

بسم الله الرحمن الرحيم

الفبای محاسبات و مدل سازی در علوم خاک

تألیف، تدوین و گردآوری:

دکتر جهانگرد محمدی

مهندس مزگان بویراحمدی

گروه خاک شناسی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شهرکرد

انتشارات پلک

۱۳۸۹

سرشناسنامه: محمدی، جهانگرد، ۱۳۴۲-
 عنوان و نام پدیدآور: الفبای محاسبات و مدل سازی در علوم خاک / تألیف تدوین و گردآوری جهانگرد محمدی-
 مؤلفان: یویراحمدی
 مشخصات نشر: تهران: پلک، ۱۳۸۹.
 مشخصات ظاهری: ۴۸۶ ص.، ۲۴×۱۷ س. م.
 شابک: ۹۶۰۰۰ ریال : ۸- ۱۰۰-۲۳۵-۹۶۴-۹۷۸
 وضعیت فهرست نویسی: قیفا
 موضوع: خاک - ساختار
 موضوع: خاک - ترکیب
 موضوع: خاک - شیمی
 شناسه افزوده: یویراحمدی، مؤلفان، ۱۳۶۰
 رده بندی کنفره: ۱۳۸۹ الف ۷ م ۳ / ۵۹۱ S
 رده بندی: ۶۲۱۱۲
 شماره کتابشناسی ملی: ۲۱۵۲۳۲۰



انتشارات پلک

الفبای محاسبات و مدل سازی در علوم خاک

جهانگرد محمدی، مؤلفان: یویراحمدی

ناشر: پلک

چاپ و صحافی: عطایی فرد

ناظر چاپ: سلمان تاجیک

نوبت و سال چاپ: اول - ۱۳۸۹

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

شابک: ۸- ۱۰۰-۲۳۵-۹۶۴-۹۷۸

قیمت: ۹۶۰۰ تومان

مرکز نشر و پخش: تهران، خیابان انقلاب، خ وصال شیرازی، پ ۱۷، طبقه ۴، واحد ۵

تلفن: ۶- ۶۶۴۸۱۰۶۵ وب سایت: www.pelkbook.com

پست الکترونیکی: ketab@pelkbook.com

پیش گفتار ح

فصل اول: مقدمات و مبانی محاسبات در علوم خاک

۲	مقدمه
۲	توان‌ها و نمادهای علمی
۴	نمادهای علمی
۷	نمادهای توانی
۹	جمع، تفریق، ضرب و تقسیم توان‌ها
۹	قواعد جمع
۱۰	قواعد تفریق
۱۱	قواعد ضرب
۱۳	قواعد تقسیم
۱۳	به توان رساندن
۱۳	لگاریتم
۱۵	لگاریتم طبیعی
۱۶	اعداد معنی‌دار
۱۷	شمارش ارقام معنی‌دار
۱۸	ضرب و تقسیم
۱۸	جمع و تفریق
۱۹	گرد کردن اعداد
۱۹	سیستم‌های مقیاسی مختلف
۲۱	سنجش طول
۲۳	سنجش سطح
۲۳	سنجش حجم
۲۴	سنجش جرم
۲۴	سنجش غلظت
۲۶	سایر واحدهای مهم SI
۲۶	فاکتور تبدیل چیست
۲۷	روش فاکتور تبدیل
۲۹	تبدیل واحدهای SI به غیر SI و برعکس

فصل دوم: محاسبات مقدماتی در فیزیک خاک

۳۴	.....	مقدمه
۳۴	.....	بافت خاک-اندازه‌ی ذرات و سطح ویژه
۳۷	.....	بافت خاک و مثلث بافت خاک
۴۰	.....	خصوصیات مرتبط با ساختمان خاک
۴۱	.....	چگالی خاک: وزن مخصوص ظاهری و حقیقی
۴۵	.....	آب در خاک
۴۵	.....	سنجش میزان آب خاک
۵۱	.....	اندازه‌گیری فراهمی و سهولت دسترسی به آب
۵۵	.....	جریان آب در خاک
۵۵	.....	قانون دارسی
۵۸	.....	خیز مولینگی
۵۹	.....	انتقال گاز در خاک
۶۰	.....	قانون فیک
۶۲	.....	حرارت و دمای خاک و ویژگی‌های آن
۶۲	.....	توصیف دمای خاک
۶۳	.....	ظرفیت گرمایی
۶۶	.....	هدایت گرمایی خاک
۶۹	.....	منابع بیش‌تر برای مطالعه

فصل سوم : محاسبات مقدماتی در شیمی خاک

۷۱	.....	مقدمه
۷۱	.....	بافرها در سیستم خاک
۷۱	.....	اسیدها، بازها و آب
۷۲	.....	ب‌هاش
۷۳	.....	مولارینه و نرمالینه
۷۵	.....	خنثی کردن اسیدها و بازهای قوی
۷۶	.....	تیتراسیون اسیدهای ضعیف: معادله‌ی هندرسون-هرلیباخ
۷۸	.....	بافرها و بافر کردن
۸۶	.....	مفهوم ب‌هاش در سیستم خاک و محاسبات مرتبط با آن
۸۷	.....	آهک‌دهی
۹۰	.....	نیاز آهکی
۹۱	.....	مفهوم تبادل یونی و اجزاء مؤلفه‌های محاسباتی آن
۹۱	.....	تبادل کاتیونی
۹۵	.....	تبادل آنیونی
۹۶	.....	شوری و سدیمی بودن
۹۹	.....	مفاهیم و محاسبات مرتبط با اکسیداسیون و احیا در خاک
۹۹	.....	عدد و وضعیت اکسیداسیون

۱۰۱	تبادل های تخمیر
۱۰۲	تغییرات انرژی آزاد
۱۰۵	مفاهیم سینتیکی (کینتیکی) در سیستم خاک و محاسبات مرتبط با آن
۱۰۶	معادله (سینتیک) میکائلیس-منتن
۱۰۹	واکنش های مرتبه اول
۱۱۱	تعیین نیمه عمر
۱۱۲	متوسط زمان تبدیل
۱۱۲	واکنش های مرتبه صفر
۱۱۳	تعیین نیمه عمر
۱۱۴	متوسط زمان تبدیل
۱۱۴	رادیواکتیویته ی خاک
۱۱۵	ایزوتوپ های رادیواکتیو
۱۲۰	ایزوتوپ های پایدار
۱۲۳	منابع بیش تر برای مطالعه

فصل چهارم: محاسبات مقدماتی در بیولوژی خاک

۱۲۵	مقدمه
۱۲۵	رشد میکروبی مطلوب
۱۲۹	حداکثر سرعت رشد
۱۳۱	ضرایب عملکرد
۱۳۲	سرعت مرگ و میر
۱۳۵	محاسبات پایه و مقدماتی در تخمین جمعیت میکروبی
۱۳۵	رقیق سازی متوالی
۱۳۹	کشت انتخابی
۱۴۰	محتمل ترین تعداد
۱۴۵	محاسبات شمارش مستقیم
۱۴۸	محاسبات پایه و مبنایی در بیوماس میکروبی
۱۴۸	تدخین با کلروفوم و سپس انکوباسیون
۱۴۹	کربن بیوماس میکروبی
۱۵۰	نیتروزن بیوماس میکروبی
۱۵۱	تدخین با کلروفوم و سپس عصاره گیری
۱۵۲	مبانی فرآیند معدنی شدن در خاک و محاسبات مرتبط با آن
۱۵۳	معدنی شدن
۱۵۷	غیرمتحرک شدن
۱۵۸	مبانی تنفس میکروبی و جریان گازهای حاصل در خاک

۱۵۹	 تعیین میزان تنفس خاک از طریق تیتراسیون
۱۶۱	 جریان گاز-کلوخه‌های خاک
۱۶۴	 جریان گاز-پوشش‌های خاک
۱۶۶	 منابع بیش‌تر برای مطالعه

فصل پنجم : محاسبات مقدماتی در برخی از جنبه‌های مدیریتی خاک

۱۶۸	 مقدمه
۱۶۸	 مدیریت کود و فراهمی عناصر تغذیه‌ای در خاک
۱۶۸	 تغییر و تبدیلات کودی
۱۷۲	 محاسبات میزان مصرف کود
۱۷۳	 مخلوط کردن کودها
۱۷۵	 عناصر غذایی قابل دست‌رسی در کودها
۱۷۸	 کود مایع
۱۸۰	 مدیریت فرسایش خاک و محاسبات مرتبط با آن
۱۸۱	 مؤلفه‌های USLE
۱۸۳	 شاخص فرسایش‌پذیری خاک
۱۸۷	 پیش‌بینی و برآورد میزان خاک از دست رفتن
۱۸۸	 مدیریت بقایا و اصلاح زیستی
۱۸۹	 نسبت C:N و کمیوست‌سازی
۱۹۲	 نیاز بیوشیمیایی به اکسیژن
۱۹۶	 اصلاح زیستی-محاسبه‌ی سرعت یا نرخ بارگذاری آلاینده‌ها برای منابع نفتی
۲۰۰	 منابع بیش‌تر برای مطالعه

فصل ششم : مدل و مدل‌سازی: مفاهیم و تعاریف

۲۰۲	 مقدمه
۲۰۲	 مدل‌ها و مدل‌سازی
۲۰۴	 مسائل و سؤالات خوش‌ساختار در مقابل مسائل ناخوش‌ساختار
۲۰۶	 مدل‌سازان مبتدی در مقابل مدل‌سازان خبره
۲۰۷	 مهارت‌های مورد نیاز در مدل‌سازی
۲۰۷	 ساختاربندی فرآیند مدل‌سازی
۲۰۹	 انواع مدل‌ها
۲۱۰	 مدل‌سازی (مدل‌های) فیزیکی
۲۱۱	 مدل‌سازی (مدل‌های) تجربی
۲۱۷	 مدل‌سازی (مدل‌های) مکانیستی
۲۲۲	 مدل‌سازی محیطی
۲۲۴	 اصول و قوانین مبنایی
۲۲۶	 مبانی فرآیندهای محیطی

۲۲۸	 تعادل فازي
۲۲۹	 ماندگاري و تعادل
۲۳۲	 فرآيندهاي انتقال محيطي
۲۳۳	 انتقال ديفيوژني
۲۳۵	 انتقال انتشاري (پراكنشي)
۲۳۶	 انتقال پهن رفت
۲۳۶	 انتقال بين فازي جرم
۲۳۷	 فرآيندهاي غير واكنشي محيطي
۲۳۸	 جذب و دفع سطحي
۲۴۰	 فرآيندهاي رسوب (فرونشستن) و تعليق و معلق شده دوباره
۲۴۵	 تبخير (تصادد) و جذب شدن
۲۴۶	 فرآيندهاي واكنشي محيطي
۲۵۰	 واكنش هاي مقدماتي
۲۵۲	 واكنش هاي (با واسطه) آنزيمي
۲۵۳	 توازن ماده
۲۵۶	 منابع بيش تر براي مطالعه

فصل هفتم : مباني و مقدمات مدل سازي مكانيستي (رياضياتي)

۲۵۸	 مقدمه
۲۵۸	 تعاريف و واژه شناسي در فرآيند مدل سازي رياضياتي
۲۵۸	 سيستم و باندری (مرز)
۲۵۹	 سيستم هاي باز و بسته، جاري و غير جاري
۲۶۰	 متغيرها، پارامترها، ورودی ها و خروجی ها
۲۶۲	 مراحل بسط و گسترش مدل هاي رياضيتي
۲۶۴	 صورت بندي و فرموله نمودن مسأله
۲۶۶	 نمود و نمايش رياضياتي
۲۶۸	 پردازش و تجزيه و تحليل رياضياتي
۲۶۸	 تفسير، تحليل و ارزيابي نتايج
۲۷۲	 انواع صورت بندي هاي رياضياتي
۲۷۲	 صورت بندي هاي استاتيک
۲۷۴	 صورت بندي هاي ديناميک
۲۷۶	 تجزيه ها و پردازش هاي رياضياتي
۲۷۶	 روش هاي تحليلي و آناليتيکي
۲۷۷	 روش هاي محاسباتي و عددي
۲۷۸	 مثال هايي از روش هاي تحليلي و عددي

۲۷۸	معادلات جبری و طبقه‌بندی آن‌ها
۲۷۹	معادلات خطی منفرد
۲۷۹	مجموعه معادلات خطی
۲۸۴	معادلات غیر خطی منفرد
۲۸۹	مجموعه معادلات غیر خطی
۲۹۱	معادلات افتراقی (دیفرانسیلی) معمولی
۲۹۲	حل‌های آنالیتیکی ODES
۲۹۵	حل‌های عددی (محاسباتی) ODES
۲۹۸	سیستم معادلات دیفرانسیلی معمولی
۳۰۰	معادلات دیفرانسیلی جزئی
۳۰۴	مبانی مدل‌سازی مکانیستی (ریاضیاتی) سیستم و زیرسیستم‌های خاک
۳۰۵	جریان آب در ناحیه اشباع
۳۱۲	جریان آب و آلاینده‌ها در ناحیه غیر اشباع
۳۱۳	جریان هوا و آلاینده‌ها در ناحیه غیر اشباع
۳۱۶	منابع بیش‌تر برای مطالعه

فصل هشتم: مبانی و مقدمات مدل‌سازی تجربی (آمار کلاسیک)

۳۱۸	مقدمه
۳۱۸	سرشت و ماهیت تفکر آماری
۳۲۰	مدل‌های آماری و جنبه‌های عاملی و عملکردی آن‌ها
۳۲۴	مراحل استخراج در مدل‌سازی آماری: تخمین و آزمون
۳۳۵	حداقل مربعات
۳۳۸	حداکثر درست‌نمایی
۳۴۱	آزمون‌های تی بر حسب مدل‌های آماری
۳۴۲	آزمون تی تک‌نمونه‌ای
۳۴۶	آزمون تی شناور شده (دو نمونه‌ای)
۳۴۸	کلاس‌های مختلف مدل‌های آماری
۳۵۱	مدل‌های توصیفی و مدل‌های استنتاجی
۳۵۲	مدل‌های آماری گسسته و مدل‌های آماری پیوسته
۳۵۴	مدل‌های خطی و مدل‌های غیر خطی
۳۵۷	مدل‌های رگرسیونی و مدل‌های آنالیز واریانس
۳۶۰	مدل‌های تک متغیره و مدل‌های چند متغیره
۳۶۱	مدل‌های آماری اثرات ثابت، تصادفی و اختلاطی
۳۶۵	مدل‌های خطی تعمیم یافته
۳۶۸	جمع‌بندی و خلاصه‌ای از فرایند مدل‌سازی آماری
۳۷۱	منابع بیش‌تر برای مطالعه

فصل نهم : مبانی و مقدمات مدل سازی داده های مکانی (آمار مکانی)

۳۷۳	 مقدمه
۳۷۵	 تفکر آماری
۳۷۷	 قانون و قاعده ی تابلر در جغرافیا
۳۸۱	 توابع تصادفی و میدان های تصادفی
۳۸۵	 انواع داده های مکانی
۳۹۳	 مکانیسم ذاتی و درونی تکرار برای میادین تصادفی: ایستایی و همسانگردی
۴۰۷	 مدل های نظری واریوگرام
۴۱۴	 درجه ی ساختار و پیوستگی مکانی
۴۱۵	 مدل مکانی
۴۳۴	 رگرسیون مکانی چندگانه
۴۳۷	 مدل های طبقه بندی و رگرسیون مکانی: مدل های خطی میدان تصادفی
۴۴۶	 مدل های خودرگرستی برای داده های لاتیس (مدل های لاتیس)
۴۵۴	 پردازش الگوهای نقطه ای مکانی نگاشت شده
۴۵۹	 آزمون فرض CRS در الگوهای نقطه ای نگاشت شده
۴۶۴	 ویژگی های مرتبه دوم الگوهای نقطه ای
۴۶۷	 منابع بیش تر برای مطالعه

پیش‌گفتار

مانند هر منظومه‌ی علمی، یکی از مبانی بنیادی علوم خاک، عبارت از محاسبات و مدل‌سازی است که خود مبتنی بر ریاضیات (و آمار) می‌باشند. ریاضیات، همان‌گونه که زبان علوم مختلف می‌باشد؛ زبان علم خاک‌شناسی و زیرمنظومه‌های مختلف و متنوع آن و از جمله، پدولوژی، فیزیک خاک، شیمی خاک، بیولوژی خاک، و ... نیز می‌باشد. تمامی این زیرمجموعه‌ها، در یک مفهوم و موجودیت واحد، به نام "خاک" مشترک می‌باشند؛ محیط، سامانه و پیوستاری که این زیرمنظومه‌های علمی در آن رخ می‌نمایند و معنا و مفهوم پیدا می‌کنند.

در زبان و درک عامیانه، محاسبات عبارت از همان "چرتکه انداختن" و "دو دو تا چهار تا کردن" بیش نیست. اگرچه، "اعداد و ارقام"، "خمیرمایه‌ی محاسبات" و "چرتکه و کامپیوتر"؛ ابزار عملیاتی کردن آن است؛ لیکن، در چهارچوب علمی، محاسبات درجه‌ای به‌سوی شناخت و ادراک موضوعات و پدیده‌های پیرامون خود است که عمدتاً از طریق "مدل‌سازی" ادامه پیدا می‌نماید. بنابراین، محاسبات و مدل‌سازی دو مفهوم و ابزار شناخت و ادراک بوده که در تنگاتنگ هم قرار گرفته و تفکیک آن‌ها از یک‌دیگر غیرممکن می‌نماید. در حقیقت، اعداد و ارقام، به‌خودی‌خود، فاقد معنا و ارزشمندی هستند و آن‌چه که در قالب محاسبات و مدل‌سازی بر روی آن‌ها صورت می‌گیرد؛ می‌بایستی با هدف کسب فراست و درون‌بینی و ارتقای بینش و بصیرت خود از پدیده، موجودیت و فرایند موردنظر صورت پذیرد.

در علوم خاک؛ مفاهیم، ویژگی‌ها، خصوصیات و روابط و تعاملاتی وجود دارند، که درک، شناخت، آموزش و انتقال آن‌ها، نیازمند توانایی در محاسبات و مدل‌سازی و در اختیار داشتن ابزارهای مناسب برای انجام این دو فعالیت می‌باشد. بدیهی است، هنگامی محاسبات و مدل‌سازی در یک منظومه‌ی علمی، سودمند و مفید به‌فایده واقع خواهند گشت که دانشمندان آن علوم، مجهز به دانش، بینش و بصیرت لازم و کافی در چهارچوب جوهرشناسی (هستی‌گرایانه) و معناگرایانه

منظومه‌ی علمی موردنظر بوده باشند. در علوم خاک، الگوها، پدیده‌ها و تعاملاتی وجود داشته که درک و بیان کمی (ریاضیاتی و آماری) آن‌ها توسط خاک‌شناس، به‌منظور به‌کارگیری آن‌ها در راستای مدیریت بهینه‌ی منابع خاکی، ضروری می‌باشد. در حالی که با انجام محاسبات می‌توان نشان داد که در حال حاضر، در خاک چه می‌گذرد؛ با انجام مدل‌سازی‌های مختلف، می‌توان نشان داد (برآورد و پیش‌بینی نمود) که در آینده، چه اتفاقاتی در خاک رخ خواهند داد. برای انجام این امور، آشنایی با مبانی و مقدمات محاسبات و مدل‌سازی در علوم خاک بیش از پیش ضروری به‌نظر می‌آید. بار دیگر، می‌بایستی بر این نکته تأکید گردد که "هدف از محاسبات و مدل‌سازی، عبارت از

دست‌یابی به درک، بینش و بصیرت است و نه صرفاً، مجموعه‌ای از اعداد، ارقام و پارامترها".

کتاب حاضر به‌گونه‌ای طراحی و تدوین شده است که مورد استفاده‌ی نه‌تنها دانشجویان کارشناسی؛ بلکه، دوره‌های تکمیلی علوم خاک نیز قرار گیرد. مؤلفان از صمیم قلب آرزومندند که ضمن مفید واقع گردیدن مطالب کتاب حاضر، از نظرات، انتقادات و پیشنهادات اساتید، محققان و دانش‌پژوهان عرصه‌ی علوم محیطی و علوم خاک بی‌نصیب نمانند.

در خاتمه، مؤلف اول، از همسر و فرزندان خود (انیس و اشکان) که با تشویق، صبر و بردباری خویش در ادامه‌ی راهی که آغاز شده است، هم‌چنان مشوق و یاری‌رسان هستند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نماید. مؤلف دوم، از حمایت‌های بی‌دریغ پدر، مادر و خانواده‌ی خود، کمال تشکر و قدردانی را دارد. هم‌چنین، از انتشارات پلک که زحمت چاپ این کتاب را بر عهده داشتند، کمال تشکر و سپاس‌گزاری را داریم.

جهانگرد محمدی

مژگان بویراحمدی