



فیزیک خاک و محیط زیست

تألیف
دانیل هیلل

ترجمه
دکتر بیژن قهرمان

این ترجمه را
تقدیم می‌کنم به
استاد ارجمندم
جناب آقای دکتر علی‌رضا سپاس‌خواه
بابت آنچه به من آموخت
- به‌ویژه از فیزیک خاک.

سرشناسه:	هیلل، دانیل، ۱۹۳۰ - م.	Hillel, Daniel
عنوان و نام پدید آور:	فیزیک خاک و محیط زیست / تألیف دانیل هیلل؛ ترجمه بیژن قهرمان.	
مشخصات نشر:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۹.	
مشخصات ظاهری:	۹۸۸ ص.	
فروست:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ شماره ۵۷۲.	
شابک:	(ISBN: 978-964-386-243-5)	
وضعیت فهرست نویسی:	فیبا.	
یادداشت:	عنوان اصلی: Environmental Soil physics, C 1998.	
موضوع:	خاک -- فیزیک.	
موضوع:	خاک -- جنبه های زیست محیطی.	
شناسه افزوده:	قهرمان، بیژن، ۱۳۳۷ - ، مترجم.	
شناسه افزوده:	دانشگاه فردوسی مشهد.	
رده بندی کنگره:	۱۳۸۹ ف ۹۴ هـ ۵۹۲ / S۳	
رده بندی دیویی:	۴/۶۳۱	
شماره کتابخانه ملی:	۶۸۵۳۰۲۲	



انتشارات، شماره ۵۷۲

فیزیک خاک و محیط زیست

تألیف

دانیل هیلل

ترجمه

دکتر بیژن قهرمان

ویراستار علمی

سرکار خانم دکتر دانش

وزیری، ۹۸۸ صفحه، ۱۰۰۰ نسخه، چاپ اول، زمستان ۱۳۸۹

امور فنی و چاپ: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

بها: ۱۳۵۰۰۰ ریال

ISBN: 978-964-386-243-5

شابک ۵-۲۴۳-۳۸۶-۹۶۴-۹۷۸

فهرست مطالب

۱۷	مقدمه مترجم
۱۹	پیش گفتار
۲۷	قدردانی
۲۹	بخش یک: روابط پایه
۳۱	فصل ۱: کلیاتی از ویژگی‌های فیزیکی خاک
۳۱	مقدمه
۳۲	هوازدهی و تشکیل خاک
۳۳	نیمرخ خاک (خاکرخ)
۳۹	خاک به عنوان سیستمی سه فازی
۴۱	روابط وزنی و حجمی اجزای تشکیل دهنده‌ی خاک
۴۷	مسایل نمونه
۵۱	فصل ۲: ویژگی‌های آب در ارتباط با محیط متخلخل
۵۱	مقدمه
۵۴	سیالی غیرعادی
۵۴	ساختمان مولکولی
۵۶	پیوندهای هیدروژنی
۵۸	حالات آب
۶۰	یونیزاسیون و pH
۶۳	ویژگی‌های حلالیت آب
۶۵	فشار اسمزی
۶۹	حلالیت گازها
۷۰	جذب آب بر روی سطوح جامد
۷۲	فشار بخار
۷۵	تنش سطحی
۷۸	سطوح خمیده‌ی آب و فشار هیدرواستاتیکی
۸۱	زاویه‌ی تماس آب بر روی سطوح جامد
۸۳	پدیده‌ی موینه‌ای

۸۷	چگالی و فشردگی
۸۸	لرزه دینامیکی و سینماتیکی
۹۰	مسایل نمونه
۹۷	بخش دو: فاز جامد
۹۹	فصل ۳: اندازه و سطح ویژه ذرات
۹۹	مقدمه
۱۰۰	گروه‌های بافتی خاک
۱۰۴	کلاس‌های بافتی خاک
۱۰۶	توزیع اندازه ذرات
۱۰۷	تجزیه‌های مکانیکی
۱۱۲	تعریف سطح ویژه
۱۱۳	اندازه‌گیری سطح ویژه به وسیله‌ی جذب سطحی
۱۱۴	برآورد سطح ویژه با محاسبات
۱۱۶	مسایل نمونه
۱۱۹	فصل ۴: ماهیت و رفتار رس
۱۱۹	مقدمه
۱۲۰	ساختمان کانی‌های رس
۱۲۲	کانی‌های عمده‌ی رس
۱۲۸	لایه دوگانه‌ی الکترواستاتیکی
۱۳۲	تبادل یونی
۱۳۷	آبگیری (هیدراته شدن) و آماس
۱۴۲	هماوری و پراکندگی
۱۴۶	هوموس: ترکیب آلی از کلوئیدهای خاک
۱۴۸	مسایل نمونه
۱۵۱	فصل ۵: ساختمان خاک و خاکدانه‌ها
۱۵۱	مقدمه
۱۵۲	انواع ساختمان خاک
۱۵۳	ساختمان خاک‌های دانه‌ای
۱۵۷	ساختمان خاک‌های خاک‌دانه‌ای
۱۶۳	سایر عوامل مؤثر در تشکیل خاک‌دانه‌ها
۱۶۴	ویژگی ساختمان خاک
۱۶۸	توزیع اندازه‌ی خاک‌دانه
۱۶۹	پایداری خاک‌دانه‌ها
۱۷۴	طبقه‌بندی منافذ خاک

۱۷۶	تشکیل سله در خاک
۱۷۷	اصلاح کننده‌های خاک
۱۷۹	خاک‌دانه‌های آب‌گریز
۱۸۱	مسایل نمونه
۱۸۵	بخش سه: فاز مایع
۱۸۷	فصل ۶: مقدار و پتانسیل آب خاک
۱۸۷	مقدمه
۱۸۸	نسبت‌های جرمی و حجمی
۱۹۰	اندازه‌گیری رطوبت خاک
۲۰۳	وضعیت انرژی آب خاک
۲۰۶	پتانسیل کل آب خاک
۲۱۰	پتانسیل ثقلی
۲۱۱	پتانسیل فشاری
۲۱۵	پتانسیل اسمزی
۲۱۵	واژگان تجدید نظر شده
۲۱۷	بیان کمی پتانسیل آب خاک
۲۲۰	منحنی مشخصه‌ی رطوبت خاک
۲۲۵	پس‌ماند
۲۲۸	اندازه‌گیری پتانسیل رطوبت خاک
۲۳۸	مسایل نمونه
۲۴۳	فصل ۷: حرکت آب در خاک اشباع
۲۴۳	مقدمه
۲۴۶	قانون دارسی
۲۵۰	بارهای ثقلی، فشاری و هیدرولیکی کل
۲۵۳	جریان در یک ستون عمودی
۲۵۵	جریان در یک ستون ترکیبی
۲۵۶	شار، سرعت جریان و اعوجاج
۲۵۷	هدایت هیدرولیکی، نفوذپذیری و سیالیت
۲۶۲	محدودیت‌های قانون دارسی
۲۶۴	ارتباط نفوذپذیری با هندسه‌ی منافذ
۲۶۷	همگنی و هم‌روندی
۲۶۸	اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک‌های اشباع
۲۷۱	معادلات جریان اشباع
۲۷۵	مسایل نمونه

۲۷۹	فصل ۸: جریان آب در خاک‌های غیراشباع
۲۷۹	مقدمه
۲۸۰	مقایسه‌ی جریان در خاک‌های اشباع و غیراشباع
۲۸۳	ارتباط آبگذری با مکش و رطوبت خاک
۲۸۸	معادلات جریان غیراشباع
۲۹۵	پخشیدگی هیدرولیکی
۲۹۹	تبدیل بولتزمن
۳۰۱	محاسبه‌ی تابع هدایت هیدرولیکی
۳۰۴	اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی هدایت هیدرولیکی و پخشیدگی
۳۰۷	اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای هدایت هیدرولیکی غیراشباع
۳۱۶	حرکت بخار
۳۱۹	مسایل نمونه
۳۲۹	فصل ۹: حرکت املاح و شوری خاک
۳۲۹	مقدمه
۳۳۰	انتقال همرفتی املاح
۳۳۲	پخشیدگی املاح
۳۳۵	انتشار هیدرودینامیکی
۳۳۷	جابه‌جایی اختلاط‌پذیر و منحنی‌های رخنه
۳۳۹	انتقال ترکیبی املاح
۳۴۳	تأثیرات املاح بر روی حرکت آب
۳۴۹	شوری و قلیائیت خاک
۳۵۱	بیلان نمک در خاک
۳۵۴	شستشوی نمک‌های اضافی
۳۶۱	مسایل نمونه
۳۶۹	بخش چهار: فاز گاز
۳۷۱	فصل ۱۰: میزان و ترکیب هوای خاک
۳۷۱	مقدمه
۳۷۳	جزء حجمی هوای خاک
۳۷۵	ترکیب هوای خاک
۳۷۶	تنفس خاک و نیازهای تهویه
۳۷۸	اندازه‌گیری میزان هوای خاک و ترکیب آن
۳۸۰	اندازه‌گیری تنفس خاک
۳۸۲	فرآیندهای اکسیداسیون-احیا در خاک
۳۸۳	خصوصیات ظاهری خاک‌های با تهویه‌ی ضعیف
۳۸۴	مسایل نمونه

فصل ۱۱: حرکت و تبادل گازها در خاک	۳۸۹
مقدمه	۳۸۹
جریان همرفتی هوا در خاک	۳۹۰
پخشیدگی گازها در خاک	۳۹۳
بیان ریاضی فرآیندهای پخشیدگی	۳۹۷
اندازه‌گیری همرفت و پخشیدگی گازی در خاک‌ها	۴۰۰
انتشار گازهای گلخانه‌ای از خاک	۴۰۳
مسایل نمونه	۴۰۶
بخش پنج: پدیده‌های ترکیبی	۴۰۹
فصل ۱۲: درجه حرارت خاک و جریان حرارتی	۴۱۱
مقدمه	۴۱۱
شیوه‌های انتقال انرژی	۴۱۲
بیان انرژی برای یک خاک بدون پوشش	۴۱۴
هدایت حرارت در خاک	۴۱۶
گنجایش گرمایی حجمی خاک	۴۱۸
هدایت حرارتی و پخشیدگی حرارتی خاک‌ها	۴۲۰
انتقال توأمان حرارت و رطوبت	۴۲۶
رژیم حرارتی خاک‌رخ	۴۲۹
اصلاح رژیم حرارتی خاک	۴۳۵
مسایل نمونه	۴۴۳
فصل ۱۳: دینامیک خاک: تنش، کرنش و مقاومت	۴۵۱
مقدمه	۴۵۱
روابط کرنش-تنش و گسیختگی توده‌های خاک	۴۵۲
مفهوم مقاومت خاک و اندازه‌گیری آن	۴۵۸
فشردگی خاک	۴۷۱
تحکیم خاک	۴۷۲
تراکم خاک در رابطه با رطوبت	۴۷۹
تراکم خاک در مزرعه	۴۸۲
تراکم خاک تحت فشارهای ناشی از ماشین‌آلات	۴۸۷
کنترل تراکم خاک	۴۹۵
مسایل نمونه	۴۹۸
بخش شش: چرخه‌ی آب در مزرعه	۵۰۵
فصل ۱۴: ورود آب به خاک	۵۰۷
مقدمه	۵۰۷

۵۰۸	"گنجایش نفوذ" یا توانایی نفوذ
۵۱۳	توزیع نیمرخ رطوبت در خلال نفوذ
۵۱۴	معادلات تجربی توانایی نفوذ
۵۱۷	نگرش گرین و امپت
۵۲۰	نظریه‌ی کلاسیک نفوذ
۵۳۰	نفوذ آب در خاک‌رخ‌های لایه‌دار
۵۳۲	نفوذ در خاک‌های سله بسته
۵۳۹	بی‌ثباتی پیشانی‌های خیس‌کنندگی در فرآیند نفوذ
۵۴۵	شکل‌های دیگری از جریان ترجیحی
۵۴۹	نفوذ باران
۵۵۳	تحقیقات ادامه‌دار بر روی نفوذ
۵۵۶	مسایل نمونه

فصل ۱۵: روان آب سطحی و فرسایش آبی

۵۶۱	مقدمه
۵۶۵	جریان آرام و متلاطم
۵۶۷	جریان سطحی
۵۷۰	انتقال ذرات توسط آب جاری
۵۷۳	فرسایش ورقه‌ای، شیار و خندقی
۵۷۶	فرسایش‌گذاری باران
۵۷۹	فرسایش‌پذیری خاک
۵۸۱	معادله‌ی جهانی فرسایش
۵۸۳	کنترل فرسایش خاک
۵۸۴	افزایش روان آب
۵۸۷	مسایل نمونه

فصل ۱۶: توزیع مجدد آب در خاک

۵۸۹	مقدمه
۵۹۰	زهکشی داخلی در خاک‌رخ‌های خیس شده‌ی عمیق
۵۹۷	توزیع مجدد در خاک‌رخ‌های خیس شده‌ی جزئی
۵۹۸	پدیده‌ی پس‌ماند در توزیع مجدد
۶۰۳	تحلیل فرآیندهای توزیع مجدد
۶۰۷	مفهوم «ظرفیت زراعی»
۶۱۱	مفاهیم فیزیکی نگهداشت رطوبت
۶۱۳	مسایل نمونه

فصل ۱۷: زهکشی و آلودگی آب‌های زیرزمینی

۶۱۷	مقدمه
-----	-------

۶۲۱	جریان آب‌های زیرزمینی محصور
۶۲۸	جریان آب‌های زیرزمینی غیرمحصور
۶۳۰	تجزیه و تحلیل سطح ایستابی در حال افت
۶۳۳	معادلات جریان آب‌های زیرزمینی غیرمحصور
۶۳۵	شبکه‌های جریان، مدل‌ها و آنالوگ‌ها
۶۴۲	زهکشی آب‌های زیرزمینی
۶۴۴	عوامل مؤثر بر زهکشی
۶۴۷	معادلات طراحی زهکشی
۶۵۲	آلودگی آب‌های زیرزمینی
۶۵۸	مسایل نمونه
۶۶۳	فصل ۱۸: تبخیر از خاک بدون پوشش و فرسایش بادی
۶۶۳	مقدمه
۶۶۴	شرایط فیزیکی
۶۶۷	خیز مویینه‌ای از سفره‌ی آب
۶۶۸	تبخیر پایدار از سفره‌ی آب کم‌عمق
۶۷۴	خطر شور شدن ناشی از سفره‌ی آب بالا
۶۷۵	تبخیر در غیاب سفره‌ی آب
۶۷۹	تحلیل مراحل اول و دوم خشک شدن
۶۸۲	پدیده‌ی "جبهه‌ی خشکی"
۶۸۵	نوسانات شبانه‌روزی رطوبت لایه‌ی روین
۶۸۸	تبخیر در شرایط غیرهم‌دما
۶۹۰	تأثیر تغییرات ضریب بازتابش (آلبدو) بر روی تبخیر غیرهم‌دما
۶۹۱	تبخیر از سطوح نامنظم و درز و شکاف‌ها
۶۹۳	کاهش تبخیر از خاک‌های بدون پوشش
۶۹۹	فرسایش خاک توسط باد
۷۰۴	مسایل نمونه
۷۰۹	بخش هفت: روابط خاک-گیاه-آب
۷۱۱	فصل ۱۹: جذب رطوبت خاک توسط گیاهان
۷۱۱	مقدمه
۷۱۴	طیف پیوسته‌ی خاک-گیاه-اتمسفر
۷۱۵	جنبه‌های اساسی روابط گیاه-آب
۷۱۷	روابط آبی سلول‌ها و بافت‌های گیاهی
۷۲۲	ساختمان و عمل ریشه‌ها
۷۲۵	ویژگی‌های هیدرولیکی ریشه‌ها

۷۲۸	تغییر پتانسیل آب و شار آن در سیستم خاک-گیاه
۷۳۳	جذب توسط ریشه، حرکت آب خاک و تعرق
۷۳۸	آنالوگ‌های الکتریکی طیف پیوسته‌ی اتمسفر-گیاه-خاک
۷۴۴	رهیافت‌ها در مدل‌سازی ریاضی جذب آب توسط ریشه‌ها
۷۴۷	مدل تک‌ریشه
۷۵۱	مدل سیستم ریشه
۷۵۳	تأثیر رشد ریشه بر روی جذب آب خاک
۷۶۰	مسایل نمونه

فصل ۲۰: تراز آب و تراز انرژی در مزرعه

۷۶۳	مقدمه
۷۶۴	تراز آب در ناحیه‌ی ریشه
۷۶۸	ارزیابی تراز آب
۷۷۱	تبادل تابش در مزرعه
۷۷۴	کل تراز انرژی
۷۷۶	انتقال گرما و بخار به اتمسفر
۷۷۹	فرارفت (ادوکیون)
۷۸۰	تبخیر-تعرق بالقوه
۷۸۵	مقاومت تاج گیاهی: معادله‌ی پنمن-مانیتث
۷۸۶	سنجش از دور و رطوبت سطح خاک
۷۹۲	تغییرات مکانی ویژگی‌ها و فرآیندها
۷۹۵	مسایل نمونه

فصل ۲۱: آبیاری و کارایی مصرف آب

۷۹۹	مقدمه
۸۰۲	مفاهیم سنتی آب خاک قابل دسترسی برای گیاهان
۸۰۶	اصول سنتی مدیریت آبیاری
۸۰۷	مفاهیم جدیدتر فراهمی آب خاک برای گیاهان
۸۰۹	اصول جدید مدیریت آبیاری
۸۱۱	مزایا و محدودیت‌های آبیاری با تناوب بالا
۸۱۵	کارایی مصرف آب و حفظ آب
۸۲۱	رابطه‌ی تعرق با تولید
۸۲۳	برآورد نیازهای آبی گیاه
۸۲۶	جنبه‌های زیست محیطی توسعه‌ی آبیاری
۸۲۹	استفاده از فاضلاب برای آبیاری
۸۳۱	مسایل نمونه

۸۳۷	کلام آخر
۸۴۳	بخش هشت: پیوست‌ها
۸۴۵	پیوست ۱: تغییرپذیری مکانی
	به وسیله آ. دبلیو. واریک
۸۴۵	مقدمه
۸۴۷	نمایش تغییرپذیری
۸۵۳	برآوردهای اندازه‌ی نمونه
۸۵۶	مقیاس‌بندی به عنوان نمایه‌ای برای تغییرپذیری
۸۶۲	تحلیل مکانی: مشاهدات همبسته
۸۷۰	روش‌های دیگر برای تبیین تغییرپذیری
۸۷۳	پیوست ۲: کاربرد فیزیک خاک در پالایش مکان‌های آلوده به پسماندهای خطرناک
	به وسیله رالف اس. بیکر
۸۷۳	مقدمه
۸۷۶	مثالی از رابطه‌ی فیزیک خاک و بررسی مکان آلوده به پسماند خطرناک
۸۷۸	روابط بیان‌کننده‌ی جریان چندفازی و هیدرواستاتیک
۸۸۲	مثال‌هایی از ارتباط فیزیک خاک با فن‌آوری‌های پالایش درجا
۸۸۹	نتیجه‌گیری
۸۹۱	پیوست ۳: نمایش سطح زمین در مدل‌های اقلیم جهانی
	به وسیله سینتیا روزنزویک
۸۹۱	مقدمه
۸۹۲	یک مدل سطح زمین
۹۰۹	نمونه‌ی نتایج
۹۱۱	نتیجه‌گیری
۹۱۳	اسامی مؤلفان
۹۱۹	کتاب‌نامه
۹۶۹	نمایه

ای همه هستی ز تو پیدا شده خاک ضعیف از تو توانا شده
حکیم نظامی گنجیه‌ای، قرن ششم هجری،
"مخزن الاسرار، مناجات اول: در سیاست و قهر یزدان"

مقدمه مترجم

نه این کتاب نیاز به معرفی دارد و نه نویسنده‌ی آن، ولی اگر بنا شود چنین کاری صورت پذیرد بهتر است توسط شخصی چون فیلیپ انجام شود؛ کسی که خود یک نظریه‌پرداز در فیزیک خاک به شمار می‌آید:

«هیدرولوژی یکی از سه شاخه‌ی عمده‌ی سیالات در علم ژئوفیزیک است. دو شاخه‌ی دیگر هواشناسی و اقیانوس شناسی است ولی هیدرولوژی به طرق مختلف با این دو شاخه تفاوت دارد. هم هواشناسی و هم اقیانوس شناسی از مبانی علمی نسبتاً روشنی برپایه‌ی مکانیک سیالات برخوردارند، در نتیجه هیچ‌گونه عدم اطمینانی در مورد حدود و دامنه‌ی آن‌ها وجود ندارد. اما درباره‌ی هیدرولوژی چطور؟ به نظر می‌رسد برای بسیاری از متخصصان هدف از هیدرولوژی به خوبی تعریف شده و قلمرو آن کاملاً محدود باشد. با این وجود تصویری که هیدروژئولوژیست‌ها، هیدرواکولوژیست‌ها و مهندسان زهکشی شهری از هیدرولوژی دارند بسیار متفاوت است. بسیاری از هیدروژئولوژیست‌ها برای یک یا چندین بخش از کل چرخه‌ی هیدرولوژی با خلاءهایی روبرو هستند. این موضوع نه تنها از لحاظ نظری تاسف‌بار است بلکه از لحاظ عملی نیز مشکلاتی را به بار می‌آورد. بین بخش‌های متعدد تقابل‌هایی وجود دارد که می‌تواند از جنبه‌ی عملی مهم باشد.

بخشی از این خلاءها فیزیک آب خاک و به ویژه حرکت آب در خاک‌های غیراشباع است. این مقوله پدیده‌ای ناملموس که تنها بخش کوچکی از علم را دربر بگیرد نیست؛ بلکه در واقع پدیده‌ی متداولی از چرخه‌ی هیدرولوژی در تمامی کوه‌ی زمین به شمار می‌آید. قسمت اعظم

1. Philip, J.R., 1999. Book review: *Environmental Soil Physics*, by D. Hillel, Academic Press, San Diego, CA, USA, xxvii+771 pp., ISBN 0-12-348.525-8, (\$69.95). *Journal of Hydrology* 219, 225-226.

آبی که بر روی زمین نازل می‌شود عمدتاً در خاک غیراشباع سپری می‌شود. در استرالیا در حدود ۹۳٪ ریزش‌های جوی وارد خاک می‌شود، ولی ۹۲٪ آن مستقیماً به اتمسفر بازگردانده می‌شود و تنها در حدود ۱٪ آن به آب‌های زیرزمینی می‌پیوندد. و حتی در نواحی مرطوب‌تر، بیش‌تر از ۵۰٪ آب در تمام اوقات در خاک غیراشباع به سر می‌برد.

این مجموعه که توسط دانیل هیلل گردآوری شده است عمدتاً رساله‌ای در مورد وضعیت آب در خاک غیراشباع است و من مطالعه‌ی آن را برای کلیه‌ی هیدرولوژیست‌هایی که با این مقوله آشنایی ندارند توصیه می‌کنم. دانیل هیلل از دهه‌ی ۱۹۶۰ شخص فعالی در زمینه‌ی فیزیک آب خاک بوده است. او در سال ۱۹۷۱ کتاب "آب و خاک: اصول و فرآیندهای فیزیکی" را منتشر کرد. این کتاب در سال ۱۹۸۰ در دو جلد "اصول فیزیک خاک" و "کاربردهای فیزیک خاک" بسط داده شد و به روز گردید. مطالب این دو کتاب تجدید نظر شد و در کتاب حاضر خلاصه گردید.

در کل، خواندن این کتاب که با سبکی پرشور نگارش شده و لذا از تمایزی خوشایند نسبت به سایر کتاب‌های درسی بی‌روح و جدی فیزیک خاک برخوردار است، لذت‌بخش است. حقیقت آشکار این است که این کتاب به طور منحصر به فردی جذاب است و مجموعه‌ی عظیمی از اطلاعات در باره‌ی خاک‌های غیراشباع را ارائه می‌کند.

این کتاب از مجموعه‌ای متنوع از علوم مرتبط تشکیل شده است لذا ترجمه‌ی آن کار آسانی نبود. همکارانی با تخصص‌های مختلف (دکتر لکزیان، فصل ۵؛ دکتر عباسپور، فصل ۱۳؛ دکتر موسوی بایگی، فصل ۱۸؛ دکتر قربانی، فصل ۱۹؛ دکتر ثنائی‌نژاد، فصل ۲۰) فصولی از آن را بازخوانی و تصحیح کردند که بدین وسیله مراتب سپاسگزاری خود را از ایشان اعلام می‌دارم. از دانشجویان دکتری خانم مهندس سیاری برای ترجمه‌ی مقدماتی چند فصل از کتاب، آقای مهندس نجفی برای همکاری در تهیه‌ی معادل فارسی برای مراجع کتاب و آقای سید مرتضی صادقی برای مقابله معادلات و نمادهای ریاضی تشکر می‌کنم. در نهایت از سرکار خانم دکتر دانش بابت ویراستاری علمی و مقابله «دقیق» ترجمه با متن کتاب صمیمانه تشکر می‌کنم.

بیژن قهرمان

استاد گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد

زمستان ۱۳۸۹

۱- این کتاب در سال ۱۳۶۰ توسط دکتر محمدحسن عالمی به فارسی ترجمه و توسط انتشارات دانشگاه تهران به شماره‌ی ۱۷۹۲ (شماره‌ی مسلسل ۲۲۹۵) به چاپ رسید.