل ۹۰۲۴

شماره انتشار ۳۸۰۶

انتشارات دانشگاه تهران

سرشناسه	Shao, Yaping
عنوان و نام پدیدآور	فیزیک و مدل سازی فرسایش بادی / تألیف یاپینگ شائو؛ ترجمه پرویز ایران نژاد.
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	۶۱۴ ص: مصور، جدول، نمودار.
فروست	انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره انتشار ۳۸۰۶.
شابک	978-964-03-7021-6
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
داشته	عنوان اصلی: Physics and Modelling of Wind Erosion, c2000
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	فرسایش بادی
شماره افزود	ایران نژاد، پرویز، ۱۳۳۰ - مترجم
شناسه	دانشگاه تهران. مؤسسه انتشارات
رده بندی کنگ	۱۳۹۶ ف۲۹/ش۵۹۷ QE
رده بندی دیویی	۵۵۱/۱۱۰۰
شماره کتابشناسی	۴۵۹۷۱۹۱

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل های pdf، لو، سرده، روبویی در وبلاگ 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.

ISBN:978-964-03-7021-6



9 789640 312117

عنوان: فیزیک و مدل سازی فرسایش بادی

تألیف: یاپینگ شائو

ترجمه: دکتر پرویز ایران نژاد

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: ۱۳۹۶

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مترجم است»

بها: ۴۰۰۰۰ ریال

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

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

پخش و فروش: تلفکس ۸۸۳۳۸۷۱۲



فهرست مطالب

پیشگفتار ۱	۱
پیشگفتار ۲	۲
قدردانی	۳
پیشگفتار مترجم	۴
فصل اول - فرسایش بادی و پژوهش فرسایش بادی	۱
۱-۱ پدیده فرسایش بادی	۱
۲-۱ پژوهش فرسایش بادی	۹
۳-۱ مدل سازی فرسایش بادی	۱۲
فصل دوم - اقلیم شناسی فرسایش بادی	۱۷
۱-۲ پیشینه اقلیمی فرسایش بادی	۱۷
۲-۲ پیشینه جغرافیایی برای فرسایش بادی	۲۳
۳-۲ سامانه های جوّی	۲۷
۱-۳-۲ بادهای موسمی	۲۷
۲-۳-۲ چرخندها و سامانه های جبهه ای	۲۸
۳-۳-۲ خطه های تندوزه	۳۳
۴-۲ الگوهای جهانی فرسایش بادی	۳۵
۵-۲ مناطق عمده فرسایش بادی	۳۹
۱-۵-۲ آمار گرد و خاک هواشناسی و ستجش از دور ماهواره ای	۳۹
۲-۵-۲ آفریقای شمالی	۴۰
۳-۵-۲ خاورمیانه	۴۶
۴-۵-۲ آسیای مرکزی	۴۸
۵-۵-۲ آسیای جنوب غربی	۵۰
۶-۵-۲ آسیای شمال شرقی	۵۲
۷-۵-۲ ایالات متحده	۵۹
۸-۵-۲ استرالیا	۶۰
فصل سوم - لایه مرزی جوّ و مدل سازی جوّی	۶۵
۱-۳ لایه مرزی جوّ	۶۵
۲-۳ معادلات حاکم برای جریان های لایه مرزی جوّ	۶۸

۷۴	۳-۳ میانگین‌گیری رینولدز و شار تلاطمی
۷۸	۴-۳ معادله‌های جریان‌های میانگین
۷۹	۵-۳ معادله‌های شارهای تلاطمی و واریانس‌ها
۷۹	۱-۵-۳ شار تلاطمی گردو خاک و واریانس غلظت گردو خاک
۸۰	۲-۵-۳ انرژی جنبشی تلاطمی
۸۳	۳-۵-۳ ویژگی‌های لایه‌های مرزی جو گوناگون
۸۷	۶-۳ لایه سطحی
۸۷	۱-۶-۳ رابطه شار-گرادیان
۸۹	۶-۳ سرعت اصطکاکی
۹۱	۶-۳ نمایه لگاریتمی باد و طول زبری
۹۴	۴-۶-۳ سنجش پایداری
۹۶	۷-۳ نظریه‌ها: همانند
۹۷	۱-۷-۳ نظریه جانتس، مون-ابوکف
۱۰۲	۲-۷-۳ نظریه همانندی نیمه آمخته
۱۰۴	۸-۳ مدل‌های جریان تلاطمی
۱۱۰	۹-۳ مدل‌های میان‌مقیاس، منطقه ای و جهانی
۱۱۷	فصل چهارم - مدل‌سازی سطح خشکی‌ها
۱۱۸	۱-۴ مفهومی‌های کلی
۱۲۱	۲-۴ ترازمندی انرژی سطح
۱۲۴	۳-۴ رطوبت خاک
۱۲۹	۴-۴ دمای خاک
۱۳۱	۵-۴ محاسبه شارهای سطحی
۱۳۶	۶-۴ پارامترهای سطح خشکی
۱۴۱	۷-۴ مثال‌هایی از شبیه‌سازی سطح خشکی‌ها
۱۴۴	۸-۴ شیوه نگرش به سطح‌های ناهمگن
۱۴۹	فصل پنجم - جنبه‌های پایه‌ای فرسایش بادی
۱۴۹	۱-۵ ویژگی‌های ذرات خاک
۱۵۷	۲-۵ نیروهای مؤثر بر ذرات هوابرد
۱۶۳	۳-۵ سرعت حد ذره
۱۶۶	۴-۵ مدهای حرکت ذره
۱۷۰	۵-۵ سرعت اصطکاکی آستانه‌ای برای ذره‌های ماسه
۱۷۱	۱-۵-۵ طرحواره بگنولد

۱۷۴.....	۵-۵-۲ طرحواره گریلی-آیورسن
۱۷۶.....	۵-۵-۳ طرحواره شاتو-لو و مک کینا نویمن
۱۸۰.....	۵-۶-۶ سرعت اصطکاکی آستانه‌ای برای ذره‌های گرد و خاک
۱۸۰.....	۵-۶-۱ اهمیت نسبی نیروها
۱۸۳.....	۵-۶-۲ طبیعت تصادفی سرعت اصطکاکی آستانه‌ای
۱۸۷.....	فصل ششم - دینامیک و مدل‌سازی جهش
۱۸۸.....	۶-۱ معادله‌های حرکت ذره
۱۹۰.....	۶-۲ جهش یکنواخت
۱۹۴.....	۶-۳ جهش نایکناخت
۱۹۵.....	۶-۴ شار جریان راستا
۱۹۵.....	۶-۵ معادله جهش در اوون
۱۹۵.....	۶-۵-۱ مدل تولد
۱۹۸.....	۶-۵-۲ مدل اوون
۲۰۳.....	۶-۶ معادله‌های دیگر جهش
۲۰۵.....	۶-۷ اثر اوون
۲۰۷.....	۶-۷-۱ فرمول‌بندی اوون
۲۰۷.....	۶-۷-۲ فرمول‌بندی رویک
۲۱۳.....	۶-۷-۳ فرمول‌بندی‌های دیگر
۲۱۳.....	۶-۷-۴ نمایه شار جهش
۲۱۵.....	۶-۸ جهش مستقل
۲۱۸.....	۶-۹ جهش عرضه محدود
۲۱۹.....	۶-۱۰ تحول انتقال جریان راستای ماسه با فاصله
۲۲۱.....	۶-۱۱ درون‌آمیزی پاششی
۲۲۲.....	۶-۱۱-۱ مشاهدات تونل باد
۲۲۳.....	۶-۱۱-۲ شبیه‌سازی‌های عددی
۲۳۱.....	۶-۱۲ مدل‌سازی عددی جهش
۲۳۲.....	۶-۱۲-۱ مدل ساده جریان
۲۳۳.....	۶-۱۲-۲ مدل شبیه‌سازی پیچک بزرگ
۲۳۴.....	۶-۱۲-۳ حرکت ذره
۲۳۶.....	۶-۱۲-۴ درون‌آمیزی آیرودینامیکی
۲۳۷.....	۶-۱۲-۵ طرحواره پاشش
۲۴۰.....	۶-۱۳ شناخت جهش از طریق شبیه‌سازی‌های عددی

۲۴۱	۱-۱۳-۶ اهمیت درون آمیزی پاشش
۲۴۵	۲-۱۳-۶ شار تکانه ذره، شار جهش و طول زبری
۲۴۸	۱۴-۶ جهش در تلاطم
۲۴۹	۱-۱۴-۶ ناپیوستگی جهش
۲۵۳	۲-۱۴-۶ کشانه های فرسایش بادی
۲۵۴	۳-۱۴-۶ همانندی دینامیکی جهش
۲۶۱	فصل هفتم - گسیل گردو خاک
۲۶۱	۱-۷ شار گردو خاک و سرعت اصطکاکی
۲۶۷	۲-۷ شار دارهای گسیل گردو خاک
۲۷۵	۳-۷ درون آمیزی آنرودینامیکی گردو خاک
۲۷۵	۴-۷ طرحواره گسیل گردو خاک انرژی پایه
۲۸۰	۵-۷ طرحواره گسیل گردو خاک حجم برداشت پایه
۲۸۴	۱-۵-۷ حرکت ذره و برداشت حجمی
۲۸۶	۲-۵-۷ شار قائم گردو خاک
۲۸۸	۶-۷ مقایسه طرحواره های گردو خاک
۲۸۹	۷-۷ طرحواره های طیفی گسیل گردو خاک
۳۰۰	۸-۷ بحث در باره طرحواره های گردو خاک
۳۰۳	۱-۸ شواهد ترابرد و نهشت گردو خاک
۳۰۹	۲-۸ مدل لاگرانژی ترابرد گردو خاک
۳۱۱	۳-۸ مدل اویلری ترابرد گردو خاک
۳۱۹	۴-۸ ترابرد قائم گردو خاک توسط پخش
۳۳۵	۵-۸ ترابرد قائم گردو خاک توسط همرفت
۳۳۵	۱-۵-۸ تنظیم همرفتی
۳۳۸	۲-۵-۸ پارامتر سازی کومه ای
۳۴۱	۶-۸ نهشت خشک
۳۴۲	۱-۶-۸ مدل دو لایه نهشت خشک: سطح هموار
۳۴۷	۲-۶-۸ مدل دو لایه نهشت خشک- پوشش گیاهی
۳۵۱	۳-۶-۸ مدل تک لایه نهشت خشک
۳۵۴	۷-۸ نهشت تر
۳۵۵	۱-۷-۸ نظریه اسلین
۳۶۳	۲-۷-۸ آهنگ رویش
۳۶۹	۳-۷-۸ نسبت رویش

۳۷۱	فصل نهم- مدل سازی جامع فرسایش بادی
۳۷۳	۱-۹ ساختار سامانه
۳۷۶	۲-۹ طرحواره پارامترسازی فرسایش بادی
۳۷۷	۳-۹ سرعت اصطکاکی آستانه‌ای برای سطوح طبیعی
۳۷۹	۱-۳-۹ تقسیم پسا: شیوه I
۳۸۷	۲-۳-۹ تقسیم پسا: شیوه II
۳۸۸	۳-۳-۹ رابطه Z_0 و λ
۳۹۳	۴-۳-۹ تقسیم دوباره پسا
۳۹۵	۳-۹ رطوبت خاک
۴۰۰	۳-۳-۹ پیوند شیمیایی و سله
۴۰۱	۳-۹ ماسه فت و ϕ سبز گمر خاک در خاک‌های دارای ذرات با اندازه مختلف
۴۰۷	۵-۹ قیدهای ایمی ۴ میل گردوخاک
۴۰۷	۱-۵-۹ فرسایش بذر بدست آمده از داده‌های همدیدی
۴۱۱	۲-۵-۹ فرسایش پذیر، دست‌آورد از داده‌های ماهواره‌ای
۴۱۱	۳-۵-۹ گرمگاه‌های فرسایش بادی
۴۱۲	۶-۹ پارامترهای سطح خشکی‌ها
۴۱۳	۱-۶-۹ توزیع اندازه ذرات خاک
۴۱۸	۲-۶-۹ قدرت پیوندی خاک
۴۲۰	۳-۶-۹ شاخص مساحت جبهه‌ای
۴۲۴	۴-۶-۹ رطوبت خاک
۴۲۵	۷-۹ دستکاری داده‌های GIS
۴۲۷	۸-۹ مثال‌های مدل سازی جامع فرسایش بادی
۴۲۸	۱-۸-۹ سری زمانی فرسایش بادی
۴۳۰	۲-۸-۹ پیش‌بینی فرسایش بادی در مقیاس‌های جهانی، منطقه‌ای و محلی
۴۳۸	۹-۹ گوارد داده‌ها
۴۴۱	فصل دهم- تل‌ماسه‌ها، دینامیک و مدل سازی
۴۴۲	۱-۱۰ طبقه‌بندی تل‌ماسه‌ها
۴۵۱	۲-۱۰ سرعت پیشروی تلماسه‌های عرضی
۴۵۶	۳-۱۰ ویژگی‌های پایه‌ای جریان روی تل‌ماسه
۴۶۱	۴-۱۰ ترابرد ماسه
۴۶۵	۵-۱۰ شبیه‌سازی دینامیک شارح محاسباتی
۴۶۷	۱-۵-۱۰ اجرای مدل جریان: مدل ناآب‌ایستا

۴۷۰	۱۰-۵-۲ اجرای مدل جریان: مدل پیچک بزرگ
۴۷۱	۱۰-۵-۳ محاسبه آهنگ های فرسایش و نهشت
۴۷۷	۱۰-۶ شبیه سازی شبکه گسسته
۴۷۹	فصل یازدهم- فنون اندازه گیری فرسایش بادی
۴۷۹	۱۱-۱ اندازه گیری های تونل بادی
۴۸۱	۱۱-۲ اندازه گیری ماسه
۴۸۲	۱۱-۲-۱ نمونه گیری های نافعال
۴۸۵	۱۱-۲-۲ نمونه گیری های فعال
۴۸۶	۱۱-۲-۳ حسگرهای برخوردی: سنسیت، سالتیفن، سفایر
۴۸۹	۱۱-۲-۴ شمارشگر ذرات ماسه
۴۹۰	۱۱-۳-۱ اندازه گیری ماسه و خاک
۴۹۰	۱۱-۳-۲ نمونه گیری با حجم بالا و پایین
۴۹۳	۱۱-۳-۳ ذره شمار
۴۹۴	۱۱-۴ جمع کننده های ماسه
۴۹۵	۱۱-۵ اندازه گیری های میدان
۴۹۸	۱۱-۶ تجزیه اندازه ذرات
۴۹۹	۱۱-۶-۱ سرنده کردن خشک
۴۹۹	۱۱-۶-۲ لوله نشست و الیوتریتور
۵۰۳	۱۱-۶-۳ روش های سنجش الکتریکی
۵۰۵	۱۱-۶-۴ دانه سنجی لیزری
۵۰۵	۱۱-۷ گسیلنده سایشی
۵۰۷	فصل دوازدهم- سخنان پایانی
۵۰۷	۱۲-۱ عنوان های پژوهشی کنونی
۵۱۲	۱۲-۲ چرخه گرد و خاک در سامانه زمین
۵۱۵	مراجع
۵۴۵	واژگان انگلیسی
۵۷۳	واژگان فارسی

پیشگفتار ۱

فرسایش بادی در بسیاری از نواحی خشک، نیمه‌خشک و کشاورزی جهان رخ می‌دهد. این یک فرآیند محیطی است که از تغییرات زمین‌شناختی و اقلیمی و همچنین از فعالیت‌های بشری تأثیر می‌گیرد. به‌طور کلی، فرسایش بادی منجر به تخریب اراضی در نواحی کشاورزی می‌شود و اثری منفی بر کیفیت هوا دارد. گسیل گردوخاک ایجاد شده توسط فرسایش بادی بزرگ‌ترین چشمه هواویز است که به‌طور مستقیم یا نامستقیم بر ترازمندی تابش جو و از این‌رو بر تغییرپذیری اقلیم جهانی تأثیر می‌گذارد. رو داده‌های فرسایش بادی شدید، مانند طوفان‌های شدید گرد و خاک، ممکن است جان انسان‌ها را تهدید کند و موجب زیان‌های اقتصادی چشمگیر شود.

فیزیک فرسایش بادی پیچیده است، زیرا دربرگیرنده فرآیندهای جوی، خاکی و سطح خشکی‌ها است. پژوهش در رابطه با فرسایش بادی چندرشته‌ای و دربرگیرنده هواشناسی، مکانیک شاره‌ها، فیزیک خاک، علوم کلوئیدی، پدیدارهای خاک سطحی، بومشناسی و غیره است. تا کنون چندین کتاب عالی، برای مثال توسط بگنولد (۱۹۶۰)، فیزیک ماسه وزیده و تل‌ماسه‌های بیابانی، گرلی و ایورسن (۱۹۸۵)، باد به‌عنوان فرآیندی زمین‌شناختی در زمین، مریخ، ونوس و تایتان، پای (۱۹۸۷)، گردوخاک بادی و نهشته‌های گردوخاک و پای و تسوار (۱۹۹۰)، ماسه بادی و تل‌ماسه‌ها، در باره این موضوع نوشته شده است. با این حال، در سال‌های اخیر پیشرفت‌های چشمگیری در رابطه با پژوهش فرسایش بادی انجام گرفته است و نیاز است که این پیشرفت‌ها به‌طور سامانمند در کتابی جدید مستند شود. سه دلیل دیگر وجود دارد که مرا به نگارش این کتاب واداشت. نخست در بیشتر کتاب‌های موجود، کمبود کلی جدی در توصیف دینامیک فرسایش بادی وجود دارد؛ دوم کتاب‌های موجود به‌طور عمده بر حرکت ذرات ماسه است، در حالی که موضوع‌های مرتبط با ذرات ناعم‌تری، ترابرد و نهشت گردوخاک با جزئیات زیاد ارائه نشده است؛ و سوم، نتایج ارائه شده در کتاب‌های موجود به‌طور عمده آزمایشی است و فاقد مدارک مربوط به کوشش‌های مدل‌سازی عددی است.

هدف من ارائه خلاصه‌ای از دانش کنونی در باره فرسایش بادی و پیرفت اخیر در این زمینه پژوهش است. مطالب پایه‌ای این کتاب شامل فیزیک درون‌آمیزی، ترابرد و نهشت ذرات و فرآیندهای محیطی که فرسایش بادی را کنترل می‌کنند است. مقصود این است که تا آن‌جا که ممکن است به فیزیک فرسایش بادی از دیدگاه دینامیک شاره‌ها و فیزیک خاک پرداخته شود. بخش قابل‌توجهی از کتاب به مدل‌سازی عددی فرسایش بادی اختصاص داده شده است. امیدوارم که این کتاب بتواند به‌عنوان نقطه مرجع برای هم پژوهشگران فرسایش بادی و هم دانشجویان تحصیلات تکمیلی بکار برده شود. توجه اساسی من این است که فرسایش بادی تنها از دیدگاه چندرشته‌ای می‌تواند فهمیده شود و

مدل‌سازی عددی فرسایش بادی باید بر تهیه سامانه‌های شبیه‌سازی جامع تمرکز داشته باشد. چنین سامانه‌ای باید مدل‌های دینامیکی، مانند مدل‌های پیش‌بینی جوی و طرحواره‌های فرسایش بادی، را با داده‌های واقعی که شرایط خاک و سطح را مشخص می‌کنند به‌خوبی جفت کند. در فصل مقدمه کتاب بر این مفهوم پایه‌ای یادآوری شده، در حالی که در فصل ۹ مثال‌هایی از روش مدل‌سازی توصیه شده ارائه شده است. فصل ۲ خلاصه‌ای از اقلیم‌شناسی فرسایش بادی در جهان و مناطق انتخاب شده را ارائه می‌دهد. فصل‌های ۳ و ۴ به توصیف مدل‌سازی جوی و مدل‌سازی سطح خشکی اختصاص دارد، زیرا این دو پیش‌نیازهای مدل‌سازی فرسایش بادی هستند. فصل ۵ توصیف جنبه‌های پایه‌ای نظریه فرسایش بادی است، در حالی که فصل‌های ۶، ۷ و ۸ به درون‌آمییزی، ترابرد و نهشت ذرات ماسه و گردوخاک اختصاص داده شده است. فصل ۹، سامانه مدل‌سازی جامع فرسایش بادی و داده‌های مورد نیاز را شرح می‌دهد. نتیجه‌گیری‌های نهایی در فصل ۱۲ ارائه شده است.

کلن، آلمان

یاپینگ شائو

نوامبر ۱۹۹۹

پیشگفتار ۲

از انتشار ویرایش نخست این کتاب در ۱۹۹۹، پیشرفت زیادی در زمینه پژوهش فرسایش بادی، به‌ویژه در باره گردوخاک، رخ داده است. این امر به‌طور عمده به‌دلیل علاقه شدید به فهمیدن اثرات هواویزهای معدنی بر تغییر اقلیم و نقش گردوخاک در شیمی زمین-زیست (bio-geochemistry) است. در این ویرایش، مطالب کتاب را برای بازتاب پیشرفت‌های اخیر به‌هنگام و اشتباه‌هایی را که در ویرایش نخست یافتیم تصحیح کرده‌ام. همچنین متن و شکل‌ها را بهبود بخشیده‌ام.

همکاران زیادی در تهیه این ویرایش کمک کرده‌اند. به‌ویژه، مایلم از دکترها ماسائو میکامی، ایرینا سوکولیک، آرل-ینز ویرول، کینگکان زنگ، گونگبینگ پنگ، چائوها دونگ، ژائوهویی لین، ماسارو چیبا، نائوکو سینو، تایچه وای. تاناکا، ماساهیده هشیزوکا، اوینجو جانگ و یانگسین چان برای حمایت‌شان سپاسگزارم. همچنین مایلم از خانم داگمار یانسن برای تصحیح دقیق نوشته‌ها و از خانم مارتینا کلوزه برای کمک در بیه نوشته با استفاده از LaTeX تشکر کنم.

کلن، آلمان

یاپینگ شائو

مارس ۲۰۰۸