

اصول و کاربردهای بهسازی زمین

www.ketab.ir

ترجمه

بابک ابراهیمیان

علی نورزاد

امیررضا زرنوشه فراهانی



۱۴۰۳



۸۷۸

مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی

اصول و کاربردهای بهسازی زمین/ جی هان

Jie Han, *Principles and Practice of Ground Improvement*, John Wiley & Sons, Inc, 2015.

ترجمه بابک ابراهیمیان، علی نوزاد، امیررضا زرنوشه فراهانی

ویراستار: دکتر ناهیده کاظمزاده گنجی

حروفنگار و صفحه‌آرا: سمیرا دهقان

ناظر چاپ: نوید سیفان

چاپ اول: ۱۴۰۳

شمارگان: ۲۰۰

قیمت: ۵.۴۸۰.۰۰۰ ریال

کلیه حقوق برای دانشگاه شهید بهشتی محفوظ است.

«صحت مطالب کتاب به عهده مترجمان است»

سرشناسی:	هان، جی، ۱۹۶۴-م: - Han, jie, 1964
عنوان و نام پدیدآور:	اصول و کاربردهای بهسازی زمین/ جی هان؛ ترجمه بابک ابراهیمیان، علی نوزاد، امیررضا زرنوشه فراهانی، ویراستار ناهیده کاظمزاده گنجی. تهران: مرکز چاپ و انتشارات، ۱۴۰۳.
مشخصات نشر:	بیست و دومین چاپ
مشخصات ظاهری:	مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی؛ ۸۷۸.
فروست:	۹۶۴-۴۵۷-۶۰۶-۵
شابک:	۹۶۴-۴۵۷-۶۰۶-۵
یادداشت:	عنوان اصلی: Principles and practice of ground improvement: [2015]
یادداشت:	کتاب حاضر نخستین بار با عنوان «بهسازی خاک: اصول و کاربردها» با ترجمه سیدهدای بهادری و آراز هاشمی‌نژاد توسط انتشارات دانشگاه آرومیه در سال ۱۳۹۷ و سپس در سال‌های مختلف با عنوان‌های متفاوت توسط مترجمان و ناشران مختلف ترجمه و منتشر شده است.
عنوان دیگر:	بهسازی خاک: اصول و کاربردها.
موضوع:	خاک - تثبیت، Soil stabilization؛ بی‌سازی، Foundations
شناسه افزوده:	ابراهیمیان، بابک، ۱۳۵۸- مترجم؛ نوزاد، علی، ۱۳۳۹- مترجم، زرنوشه فراهانی، امیررضا، ۱۳۷۳-، مترجم
شناسه افزوده:	دانشگاه شهید بهشتی، مرکز چاپ و انتشارات
شناسه افزوده:	Shahid Beheshti University. Printing & Publishing Center
رده‌بندی کنگره:	TAV۴۹
رده‌بندی دیویی:	۶۲۴/۱۵۱
شماره کتابشناسی ملی:	۹۴۶۵۳۵۰

کد ناشر ۱۰۰۱۷۳۴

unipress.sbu.ac.ir; press.sbu.ac.ir

unipress@mail.sbu.ac.ir

فهرست مطالب

پیشگفتار مترجم	۱
پیشگفتار نویسنده	۱
هدفه	۱
نوزده	۱
فصل اول. مقدمه	۱
۱.۱. مقدمه	۱
۲.۱. مصالح ژئوتکنیکی و شرایط مشکل آفرین	۲
۱.۲.۱. مصالح ژئوتکنیکی مشکل آفرین	۲
۲.۲.۱. شرایط مشکل آفرین	۴
۳.۱. مسائل و گسیختگی های ژئوتکنیکی	۴
۴.۱. روش های بهسازی خاک و طبقه بندی آنها	۶
۱.۴.۱. تحولات و توسعه های نزدیک	۶
۲.۴.۱. طبقه بندی	۷
۳.۴.۱. توصیف کلی، عملکرد و کاربرد	۱۰
۵.۱. انتخاب روش بهسازی خاک	۱۹
۱.۵.۱. ضرورت بهسازی خاک	۱۹
۲.۵.۱. عوامل مؤثر در انتخاب روش بهسازی خاک	۲۱
۳.۵.۱. روند انتخاب	۲۴
۶.۱. ملاحظات طراحی	۲۴
۷.۱. ساخت	۲۶
۸.۱. کنترل و تضمین کیفیت	۲۷
۹.۱. پیشرفت های اخیر و روند توسعه های آتی	۲۷
۱.۹.۱. پیشرفت های اخیر	۲۷
۲.۹.۱. روند توسعه های آتی	۲۸
۱۰.۱. ساختار کتاب	۲۸
مسائل	۲۹
منابع فصل اول	۳۰
فصل دوم. مصالح ژئوتکنیکی، آزمون ها و طراحی	۳۳
۱.۲. مقدمه	۳۳

۳۴	۲.۲. مصالح و خواص آن‌ها
۳۴	۱.۲.۲. طبقه‌بندی
۳۵	۲.۲.۲. خواص فیزیکی
۴۰	۳.۲.۲. خواص مکانیکی
۵۲	۴.۲.۲. خواص هیدرولیکی
۵۴	۵.۲.۲. تراکم مصالح ژئوتکنیکی
۶۲	۳.۲. ژئوسنتتیک‌ها و خواص آن‌ها
۶۲	۱.۳.۲. انواع ژئوسنتتیک
۶۵	۲.۳.۲. کاربرد
۶۷	۳.۳.۲. مشخصات و روش‌های آزمون
۸۴	۴.۲. آزمون‌های برجا
۸۴	۱.۴.۲. آزمون نفوذ استاندارد
۸۸	۲.۴.۲. آزمون نفوذ مخروط
۹۳	۳.۴.۲. آزمون برش پره
۹۶	۴.۴.۲. آزمون فشارسنجی
۹۹	۵.۴.۲. آزمون بارگذاری صفحه‌ای
۱۰۱	۵.۲. طراحی شالوده سطحی
۱۰۱	۱.۵.۲. ظرفیت باربری
۱۰۴	۲.۵.۲. نشست
۱۱۵	۳.۵.۲. تحکیم
۱۱۶	۶.۲. تحلیل پایداری شیب
۱۱۶	۱.۶.۲. مقدمه
۱۱۹	۲.۶.۲. روش‌های تحلیل پایداری شیب
۱۳۲	۷.۲. تحلیل دیوار حائل
۱۳۲	۱.۷.۲. نوع دیوار
۱۳۳	۲.۷.۲. ضریب فشار جانبی خاک
۱۳۵	۳.۷.۲. نظریه رانکین
۱۳۷	۴.۷.۲. نظریه کولمب
۱۳۸	۸.۲. تحلیل روان‌گرایی
۱۳۸	۱.۸.۲. پتانسیل روان‌گرایی
۱۴۴	۲.۸.۲. نشست ناشی از زلزله
۱۴۶	مسائل
۱۵۴	منابع فصل دوم

۱۵۹	فصل سوم. تراکم سطحی و عمیق.....
۱۵۹	۱.۳.۳ مقدمه.....
۱۶۰	۲.۳.۳ اصول متراکم سازی.....
۱۶۰	۳.۳.۳ تراکم معمولی.....
۱۶۰	۱.۳.۳ مقدمه.....
۱۶۲	۲.۳.۳ اصول.....
۱۶۶	۳.۳.۳ ملاحظات طراحی.....
۱۷۳	۴.۳.۳ پارامترها و روند طراحی.....
۱۷۴	۵.۳.۳ مثال طراحی.....
۱۷۷	۶.۳.۳ ساخت.....
۱۷۸	۷.۳.۳ کنترل و تضمین کیفیت.....
۱۷۹	۴.۳.۳ تراکم هوشمند.....
۱۷۹	۱.۴.۳ مقدمه.....
۱۸۱	۲.۴.۳ اصول.....
۱۸۷	۳.۴.۳ ملاحظات طراحی.....
۱۹۱	۴.۴.۳ ساخت.....
۱۹۱	۵.۴.۳ کنترل و تضمین کیفیت.....
۱۹۲	۵.۲ تراکم دینامیکی عمیق.....
۱۹۲	۱.۵.۳ مقدمه.....
۱۹۵	۲.۵.۳ اصول.....
۱۹۸	۳.۵.۳ ملاحظات طراحی.....
۲۱۰	۴.۵.۳ پارامترها و روند طراحی.....
۲۱۱	۵.۵.۳ مثال طراحی.....
۲۱۳	۶.۵.۳ ساخت.....
۲۱۵	۷.۵.۳ کنترل و تضمین کیفیت.....
۲۱۶	۶.۳ تراکم ضربه‌ای سریع.....
۲۱۶	۱.۶.۳ مقدمه.....
۲۱۷	۲.۶.۳ اصول.....
۲۱۸	۳.۶.۳ ملاحظات طراحی.....
۲۲۲	۴.۶.۳ پارامترها و روند طراحی.....
۲۲۳	۵.۶.۳ مثال طراحی.....
۲۲۴	۶.۶.۳ ساخت.....
۲۲۵	۷.۶.۳ کنترل و تضمین کیفیت.....

۲۲۶	۷.۳. تراکم ارتعاشی.....
۲۲۶	۱.۷.۳. مقدمه.....
۲۲۹	۲.۷.۳. اصول.....
۲۳۶	۳.۷.۳. ملاحظات طراحی.....
۲۳۹	۴.۷.۳. پارامترها و روند طراحی.....
۲۴۰	۵.۷.۳. مثال طراحی.....
۲۴۳	۶.۷.۳. ساخت.....
۲۴۴	۷.۷.۳. کنترل و تضمین کیفیت.....
۲۴۵	مسائل.....
۲۴۹	منابع فصل سوم.....
۲۵۵	فصل چهارم. خاک برداری و جایگزینی.....
۲۵۵	۱.۴. مقدمه.....
۲۵۵	۱.۱.۴. مفهوم پایه.....
۲۵۶	۲.۱.۴. سازگاری.....
۲۵۶	۳.۱.۴. کاربردها.....
۲۵۶	۴.۱.۴. مزایا و محدودیت‌ها.....
۲۵۷	۲.۴. اصول.....
۲۵۷	۱.۲.۴. توزیع تنش.....
۲۵۹	۲.۲.۴. حالت‌های گسیختگی.....
۲۶۱	۳.۴. ملاحظات طراحی.....
۲۶۱	۱.۳.۴. گسیختگی برشی کلی در داخل ناحیه جایگزینی.....
۲۶۲	۲.۳.۴. گسیختگی منگنه‌ای در داخل ناحیه جایگزینی.....
۲۶۴	۳.۳.۴. گسیختگی شالوده توزیع شده.....
۲۶۶	۴.۳.۴. گسیختگی منگنه‌ای ناحیه جایگزینی به داخل خاک درجا.....
۲۶۷	۵.۳.۴. ظرفیت باربری حداقل و ضریب اطمینان.....
۲۶۷	۶.۳.۴. نشست پی روی خاک‌های لایه‌ای با عرض بی‌نهایت.....
۲۶۹	۷.۳.۴. نشست پی روی ناحیه جایگزینی با سطح محدود.....
۲۷۱	۴.۴. پارامترها و روند طراحی.....
۲۷۱	۱.۴.۴. پارامترهای طراحی.....
۲۷۲	۲.۴.۴. روند طراحی.....
۲۷۳	۵.۴. مثال‌های طراحی.....
۲۸۴	۶.۴. ساخت.....
۲۸۴	۱.۶.۴. انتخاب مصالح خاکریز.....

۲۸۵	.....	۲.۶.۴	خاک‌برداری
۲۸۶	.....	۳.۶.۴	استقرار و تراکم
۲۸۶	.....	۷.۴	کنترل و تضمین کیفیت
۲۸۶	.....	۱.۷.۴	محل‌ها و ابعاد
۲۸۶	.....	۲.۷.۴	مصالح خاگریز متراکم‌شده
۲۸۶	.....	۳.۷.۴	ارزیابی عملکرد
۲۸۷	.....		مسائل
۲۸۸	.....		منابع فصل چهارم
۲۸۹	.....		فصل پنجم، جایگزینی عمیق
۲۸۹	.....	۱.۵	مقدمه
۲۸۹	.....	۱.۱.۵	مفاهیم پایه
۲۹۳	.....	۲.۱.۵	سازگاری
۲۹۴	.....	۳.۱.۵	کاربردها
۲۹۴	.....	۴.۱.۵	مزایا و محدودیت‌ها
۲۹۶	.....	۲.۵	اصول
۲۹۶	.....	۱.۲.۵	کارکردها
۲۹۷	.....	۲.۲.۵	متراکم‌سازی
۲۹۷	.....	۳.۲.۵	سازوکارهای انتقال بار
۳۰۶	.....	۴.۲.۵	حالت‌های گسیختگی
۳۰۷	.....	۳.۵	ملاحظات طراحی
۳۰۷	.....	۱.۳.۵	قواعد کلی
۳۱۰	.....	۲.۳.۵	اثر متراکم‌سازی
۳۱۱	.....	۳.۳.۵	ظرفیت باربری
۳۱۷	.....	۴.۳.۵	نشست
۳۲۴	.....	۵.۳.۵	تحکیم
۳۳۱	.....	۶.۳.۵	پایداری
۳۳۳	.....	۷.۳.۵	روان‌گرایی
۳۳۵	.....	۸.۳.۵	طراحی ستون‌های دانه‌ای روکش‌شده با ژئوسنتتیک
۳۴۲	.....	۴.۵	پارامترها و روند طراحی
۳۴۲	.....	۱.۴.۵	ستون‌های دانه‌ای
۳۴۵	.....	۲.۴.۵	ستون‌های بتنی
۳۴۶	.....	۳.۴.۵	ستون دانه‌ای روکش‌شده با ژئوسنتتیک

۳۴۷	.....	۵.۵. مثال‌های طراحی
۳۵۷	.....	۶.۵. ساخت
۳۵۷	.....	۱.۶.۵. ستون‌های تراکم ماسه
۳۵۸	.....	۲.۶.۵. ستون‌های سنگی
۳۶۰	.....	۳.۶.۵. ستون‌های سنگدانه‌ای کوبشی
۳۶۰	.....	۴.۶.۵. ستون‌های بتنی ارتعاشی
۳۶۰	.....	۵.۶.۵. ستون‌های مدول (سختی) کنترل شده
۳۶۱	.....	۶.۶.۵. ستون‌های دانه‌ای روکش شده با ژئوسنتتیک
۳۶۲	.....	۷.۵. کنترل و تضمین کیفیت
۳۶۲	.....	۱.۷.۵. موقعیت‌ها و ابعاد
۳۶۲	.....	۲.۷.۵. مصالح پرکننده
۳۶۴	.....	۳.۷.۵. پارامترهای اجرایی
۳۶۶	.....	۴.۷.۵. ارزیابی عملکرد
۳۶۸	.....	مسائل
۳۷۴	.....	منابع فصل پنجم
۳۸۱	.....	فصل ششم. زهکشی و آبکشی
۳۸۱	.....	۱.۶. مقدمه
۳۸۵	.....	۲.۶. اصول جریان آب در مصالح ژئوتکنیکی
۳۸۵	.....	۱.۲.۶. معادله برنولی
۳۸۷	.....	۲.۲.۶. شبکه جریان
۳۹۰	.....	۳.۲.۶. فشار آب منفذی و نیروی بالابرنده
۳۹۱	.....	۴.۲.۶. تنش‌های ناشی از تراوش
۳۹۳	.....	۳.۶. فیلتراسیون
۳۹۳	.....	۱.۳.۶. مقدمه
۳۹۵	.....	۲.۳.۶. اصول
۴۰۰	.....	۳.۳.۶. ملاحظات طراحی
۴۰۹	.....	۴.۳.۶. پارامترها و روند طراحی
۴۱۱	.....	۵.۳.۶. مثال طراحی
۴۱۲	.....	۶.۳.۶. ساخت
۴۱۲	.....	۷.۳.۶. کنترل و تضمین کیفیت
۴۱۲	.....	۴.۶. زهکشی
۴۱۲	.....	۱.۴.۶. مقدمه

۴۱۶	.....	۲.۴.۶	اصول
۴۱۹	.....	۳.۴.۶	ملاحظات طراحی
۴۳۰	.....	۴.۴.۶	پارامترها و روند طراحی
۴۳۱	.....	۵.۴.۶	مثال‌های طراحی
۴۳۴	.....	۶.۴.۶	ساخت
۴۳۵	.....	۷.۴.۶	کنترل و تضمین کیفیت
۴۳۶	.....	۵.۶	آبکشی
۴۳۶	.....	۱.۵.۶	مقدمه
۴۴۰	.....	۲.۵.۶	اصول
۴۴۴	.....	۳.۵.۶	ملاحظات طراحی
۴۵۰	.....	۴.۵.۶	پارامترها و روند طراحی
۴۵۲	.....	۵.۵.۶	مثال طراحی
۴۵۴	.....	۶.۵.۶	ساخت
۴۵۵	.....	۷.۵.۶	کنترل و تضمین کیفیت
۴۵۵	.....		مسائل
۴۶۱	.....		منابع فصل ششم
۴۶۵	.....		فصل هفتم. پیش‌بارگذاری
۴۶۵	.....	۱.۷	مقدمه
۴۶۵	.....	۱.۱.۷	مفهوم پایه
۴۶۷	.....	۲.۱.۷	سازگاری
۴۶۸	.....	۳.۱.۷	کاربردها
۴۶۸	.....	۴.۱.۷	مزایا و محدودیت‌ها
۴۶۸	.....	۲.۷	اصول
۴۶۸	.....	۱.۲.۷	پیش‌فشاردهی
۴۶۹	.....	۲.۲.۷	تنش و جابه‌جایی زمین
۴۷۳	.....	۳.۲.۷	نظریه تحکیم
۴۷۸	.....	۴.۲.۷	پیش‌بارگذاری ترکیبی یا خلأ و خاکریز
۴۷۹	.....	۵.۲.۷	پیش‌بارگذاری با سربار
۴۸۱	.....	۳.۷	ملاحظات طراحی
۴۸۱	.....	۱.۳.۷	زهکش‌های قائم
۴۸۶	.....	۲.۳.۷	پیش‌بارگذاری
۴۹۲	.....	۳.۳.۷	اثر سربار

۴۹۹	.....	۴.۷. پارامترها و روندهای طراحی
۴۹۹	.....	۱.۴.۷. پارامترهای طراحی
۵۰۰	.....	۲.۴.۷. روند طراحی
۵۰۱	.....	۵.۷. مثال طراحی
۵۱۵	.....	۶.۷. ساخت
۵۱۵	.....	۱.۶.۷. زهکش‌های قائم
۵۱۵	.....	۲.۶.۷. لایه زهکشی
۵۱۷	.....	۳.۶.۷. پیش‌بارگذاری با خاکریز
۵۱۷	.....	۴.۶.۷. پیش‌بارگذاری با خلأ
۵۱۹	.....	۷.۷. کنترل و تضمین کیفیت
۵۱۹	.....	۱.۷.۷. مصالح
۵۲۰	.....	۲.۷.۷. جزئیات ساخت
۵۲۰	.....	۳.۷.۷. پایش میدانی
۵۲۳	.....	۴.۷.۷. ارزیابی عملکرد
۵۲۴	.....	مسائل
۵۲۸	.....	منابع فصل هفتم
۵۳۳	.....	فصل هشتم. اختلاط عمیق و تزریق
۵۳۳	.....	۱.۸. مقدمه
۵۳۴	.....	۲.۸. اختلاط عمیق
۵۳۴	.....	۱.۲.۸. مقدمه
۵۴۰	.....	۲.۲.۸. اصول
۵۶۱	.....	۳.۲.۸. ملاحظات طراحی
۵۸۳	.....	۴.۲.۸. پارامترها و روند طراحی
۵۸۶	.....	۵.۲.۸. مثال طراحی
۵۸۹	.....	۶.۲.۸. ساخت
۵۹۲	.....	۷.۲.۸. کنترل و تضمین کیفیت
۵۹۶	.....	۳.۸. تزریق
۵۹۶	.....	۱.۳.۸. مقدمه
۶۰۰	.....	۲.۳.۸. اصول
۶۱۵	.....	۳.۳.۸. ملاحظات طراحی
۶۲۹	.....	۴.۳.۸. پارامترها و روند طراحی
۶۳۰	.....	۵.۳.۸. مثال طراحی

۶۳۱	.....	۶.۳.۸ ساخت
۶۳۴	.....	۷.۳.۸ کنترل و تضمین کیفیت
۶۳۴	.....	مسائل
۶۳۹	.....	منابع فصل هشتم
۶۴۵	.....	فصل نهم. تسلیح برجای زمین
۶۴۵	.....	۱.۹. مقدمه
۶۴۷	.....	۲.۹. مهارهای خاکی
۶۴۷	.....	۱.۲.۹. مقدمه
۶۵۱	.....	۲.۲.۹. اصول
۶۵۵	.....	۳.۲.۹. ملاحظات طراحی
۶۶۹	.....	۴.۲.۹. پارامترها و روند طراحی
۶۷۱	.....	۵.۲.۹. مثال طراحی
۶۷۴	.....	۶.۲.۹. ساخت
۶۷۴	.....	۷.۲.۹. کنترل و تضمین کیفیت
۶۷۶	.....	۳.۹. میخ کوبی خاک
۶۷۶	.....	۱.۳.۹. مقدمه
۶۸۰	.....	۲.۳.۹. اصول
۶۸۵	.....	۳.۳.۹. ملاحظات طراحی
۷۰۲	.....	۴.۳.۹. پارامترها و روند طراحی
۷۰۴	.....	۵.۳.۹. مثال طراحی
۷۰۶	.....	۶.۳.۹. ساخت
۷۰۷	.....	۷.۳.۹. کنترل و تضمین کیفیت
۷۰۸	.....	مسائل
۷۱۳	.....	منابع فصل نهم
۷۱۵	.....	فصل دهم. تسلیح خاکریز
۷۱۵	.....	۱.۱۰. مقدمه
۷۱۷	.....	۲.۱۰. شیبهای مسلح شده با ژئوستتیک
۷۱۷	.....	۱.۲.۱۰. مقدمه
۷۱۸	.....	۲.۲.۱۰. اصول
۷۲۲	.....	۳.۲.۱۰. طراحی و تحلیل
۷۳۲	.....	۴.۲.۱۰. پارامترها و فرایند طراحی

۷۳۹	.....	۵.۲.۱۰ ساخت
۷۴۰	.....	۶.۲.۱۰ کنترل و تضمین کیفیت
۷۴۱	.....	۳.۱۰ خاکریزهای مسلح شده با ژئوسنتتیک
۷۴۱	.....	۱.۳.۱۰ مقدمه
۷۴۲	.....	۲.۳.۱۰ اصول
۷۴۴	.....	۳.۳.۱۰ ملاحظات طراحی
۷۵۲	.....	۴.۳.۱۰ پارامترها و روند طراحی
۷۵۶	.....	۵.۳.۱۰ ساخت
۷۵۷	.....	۶.۳.۱۰ کنترل و تضمین کیفیت
۷۵۷	.....	۴.۱۰ خاکریزهای مسلح شده با ژئوسنتتیک پشتیبانی شده با ستون
۷۵۷	.....	۱.۴.۱۰ مقدمه
۷۵۹	.....	۲.۴.۱۰ اصول
۷۶۹	.....	۳.۴.۱۰ ملاحظات طراحی
۷۷۶	.....	۴.۴.۱۰ پارامترها و روند طراحی
۷۷۹	.....	۵.۴.۱۰ ساخت
۷۸۰	.....	۶.۴.۱۰ کنترل و تضمین کیفیت
۷۸۰	.....	۵.۱۰ دیوارهای حائل خاک مسلح
۷۸۰	.....	۱.۵.۱۰ مقدمه
۷۸۲	.....	۲.۵.۱۰ اصول
۷۸۷	.....	۳.۵.۱۰ ملاحظات طراحی
۷۹۴	.....	۴.۵.۱۰ پارامترها و روند طراحی
۸۰۲	.....	۵.۵.۱۰ ساخت
۸۰۳	.....	۶.۵.۱۰ کنترل و تضمین کیفیت
۸۰۴	.....	۶.۱۰ شالوده‌های مسلح شده با ژئوسنتتیک
۸۰۴	.....	۱.۶.۱۰ مقدمه
۸۰۵	.....	۲.۶.۱۰ اصول
۸۰۸	.....	۳.۶.۱۰ ملاحظات طراحی
۸۱۶	.....	۴.۶.۱۰ پارامترها و روند طراحی
۸۱۹	.....	۵.۶.۱۰ ساخت
۸۲۰	.....	۶.۶.۱۰ کیفیت و تضمین کنترل
۸۲۰	.....	۷.۱۰ راه‌های مسلح شده با ژئوسنتتیک
۸۲۰	.....	۱.۷.۱۰ مقدمه
۸۲۲	.....	۲.۷.۱۰ اصول

۸۳۲	.....	۳.۷.۱۰	ملاحظات طراحی جاده‌های خاکی
۸۳۹	.....	۴.۷.۱۰	پارامترها و روند طراحی برای جاده‌های خاکی
۸۴۰	.....	۵.۷.۱۰	ملاحظات طراحی برای راه‌های روسازی شده
۸۴۶	.....	۶.۷.۱۰	پارامترها و روند طراحی برای راه‌های روسازی شده
۸۴۶	.....	۷.۷.۱۰	مثال‌های طراحی
۸۵۲	.....	۸.۷.۱۰	ساخت
۸۵۳	.....	۹.۷.۱۰	کنترل و تضمین کیفیت
۸۵۳	.....		مسائل
۸۵۸	.....		منابع فصل دهم
۸۶۷	.....		واژه‌نامه فارسی-انگلیسی
۸۷۷	.....		واژه‌نامه انگلیسی-فارسی
۸۸۷	.....		نمایه

www.ketab.ir

پیشگفتار مترجمان

بهسازی خاک از مهم‌ترین جنبه‌های مهندسی عمران و ژئوتکنیک است که در آن شرایط ساختگاه و خواص مکانیکی مصالح خاکی بهبود می‌یابد. راهکارهای موجود برای اصلاح وضعیت و خواص مصالح طیف وسیعی از روش‌های بهسازی را شامل می‌شود. کتاب اصول و کاربردهای بهسازی زمین یکی از جامع‌ترین مراجع در این زمینه است که به معرفی و بررسی روش‌های متنوع بهسازی خاک می‌پردازد. این کتاب توسط یکی از برجسته‌ترین و ممتازترین متخصصان و پژوهشگران این حوزه، پروفسور جی هن، نگاشته شده و تمرکز آن بر ارائه جامع مفاهیم، رویکردها و روش‌های مورد استفاده در بهسازی زمین است.

کتاب حاضر ده فصل دارد و فصل بندی آن بر مبنای عملکرد روش‌های مختلف بهسازی صورت گرفته است. در فصل اول، مبانی کلی در خصوص روش‌های بهسازی، نوع طبقه‌بندی و عملکرد آن‌ها و همچنین ساختار کلی کتاب ارائه می‌شود. فصل دوم به مرور مشخصات مصالح خاکی، آزمون‌ها و روش‌ها می‌پردازد که به‌منزله پایه‌ای برای فصل‌های بعدی است. در فصل سوم، درباره تراکم سطحی و عمیق بحث می‌شود. فصل‌های چهارم و پنجم به ترتیب جایگزینی سطحی و عمیق را بررسی می‌کنند. در فصل‌های ششم و هفتم در خصوص زهکشی، آبکشی، پیش‌بارگذاری و تحکیم مطالبی بحث می‌شود. فصل هشتم به مبحث تثبیت شیمیایی به شیوه تریق و اختلاط عمیق اختصاص دارد. در فصل‌های نهم و دهم نیز تسلیح در جای خاک (برای حالت خاک‌برداری) و تسلیح خاکریز (برای حالت خاک‌ریزی) بررسی می‌شود.

ترجمه حاضر نسخه‌ای کامل از متن اصلی کتاب است و هیچ‌گونه دخل و تصرفی از سوی مترجمان در متن اصلی اثر صورت نگرفته است. ترجمه پیش رو حاصل تلاش شبانه‌روزی مترجمان کتاب است که سعی کرده‌اند با وفاداری کامل به مفاهیم و متن اصلی، ترجمه‌ای روان و دقیق از متن اصلی کتاب ارائه کنند، تا زمینه‌ای مناسب برای فراگیری مفاهیم بهسازی خاک و مهندسی ژئوتکنیک برای دانشجویان مقاطع کارشناسی و تحصیلات تکمیلی مهندسی عمران، پژوهشگران حوزه بهسازی زمین، پیمانکاران، کارفرمایان و مهندسان مشاور پروژه‌های بهسازی و نیز علاقه‌مندان به این حوزه فراهم شود. امید است این ترجمه بتواند سهمی، هرچند اندک،

در ارتقای دانش فنی دانشجویان و فعالان صنعت در حوزه مهندسی عمران و مهندسی پی و همچنین بهبود فنی و اقتصادی پروژه‌های عمرانی در سطح کشور داشته باشد.

همچنان‌که گفته آمد، در تهیه کتاب تلاش شده نسخه‌ای صحیح و کامل در اختیار خوانندگان گرامی گذاشته شود، با این حال، مترجمان از هرگونه پیشنهاد و انتقاد در راستای بهبود و ارتقای فنی ترجمه در چاپ‌های بعدی و همچنین آثار آتی استقبال می‌کنند.

مترجمان از زحمات سرکار خانم دکتر مهشید زرنوشه فراهانی که در تمامی مراحل ترجمه و ویرایش کتاب یاری‌رسان مترجمان اثر بودند، تشکر می‌کنند. همچنین، از زحمات سرکار خانم دکتر ناهیده کاظم‌زاده گنجی، ویراستار محترم کتاب، که با نظرات سازنده خود زمینه بهبود هرچه بیشتر ترجمه کتاب را فراهم آوردند، صمیمانه قدردانی می‌شود. علاوه بر این، مترجمان از جناب آقای دکتر محمدرضا نبید، مدیر محترم مرکز نشر آثار علمی دانشگاه شهید بهشتی و تمامی کارکنان محترم این مرکز کمال سپاسگزاری را دارند که در همه مراحل انتشار کتاب با مترجمان همکاری صمیمانه‌ای داشتند.

در پایان، مترجمان این اثر را به خانواده‌هایشان تقدیم می‌کنند که با از خودگذشتگی و فداکاری خویش زمینه ترجمه آن را فراهم کردند.

بابک ابراهیمیان، عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی

علی نورزاد، عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی

امیررضا زرنوشه فراهانی

بهار ۱۴۰۳

پیشگفتار نویسنده

بهسازی زمین یکی از راه‌حل‌های رایج در بسیاری از کشورها برای حل مسائل و مشکلات ژئوتکنیکی حاکم بر پروژه‌های عمرانی است. به‌کارگیری روش‌های بهسازی، به‌خصوص برای ساخت‌وساز در خاک‌های مشکل‌آفرین و شرایط خاص ژئوتکنیکی ضرورت دارد. پیشرفت‌های حاصل شده در سالیان اخیر در زمینه تجهیزات، مصالح و روش‌های طراحی سبب مؤثرتر، کارآمدتر و اقتصادی‌تر شدن فناوری‌های بهسازی زمین شده است. باوجوداین، عملاً در بیشتر فناوری‌های بهسازی زمین، تجربه‌های اجرایی از نظریه جلوترند. برخی پیمانکاران به‌منظور ایجاد برتری نسبت به دیگران، فناوری‌های انحصاری، روش‌های طراحی و ساخت مختص به خود را توسعه داده‌اند. بیشتر کتاب‌های موجود در زمینه بهسازی زمین بر مفاهیم، کاربرد و مطالعات موردی متمرکزند. باوجوداین، کتاب‌های محدودی به اصول و روش‌های طراحی بهسازی زمین اختصاص یافته‌اند. این کتاب هر دو جنبه نظری و عملی روش‌های متنوع بهسازی زمین را دربرمی‌گیرد. این کتاب شامل روش‌های دقیق طراحی برای بیشتر روش‌های بهسازی زمین است، که پیاده‌سازی آسان آن‌ها را در کارهای عملی امکان‌پذیر می‌سازد. مثال‌های طراحی و تمرین‌های گنجانده شده در این کتاب به درک بهتر اصول و قواعد هر یک از روش‌های بهسازی زمین و چگونگی به‌کاربردن این اصول در حل مشکلات واقعی کمک خواهد کرد. کتاب پیش رو می‌تواند به‌مثابه کتاب درسی برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی و کارشناسی و همچنین کتابی مرجع برای پژوهشگران و مهندسان استفاده شود. همچنین پیمانکاران و مجریان می‌توانند به‌عنوان یک راهنما برای اجرای روش‌های بهسازی زمین از این کتاب استفاده کنند.

هنگامی که در سال ۱۹۹۳، برای اخذ درجه دکتری از انستیتو فناوری جورجیا چین را ترک کردم، نگارش این کتاب بخشی از رؤیای بزرگ من بود. در آن زمان، برای خودم سه هدف در نظر گرفتم: (۱) دستیابی به درجه دکتری در ایالات متحده؛ (۲) انتشار مقالات فنی در مجلات بین‌المللی شناخته‌شده؛ و (۳) نگارش کتاب بهسازی زمین به زبان انگلیسی. دو هدف اول در اواخر دهه ۱۹۹۰ حاصل شد، اما دستیابی به هدف آخر بیش از آنچه انتظار داشتم به طول انجامید.

علاقه‌مندی من به بهسازی خاک از سال ۱۹۸۵ آغاز شد، هنگامی که واحد درس بهسازی زمین را در دوره کارشناسی گذراندم که پروفسور شولین^۱ در دانشگاه تانجی چین^۲ تدریس می‌کرد. من در سال ۱۹۸۶ دانشجوی کارشناسی ارشد شدم و زیر نظر پروفسور یه ستون‌های سنگی را مطالعه می‌کردم. پس از آنکه مدرک کارشناسی ارشدم را در سال ۱۹۸۹ دریافت کردم، عضو هیئت علمی دانشگاه تانجی شدم و به پژوهش‌هایم در زمینه بهسازی زمین، از جمله ستون‌های سنگی، ستون‌های اختلاط عمیق^۳، تزریق^۴، تراکم دینامیکی^۵ و ریزش^۶ ادامه دادم. من این فرصت را داشتم که در نوشتن اولین کد طراحی بهسازی خاک شانگهای مشارکت داشته باشم. همچنین قبل از ترک چین در نوشتن یک کتاب درسی در خصوص بهسازی زمین به زبان چینی با پروفسور شولین یه و پروفسور گوآنبائو^۷ همکاری داشتم. انتخاب انستیتو فناوری جورجیا برای تحصیل در مقطع دکتری نیز در ارتباط با بهسازی زمین و به علت مطالعه گزارش پژوهش طراحی و ساخت ستون‌های سنگی^۸ بود که پروفسور ریچارد دی. بارکسدال^۹ برای اداره فدرال بزرگراه‌های ایالات متحد^{۱۰} نوشته بود. من در بهترین زمان به جورجیا تک وارد شدم و با بسیاری از موضوع‌ها و ایده‌های جدید و خلاقانه مواجه شدم و آموزه‌های بسیاری در خصوص جنبه‌های علمی مهندسی ژئوتکنیک فراگرفتم. رساله دکتری من درباره شمع‌های پلیمری تقویت‌شده با الیاف بود که تحت نظارت پروفسور جی. دیوید فراست^{۱۱} انجام شد و فرصت بزرگ یادگیری مکانیک کامپوزیت و ژئوسنتتیک را بهم فراهم آورد. این امر به اولین کارم در ایالات متحد، در شرکت تنسار^{۱۲} منجر شد که یکی از شرکت‌های تولیدکننده پیشرو در زمینه ژئوسنتتیک است. من کارم را به‌عنوان مهندس طراح آغاز کردم، سپس به مهندس ارشد و مدیر توسعه فناوری ارتقای رتبه یافتم. من با بسیاری از مشکلات اجرایی مرتبط با سازه‌های خاکی مسلح‌شده با ژئوسنتتیک مواجه شدم. پس از چندین تلاش برای به‌دست آوردن موقعیت دانشگاهی به‌عنوان عضو هیئت علمی در سال ۲۰۰۱ به دانشگاه وایدنر^{۱۳} پیوستم و اولین کلاس بهسازی زمین را در آنجا تدریس کردم. از زمانی که به دانشگاه کانزاس منتقل شدم، همکاری خود را به‌صورت تنگاتنگ با همکارم پروفسور رابرت ال. پارسونز^{۱۴} آغاز کردم و

1. Shulin Ye

3. deep mixed columns

5. dynamic compaction

7. Guanbao Ye

9. Richard D. Barksdale

11. J. David Frost

13. Widener University

2. Tongji University in China

4. grouting

6. micropiles

8. *Design and Construction of Stone Columns*

10. U.S. Federal Highway Administration

12. Tensar Corporation

14. Robert L. Parsons

در تعداد زیادی پژوهش و پروژه که با حمایت آژانس‌های فدرال، اداره حمل‌ونقل کانزاس و صنایع ژئوسنتتیک و بهسازی زمین انجام شد، حضور داشتم.

افراد زیادی تأثیرات مثبتی در زندگی حرفه‌ای من در حوزه مهندسی ژئوتکنیک، به‌ویژه در زمینه بهسازی زمین داشته‌اند. علاوه بر استاد مشاور دوره کارشناسی ارشدم پروفیسور یه و استاد مشاور دوره دکتری‌ام پروفیسور فراست، فرصت همکاری با پژوهشگران شناخته‌شده و مطرح بین‌المللی، از جمله دکتر جی. پی. ژيرو^۱، پروفیسور داو لشیچینسکی^۲، دکتر جیمز کالین^۳، پروفیسور مو گبر^۴، پروفیسور هو لینگ^۵ و دیگر همکاران را داشته‌ام. همچنین در برنامه پژوهشی بزرگ بزرگراه‌های راهبردی ایالات متحد (SHRP)^۶ افتخار همکاری با تیم پروژه R02 II به رهبری پروفیسور ورنون آر. شاور^۷ و آقای رایان برگ^۸ را داشتم. من فرصت همکاری با پژوهشگران برتر و متخصصان بهسازی زمین، از جمله پروفیسور جیمز میشل^۹ را نیز داشتم. همچنین به اندازه کافی خوش اقبال بوده‌ام که طی این سال‌ها با تعداد زیادی از دانشجویان و پژوهشگران سخت‌کوش و بااستعداد کار کنم.

من از نظرها و پیشنهادهای متخصصان این رشته، از جمله دکتر دیمیترا الکسیف^{۱۰}، پروفیسور جینچون چای^{۱۱}، دکتر سین چن^{۱۲}، پروفیسور جیان چو^{۱۳}، پروفیسور ماساکی کیتازومه^{۱۴}، پروفیسور داو لشیچینسکی^{۱۵}، پروفیسور پاول ماین^{۱۶}، پروفیسور شوئی‌لینگ شن^{۱۷}، پروفیسور بوراک تانیو^{۱۸}، دکتر مارک وین^{۱۹}، پروفیسور شیائو^{۲۰}، آقای کنی یی^{۲۱} قدردانی می‌کنم. در خلال آماده‌سازی این کتاب کمک‌های شایسته‌ای از دانشجویان کنونی و گذشته‌ام دریافت کردم، به‌خصوص یان جیانگ^{۲۲}، شایما کادهیم^{۲۳}، دیپ خاتری^{۲۴}، شیائوهوی سان^{۲۵}، فی وانگ^{۲۶} و ژن ژانگ^{۲۷}. همچنین از آقای سرژ واراکسین^{۲۸} برای فراهم کردن عکس

1. J. P. Giroud

3. James Collin

5. Hoe Ling

7. Vernon R. Schaefer

9. James Mitchell

11. Jinchun Chai

13. Jian Chu

15. Paul Mayne

17. Burak Tanyu

19. Ming Xiao

21. Yan Jiang

23. Deep Khatri

25. Fei Wang

27. Serge Varaksin

2. Dov Leshchinsky

4. Mo Gabr

6. U.S. Strategic Highway Research Program (SHRP)

8. Ryan Berg

10. Dimiter Alexiew

12. Xin Chen

14. Masaki Kitazume

16. Shuilong Shen

18. Mark Wayne

20. Kenny Yee

22. Shaymaa Kadhim

24. Xiaohui Sun

26. Zhen Zhang

زیبای روی جلد کتاب سپاسگزارم. همچنین سپاس ویژه دارم از شرکت‌ها و افرادی که اجازه‌نامه‌هایی برای انتشار آمار و ارقام، شکل‌ها و جداولشان در این کتاب به من دادند و پشتیبانی سخاوتمندانه‌شان را از من دریغ نکردند.

در آخر مایلم از ویراستاران شرکت چاپ و نشر جان وایلی و پسران به خاطر صبر و شکیبایی و حمایت‌های ویژه‌شان قدردانی کنم. از صمیم قلب از همسرم جینگ یه و پسرانم تری و شان برای درک و حمایتشان از من برای تکمیل این کتاب تشکر می‌کنم.

برای کسب اطلاعات بیشتر و مطالب آموزشی لطفاً به نشانی اینترنتی زیر مراجعه فرمایید:

www.wiley.com/go/GroundImprovement for instructor materials

www.ketab.ir