

# کشاورزی دقیق

تألیف

هرمن جی. هیگ

ترجمه

دکتر محمد شریفی

(عضو هیأت علمی دانشگاه تهران)

مهندس بنیامین خوشنویسان، مهندس مرضیه یوسفی،

دکتر سید حنیف رضا معتمد الشریعتی



شماره انتشار ۳۸۲۶

شماره مسلسل ۹۱۰۱

### انتشارات دانشگاه تهران

عنوان و نام پدیدآور	: کشاورزی دقیق / تألیف [صحیح: ویراستار] هرمن جی. هیگ؛ ترجمه محمد شریفی... [و دیگران].
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۴۴۶ ص: مصور، نمودار (بخشی رنگی).
فروست	: انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره انتشار ۳۸۲۶.
شابک	: 978-964-03-7079-7
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: Precision in Crop Farming: Site Specific Concepts and Sensing Methods: Applications and Results, [2013]
یادداشت	: ترجمه محمد شریفی، بنیامین خوشنویسان، مرضیه یوسفی، سیدحنیف‌رضا معتمدالشریعتی.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: کشاورزی دقیق
موضوع	: کشاورزی -- نوآوری
موضوع	: کشاورزی -- ماشین آلات
موضوع	: کشاورزی -- نوآوری
موضوع	: فرآورده‌های زراعی -- نوآوری
شناسه افزوده	: هیگ، هرمن جی.، ویراستار Heege, Hermann J
شناسه افزوده	: دانشگاه تهران. مؤسسه انتشارات
رده‌بندی کنگره	: S ۴۹۵/ک۵۵۵۵ ۱۳۹۶
رده‌بندی دیویی	: ۶۳۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۶۸۳۵۷۷

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، بازنویسی در وبلاگ‌ها، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود و تمامی حقوق برای ناشر محفوظ است.

ISBN:978-964-03-7079-7



9 789640 370797

عنوان: کشاورزی دقیق

تألیف: هرمن جی. هیگ

ترجمه: دکتر محمد شریفی - دکتر بنیامین خوشنویسان - مهندس مرضیه یوسفی -

دکتر سیدحنیف‌رضا معتمدالشریعتی

ویرایش ادبی: فرشاد رضوان

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 مترجمان است»

بها: ۳۰۰۰۰۰ ریال

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید فرشید فرشی مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

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

پخش و فروش: تلفکس ۸۸۳۳۸۷۱۲



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
ز.....	فهرست اشکال
ف.....	فهرست جداول
گ.....	پیشگفتار مترجمان
۱.....	<b>فصل اول</b>
۱.....	مقدمه
۳.....	<b>فصل دوم</b>
۳.....	غیریکنواختی در مزارع: اصول تحلیل‌ها
۳.....	چکیده
۳.....	۱-۲ تغییرات و دقت
۷.....	۲-۲ نیم‌وردایی و نیم‌تغییرنما
۹.....	۳-۲ اندازه‌های سلول
۱۲.....	۴-۲ پردازش و تنظیم دقت
۱۷.....	منابع
۱۹.....	<b>فصل سوم</b>
۱۹.....	سنجش به‌کمک امواج الکترومغناطیسی
۱۹.....	چکیده
۱۹.....	۱-۳ مبانی سنجش با امواج الکترومغناطیس
۲۱.....	۲-۳ امواج ساطع‌شده، جذب‌شده، بازتاب‌شده و انتقال یافته
۲۴.....	۳-۳ پنجره جوی و ابرها
۲۶.....	۴-۳ سنجش از ماهواره‌ها، تجهیزات هوایی و ماشین‌های زراعی

۲۹.....	۳-۵ امواج میکرو یا رادار به جای امواج مرئی و فرسرخ
۳۳.....	۳-۶ استفاده از نقشه‌ها یا کنترل در حال حرکت
۳۶.....	۳-۷ زمین مرجع کردن با سامانه‌های موقعیت‌یاب
۴۲.....	منابع

#### فصل چهارم ..... ۴۵

۴۵.....	دقت در هدایت ماشین‌های زراعی
۴۵.....	چکیده
۴۵.....	۴-۱ مبانی هدایت
۴۹.....	۴-۲ روشهای هدایت بر مبنای سامانه ماهواره‌ای ناوبری جهانی
۵۳.....	۴-۳ بعد اقتصادی هدایت بر مبنای سامانه ماهواره‌ای ناوبری جهانی
۵۶.....	۴-۴ مشکلات و راه‌حل‌ها در سرایشی‌ها
۵۶.....	۴-۴-۱ تراکتورها و تجهیزات خودرو
۵۹.....	۴-۴-۲ تجهیزات کششی و سوارشونده
۶۲.....	۴-۵ دقت در کنترل بخش به بخش ماشین‌های مزرعه
۶۴.....	منابع

#### فصل پنجم ..... ۶۵

۶۵.....	سنجش ویژگی‌های طبیعی خاک
۶۵.....	چکیده
۶۵.....	۵-۱ سنجش توپوگرافی
۷۰.....	۵-۲ سنجش ویژگی‌های خاک بر اساس حجم
۷۳.....	۵-۲-۱ روش‌های سنجش هدایت الکتریکی
۷۴.....	۵-۲-۱-۱ روش‌های اندازه‌گیری بر مبنای تماس مستقیم با خاک
۷۵.....	۵-۲-۱-۲ روش‌های اندازه‌گیری بر مبنای القای الکترومغناطیس (با عنوان روش EM38 نیز شناخته میشود)
۷۷.....	۵-۲-۱-۳ عمق سنجش و لایه‌های خاک
۸۲.....	۵-۲-۲ هدایت الکتریکی، ویژگی‌های خاک و عملکرد
۸۴.....	۵-۲-۲-۱ هدایت الکتریکی و خصوصیات خاک در نواحی مرطوب

فهرست □ ج

۸۷.....	۲-۲-۲-۵ هدایت الکتریکی و خصوصیات خاک در نواحی خشک
۸۹.....	۳-۲-۲-۵ هدایت الکتریکی و عملکرد محصول در نواحی مرطوب
۹۲.....	۴-۲-۲-۵ جنبه‌های مختلف استفاده از هدایت الکتریکی
۹۵.....	۳-۲-۵ سنجش آب بر اساس گذردهی و ظرفیت نگهداری
۹۵.....	۱-۳-۲-۵ مبانی
۱۰۰.....	۲-۳-۲-۵ سنجش آب از ماهواره‌ها به کمک گذردهی
۱۰۵.....	۳-۳-۲-۵ سنجش آب از ماشین‌های زراعی به وسیله گذردهی
۱۰۷.....	۴-۳-۲-۵ سنجش آب از ماشین‌های زراعی به وسیله ظرفیت
۱۰۸.....	۳-۵ سنجش ویژگی‌های خاک بر مبنای سطح و با استفاده از انعکاس
۱۱۱.....	۱-۳-۵ اصول سنجش سطحی
۱۱۳.....	۲-۳-۵ نتایج سنجش سطحی در آزمایشگاه‌ها
۱۱۸.....	۳-۳-۵ مفاهیم و نتایج برای سنجش سطحی در مزارع
۱۲۴.....	منابع

**فصل ششم ..... ۱۲۹**

۱۲۹.....	سنجش ویژگی‌های محصول
۱۲۹.....	چکیده
۱۲۹.....	۱-۶ اصول سنجش بر اساس انعکاس امواج مرئی و فرسرخ
۱۳۵.....	۲-۶ تعریف انعکاس با استفاده از شاخص‌ها
۱۴۰.....	۱-۲-۶ دقت در سنجش کلروفیل
۱۴۲.....	۳-۶ سنجش میزان عملکرد محصولات با استفاده از انعکاس امواج
۱۴۷.....	۴-۶ سنجش فلورسنس
۱۵۰.....	۱-۴-۶ سنجش فلورسنس در حالت پایدار
۱۵۳.....	۲-۴-۶ سنجش فلورسنس در حالت ناپایدار
۱۵۵.....	۳-۴-۶ فلورسنس یا انعکاس
۱۵۶.....	۵-۶ سنجش ذخیره آب محصولات با امواج فرسرخ
۱۵۷.....	۱-۵-۶ سنجش آب با انعکاس امواج فرسرخ نزدیک و فرسرخ موج کوتاه
۱۶۱.....	۲-۵-۶ سنجش آب با استفاده از امواج حرارتی فرسرخ ساطع شده
۱۶۵.....	۶-۶ سنجش ویژگی‌های گیاهان با امواج مایکرو

منابع ..... ۱۷۱

**فصل هفتم ..... ۱۷۷**

خاکورزی موضعی در کشاورزی دقیق ..... ۱۷۷

چکیده ..... ۱۷۷

۱-۷ نیازهای ابتدایی ..... ۱۷۷

۲-۷ خاک‌ورزی اولیه ..... ۱۷۸

۱-۲-۷ عوامل مؤثر بر روی عمق خاک‌ورزی اولیه ..... ۱۷۹

۱-۱-۲-۷ ذخیره آب ..... ۱۸۰

۲-۱-۲-۷ بافت خاک ..... ۱۸۱

۳-۱-۲-۷ ماده آلی ..... ۱۸۲

۴-۱-۲-۷ شیب ..... ۱۸۳

۵-۱-۲-۷ مقاومت به نفوذ ..... ۱۸۴

۲-۲-۷ کنترل موضعی عمق خاک‌ورزی اولیه ..... ۱۸۵

۱-۲-۲-۷ الگوریتم‌های کنترل‌کننده ..... ۱۸۵

۲-۲-۲-۷ عوامل اقتصادی ..... ۱۸۸

۳-۷ خاک‌ورزی ثانویه ..... ۱۸۸

۱-۳-۷ سنجش اندازه ذرات خاک ..... ۱۸۹

۱-۱-۳-۷ اصول سنجش اندازه ذرات خاک با استفاده از نیروهای فشاری عمل‌کرده بر ساقه‌های ادوات

خاکورز ..... ۱۹۱

۲-۱-۳-۷ نتایج سنجش اندازه ذرات خاک با نیروهای فشاری ..... ۱۹۲

۳-۱-۳-۷ کاربردهای سنجش اندازه ذرات خاک ..... ۱۹۶

۲-۳-۷ دقت در جهت عمودی در بستر بذر ..... ۱۹۸

۴-۷ خاک‌ورزی کلشی و آیشی ..... ۲۰۰

۵-۷ بیخاک‌ورزی: پیش‌نیازها، نتایج و ابعاد مختلف آن ..... ۲۰۵

منابع ..... ۲۰۹

**فصل هشتم ..... ۲۱۳**

عملیات کشت در کشاورزی دقیق ..... ۲۱۳

فهرست □ خ

۲۱۳	چکیده
۲۱۳	۱-۸ نرخ بذر یا تراکم بذر
۲۱۵	۱-۱-۸ کنترل موضعی تراکم بذر
۲۱۹	۲-۸ توزیع بذر در سطح
۲۲۱	۳-۸ عمق بذرکاری
۲۲۲	۱-۳-۸ کنترل عمق بذر
۲۲۲	۱-۱-۳-۸ کنترل از طریق اعمال فشار روی شیاربازکن‌ها
۲۲۳	۲-۱-۳-۸ کنترل عمق از سطح خاک به وسیله فاصله‌اندازها
۲۲۶	۳-۱-۳-۸ کنترل از طریق رطوبت خاک
۲۲۹	۴-۸ کم‌خاک‌ورزی، بقایای گیاهی و روش‌های کاشت
۲۳۰	۱-۴-۸ دیسک‌های عمودی، ردیف‌های تمیزشده یا کشت میان ردیفی
۲۳۳	۲-۴-۸ بذرکاری بین محصولات پوششی
۲۳۴	۳-۴-۸ بذرکاری و اندازه‌های بی‌قاعده بقایای گیاهی
۲۳۶	۴-۴-۸ کاشت در زیرصفحات زیربرشی
۲۳۷	منابع

فصل نهم ۲۴۱

۲۴۱	کوددهی دقیق
۲۴۱	چکیده
۲۴۱	۱-۹ کوددهی بر مبنای مواد مغذی خارج‌شده از خاک به وسیله محصول قبلی
۲۴۵	۲-۹ کوددهی از طریق سنجش یون‌ها به وسیله الکترودهای حسگر یون
۲۴۵	۱-۲-۹ اصول
۲۴۷	۲-۲-۹ سنجش pH و ریزمغذی‌ها در رطوبت طبیعی خاک
۲۵۲	۳-۲-۹ سنجش نیترات در دوغاب خاک (خاک آبکی)
۲۵۶	۴-۲-۹ شرایط و انتظارات کلی
۲۵۸	۳-۹ کوددهی بر مبنای بازتابش از خاک
۲۵۸	۱-۳-۹ کلیات
۲۶۳	۲-۳-۹ تجهیزات مورد نیاز برای تشخیص اکسیدکلسیم (آهک)
۲۶۴	۳-۳-۹ نیازمندیهای سنجش فسفر

۲۶۹	۴-۳-۹ تجهیزات مورد نیاز سنجش پتاسیم و نیترات
۲۷۱	۴-۹ ازتدهی بر مبنای ویژگی‌های محصول همان فصل
۲۷۵	۱-۴-۹ اصول سنجش ازت از طریق انعکاس
۲۷۷	۲-۴-۹ تشخیص از طریق شاخص‌های انعکاس استاندارد و نور طبیعی
۲۸۰	۱-۲-۴-۹ عوامل دخیل در شاخص‌های استاندارد و نور طبیعی
۲۸۲	۲-۲-۴-۹ جهت‌یابی با نور طبیعی
۲۸۵	۳-۴-۹ تشخیص ازت از طریق انعکاس نور مصنوعی
۲۸۷	۹-۴-۳-۱ شاخص‌های جدید انعکاسی به‌جای شاخص‌های استاندارد
۲۹۳	۴-۴-۹ خاک یا گیاه در محدوده دید
۲۹۵	۵-۴-۹ تشخیص ازت با فلورسنس
۲۹۹	۶-۴-۹ تشخیص ازت بر اساس مقاومت به خمیدگی یا ارتفاع
۳۰۱	۷-۴-۹ اندازه یا دقت سلولها
۳۰۵	۸-۴-۹ فاصله و زمان تأخیر در کاربری در موضع
۳۰۷	۹-۴-۹ سیگنال‌های سنجش و کنترل در کاربرد ازت
۳۰۷	۱-۹-۴-۹ پیشینه کشت
۳۰۹	۲-۹-۴-۹ محدوده‌ها و شیب خط کنترل
۳۱۲	۳-۹-۴-۹ کنترل برای بهبود کیفیت محصولات
۳۱۳	۴-۹-۴-۹ کنترل از روش شاخص بسندگی (کفایت)
۳۱۵	۱۰-۴-۹ تأثیر متقابل آب و ازت
۳۱۷	۱۱-۴-۹ مزایا، هزینه‌ها و سودها
۳۱۷	۱-۱۱-۴-۹ سودها
۳۲۲	۲-۱۱-۴-۹ مقایسه سود و هزینه‌ها
۳۲۳	۵-۹ خلاصه
۳۲۵	منابع
۳۳۳	<b>فصل دهم</b>
۳۳۳	کنترل موضعی علف‌های هرز
۳۳۳	چکیده
۳۳۳	۱-۱۰ مقدمه



۳۳۴	۲-۱۰ نقشه برداری علف هرز .....
۳۳۶	۱-۲-۱۰ طیف سنج ها .....
۳۳۷	۲-۲-۱۰ حسگرهای فلورسنت .....
۳۳۹	۳-۲-۱۰ تجزیه و تحلیل تصاویر دیجیتال بر اساس ویژگی های شکل .....
۳۳۹	۱-۳-۲-۱۰ اصول سنجش و پردازش .....
۳۴۳	۲-۳-۲-۱۰ نتایج شناسایی و طبقه بندی گونه های گیاهی .....
۳۴۶	۳-۱۰ دینامیک های زمانی و مکانی جمعیت علف هرز .....
۳۵۱	۴-۱۰ کنترل موضعی علف هرز .....
۳۵۴	۵-۱۰ چشم اندازها و دیدگاه ها .....
۳۵۶	منابع .....

### ۳۵۹ فصل یازدهم .....

۳۵۹	سنجش موضعی پاشش قارچ کش .....
۳۵۹	چکیده .....
۳۵۹	۱-۱۱ شرایط استفاده موضعی قارچ کش .....
۳۶۰	۲-۱۱ مفهوم پیشگیرانه بر تمام منطقه بر اساس زیست توده .....
۳۶۳	۳-۱۱ مفهوم سنجش نقطه گسسته بر اساس بازتاب .....
۳۶۳	۱-۳-۱۱ روش تعیین و میدان دید .....
۳۶۳	۲-۳-۱۱ طیف و شاخص های بازتاب .....
۳۶۶	۴-۱۱ مفهوم سنجش نقطه-گسسته بر اساس فلورسنس .....
۳۶۶	۱-۴-۱۱ اندازه گیری غیرمستقیم با سامانه حسگر درجا .....
۳۶۸	۲-۴-۱۱ قارچ - گیاه - اثر متقابل و فیزیولوژی گیاهان آلوده .....
۳۶۹	۳-۴-۱۱ شاخص های فلورسنس وابسته به عفونت .....
۳۷۰	۴-۴-۱۱ مشکلات و بحث .....
۳۷۲	۵-۴-۱۱ حسگرها برای عملیات و پژوهش .....
۳۷۳	۵-۱۱ تمایز بین کمبود ازت (N) و اثرات قارچ .....
۳۷۵	۶-۱۱ خلاصه و چشم اندازها .....
۳۷۷	منابع .....

**فصل دوازدهم ..... ۳۸۱**

ثابت داده‌های موضعی از عملکرد محصولات کشاورزی ..... ۳۸۱

چکیده ..... ۳۸۱

۱-۱۲ مقدمه ..... ۳۸۱

۲-۱۲ اصول ثابت اطلاعات موضعی عملکرد ..... ۳۸۲

۳-۱۲ اندازه‌گیری عملکرد برای محصولات قابل ترکیب ..... ۳۸۳

۴-۱۲ اندازه‌گیری عملکرد برای محصولات زراعی ..... ۳۸۹

۵-۱۲ اندازه‌گیری عملکرد برای محصولات ریشه‌ای ..... ۳۹۱

۶-۱۲ اندازه‌گیری عملکرد برای دیگر محصولات ..... ۳۹۴

۷-۱۲ سنجش کیفیت مواد برداشت شده ..... ۳۹۵

۸-۱۲ پردازش و نقشه‌برداری از داده‌های عملکرد ..... ۳۹۵

منابع ..... ۳۹۷

**فصل سیزدهم ..... ۴۰۱**

ترکیب، برهم‌نهی و مدیریت ناحیه‌ای ..... ۴۰۱

چکیده ..... ۴۰۱

۱-۱۳ استفاده از عوامل رشد محصول، سنجش و اطلاعات ..... ۴۰۱

۲-۱۳ حسگر ترکیبی رویکردها و راه‌حل‌ها ..... ۴۰۴

۳-۱۳ از ویژگی‌ها تا عملیات - نقشه‌های پوششی ..... ۴۰۸

۴-۱۳ از ویژگی‌ها تا عملیات - مدیریت ناحیه‌ای ..... ۴۱۵

منابع ..... ۴۱۸

**فصل چهاردهم ..... ۴۱۹**

خلاصه و چشم‌انداز ..... ۴۱۹

## فهرست اشکال

- شکل ۱-۲ تصویر هوایی از یک سطح زراعی..... ۴
- شکل ۲-۲ انواع تغییر فضایی در یک نمودار بی‌بعد..... ۵
- شکل ۳-۲ دقت زمانی، مکانی و سیگنال کم، متوسط و زیاد..... ۶
- شکل ۴-۲ نیم‌وردایی، تغییرنما و وردایی قطعه‌ای..... ۸
- شکل ۵-۲ نیم‌وردایی، تابع مکمل و حد بالای اندازه سلول..... ۹
- شکل ۶-۲ اصول کریگینگ نقطه‌ای و بلوکی..... ۱۴
- شکل ۷-۲ نقشه عملکرد گندم از برداشت موضعی پس از کریگینگ به‌روش بلوکی و نقطه‌ای..... ۱۵
- شکل ۱-۳ طیف الکترومغناطیسی متفاوت..... ۲۰
- شکل ۲-۳ طرح کلی قانون مربع معکوس..... ۲۳
- شکل ۳-۳ پنجره جوی (ناحیه سفید)..... ۲۴
- شکل ۴-۳ سنجش از ماهواره‌ها بر روی مدارهای مختلف، از هواپیما و از تراکتور..... ۲۷
- شکل ۵-۳ انعکاس امواج رادار پس از برخورد با یک سطح صاف و یک سطح ناصاف..... ۳۰
- شکل ۶-۳ قطبی کردن امواج در جهت افقی و عمودی..... ۳۱
- شکل ۷-۳ کنترل عملیات از روی تراکتور برای پخش موضعی کود با و بدون تهیه نقشه..... ۳۵
- شکل ۸-۳ مدارهای استفاده‌شده برای سامانه‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی..... ۳۷
- شکل ۹-۳ موقعیت گیرنده نصب‌شده روی تراکتور..... ۳۸
- شکل ۱-۴ خطوط ترملاین در مزارع غلات..... ۴۶
- شکل ۲-۴ مشکل ایجادشده به‌وسیله مسیرهای منحنی شکل در هدایت وسیله..... ۴۷
- شکل ۳-۴ زراعت بر روی خطوط تراز در مزارع شیب‌دار..... ۴۹
- شکل ۴-۴ هدایت دستی با کمک نشانگر ستون نوری..... ۵۰
- شکل ۵-۴ نمایشی از رابط کاربر در سامانه هدایت خودکار..... ۵۱
- شکل ۶-۴ الگوهای مختلف رانندگی در مزارع با شکل‌های هندسی متفاوت..... ۵۲
- شکل ۷-۴ میزان کاهش هزینه‌های ناشی از همپوشانی‌های کمتر..... ۵۵
- شکل ۸-۴ جابه‌جایی نقطه هدف در زمین‌های شیب‌دار..... ۵۶
- شکل ۹-۴ موقعیت یک تراکتور بر روی شیب..... ۵۷
- شکل ۱۰-۴ هدایت فعال و غیرفعال تجهیزات با کمک سامانه موقعیت‌یاب جهانی..... ۶۰
- شکل ۱۱-۴ هدایت فعال ماشین بذرکار بر روی شیب جانبی..... ۶۱

- شکل ۴-۱۲ شمایی از کنترل بخش به بخش در عملیات سمپاشی و بذرکاری در مزارع با شکل هندسی نامنظم ..... ۶۲
- شکل ۵-۱ انحراف معیار خطا در زمان ثبت الگوهای ارتفاع دیجیتال ..... ۶۸
- شکل ۵-۲ خطاهای حاصل از روش‌های مختلف میانگین‌گیری ..... ۶۹
- شکل ۵-۳ سنجش برخط و در حال حرکت هدایت الکتریکی به‌روش تماسی ..... ۷۴
- شکل ۵-۴ سنجش برخط و در حال حرکت هدایت الکتریکی از طریق القای الکترومغناطیسی ..... ۷۶
- شکل ۵-۵ اصول سنجش خاک در روش القای الکترومغناطیسی ..... ۷۷
- شکل ۵-۶ پاسخ نسبی حسگرهای هدایت به‌صورت تابعی از عمق ..... ۷۸
- شکل ۵-۷ سنجش هدایت الکتریکی به‌روش تماسی و با استفاده از الکترودهای غلتان که در جهت مسیر حرکت قرار گرفته‌اند ..... ۸۰
- شکل ۵-۸ ارتباط بین هدایت الکتریکی و محتوای رس و سیلت خاک برای دو نوع خاک در آلمان ..... ۸۴
- شکل ۵-۹ ارتباط میان هدایت الکتریکی و محتوای آب خاک برای خاک‌های لومی ..... ۸۷
- شکل ۵-۱۰ نقشه شوری خاک بر مبنای هدایت الکتریکی در ناحیه ریشه ..... ۸۸
- شکل ۵-۱۱ رابطه هدایت الکتریکی (سنجش‌شده به‌صورت القایی و با عمقی حدود ۱/۵ متر) و عملکرد گندم زمستانه در آلمان ..... ۹۰
- شکل ۵-۱۲ تأثیر هدایت الکتریکی بر عملکرد گندم زمستانه برای یک مزرعه و زیر بخش‌های آن ..... ۹۱
- شکل ۵-۱۳ نقشه تهیه‌شده از سه بار ثبت داده‌ها و میانگین‌گیری از سیگنال‌ها ..... ۹۳
- شکل ۵-۱۴ ارتباط بین گذردهی آب در دمای ۲۵ درجه با فرکانس و طول موج امواج میکرو ..... ۹۸
- شکل ۵-۱۵ اجزای خاک در یک سطح مقطع عمودی و میزان گذردهی واقعی این اجزا ..... ۹۹
- شکل ۵-۱۶ ثابت دی الکتریک یا گذردهی واقعی ۵ نوع خاک که با فرکانس‌های مختلف سنجش شده‌اند ..... ۱۰۱
- شکل ۵-۱۷ ارتباط میان عمق سنجش با امواج میکرو و رطوبت آب ..... ۱۰۲
- شکل ۵-۱۸ انعکاس امواج رادار برگشت داده‌شده به ماهواره ساطع‌کننده ..... ۱۰۴
- شکل ۵-۱۹ سنجش انعکاس سطحی امواج رادار ..... ۱۰۵
- شکل ۵-۲۰ محتوای آب خاک که از روی سطح زمین و با سیگنال‌های رادار نفوذکننده به زمین و انعکاس سطحی سنجش شده است ..... ۱۰۶
- شکل ۵-۲۱ سنجش ظرفیت در نوک تیغه یک کولتیواتور ..... ۱۰۷
- شکل ۵-۲۲ ارتباط میان نرخ توصیه‌شده علف‌کش‌های پیش‌رویش و محتوای ماده آلی خاک ..... ۱۱۰
- شکل ۵-۲۳ انعکاس خاک تحت تأثیر آب، کربن و بافت ..... ۱۱۶

- شکل ۵-۲۴ مقایسه ویژگی‌های پیش‌بینی شده خاک ..... ۱۱۷
- شکل ۵-۲۵ اصول سنجش در حال حرکت ویژگی‌های خاک با کمک انعکاس فرسرخ نزدیک ..... ۱۱۹
- شکل ۵-۲۶ ایجاد هم زمان نقشه از انعکاس فرسرخ نزدیک در زیر یک کولتیواتور و هدایت الکتریکی در حالت تماسی ..... ۱۲۰
- شکل ۵-۲۷ نقشه کربن که با استفاده از سنجش انعکاسی از زمین یا سنجش از دور حاصل شده است. ۱۲۲
- شکل ۶-۱ طیف‌های انعکاس و انتقال برگ گندم در دامنه مرئی و فرسرخ. بخش هاشورخورده امواج جذب شده است ..... ۱۳۱
- شکل ۶-۲ طیف انعکاس پوشش گیاهی و خاک در دامنه مرئی، فرسرخ نزدیک و طول موج کوتاه ..... ۱۳۲
- شکل ۶-۳ انعکاس گیاهان وابسته به شاخص سطح برگ یا میزان کلروفیل موجود در برگ ..... ۱۳۴
- شکل ۶-۴ اهمیت موضعی انعکاس قرمز و فرسرخ دور درون یک مزرعه یکنواخت ..... ۱۳۵
- شکل ۶-۵ بوم‌سمپاش مجهز به حسگر نوری برای سمپاشی نقطه‌ای علف‌های هرز درون مزرعه ... ۱۳۷
- شکل ۶-۶ نقطه عطف لبه قرمز ..... ۱۳۸
- شکل ۶-۷ سنجش شاخص سطح برگ با استفاده شاخص تفاوت گیاهی نرمال شده یا نقطه عطف لبه قرمز ..... ۱۳۹
- شکل ۶-۸ ضریب تبیین برای سه شاخص انعکاس در مقابل محتوای کلروفیل برگ ..... ۱۴۱
- شکل ۶-۹ برآورد کانوبی کلروفیل برای ذرت و سویا با شاخص لبه قرمز ..... ۱۴۳
- شکل ۶-۱۰ مقایسه حاصل خیزی ناخالص اولیه ذرت که بر اساس سنجش زمینی با شاخص‌های کلروفیل یا به وسیله تثبیت دی‌اکسید کربن در مزرعه اندازه‌گیری شده است ..... ۱۴۵
- شکل ۶-۱۱ پایش حاصلخیزی ناخالص اولیه ذرت با استفاده از شاخص کلروفیل و داده‌های لندست ..... ۱۴۵
- شکل ۶-۱۲ دو برگ با محتوای کلروفیل متفاوت و در نتیجه فعالیت فتوشیمیایی، جذب و انعکاس کم ..... ۱۴۹
- شکل ۶-۱۳ طیف‌های فلورسنس پایدار برای برگ‌های ذرت با محتوای کلروفیل کم یا زیاد که با نور فرابنفش تحریک شده‌اند ..... ۱۵۱
- شکل ۶-۱۴ اصول سنجش فعال فلورسنس کلروفیل با استفاده از خطوط فرانهوفر ..... ۱۵۳
- شکل ۶-۱۵ طیف‌های فلورسنس کلروفیل ..... ۱۵۴
- شکل ۶-۱۶ محتوای آب پوشش گیاهی، انعکاس و موانع سنجش به سبب بخار آب اتمسفری ..... ۱۵۹
- شکل ۶-۱۷ بزرگنمایی بخش برش‌خورده شکل ۶-۱۶ ..... ۱۶۰
- شکل ۶-۱۸ تفسیر گرافیکی شاخص استرس آب گیاهی ..... ۱۶۲
- شکل ۶-۱۹ انتقال امواج رادار از میان پوشش گیاهی علفی ..... ۱۶۶

- شکل ۶-۲۰ برآورد زیست توده گیاهی جو زمستانه از روی نسبت امواج رادار قطبی شده و از طریق  
سنجش از دور ..... ۱۶۹
- شکل ۶-۲۱ محصولات زمین مرجع و نقشه برداری شده و طبقه بندی شده از روی امواج رادار قطبی شده  
ماهواره ای برای یک منطقه وسیع ..... ۱۷۰
- شکل ۷-۱ رابطه بنیادی میان وزن مخصوص ظاهری خاک و عملکرد گندم ..... ۱۸۱
- شکل ۷-۲ شکل گیری تدریجی شکافها در یک خاک رسی خشک ..... ۱۸۲
- شکل ۷-۳ تأثیر وزن مخصوص ظاهری و محتوای آب بر روی شاخص مخروط ..... ۱۸۴
- شکل ۷-۴ ترتیب تصمیم گیری برای کنترل عمق شخم خاک ورزی اولیه ..... ۱۸۵
- شکل ۷-۵ ترکیب نقشه ها برای کنترل عمق موضعی خاک ورزی اولیه ..... ۱۸۶
- شکل ۷-۶ کاهش اندازه کلوخه های خاک و جوانه زنی بذرها در مزرعه ..... ۱۸۹
- شکل ۷-۷ ابزار سنجش برای ثبت شکست خاک در بستر بذر ..... ۱۹۲
- شکل ۷-۸ سیگنال های دریافتی از ساقه های سنجشی برای اندازه های مختلف ذرات یک خاک رسی ... ۱۹۳
- شکل ۷-۹ سنجش ذرات خاک با استفاده از انحراف معیار نیروهای عمل کننده بر ساقه های سنجشی ... ۱۹۵
- شکل ۷-۱۰ اندازه ذرات خاک ثبت شده با روش الک کردن یا حسگرهای نصب شده بر ساقه های خاک ورز ۱۹۶
- شکل ۷-۱۱ تفکیک بندی بستر بذر برای ممانعت از شکل گیری سله بر روی سطح خاک با استفاده از  
ذرات زبر خاک ..... ۱۹۹
- شکل ۷-۱۲ رادویدر ..... ۲۰۳
- شکل ۷-۱۳ تنظیم یک خط رطوبتی در یک مزرعه آیش با استفاده از یک تیغه چیزل ..... ۲۰۴
- شکل ۷-۱۴ چیدمان شیارها برای عملیات کشاورزی مختلف برای کنترل تردد و با هدف جلوگیری از  
فشرده گی خاک ..... ۲۰۷
- شکل ۷-۱۵ تراکتور بدون سرنشین ..... ۲۰۸
- شکل ۸-۱ شرایط روش های بذر کاری ..... ۲۱۵
- شکل ۸-۲ کنترل حلقه بسته تراکم بذر غلات ریزدانه به وسیله شمارنده بذر ..... ۲۱۶
- شکل ۸-۳ عامل تراکم بذر گندم زمستانه وابسته به بافت خاک و میزان بارش در سطح مزارع و  
متوسط دمای سالانه ۸ درجه سلسیوس ..... ۲۱۷
- شکل ۸-۴ وابستگی تأثیر تراکم بذر روی عملکرد بر انعطاف پذیری محصول ..... ۲۱۸
- شکل ۸-۵ توزیع بذر در سطح و عملکرد ..... ۲۲۱
- شکل ۸-۶ کنترل دستی فشار برای کاشت هددمند عمومی ..... ۲۲۲

فهرست □ ض

شکل ۷-۸ استفاده از حسگرهای فاصله اولتراسونیک برای کاربرد دستی یا برای کنترل رایانه کمک‌کننده برای عمق کشت.....	۲۲۴
شکل ۸-۸ اصول سنجش رطوبت در سطوح مختلف رطوبت در خاک زیرسطحی از طریق بازتاب مادون قرمز.....	۲۲۶
شکل ۹-۸ شماتیک واحد بذرکاری دقیق آزمایشگاهی با کنترل عمق بر اساس محل قرارگیری پیشانی خشک ترکیب‌شده با کاهش پوشش‌دهی بذر.....	۲۲۷
شکل ۱۰-۸ ولتاژهای متوسط بین دو الکتروود عایق‌نشده که در یک خاک شنی لومی به‌صورت افقی حرکت می‌کند.....	۲۲۸
شکل ۱۱-۸ مزرعه کشت شده ذرت بعد از ذرت بدون هیچ‌گونه عملیات آماده‌سازی با تمیزکننده‌های ردیف در جلوی واحدهای کاشت.....	۲۳۱
شکل ۱۲-۸ کاشت داخل ردیف گندم بعد از گندم.....	۲۳۱
شکل ۱۳-۸ ساقه کوب غلتکی در جلوی یک تراکتور برای بذرکاری بی‌خاک‌ورزی بین گیاه پوششی.....	۲۳۳
شکل ۱۴-۸ ظهور گیاهچه کلزا وابسته به کاهش اندازه و محل ساقه جو داخل خاک‌هایی از آزمایش‌های آزمایشگاهی.....	۲۳۵
شکل ۱۵-۸ پخش بذرها در زیر یک شیاربازکن باله‌ای دارای صفحه زیر برش «Collovati».....	۲۳۶
شکل ۱-۹ مفهوم کوددهی در سایت ویژه بر مبنای مقدار ماده مغذی خارج‌شده در برداشت محصول قبل.....	۲۴۲
شکل ۲-۹ اجزای دستگاه سنجش الکتروشیمیایی با الکترودهای یون معین.....	۲۴۶
شکل ۳-۹ رابطه بین فعالیت یون و مقدار آب درون نمونه‌های خاک.....	۲۴۸
شکل ۴-۹ اجزای دستگاه سنجش همزمان pH و رسانایی الکتریکی خاک.....	۲۴۹
شکل ۵-۹ مقایسه بین pH آب اندازه‌گیری‌شده در آزمایشگاه و در روش حین حرکت که با رطوبت طبیعی خاک صورت گرفته است.....	۲۵۱
شکل ۶-۹ فناوری سنجش نیترات در دوغاب نمونه خاک در روش حین حرکت به‌وسیله الکتروود یون معین.....	۲۵۲
شکل ۷-۹ مقایسه میزان ازت نیتراتی به‌دست آمده در آزمایشگاه و مقدار سنجش شده در موضع به‌وسیله الکتروود یون معین.....	۲۵۳
شکل ۸-۹ خطوط فاصل ازت نیتراتی مزرعه در زمان برداشت گندم و حدود ده هفته بعد.....	۲۵۵
شکل ۹-۹ سنجش همزمان یون نیترات، فسفات و پتاسیم قابل استفاده برای گیاه با الکترودهای یون انتخابی در آزمایشگاه.....	۲۵۷

- شکل ۹-۱۰ طیف خاک به صورت اولیه (بدون تغییر) و پس از حذف نویز و هموارسازی به کمک موجک‌ها. .... ۲۶۱
- شکل ۹-۱۱ مقایسه آهک مورد نیاز با توجه به نتایج آزمایشگاه یا روش‌های استاندارد و بازتابش طیف کامل. .... ۲۶۳
- شکل ۹-۱۲ میانگین بازتابش ۳۰ طیف از نمونه‌های خاک در سه مقدار فسفر استفاده‌شده برای گیاه که با محلول اولسن مشخص شده‌اند. .... ۲۶۶
- شکل ۹-۱۳ نمای سایت ویژه در روش در حین حرکت برای سنجش و کنترل فسفر در حین عملیات کشت. .... ۲۶۷
- شکل ۹-۱۴ نقشه فسفر استفاده‌شده در گیاه در سایت ویژه با بافت خاک سیلت لومی در بلژیک که در آزمایشگاه و از روش سنجش در حین حرکت به دست آمده است. .... ۲۶۸
- شکل ۹-۱۵ سنجش ازت نیتراتی با طیف نیمه مادون قرمز در طول موج ۷۱۴۸ نانومتر در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی. .... ۲۷۰
- شکل ۹-۱۶ روش‌های سنجش ازت در موضع مورد مطالعه. .... ۲۷۳
- شکل ۹-۱۷ تأثیر ازت روی شاخص سطح برگ (LAI) و غلظت کلروفیل در گندم زمستانه در هند و آمریکا. .... ۲۷۴
- شکل ۹-۱۸ تأثیر ازت روی شاخص سطح برگ و غلظت کلروفیل کلزای زمستانه در آلمان. .... ۲۷۴
- شکل ۹-۱۹ بازتابش از محصول چاودار زمستانی در زمان کوددهی دوم سطحی در شرایط هفت هفته زودتر ازت‌دهی به مزرعه. .... ۲۷۶
- شکل ۹-۲۰ ضریب تبیین برای مصرف ازت در غلات دانه ریز در شرایط استفاده از دستگاه دستی سنجش بازتابش، نور طبیعی و زاویه دید عمودی. .... ۲۷۹
- شکل ۹-۲۱ شرایط هندسی تابش خورشید. .... ۲۸۰
- شکل ۹-۲۲ دید مورب در دو سمت تراکتور به وسیله دو حسگر کانوپی محصول. .... ۲۸۳
- شکل ۹-۲۳ تأثیر زاویه آزیموت خورشید بر میزان بازتابش نسبت طیف نزدیک مادون قرمز به قرمز در نور طبیعی. .... ۲۸۳
- شکل ۹-۲۴ کنترل پخش ازت از طریق سنجش بازتابش مبتنی بر نور مصنوعی در دید عمودی کانوپی محصول از طریق میله جلوی تراکتور. .... ۲۸۵
- شکل ۹-۲۵ کنترل پخش ازت در روش سنجش بازتابش بر مبنای نور مصنوعی در زاویه دید مورب از روی سقف تراکتور. .... ۲۸۶



فهرست □ ظ

شکل ۹-۲۶ رابطه بین طول موج و ضریب تبیین در دوره رشد EC یا BBCH31 برای سنجش ازت در کشت گندم .....	۲۸۸
شکل ۹-۲۷ رابطه بین طول موج و ضریب تبیین در دوره رشد EC یا BBCH38 برای سنجش ازت در کشت گندم .....	۲۸۹
شکل ۹-۲۸ دقت سنجش ازت در شاخص نسبت ناحیه قرمز (R760/R730) در مقایسه با نتایج آزمایشگاه برای گندم زمستانه در ناحیه شمال غربی آلمان .....	۲۹۰
شکل ۹-۲۹ تأثیر خاک و کانوپی بر روی شاخص‌های طیف .....	۲۹۲
شکل ۹-۳۰ تأثیر فلورسنس در کلروفیل و ازت دهی .....	۲۹۶
شکل ۹-۳۱ سنجش همزمان نسبت فلورسنس (F680/F735) و برآورد تراکم گیاه در واحد سطح .....	۲۹۷
شکل ۹-۳۲ چگونگی بازتابش سطحی و حجمی نور از مزرعه .....	۲۹۹
شکل ۹-۳۳ سنجش مقاومت کانوپی غلات دانه ریز در مقابل خم‌شدن پاندول که در جلوی تراکتور بسته شده است .....	۳۰۰
شکل ۹-۳۴ فاصله خارجی بین نقطه سنجش و پاشیدن کود در تراکتور و ادوات که شامل فواصل بیرونی تراکتور و مخروط پاشش می‌شود .....	۳۰۵
شکل ۹-۳۴ فاصله خارجی بین نقطه سنجش و پاشیدن کود در تراکتور و ادوات .....	۳۰۶
شکل ۹-۳۵ مکان سنجی خطای تأخیر در برابر سرعت تراکتور برای سه نوع کودپاش مزرعه .....	۳۰۷
شکل ۹-۳۶ اندازه‌گیری مقدار کلروفیل جوان‌ترین برگ گندم برای کالیبراسیون دقیق کاربرد ازت در موضع .....	۳۰۸
شکل ۹-۳۷ الگوریتم اصلی کنترل برای کاربرد ازت در موضع مبتنی بر سنجش طیف بازتابش و محدودیت‌های اعمال شده .....	۳۱۰
شکل ۹-۳۸ شاخص بسندگی در قیاس با نرخ ازت اضافه‌شده روی عملکرد رشد گیاه .....	۳۱۴
شکل ۹-۳۹ طیف بازتابش از فلفل در چهار مقدار ازت و آب .....	۳۱۶
شکل ۹-۴۰ نسبت عملکرد گندم زمستانه در موضع با ازت دهی از روش سنجش بازتابش Keil در مقایسه با ازت دهی معمولی در آلمان .....	۳۱۹
شکل ۹-۴۱ هزینه تکنیک‌های کنترل در مقایسه با مزایای آن برای کاربرد ازت در سایت ویژه برای گندم زمستانه .....	۳۲۱
شکل ۱-۱۰ پراکندگی گونه‌های مختلف علف هرز در یک مزرعه ۳ هکتاری جو بهاره در سال ۲۰۰۳ و نقشه‌های کاربردی به‌عنوان یک قاعده تصمیم‌گیری برای سمپاشی به هم پیوسته .....	۳۳۵

- شکل ۱۰-۲ منحنی‌های بازتاب برای خاک و برای گونه‌های گیاهی مختلف با خمیدگی شیب‌دار معمولی بین طول‌موج‌های ۶۸۰ و ۷۵۰ نانومتر ..... ۳۳۷
- شکل ۱۰-۳ نقشه‌های پراکندگی علف هرز به‌دست آمده از محاسبه دیداری، تصویربرداری دو طیفی و اندازه‌گیری‌های MiniVeg® در یک مزرعه ۵/۶ هکتاری در دانشگاه Ithinger HOF ..... ۳۳۸
- شکل ۱۰-۴ تصویر طیف‌سنج ویدئویی با بازتاب معمولی از سنگ، علف هرز و کاه در طیف ۹۲۵-۳۳۸ نانومتر به همراه خاک به‌عنوان پس‌زمینه ..... ۳۴۰
- شکل ۱۰-۵ قاعده کلی از یک سامانه دوربین دوطیفی برای کسب پیکسل متناسب از دو عکس در باندهای مختلف ..... ۳۴۰
- شکل ۱۰-۶ تفاوت تصاویر، محاسبه‌شده از مادون‌قرمز و تصویر قرمز برای حذف خاک، سنگ‌ها و مالچ؛ به‌دست آمده از عملیات باینری با استفاده از آستانه‌یابی خودکار ..... ۳۴۱
- شکل ۱۰-۷ تصویر سطح خاکستری از یک شیء - از چپ به راست - همپوشانی برگ‌ها، اسکلت‌بندی و تغییر فاصله ..... ۳۴۲
- شکل ۱۰-۸ نمونه‌های طبقه‌بندی ..... ۳۴۳
- شکل ۱۰-۹ دو بعد از ویژگی مکانی: میانگین اسکلت‌بندی و اندازه؛ تابع تفکیک اول و دوم ..... ۳۴۵
- شکل ۱۰-۱۰ پراکندگی با زمینه بنفش (*Viola arvensis*) در ذرت، چغندرقد، گندم و جو در فصل زمستان در یک مزرعه زراعی ۵ هکتاری در مزرعه تحقیقاتی دانشکده Dikopshof در نزدیکی شهر بن، آلمان ..... ۳۴۷
- شکل ۱۰-۱۱ علف هرز و تولید بذر از *catchweed (aparine Galium)* و علف سیاه (*myosuroides Alopecurus*) در محصولات مختلف ..... ۳۴۸
- شکل ۱۰-۱۲ ارتباط علف هرز زیست‌توده‌ای و تولید بذر *catchweed (Galium aparine)* و علف سیاه (*Alopecurus myosuroides*) بیشتر از همه محصولات ..... ۳۴۹
- شکل ۱۰-۱۳ نمای پیکربندی سمپاش‌های چندگانه ..... ۳۵۱
- شکل ۱۰-۱۴ نمایی کلی از سامانه هیدرولیک برای پاشش مستقیم علف‌کش‌ها ..... ۳۵۲
- شکل ۱۱-۱ کنترل مقطعی یک سمپاش با سنجش مافوق صوت از زیست‌توده ..... ۳۶۱
- شکل ۱۱-۲ سنجش زیست‌توده در بالای سطح زمین گندم زمستانه در مراحل مختلف رشد به‌وسیله فراصوت ..... ۳۶۲
- شکل ۱۱-۳ طیف بازتاب برگ‌های چغندرقد که با قارچ‌های مختلف آلوده‌شده ..... ۳۶۴
- شکل ۱۱-۴ نمودار شماتیک فلورسنس گیاه ..... ۳۶۶

فهرست □ غ

شکل ۵-۱۱ شماتیک فلورسنس متغیر (F) در یک برگ عادی و در یک برگ آسیب‌دیده که در آن فتوسنتز کاملاً مسدود شده است.....	۳۶۸
شکل ۶-۱۱ ربات آزمایشی در مزرعه ذرت.....	۳۷۱
شکل ۷-۱۱ اثر منبع ازت و تلقیح به‌وسیله کپک پودری - قارچ <i>Blumeria graminis</i> - به نسبت فلورسنس آبی به سبز.....	۳۷۴
شکل ۱-۱۲ زیرسامانه‌های ثبت داده‌های موضعی عملکرد در کمباین برداشت.....	۳۸۳
شکل ۲-۱۲ سامانه‌های اندازه‌گیری بازده و جریان دانه برای کمباین‌های برداشت.....	۳۸۴
شکل ۳-۱۲ اندازه‌گیری جریان مواد بر اساس فناوری تسمه نقاله توزین برای ماشین چمن‌زنی.....	۳۸۹
شکل ۴-۱۲ سامانه‌های اندازه‌گیری جریان مواد در کمباین علوفه.....	۳۹۰
شکل ۵-۱۲ سامانه‌های اندازه‌گیری جریان مواد برای برداشت‌کننده‌های سیب‌زمینی و چغندر قند.....	۳۹۲
شکل ۱-۱۳ انتقال اطلاعات در داخل چرخه کشاورزی دقیق و بین محصولات بعد از آن.....	۴۰۲
شکل ۲-۱۳ نقشه‌ای از رسانایی الکتریکی خاک، مقدار حجمی آب خاک، مقاومت نفوذ افقی خاک و عملکرد گندم در یک مزرعه دیم در وارلبرگ در نزدیکی شهر کیل، آلمان.....	۴۰۷
شکل ۳-۱۳ نقشه پوششی برای کنترل علف‌کش شسته شده به‌وسیله نرم افزار موضعی.....	۴۱۱
شکل ۴-۱۳ نقشه‌های عملکرد موضعی برای گندم زمستانه در یک مزرعه با خاک رس در Nottinghamshire, Flawborough, انگلستان.....	۴۱۴
شکل ۵-۱۳ رسانایی الکتریکی، ارتفاعات، عملکرد محصولات و مدیریت مناطق برای یک مزرعه ۴۰ هکتاری در استرالیا.....	۴۱۶

## فهرست جداول

- جدول ۱-۳ میزان جذب، انعکاس و انتقال امواج خورشیدی به وسیله ابرها ..... ۲۵
- جدول ۲-۳ کاربردهای ممکن برای سنجش ویژگی‌های خاک و محصولات با استفاده از امواج ..... ۳۳
- جدول ۳-۳ در دسترس بودن سیگنال‌های زمین مرجع کردن و حداکثر زمان از کار افتادگی گیرنده با تعداد متغیر ماهواره‌ها در مدار که با زاویه ماسک ۵ درجه کار می‌کنند ..... ۳۹
- جدول ۴-۳ میزان خطا و هزینه‌ها برای سامانه‌های موقعیت‌یاب جهانی ..... ۳۹
- جدول ۱-۵ روش‌های سنجش خصوصیات خاک به صورت حجمی و با استفاده از امواج الکتریکی یا رادار ..... ۷۲
- جدول ۲-۵ انواع خاک و هدایت الکتریکی ..... ۸۲
- جدول ۳-۵ همبستگی بین خصوصیات خاک و هدایت الکتریکی ..... ۸۶
- جدول ۴-۵ همبستگی بین ویژگی‌های خاک در آزمایشگاه و دامنه‌های مختلف انعکاس ..... ۱۱۴
- جدول ۵-۵ میزان دقت در حال حرکت و سنجش کربن با یک طیف کامل به وسیله انعکاس و برای برآورد نقطه‌ای تعریف شده با کمک رگرسیون ..... ۱۲۱
- جدول ۱-۶ استفاده از مقدار نور جذب شده ..... ۱۴۹
- جدول ۲-۶ سنجش طیفی محتوای آب پوشش گیاهی ..... ۱۵۸
- جدول ۳-۶ فرکانس‌ها و طول موج‌های باندهای رادار در دامنه ۰/۴ تا ۱۵ گیگاهرتز ..... ۱۶۶
- جدول ۱-۷ شیوه‌های سنجش ذرات خاک ..... ۱۹۰
- جدول ۱-۹ خروج فسفات و پتاس بر حسب تن ماده خشک محصول برداشت شده ..... ۲۴۴
- جدول ۲-۹ همبستگی بین بازتابش مرئی و خصوصیات خاک از طریق طیف‌سنجی در آزمایشگاه ..... ۲۶۰
- جدول ۳-۹ رابطه بین طیف بازتابش طیف استاندارد و مقدار ازت که با ضریب تبیین بیان شده است ..... ۲۷۸
- جدول ۴-۹ ارزیابی اثر عوامل مداخله‌گر (مزاحم) از طریق ضرایب و میانگین هندسی آنها ..... ۲۸۲
- جدول ۵-۹ روابط استاندارد و جدید برای سنجش ازت و ضرایب تبیین برای هر رابطه ..... ۲۹۰
- جدول ۶-۹ ناهمگنی (غیریکنواختی) محصول غلات دانه ریز در سه ناحیه در آلمان ..... ۳۰۳
- جدول ۷-۹ اصلاح مقدار ازت بر مبنای شرایط آب ..... ۳۱۷
- جدول ۸-۹ اثر مقدار ازت معدنی (کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد ..... ۳۲۰
- جدول ۱-۱۰ طبقه‌بندی خودکار از گونه‌های گیاهی در ذرت (*Zea mays*) با استفاده از تجزیه و تحلیل تصاویر دیجیتال (داده‌ها از ۴۰۰ تصویر) ..... ۳۴۴
- جدول ۲-۱۰ طبقه‌بندی خودکار از گونه‌های گیاهی در گندم زمستانه (*Triticum aestivum*) با استفاده از تجزیه و تحلیل تصاویر دیجیتال (داده‌ها از ۲۱۰۰ تصویر) ..... ۳۴۴

فهرست □ ق

جدول ۱۰-۳ ناحیه درمان نشدل نسبی با استفاده از دو سامانه‌های سمپاشی به هم پیوسته مختلف در مقایسه با استفاده علف‌کش یکنواخت در سراسر تمام مزرعه.....	۳۵۳
جدول ۱۱-۱ انواع فلورسنس گیاهی و کاربرد آنها.....	۳۶۹
جدول ۱۲-۱ خطاهای سامانه‌های سنجش عملکرد برای کمباین‌های برداشت در استفاده عملی آزمایش‌های مزرعه‌ای.....	۳۸۶
جدول ۱۲-۲ خطاهای سامانه‌های سنجش عملکرد برای کمباین‌های برداشت در توان‌های مختلف در آزمون مطالعات نیمکت سال ۲۰۰۱/۲۰۰۰.....	۳۸۷
جدول ۱۲-۳ خطاهای سامانه‌های سنجش عملکرد برای کمباین‌های برداشت در شیب‌های مختلف در آزمون مطالعات آزمایشگاهی سال ۲۰۰۱/۲۰۰۰.....	۳۸۸
جدول ۱۲-۴ دقت سامانه‌های برای اندازه‌گیری عملکرد مورد استفاده در برداشت‌کننده‌های محصول ریشه‌ای.....	۳۹۳
جدول ۱۲-۵ سامانه‌های ارزیابی شده برای اندازه‌گیری عملکرد چاره‌های برداشت نیشکر.....	۳۹۴
جدول ۱۳-۱ کاربردهای امکان‌پذیر برای حسگر ترکیبی، گروه‌بندی شده برای اهداف کشاورزی موضعی.....	۴۰۵



## پیشگفتار مترجمان

افزایش جمعیت از یک سو و محدود بودن منابع از سوی دیگر سبب شده است که همزمان به اهمیت موضوع امنیت غذایی و تولید پایدار توجه شود و در حالی که از منابع موجود به بهترین شیوه و کاراترین روش استفاده می‌شود، تلاش بر این است که بیشترین بهره‌وری به‌دست آید. کشاورزی دقیق در تلاش است که با کاهش تأثیر مستقیم انسان در کنترل عملیات و استفاده از ماشین‌ها از یک سو و برآوردن نیاز موضعی گیاهان از سوی دیگر، علاوه بر استفاده دقیق و بهینه از نهاده‌ها، سبب افزایش تولید شود.

در کتاب حاضر با عنوان کشاورزی دقیق در تلاش خواهیم بود تا با معرفی زیرساخت‌ها، سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای لازم در زمینه کشاورزی دقیق و هدف قرار دادن دامنه وسیعی از مباحث مطرح در رشته‌های مختلف مانند مباحث تخصصی و بسیار گسترده‌ای در زمینه سنجش از دور، ماهواره‌ها، سامانه‌های ناوبری جهانی، توپوگرافی و شیوه‌های پیشرفته تهیه نقشه‌های شیب خاک، خاک‌شناسی و شاخص‌های مرتبط با آن، کنترل آفات و علف‌های هرز، نحوه شناسایی و کنترل آفات و بیماری‌ها، به کتابی میان‌رشته‌ای تبدیل شود و با ارتباط میان مباحث مطرح‌شده خواننده را با مباحث مختلف در این زمینه آشنا کنیم. به بیان دیگر این کتاب با هدف توضیح منطقی‌های موجود در مورد علوم کشاورزی، اصول سنجش و فیزیک آن، پیش‌زمینه بیولوژیکی، شیمیایی و احتمالات موجود در مهندسی کشاورزی و مدیریت آن، گامی رو به جلو خواهد بود و به ساده‌ترین شیوه، اهمیت استفاده از کشاورزی دقیق و تجهیزات مورد نیاز برای تحقق آن معرفی می‌شود.

نویسنده کتاب حاضر، دکتر هرمن جی. هیگ استاد گروه مهندسی سامانه‌های کشاورزی دانشگاه کیل در کشور آلمان هستند. ایشان مطالعات گسترده‌ای در زمینه کشاورزی دقیق انجام داده‌اند و مقالات بسیار متعددی در این زمینه به چاپ رسانده‌اند. همچنین در سرتاسر کتاب تلاش کرده‌اند که پیوستگی مطالب و ارتباط منطقی بین فصل‌ها مطرح‌شده را حفظ کنند و از طرف دیگر مباحث به‌گونه‌ای مطرح شده است که پس از آشنایی با کلیات در زمینه کشاورزی دقیق در فصل‌های اولیه، خواننده مستقل از مطالعه تمامی فصل‌ها، اطلاعات لازم را در زمینه تخصصی و مورد علاقه خود به‌دست آورد یا در صورت لزوم و با توجه به فصل‌بندی مناسب مطالب مطرح‌شده، پاسخ پرسش‌های خود را در زمینه‌های مختلف دریافت کند.

در ترجمه کتاب سعی شده است تا با انتخاب واژه‌هایی رسا، معادل مناسبی برای واژه‌های لاتین به کار برده شود. زیبایی واژه و سهولت ادا کردن آن از یک سو و مقبولیت عامه یافتن و کثرت استفاده از

م □ کشاورزی دقیق

سویی دیگر، ماندگاری واژه‌های معادل را تضمین می‌کنند. مترجمان هرگونه اظهارنظر و انتقاد را پذیرا خواهند بود و تلاش خواهند کرد در چاپ‌های بعدی از آنها استفاده کنند و امید دارند با ترجمه حاضر، بخش کوچکی از حقی را که بر گردن دارند ادا کنند.

در نهایت، مترجمان وظیفه خود می‌دانند از سرکار خانم الهام نظامی پور به دلیل صرف وقت فراوان و دقت نظر در اعمال اصلاحات لازم در متن و فارسی کردن عبارت‌های لاتین سپاسگزاری کنند.

**محمد شریفی**

عضو هیأت علمی دانشگاه تهران

آذر ماه ۱۳۹۵