



# آلودگی خاک

(مثنیٰ، پایش و پالایش)

نویسنده:

Ibrahim A.Mirsal

مترجمان:

مهندس جلال‌الدین ملایی

مهندس حافظ گلستانی فر



URL: [www.khaniran.com](http://www.khaniran.com)

سر شناسه : Ibrahim ,A.Mirsal میرثال، ابراهیم، مولف ، دکتر  
 عنوان و نام پدید آور : آلودگی خاک (منشا، پایش و پالایش) دانشجویان مهندسی محیط زیست ،  
 مهندسی بهداشت محیط ، مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی ، متخصصین  
 HSE=soil pollution Origin,Monitoring & Remediation / نویسنده ابراهیم میرثال ،  
 مترجمان : جلال الدین ملایی ، حافظ گلستانی فر.  
 مشخصات نشر : تهران : خانیان ، ۱۳۹۵، مشخصات ظاهری : ۳۱۶ ص : مصور، جدول، نمودار.  
 شابک : ۵-۱۴-۷۹۸۸-۶۰۰-۹۷۸ وضعیت فهرست نویسی : فیپا یادداشت : عنوان اصلی :  
 soil pollution Origin,Monitoring & Remediation  
 موضوع : خاک - بهسازی Soil pollution موضوع : خاک - آلودگی soil remediation  
 موضوع : خاک Soil شناسه افزوده : ملایی، جلال الدین، ۱۳۶۲-مترجم  
 شناسه افزوده : گلستانی فر ، حافظ، ۱۳۶۵-مترجم  
 کتابشناسی ملی : ۴۴۹۲۱۹۰ رده بندی کنگره : TD۷۸ رده بندی دیویی : ۶۲۸/۵۵

## نام اصلی کتاب: soil pollution Origin, Monitoring & Remediation

### نام کتاب: آلودگی خاک (منشا، پایش و پالایش)

نویسنده:	دکتر ابراهیم میرثال	نوبت چاپ:	اول
مترجمان :	مهندس جلال الدین ملایی	تاریخ نشر:	زمستان ۹۵
ناشر:	انتشارات خانیان	تیراژ:	۳۰۰ جلد
طراح جلد:	انتشارات آوای قلم	قیمت:	۱۹۹۰۰۰ ریال
ISBN :	978-600-7988-14-5	شابک:	۵-۱۴-۷۹۸۸-۶۰۰-۹۷۸

دفتر تولید و پخش: تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر شمالی، ابتدای خیابان نصرت،  
 کوچه باغ نو، کوچه داوود آبادی شرقی، پلاک ۴، زنگ اول همراه: ۰۹۱۲۱۹۹۹۱۲۰ (مدیر فروش)  
 تلفکس: ۶۶۹۵۰۷۷۲ تلفن: ۶۶۹۶۵۳۹۶-۶۶۹۵۰۷۷۲ (کد تهران ۰۲۱)

**فروشگاه اینترنتی : [www.khaniranshop.com](http://www.khaniranshop.com)**

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است.  
 متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

## فهرست مطالب

مقدمه ناشر.....	۱۲
مقدمه مولف.....	۱۳
مقدمه مترجمان.....	۱۴

### فصل اول: منشاء خاک

بخش اول : خاک - منشاء و طبیعت.....	۱۵
فصل اول: منشاء خاک .....	۱۷
۱-۱- هوازدگی فیزیکی و مکانیکی .....	۱۸
۲-۱- هوازدگی شیمیایی .....	۱۸
۳-۱- هوازدگی توسط عوامل بیولوژیکی .....	۲۰
۴-۱- عوامل کنترل کننده‌ی تشکیل خاک.....	۲۰
۵-۱- مرفولوژی خاک .....	۲۱

### فصل دوم: اجزای خاک

فصل دوم: اجزای خاک .....	۲۵
۱-۲- فاز معدنی جامد .....	۲۶
۱-۱-۲- ارتوسیلیکات‌ها .....	۲۸
۲-۱-۲- سیلیکات‌های زنجیره‌ای یا اینو سیلیکات‌ها .....	۳۰
۳-۱-۲- سیلیکات‌های ورقه‌ای یا فیلوسیلیکات‌ها .....	۳۱
۴-۱-۲- سیلیکات‌های اسکلتی یا تکتوسیلیکات‌ها .....	۳۸
۲-۲- مواد آلی و موجودات خاک .....	۴۰
۱-۲-۲- موجودات زنده‌ی خاک .....	۴۱
۲-۲-۲- مواد آلی مرده .....	۴۷
۳-۲- فاز مایع- آب خاک .....	۵۳
۴-۲- فاز گازی- هوا خاک، منشاء، ترکیب و ویژگی‌ها .....	۵۷

## فصل سوم: ویژه‌گی‌های فیزیکی

- فصل سوم: ویژه‌گی‌های فیزیکی ..... ۵۹
- ۱-۳- ویژه‌گی‌های فیزیکی ..... ۶۰
- ۲-۳- ویژه‌گی‌های شیمیایی ..... ۶۴

## فصل چهارم: طبقه‌بندی و انواع خاک

- فصل چهارم: طبقه‌بندی و انواع خاک ..... ۷۱
- ۱-۴- طبقه‌بندی خاک ..... ۷۲
- ۲-۴- توصیف راسته‌های خاک در طبقه‌بندی خاک ..... ۷۶

## فصل پنجم: تجزیه خاک

- فصل پنجم: تجزیه خاک ..... ۸۱
- ۱-۵- تجزیه خاک ..... ۸۲
- ۱-۱-۵- فرسایش ..... ۸۲
- ۲-۱-۵- تراکم و فشردگی ..... ۸۶
- ۳-۱-۵- پوسته خاک ..... ۸۶
- ۲-۵- تجزیه شیمیایی ..... ۸۶
- ۱-۲-۵- اسیدسازی ..... ۸۶
- ۲-۲-۵- نمک‌سازی و سدیم‌سازی ..... ۸۷
- بخش دوم: آلودگی خاک - یک مرور کلی ..... ۸۹

## فصل ششم: انواع اصلی آلاینده‌های خاک

- فصل ششم: انواع اصلی آلاینده‌های خاک ..... ۹۳
- ۱-۶- فلزات سنگین و نمک‌هایشان ..... ۹۴
- ۲-۶- دیگر آلاینده‌های غیرآلی ..... ۹۶
- ۳-۶- رادیونوکلئیدها ..... ۹۷
- ۴-۶- آزمایش سلاح و فعالیت‌های جنگی ..... ۱۰۰
- ۵-۶- حوادث اصلی هسته‌ای ..... ۱۰۳

## فصل هفتم: منابع آلودگی خاک

- فصل هفتم: منابع آلودگی خاک ..... ۱۰۷
- ۱-۷- آلاینده‌های منابع مواد شیمیایی کشاورزی ..... ۱۰۸
- ۱-۱-۷- حشره‌کش‌ها ..... ۱۱۱
- ۲-۱-۷- علف‌کش‌ها ..... ۱۱۸
- ۳-۱-۷- قارچ‌کش‌ها ..... ۱۲۳
- ۴-۱-۷- نشت سوخت در مزارع ..... ۱۲۶
- ۲-۷- آلاینده‌های خاک در منابع شهری ..... ۱۲۶
- ۱-۲-۷- انتشارات حاصل از تولید انرژی برق ..... ۱۲۶
- ۲-۲-۷- آلودگی خاک از طریق فعالیت‌های حمل‌ونقل ..... ۱۲۹
- ۳-۲-۷- آلودگی خاک بوسیله‌ی زباله و لجن فاضلاب ..... ۱۳۱
- ۳-۷- آلودگی خاک از طریق جنگ شیمیایی ..... ۱۳۴
- ۱-۳-۷- آلاینده‌ها، سموم شیمیایی و سلاح‌های شیمیایی ..... ۱۳۸

## فصل هشتم: مکانیزم‌های آلودگی و اثر متقابل خاک - آلاینده‌ها

- فصل هشتم: مکانیزم‌های آلودگی و اثر متقابل خاک - آلاینده‌ها ..... 155
- ۱-۸- فرآیندهای فیزیکی و مکانیزم‌های آلودگی ..... ۱۵۸
- ۱-۱-۸- نگهداشت جذبی ..... ۱۵۸
- ۲-۱-۸- نگهداشت غیرجذبی ..... ۱۷۵
- ۲-۸- نقل و انتقال آلاینده‌ها ..... ۱۷۸
- ۱-۲-۸- پخش‌شدگی میکروسکوپی: انتشار مولکولی ..... ۱۸۱
- ۲-۲-۸- پخش‌شدگی ماکروسکوپی ..... ۱۸۳
- ۳-۸- رفتار مایعات فاز غیر آبی در خاک ..... ۱۸۴

## فصل نهم: تناوب آلاینده‌ها، تبدیل و شروع تغییرات شیمیایی در خاک

- فصل نهم: تناوب آلاینده‌ها، تبدیل و شروع تغییرات شیمیایی در خاک ..... ۱۸۹
- ۱-۹- فرآیندهای مرتبط با پویایی شیمیایی ..... ۱۹۰
- ۲-۹- فرآیندهای تبدیل شیمیایی ..... ۱۹۵
- ۳-۹- تجزیه‌ی بیولوژیکی و تغییر و تبدیل بیولوژیکی ..... ۲۰۲
- ۴-۹- تغییر و تبدیلات آنزیماتیک - آنزیم‌ها، انواع آن‌ها و روش فعالیت ..... ۲۰۴
- ۵-۹- تغییر و تبدیل با بهره‌گیری از فعالیت باکتری‌ها ..... ۲۲۲

بخش سوم: پایش آلودگی خاک ..... ۲۲۹

## فصل دهم: پایش و برنامه‌های پایش

فصل دهم: پایش و برنامه‌های پایش ..... ۲۳۱

۱-۱۰- توصیف محل ..... ۲۳۳

۲-۱۰- اکتساب اطلاعات ..... ۲۳۵

۱-۲-۱۰- نمونه‌برداری - برنامه‌ریزی و اجرا ..... ۲۳۷

۲-۲-۱۰- رویه‌های نمونه‌برداری ..... ۲۳۹

۳-۱۰- بررسی‌های میدانی و آزمایشگاهی ..... ۲۴۳

۴-۱۰- پایش جریان‌های آب‌برزمینی ..... ۲۴۷

## فصل یازدهم: پایش بیولوژیکی

فصل یازدهم: پایش بیولوژیکی ..... ۲۵۵

۱-۱۱- برنامه‌ریزی و اجرای پایش بیولوژیکی ..... ۲۵۸

۲-۱۱- بررسی و نمونه‌برداری برگ درختان ..... ۲۵۹

۳-۱۱- بررسی شیمیایی برگ درختان ..... ۲۵۹

۴-۱۱- نمونه‌برداری و بررسی شاخ و برگ ..... ۲۶۰

بخش چهارم: مدل‌سازی آلودگی خاک ..... ۲۶۱

## فصل دوازدهم: مدل‌ها و ساختمان آن‌ها

فصل دوازدهم: مدل‌ها و ساختمان آن‌ها ..... ۲۶۳

۱-۱۲- انواع مدل‌ها ..... ۲۶۵

بخش پنجم: پالایش خاک ..... ۲۸۷

## فصل سیزدهم: برنامه‌ریزی و تحقق پالایش خاک

فصل سیزدهم: برنامه‌ریزی و تحقق پالایش خاک ..... ۲۸۹

۱-۱۳- تکنیک‌های اصلاحی فیزیکی و شیمیایی ..... ۲۹۶

۲-۱۳- تصفیه بیولوژیکی ..... ۳۰۲

۳-۱۳- روش‌های تثبیت/ جامدسازی ..... ۳۰۹

منابع ..... ۳۱۲

## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- نمایش نیم‌رخ فرضی خاک ..... ۲۳
- شکل ۱-۲- ترکیب حجمی متوسط خاک ..... ۲۶
- شکل ۲-۲- یک سیلیکات چهار وجهی ..... ۲۷
- شکل ۳-۲- ساختار ارتوسیلیکات‌ها ..... ۲۹
- شکل ۴-۲- طبقه‌بندی ارتوسیلیکات‌ها ..... ۳۰
- شکل ۵-۲- ساختار سیلیکات‌های زنجیره‌ای ..... ۳۱
- شکل ۶-۲- ساختار فیلوسیلیکات‌ها. مشاهده حفره‌های شبکه‌ی شش‌وجهی ..... ۳۲
- شکل ۷-۲- نمایش یک هشت‌وجهی آلومینا ..... ۳۲
- شکل ۸-۲- نمایش لایه‌های سیلیکوزان ..... ۳۳
- شکل ۹-۲- نمودار خلاصه‌شده ساختار اصلی پایه اشکال موادمعدنی رسی ..... ۳۴
- شکل ۱۰-۲- ساختار گروه کائولینیت ..... ۳۵
- شکل ۱۱-۲- ساختار گروه مونت موریلونیت ..... ۳۵
- شکل ۱۲-۲- ساختار گروه ایلیت ..... ۳۷
- شکل ۱۳-۲- ساختار گروه کلریت ..... ۳۷
- شکل ۱۴-۲- تصاویر SEM بعضی از کریستال‌های فرسایشی جانبی خاک ..... ۴۰
- شکل ۱۵-۲- بعضی از میان‌جانوران متداول در خاک‌های اروپا ..... ۴۴
- شکل ۱۶-۲- سری تجزیه پروتئین‌ها ..... ۵۱
- شکل ۱۷-۲- طرح کلی نشان‌دهنده‌ی اجزاء اصلی آب‌خاک ..... ۵۷
- شکل ۱-۳- طبقه‌بندی بافت خاک ..... ۶۱
- شکل ۲-۳- انواع رایج ساختار خاک ..... ۶۲
- شکل ۳-۳- یک منحنی مشخصه نگهداشت رطوبت ..... ۶۴
- شکل ۴-۳- تأثیر pH روی بار سطحی در اکسید آلومینیوم ..... ۶۷
- شکل ۵-۳- پیوندهای فلزی موادهیومیکی توسط کلات سازی ..... ۶۹
- شکل ۱-۵- انواع اصلی آلاینده‌های شیمیایی خاک ..... ۹۰
- شکل ۱-۶- روابط غلظت‌های ثبت‌شده فلزات مختلف در خاک با غلظت متوسط در پوسته زمین ..... ۹۵
- شکل ۲-۶- منابع طبیعی رادیواکتیو ..... ۱۰۰
- شکل ۳-۶- رسوب‌گذاری سالانه‌ی  $^{90}\text{Sr}$  ..... ۱۰۱
- شکل ۴-۶- رادیواکتیویته در خاک بین سال‌های ۱۹۵۸ و ۱۹۹۲ ..... ۱۰۲
- شکل ۵-۶- حداکثر مقادیر روزانه رادیواکتیویته طبیعی و مصنوعی در هوا ..... ۱۰۵
- شکل ۶-۶- پخش‌نشر در ۲۹ آوریل ۱۹۸۶ در ارتفاع ۱۵۰۰ متری ..... ۱۰۵
- شکل ۱-۷- منابع آلودگی خاک ..... ۱۱۰
- شکل ۲-۷- تحول بازار آفت‌کش‌ها برحسب میلیون دلار آمریکا ..... ۱۱۰

- شکل ۳-۷- آفت کش‌های ارگانوفسفره ..... ۱۱۲
- شکل ۴-۷- سه خانواده از آفت کش‌های ارگانوکلره ..... ۱۱۴
- شکل ۵-۷- اعضای خانواده‌ی سایکلودین ..... ۱۱۵
- شکل ۶-۷- ساختار عمومی حشره کش‌های کارباماته ..... ۱۱۶
- شکل ۷-۷- زیرگروه‌های حشره کش‌های کارباماته ..... ۱۱۶
- شکل ۸-۷- ساختار نیکوتین ..... ۱۱۸
- شکل ۹-۷- ترکیبات ارگانوکلره ..... ۱۱۹
- شکل ۱۰-۷- مشتقات آنیلین استفاده شده به عنوان علف کش‌های ارگانوکلره ..... ۱۲۰
- شکل ۱۱-۷- گلیسین و مشتق گیلی فسفات آن ..... ۱۲۰
- شکل ۱۲-۷- علف کش‌های اوره‌ای (یوری ساید‌ها) ..... ۱۲۱
- شکل ۱۳-۷- مشتقات تریازین ..... ۱۲۲
- شکل ۱۴-۷- مشتقات پیریدین ..... ۱۲۳
- شکل ۱۵-۷- دالاپون ..... ۱۲۳
- شکل ۱۶-۷- ساختار برخی از قلع‌های آلی ..... ۱۲۴
- شکل ۱۷-۷- فتالیمید ..... ۱۲۴
- شکل ۱۸-۷- ساختار بنزیمیدازول ..... ۱۲۵
- شکل ۱۹-۷- ساختار باربیتوریک اسید ..... ۱۲۵
- شکل ۲۰-۷- بعضی از هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAH`s) ..... ۱۲۷
- شکل ۲۱-۷- اورانیوم در خاکستر فرار در مقایسه با دیگر مواد زمین ..... ۱۲۷
- شکل ۲۲-۷- تشکیل باران اسیدی ..... ۱۳۱
- شکل ۲۳-۷- TCDD (پلی کلرودی بنزو-پ- دیوکسین) ..... ۱۳۳
- شکل ۲۴-۷- تتراکلرودی بنزوفوران ..... ۱۳۴
- شکل ۲۵-۷- دو ترکیب اصلی عامل نارنجی ..... ۱۳۸
- شکل ۱-۸- مرور طرح کلی فرآیندهای نشان دهنده‌ی فعل و انفعالات آلاینده‌های خاک ..... ۱۵۷
- شکل ۲-۸- خلاصه‌ای از مکانیزم‌های دخیل در آلودگی خاک ..... ۱۵۷
- شکل ۳-۸- لایه دوگانه هلمهلز ..... ۱۶۱
- شکل ۴-۸- لایه دوگانه پراکنده گوی- چاپمن ..... ۱۶۱
- شکل ۵-۸- ایزوترم لانگمویر برای مقادیر مختلف K ..... ۱۶۵
- شکل ۶-۸- مکانیزم‌های دام اندازی در بستر متخلخل ..... ۱۷۶
- شکل ۷-۸- نمایش سه الگوی جریان ..... ۱۷۷
- شکل ۸-۸- فرآیندهای پخش شدگی در خاک ..... ۱۸۰
- شکل ۹-۸- شار نزولی ذرات تغییرات غلظت ..... ۱۸۰
- شکل ۱۰-۸- مایع فاز غیرآبی (NAPL) با جایگزینی آب در فضای خالی ..... ۱۸۶
- شکل ۱-۹- روابط پایداری در سیستم  $Zn+S+CO_2+H_2O$  ..... ۱۹۷



- شکل ۹-۲- طرح کلی ارائه‌ی شیمی اکسیداسیون و احیاء آهن و منگنز..... ۱۹۸
- شکل ۹-۳- تشکیل کمپلکس مس..... ۱۹۹
- شکل ۹-۴- مشارکت هشت‌وجهی کبالت با آمونیاک جهت تشکیل  $[Co(NH_3)_6]^3$ ..... ۲۰۰
- شکل ۹-۵- طرح کلی نشان‌دهنده واکنش خاک‌زیان به مواد خارجی..... ۲۰۳
- شکل ۹-۶- مختصری از طبقه‌بندی آنزیم‌ها..... ۲۰۵
- شکل ۹-۷- مالاتیون..... ۲۰۸
- شکل ۹-۸- ساختمان آدنوزین‌تری‌فسفات (ATP)..... ۲۱۰
- شکل ۹-۹- تشکیل گلوتاتیون..... ۲۱۲
- شکل ۹-۱۰- تجزیه آلکیل‌فنیل‌اتر به وسیله گلوتاتیون (GSH)..... ۲۱۴
- شکل ۹-۱۱- حذف هالید هیدروژن از آترازین با GSH..... ۲۱۴
- شکل ۹-۱۲- شکافت دیازینون به وسیله‌ی GSH..... ۲۱۵
- شکل ۹-۱۳- متیل‌زدایی پاراتیون با GSH..... ۲۱۵
- شکل ۹-۱۴- تجزیه‌ی پروپاکلر غیرآزیماتیک توسط گلوتاتیون..... ۲۱۶
- شکل ۹-۱۵- حلقه هیدروکسیلاسیون کارباریل..... ۲۱۹
- شکل ۹-۱۶- دی‌آکسیلاسیون متوکسی‌کلر..... ۲۲۰
- شکل ۹-۱۷- طبقه‌بندی باکتری‌های لیتوتروفیک بر طبق منبع انرژی‌شان..... ۲۲۳
- شکل ۹-۱۸- بجیاتوآ..... ۲۲۵
- شکل ۹-۱۹- عملکرد ترکیبی نیتروزوموناس و نیتروباکتر..... ۲۲۶
- شکل ۱۰-۱- مراحل اصلی پایش خاک..... ۲۳۶
- شکل ۱۰-۲- الگوهای شبکه مستقیم‌الخط نمونه‌برداری..... ۲۳۸
- شکل ۱۰-۳- مته ساده نمونه‌برداری خاک..... ۲۳۹
- شکل ۱۰-۴- مته زغال‌سنگ هیلر..... ۲۴۰
- شکل ۱۰-۵- ساختار یک لیزومتر کشش صفر ساده..... ۲۴۱
- شکل ۱۰-۶- لیزومتر مکشی..... ۲۴۲
- شکل ۱۰-۷- چیدمان الکترودها برای اندازه‌گیری مقاومت در زمین..... ۲۴۶
- شکل ۱۰-۸- نمایشی از طرح نواحی آب زیرزمینی در یک نیم‌رخ فرضی..... ۲۴۹
- شکل ۱۰-۹- پایش افت‌های هیدرولیکی در دو چاه..... ۲۵۲
- شکل ۱۰-۱۰- کشش سنج..... ۲۵۳
- شکل ۱۰-۱۱- برهمکنش بین گیاه، خاک و اتمسفر..... ۲۵۸
- شکل ۱۰-۱۲- نقشه‌ی (هم‌تراز) توپوگرافی منطق که بررسی قرار گرفته است..... ۲۶۷
- شکل ۱۲-۲- رابطه بین خطوط هم‌تراز و توپوگرافی واقعی منطقه در مثال بالا..... ۲۶۷
- شکل ۱۲-۳- توپوگرافی محلی نقطه..... ۲۶۸
- شکل ۱۲-۴- نمودار بلوک نشان‌دهنده بزرگ‌نمایی توپوگرافی در بستر..... ۲۶۸
- شکل ۱۲-۵- نیم‌رخ چینه‌شناسی..... ۲۶۹

- شکل ۱۲-۶- اطلاعات جمع‌آوری شده از اندازه‌گیری‌های سطح ترسیم‌شده بر روی نقشه ..... ۲۷۰
- شکل ۱۲-۷- قیاس خطوط هم‌تراز برای تعیین مسیر جریان ..... ۲۷۱
- شکل ۱۲-۸- طرح کلی نشان‌دهنده‌ی آبخوان ماسه‌سنگی ..... ۲۷۶
- شکل ۱۲-۹- ابعاد آبخوان ..... ۲۷۸
- شکل ۱۲-۱۰- رابطه بین افت هیدرولیکی و مختصات‌های محور جریان ..... ۲۸۲
- شکل ۱۲-۱۱- رابطه دویعد  $h$  در مورد  $X$  و  $Y$  ..... ۲۸۴
- شکل ۱۳-۱- تکنولوژی‌های متداول پالایش ..... ۲۹۵
- شکل ۱۳-۲- نمودار طرح کلی جهت توضیح چیدمان فنی لازم برای استخراج بخار خاک (SVE) ..... ۳۰۰
- شکل ۱۳-۳- نموداری از طرح کلی مراحل مختلف در خاک‌شویی ..... ۳۰۱
- شکل ۱۳-۴- نمایش تکنیک‌های رسوب‌شویی ..... ۳۰۲
- شکل ۱۳-۵- طرح کلی نشان‌دهنده تکنولوژی‌های مختلف پاک‌سازی زیستی ..... ۳۰۶
- شکل ۱۳-۶- خلاصه‌ای از فرآیندهای مختلف گیاه‌پالایی ..... ۳۰۹
- شکل ۱۳-۷- طرح کلی از سیستم دفع گرمایی ..... ۳۱۱

## فهرست جداول

- جدول ۱-۱- اندازه رسوبات جداشونده و انواع سنگ مرتبط ..... ۲۳
- جدول ۱-۲- توزیع موجودات زندهی خاک در متوسط خاک اروپا ..... ۴۱
- جدول ۲-۲- بعضی اطلاعات در رابطه با جانوران مفصل دار کوچک خاک ..... ۴۳
- جدول ۳-۲- تعداد مجزا و وزن کل میکروارگانیسم‌ها در یک قطعه خاک ..... ۴۵
- جدول ۴-۲- بعضی اطلاعات در مورد پروتوزوئرهاى خاک ..... ۴۷
- جدول ۵-۲- اجزاء اصلی هوای خاک و هوای اتمسفری به حجم ..... ۵۸
- جدول ۱-۴- انواع اصلی اپی‌پدون‌ها ..... ۷۳
- جدول ۲-۴- انواع اصلی واحدهای زیرسطحی ..... ۷۴
- جدول ۳-۴- گروه‌بندی اصلی خاک در سیستم FAO-UNESCO ..... ۷۵
- جدول ۴-۴- رابطه‌ی تقریبی بین شاخص بررسی خاک ..... ۷۶
- جدول ۱-۵- تأثیر بعضی از استراتژی‌های حفاظت خاک ..... ۸۵
- جدول ۲-۵- وابستگی نوع خاک به شوری و سدیمی بودن آن ..... ۸۸
- جدول ۱-۶- ترکیب عنصری پوسته زمین و رسوبات ..... ۹۴
- جدول ۲-۶- چهار سری رادیواکتیو ..... ۹۹
- جدول ۳-۶- برخی حوادث هسته‌ای مطابق مقیاس خطر LAEA ..... ۱۰۳
- جدول ۴-۶- گسترش  $^{137}\text{Cs}$  و  $^{131}\text{I}$  از چرنوبیل ..... ۱۰۴
- جدول ۱-۷- گروه‌های شیمیایی حشره‌کش‌های ارگانوفسفره (سال ۱۹۸۲) ..... ۱۱۳
- جدول ۲-۷- سهم انتشار فلزات سنگین از نیروگاه‌های عمومی سوخت زغال‌سنگ ..... ۱۲۸
- جدول ۳-۷- انتشارات کلی سالانه‌ی وسایل نقلیه ..... ۱۳۰
- جدول ۴-۷- زباله‌های شهری ..... ۱۳۲
- جدول ۵-۷- حداکثر غلظت‌های مجاز EC برای فلزات سنگین در لجن فاضلاب اصلاحی خاک ..... ۱۳۳
- جدول ۶-۷- تخصیص مشروط به نیروهای شرقی و غربی در آلمان طی جنگ سرد ..... ۱۵۲
- جدول ۷-۷- ارزیابی آلودگی ریسک برای نقاط نظامی متروک در برلین ..... ۱۵۳
- جدول ۸-۷- آلاینده‌های نقاط نظامی متروک در برلین ..... ۱۵۴
- جدول ۱-۸- ظرفیت‌های تبادل کاتوین برخی از اجزاء خاک ..... ۱۶۸
- جدول ۱-۱۲- ثابت‌های نفوذپذیری برای برخی رسوبات انتخاب‌شده ..... ۲۷۶
- جدول ۱-۱۳- روش‌های مؤثر مختلف با تکنیک‌های پالایش متناظر آن‌ها ..... ۲۹۶

تقدیم به

انسان‌هایی که

به فردایی بهتر می‌اندیشند.

## مقدمه ناشر

سپاس بیکران پروردگار را که به انسان قدرت اندیشیدن بخشید، قدرتی که در مقایسه با سایر موجودات باعث شده است که انسان هرگز به امکانات محدود خود اکتفا نکند. مکاتب الهی، انسان را موجودی کمال‌طلب و پویا می‌داند که جهت‌گیری او به سوی خالقش می‌باشد. از جمله راه‌های تقرب به خداوند، علم است، علمی که زیبایی عقل است. علمی که در دریای بیکران آن هر ذره نشانی از آفریدگار است و هر چه علم انسان افزون گردد، تقریبش بیشتر می‌شود. از این‌رو است که به علم‌اندوزی و دانش‌آموزی توجهی بی‌نظیر می‌ذول گردیده است. اما علم‌آموزی به ابزاری نیاز دارد که مهمترین آن کتاب است و انتشار نتیجه مطالعات پژوهشگران و اندیشمندان، پاسخگوی این نیاز خواهد بود. جهت تحقق این امر و گام برداشتن در جهت ارتقای پایه‌های علم و دانش و رشد و شکوفایی استعدادها، انتشار کتاب را یکی از اهداف خود قرار داده و انتظار داریم با حمایت‌های معنوی هموطنان گرامی بتوانیم گام‌های مؤثر و ارزشمندی را برداریم. گرچه تلاش خواهد شد در حد دانش و تجربه اندکمان کارهایی بدون اشکال تقدیم حضورتان گردد، ولی اذعان داریم که راهنمایی‌های شما عزیزان می‌تواند ما را در ارتقای کیفی کتاب راهگشا باشد، لذا همیشه منتظر پیشنهادات و راهنمایی‌های شما خواهیم بود. در پایان از همه عزیزانی که در مراحل مختلف تهیه، تدوین و چاپ کتاب از همفکری و همکاری آنها برخوردار بوده‌ام به خصوص مهندس حافظ گلستانی فر و مهندس جلال الدین ملایی (مترجمان)، مهندس علی محمد خانی (مدیر فروش)، مهندس مهدی خانی و مهندس نیما نوروزی، سپاسگزاری نموده و موفقیت روزافزونشان را آرزومندم.

## محمدرضا خانی

### مدیر مسئول انتشارات خانیران

- \* جهت اطلاع از میزان تخفیف و نحوه همکاری، کتابفروشی‌ها و مراکز و مؤسسات محترم می‌توانند از طریق تماس تلفنی یا مکاتبه با آدرس این مرکز اطلاعات لازم را کسب نمایند.
- \* خرید جزئی به یکی از روشهای زیر امکان‌پذیر است: مراجعه حضوری، تماس تلفنی با شماره‌های زیر، خرید آنلاین از و یا مکاتبه با آدرس دفتر انتشارات: [www.khaniranshop.com](http://www.khaniranshop.com) طریق سایت
- میدان انقلاب-خیابان کارگر شمالی-خیابان نصرت-کوچه باغ نو-کوچه داوودآبادی شرقی-پلاک ۴-طبقه اول  
تلفن: ۶۶۹۶۵۳۹۶-۶۶۹۵۰۷۷۲-۶۶۴۱۳۲۷۰ (کد تهران ۰۲۱)
- حساب سیبا ۰۳۴۳۵۶۲۷۶۳۰۰۳ و شماره کارت ۶۰۳۷۹۹۱۸۰۴۱۰۲۰۸۹ - بانک ملی - به نام علی محمد خانی
- حساب ۳۳۰۸۲۷۸۳۹۲ و شماره کارت ۶۱۰۴۳۳۷۹۶۹۸۱۵۱۸۰ - بانک ملت - به نام علی محمد خانی

## مقدمه مولف:

هرکسی که از پیگیری افسانه تقابل بین فراغنه مصر و جادوگران‌شان در یک سمت و حضرت موسی (ع) و برادرش هارون که به روشنی در انجیل روایت گردیده است، در سمت دیگر لذت برده است بایستی آگاه باشد که مردم (حداقل آن‌هایی که در آنجا زندگی می‌کردند یا نزدیک میادین در حال جنگ خاورمیانه بودند) همیشه درباره عواقب خطرناک آلودگی خاک با مواد شیمیایی آگاهی داشتند. این آگاهی و دانش بایستی سال‌ها قبل از فراغنه و حضرت موسی (ع) بوده باشد. هیچ‌کسی نمی‌داند دقیقاً در چه زمانی این دانش شروع گردید.

آن چنانچه تاریخ می‌آموزد، دانش بشر در ابعاد لگاریتمی گسترش می‌یابد و زمانی فرامی‌رسد که آلودگی با آلاینده‌های ناشی از منابع نظامی، صنعتی به سطح هشدار می‌رسد و یک هشدار برای هرکجا که زندگی باشد، به وجود می‌آید. در انتهای قرن بیستم، ایالت‌ها شروع به طرح‌هایی برای کنترل و احیاء آلودگی کردند، دانشگاه‌های اصلی برنامه‌هایشان را تغییر دادند تا علوم و دانش‌های محیط زیستی را در روند آموزش و مرکزیت خود بگنجانند و ملت‌ها بدون در نظر گرفتن تفاوت‌هایشان به دور یکدیگر جمع شدند تا پیمان‌نامه سلاح‌های شیمیایی (CWC) و دیگر تعهدات که منجر به کنترل آلودگی در مقیاس جهانی می‌شدند را به امضاء برسانند. کتاب موجود به منظور فهم منشأ، مکانیزم‌ها و عواقب مشکلات زیست‌محیطی که توسط آلودگی خاک ایجاد شده، طراحی گردیده است. این کتاب بر پایه‌ی مقالات دانشگاهی می‌باشد که نویسندگان در بیست سال اخیر در دانشگاه ماربورگ<sup>1</sup> آلمان، مانیلا<sup>2</sup> فیلیپین و دانشگاه ترکیه در استانبول به ثبت رسانیده‌اند. کتاب موجود جهت دانشجویان علوم زمینی، زیست‌محیطی و کشاورزی همچنین افراد حرفه‌ای در تمام این رشته‌ها می‌تواند مفید باشد. این کتاب می‌تواند به منظور اعضاء سازمان‌های نهاد مردمی<sup>3</sup> زیست‌محیطی و بازرسان جامعه بهداشت محیط کمک‌رسان باشد. من از اعضاء خانواده‌ام به خاطر حمایت و صبرشان در طی آماده‌سازی این کتاب صمیمانه سپاسگزارم. تشکر من همین‌طور دربرگیرنده‌ی بسیاری از همکاران و دانشجویان دانشگاه مانیلا و استانبول می‌باشد. همچنین تشکر و قدردانی ویژه‌ای از کارکنان کتابخانه دانشگاه استانبول دارم که حمایت و کمک خود را در راستای جستجوی مقالات مورد نیاز از من مضایقه نداشتند.

در نهایت، تشکر می‌کنم از تمامی افراد و اداراتی که در تولید این کار کمک‌رسان بودند.

ابراهیم میرثال

---

<sup>1</sup> Marburg

<sup>2</sup> Manila

<sup>3</sup> NGO

## مقدمه مترجمان :

خاک یکی از منابع ارزشمند طبیعت است که در حدود ۹۶ درصد مواد غذایی موردنیاز انسان از آن تأمین می‌گردد. در نبود خاک سالم حیات نیز روی کره زمین امکان‌پذیر نخواهد بود. خطر آلودگی خاک کمتر از خطر آلودگی هوا نیست، از دیدگاه جهانی پس از آب‌وهوا، خاک سومین جزء عمده محیط‌زیست تلقی می‌شود. ورود مواد، ارگانوسم‌های زیستی یا انرژی به درون خاک سبب تغییر کیفیت خاک می‌شود. همین مسئله باعث می‌شود که خاک از حالت طبیعی خود خارج شود؛ بنابراین مدیریت صحیح برای داشتن خاکی سالم لازمه بقای انسان است. خاک‌ها دارای مزیت ویژه‌ای به نام خود پالایی هستند و پالاینده طبیعت بشمار می‌روند. علاوه بر مغذی بودن خاک، خاصیت دیگری بنام تصفیه‌کنندگی در آن وجود دارد که به علت خواص شیمیایی و فیزیکی آن می‌باشد. خداوند بزرگ را سپاس که توفیق داد تا کتاب **آلودگی خاک**، (منشأ، پایش و پالایش) را ترجمه نماییم این کتاب شامل فصولی از جمله منشأ خاک، اجزای خاک، آلاینده‌های اصلی خاک، منابع و مکانیزم های اصلی خاک، پایش و پالایش خاک می‌باشد.

این کتاب برای استادان و پژوهشگران در زمینه‌های مهندسی محیط‌زیست، مهندسی بهداشت محیط، مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، متخصصین HSE و رشته‌های غیر مهندسی مرتبط با علوم زیست‌محیطی مفید می‌باشد. در پایان از کلیه متخصصان و صاحب‌نظران صمیمانه تقاضا داریم از نظرات ارزشمند خود، ما را بهره‌مند نموده تا در چاپ‌های بعدی موجب تکمیل و تعالی کتاب گردد.

مهندس جلال‌الدین ملایی

مهندس حافظ گلستانی فر