

مدلهای ریاضی رشد و عملکرد گیاهان زراعی

تالیف:

آلن آر. اورمن

ریچارد وی. شولتز

ترجمه:

بهنام بهتری

۱۳۹۳

سرشناسه : اوورمن، آر، ۱۹۳۷-م.

Overman, Allen R

عنوان و نام پدیدآور : مدل‌های ریاضی رشد و عملکرد گیاهان زراعی / تالیف آلن آر اوورمن، ریچارد وی شولتز؛ ترجمه بهنام بهتری.

مشخصات نشر : اردبیل: بهنام بهتری، ۱۳۹۳.

مشخصات ظاهری : ۲۲۷ص. : جدول، نمودار.

شابک : ۱۶۰۰۰۰ ریال 978-600-04-0855-8

وضعیت فهرست نویسی : فیا

یادداشت : عنوان اصلی: Mathematical models of crop growth and yield

موضوع : فراورده‌های زراعی- رشد - الگوهای ریاضی

موضوع : فراورده‌های زراعی- رشد - الگوهای ریاضی

شناسه اقتباس : شولتز، ریچارد وی.

شناسه افزوده : Scholtz, Richard V.

شناسه افزوده بهتری، بهنام ۱۳۵۵-، مترجم

رده بندی کنگره : SB ۱۱۲/۵۱:۵۸۴-۵۳

رده بندی دیویی : ۱/۵۰

شماره کتابشناسی ملی : ۵۸۱۶۴

نام کتاب: مدل‌های ریاضی رشد و عملکرد گیاهان زراعی

تالیف: آلن آر. اوورمن، ریچارد وی. شولتز

ترجمه: بهنام بهتری

چاپ اول: بهار ۱۳۹۳ - ۱۰۰۰ جلد

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۰۴-۰۸۵۵-۸ (ISBN. 978-600-04-0855-8)

اردبیل، کدپستی: ۵۶۱۳۶۷۵۹۳۹ تلفن: ۳۳۲۴۶۲۹۴-۰۴۵ پست الکترونیک: Behtari@live.com

قیمت: ۱۶۰۰۰۰ ریال

پیشگفتار مؤلف

این کتاب در نظر دارد که به مدل سازی گیاهان زراعی که آن را هم ریاضی محض و هم یک عمل قابل انحطاف برای استفاده های عملی یافته ام، بپردازد. استراتژی من توسعه جزئیات فنی در یک مسیر توسعه منطقی از جزئیات ساده تا کامل و پیچیده است. خواننده ها باید چیزهای از عدم قطعیت های درگیر در تفسیر داده ها و ساختن مدل برای توصیف نتایج تجربی را

تسلیم من بوی که ترکیب ملزومات عملی و کنجکاوی ذهنی تقسیم بندی می شود.

علم را به عنوان به تجربی و به مورد تحقیق قرار داد: (۱) الگوها، (۲) روابط، (۳) اتصالات، (۴) انسجام و (۵) زیبایی. الگوها (گاهی اوقات مناسبات) در داده های یک نمودار جستجو کنید. سپس روابط ریاضی که موافق با الگوها است را جستجو نمایید. به دنبال شناسایی ارتباط بین یا درون مدل مختلف در تجزیه بگردید. انسجام یک مجموعه داده با داده های دیگر را آزمایش نمایید.

در نهایت، برای زیبایی های ریاضی (و هندسه) در مدل جستجو نمایید. آخرین مرحله سخت ترین مرحله کار است و آن استفاده از مدل و یا کنار گذاشتن آن است.

زبان علم مدرن، ریاضیات است. این به طور فزاینده فیزیک، شیمی، و زیست شناسی مشهود است. ما فقط می توانیم در تعجب باشیم که چگونه ایده های هندسه و فیزیک، در علوم و مهندسی کاربرد پیدا کرده اند. شاید علت این باشد که مشکلات و مشاهدات خاص کلی سازی شده اند. تلاش در توصیف یک سیستم های گیاهی و جانوری به ناچار منجر به این مسیر ریاضی شده است. متأسفانه، بسیاری از مردم از همان و روش های ریاضی کاربردی گریزانند. با ماهیت موضوع، این کتاب لزوماً شامل بسیاری از معادلات از انواع مختلف است. در یک مقایسه نسبی، توابع بکار برده شده در اینجا با تلاش در استفاده از اعداد تعیین گردیده اند. توابع همه برخلاف تکنیک های ریاضی عمومی انواع تجربی هستند. من در شروع به دنبال مدل های ساده تر و پس از آن پیشرفت به سمت سطوح بالاتر و پیچیدگی و به این امید خواهم بود.

خواننده ها به مرور کتاب برای مشاهده داده ها و مدل های شبیه سازی شده قبل از تلاش برای مهارت یافتن در جزئیات ریاضی تشویق می شوند، از آنجایی که معیار نهایی یعنی سودمندی عملی، توافق بین این دو است. من برخی مطالب تکرار وجود دارد. در چندین مورد داده ها به دو صورت جدول و شکل برای کمک به خواننده به دست آوردن درک جامع تر از مواد ارائه شده است. گاهی نمودارها بصورت رابطه خطی x و y نشان داده شده و سپس بصورت همبستگی یا احتمال 2 برای شفاف کردن روند و پراکندگی در داده ها آورده شده است. علاوه بر این، معادله یکسانی ممکن است بیش از یک بار در یک فصل به منظور ارتقاء توضیحات نمایش داده شود. در نهایت، در بسیاری از موارد همان نماد (به عنوان مثال، A) با معنای متفاوتی برای جلوگیری از نمادهای زیاد استفاده شده است. سعی کردم به دقت متغیرها و پارامترها را برای هر استفاده خاص تعریف نمایم. دوران کودکی من در مزرعه ای در شرق کارولینای شمالی به من فرصت مشاهده فصول و رشد گیاهان و حیوانات را داد. این دوران منجر به بسیاری از سوالات در مورد فرایند کشاورزی شد. کشاورزان از کجا می دانستند که هنگام کشت محصولشان فرا رسیده است؟ چه رابطه ای بین رشد گیاه و اقلیم، آب و مواد غذایی وجود دارد؟ واضح بود که

تمام این عوامل روی تولید موثر بودند. آیا کشاورزی صنایع دستی است!، هنر است، یا یک علم؟ در دبیرستان دریافتم که دروس علوم جالبتر از دروس کشاورزی بود و به این اعتقاد رسیدم که پاسخ بسیاری از سؤالات من در مورد کشاورزی در چهارچوب علوم مستور است.

همانطور که در مورد مهندسی خوانده‌ام، به نظر می‌رسد تشابه بسیاری بین کشاورزی و مهندسی وجود دارد. در نتیجه، در زمان تصمیم‌گیری در مورد رشته دانشگاهی، من مهندسی کشاورزی را در دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی انتخاب کردم. در واقع، برای اولین بار در سن ۱۴ سالگی از طریق یک پروژه تعمیر و نگهداری تراکتور در باشگاهی به نام ۴-اچ، وارد این رشته شدم. در نهایت، درجه کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری را در این رشته از دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی اخذ کردم. دانشگاهی که برنامه سنگینی در ریاضی، فیزیک و شیمی اعمال میکرد. کلاسهای نیز برای فیزیک و شیمی خاک با من سختگیری داشتند، اما در علوم گیاهی این سختگیری کمتر بود.

علاقه من به تولید گیاهان تا شروع تحقیقاتم در پست دکترا در رشته آگرونومی در دانشگاه ایلونویز مخفی ماند. در حالی که در آنجا یک دوره برای حاصلخیزی خاک که توسط استاد سیگارد ملسترد تدریس میشد، گذراندم. در جریان این دوره من با مایکل میچرلیخ^۳، بیون چند متغیره^۴ آشنا شدم. کاملاً واضح بود که آنها مدلهای تجربی بدون هیچ مبنای فیزیکی هستند. پس از پیوستن به دانشکده مهندسی کشاورزی در دانشگاه فلوریدا علاقه من در مدل های گیاهان زراعی توسط مطالعه پاسخ گیاهان زراعی به استفاده از صنایع در کشاورزی و منابع شهری، تحریک شد. بطور طبیعی مدل میچرلیخ در این مطالعه کاربرد بسیاری داشت که یک قسمت از آن به خاطر سادگی های ریاضی و راحتی واسنجی^۵ آن بود. از آنجا که به نظر می رسید کاربرد مدل میچرلیخ در عکس العمل به کودهای D و k شکل مناسبی داشته باشد ولی چندین مطالعه مزرعه‌ای را برای توسعه مزره‌های مدل میچرلیخ برای کاربرد کود و ظایعات در کشاورزی انجام دادم. در طول این مطالعه، رابطه میچرلیخ را برای توصیف جذب آب گیاهی و هم چنین تولید ماده خشک گسترش دادم. این به اندازه کافی منطقی به نظر می رسید، و برای توصیف داده‌های من کافی بود. با این حال، روش ارائه شده یک تناقضی را نشان داد. به محض این که این مشکل پیش آمد سعی کردم صفت مواد مغذی گیاهی را به صورت نسبت جذب عناصر غذایی گیاه به ماده خشک بوته محاسبه نمایم. در برخی موارد نسبتی یا منفی می شد و یا کمتر از سطوح مواد غذایی بکار رفته میگردید! واضح بود که یک مشکل وجود داشت، اما سوال این بود که چگونگی متغیر شدن از مشکل جلوگیری کرد و یا به طریقی آن را برطرف نمود. تحقیق در انکوباتور رها شد در حالی که توجه به دیگر مسائل من متمرکز گردید.

روند به جهت دیگری متمایل گردید. من به چالش کشیده شدم که یا انتخاب کنم و یا یک مدل پویا برای نسبت رشد گیاه (ماده خشک و تجمع مواد غذایی) در طول زمان توسعه دهم. نگرانی در مورد کیفیت آبهای زیرزمینی مرتبط با کشاورزی و مدیریت مواد زائد، موجب شد تا مدلهای عملی وارد تجزیه و طرحهای مهندسی گردد. در حال حاضر من به دنبال یک ایده با یک رویکرد نسبتاً ساده ریاضی داشتم. تجزیه و تحلیل برخی داده‌ها سودمندی روش را تأیید می‌کند. است. تجزیه و تحلیل بیشتر با داده‌های دیگر حمایت بیشتر و تشویق ما را باعث شد. در حالی که روش دقیقاً تجربی بود، تابع، شکل منطقی پاسخ را نشان داد. پس از مطالعه روند علمی با بصیرت کافی و نه تنها با منطق سرد و بی روح، من دیگر هیچ روشی را از این حدس عملی نکردم. همانطور که اغلب اتفاق می افتد، پیشرفت با این تلاش، سؤالات مربوط به عوامل دیگری که در سطح مواد غذایی و در دسترس بودن آب را باز کرد. یکی از پارامترهای پویا در مدل وابسته به سطح اعمال مواد غذایی، تابع ریاضی دیگری را عنوان نمود. به توبه خود، یکی از پارامترهای آن به قابلیت در دسترس بودن آب مربوط بود. در حال حاضر به سطح معادله میچرلیخ از اولین زمانهای تولید برمیگردم، اما با عملکرد بهتری که وجود دارد. همانطور که در بحث فصل ۱ بیان می-

3- Mitscherlich

4- Multivariate regression

5- Calibration

شود، اولین بار اشاره برای بهبود این تابع در سالهای قبیل از ۱۹۳۷ و توسط سر جان راسل^۱ صورت گرفت.

چالش بعدی بسط مدل‌های ریاضی با دخالت تجمع ماده خشک و مواد غذایی گیاهی در سطوح مختلف از مواد غذایی اعمال شده (N,P,K) در یک روش ریاضی خودسازگار بود. مدل تجربی به یک مدل فنولوژیکی با اساس فیزیکی بسط یافت. این مدل برای گراسهای چندساله فصل گرم با برداشت متناوب تا حدود ۶ هفته نشان داده شد، اما برای رشد طولانی تر انجام نشد و برای گیاهان یکساله‌ایی مانند ذرت به کار برده نشد. در نهایت، مدل رشد دوباره برای پوشش این موارد تغییر یافت.

بسیاری از افراد که در این راه مبتززه برای درک و توضیح علوم و مهندسی مرا یاری کردند، شایسته تشکر هستند. فرانسیس جی هسلر، جی ون شفگارد، ریموند جی میلر، و ارنست تی اسمردون که روح جستجو را در من پروراند. سیگارد ملیستر مرا به دنیای حاصلخیزی خاک و مدل‌های ساده معرفی نمود. توماس پی اسمیت، ویلیام جی لیسمن و جان دن مشوق تحقیقات من در احیای منابع آب و استفاده مجدد از آن بودند (تا حدی انگیزه کار بر روی مدل‌های گیاهان زراعی). این منجر به بسیاری از گفتگوها با کشاورزان و آلتر ویداک و جی لی مورگان در مورد مدیریت گیاهان زراعی و حیوانات در مزرعه جنوب قی تالاسی شد. من شانس خوبی داشتم تا با چند تن از همکاران در پژوهش‌های کشاورزی، از جمله استنلی ویلکینسون، فرانک مارتین، بوجین کامبرات، جرالد اورز، دونالد راینسسون، ویلیام بلو، چارلز رولکه، فرد رواد، رابرت استنلی، جان مور، راج هوب، و همکاران، فرصت تحقیقات مزرعه‌ای توسط گلن برتون در تفتون جرجیا و ویلیام آدامز در واتکینسون جرجیا را بدست داده‌ام. تشکر ویژه از الیزابت آنجلی به خاطر همکاری در مدل‌های اولیه و برنامه‌های توسعه یافته کامپیوتری برای رگرسیون خطی و رگرسیون آلفاندس، بیل ریک، دنیس ویلسون، جان ویلکاتس، شری آلپک، اسکات توروت و کلی براک که در زمان دانشجویی من این موضوع کار کرده بودند. تشکر ویژه از همکار مولفم ریچارد وی شولتز III برای بحث‌های گسترده در مدل‌سازی ریاضی سیستم‌های گیاهان زراعی و همچنین کمک‌های گرافیکی در متن که بدون کمک ایشان، قادر به اتمام این موضوع نبودم.

آلن او. اورمن

پیشگفتار مترجم

رشد گیاهان زراعی فرآیند پیچیده‌ای است و عوامل متعددی را در بر می‌گیرد. اثر این عوامل را نمی‌توان جدا از یکدیگر بررسی کرد و مطالعه اثرات کلی آنها نیز نیازمند استفاده از روش‌های کمی است. از طرفی دیگر از هر کدام از این عوامل و نیز اثرات متقابل آنها در مقیاس مختلف جغرافیایی و یا موقعیت‌های مختلف کشاورزی که حجم عظیمی را در سطح جهان شامل می‌شود، توانسته‌اند به‌دست آورده و به‌دست آورده‌اند. به عبارت دیگر شرایط محیطی و منطقه‌ای عامل محدود کننده‌ای در این رابطه است. همین دلیل است که تحقیق خاص در منطقه‌ای از دنیا نمی‌تواند لزوماً قابل کاربرد در منطقه دیگر باشد. امروزه سعی می‌شود که فرآیندهای رشد و نمو گیاهان از دیدگاه کمی مورد توجه قرار داده شود تا بتوان با استفاده از مدل‌های ریاضی نتایج تحقیقات موجود را در بعد کمیتری بصورت کاربرد در آورد.

فرآیند رشد گیاهان زراعی را می‌توان در سطوح مختلفی از دقت و جزئیات مطالعه کرد. برای مثال، در سطح فیزیولوژیکی می‌توان تولید بافت‌های جدید گیاهی را بر مبنای یک دوره هورمونها بر این فرآیند، مسیرهای بیوشیمیایی مرتبط با آن و یا مسیری که مواد از یک اندام به اندام دیگر منتقل می‌شوند، مطالعه کرد. در سطح آگرونومیک (یا زراعی) مطالعه عملکرد و ماده خشک مورد نظر بوده که به نوبه خود به عوامل فیزیکی (نظیر مواد غذایی، آبیاری، تناوب زراعی و شخم خاک) مرتبط است و تلاش در اکولوژی تولید، تفسیر و تبیین یافته‌ها در سطح فیزیولوژیکی بر مبنای وقایع و فرآیندهای در سطح فیزیولوژیکی است. با وجودیکه تعدادی از این روابط شناخته شده اند ولی هنوز خلاءهای زیادی وجود دارد. روشن است که چگونه هورمونها بر غالبیت انتهایی تأثیر می‌گذارند و یا چرا افزایش غلظت گاز کربنیک، مسفر، تولید گیاهان را افزایش می‌دهد و اینکه چرا گیاهان به آب و مواد غذایی نیاز دارند. با این وجود، بخش عمده‌ای از اطلاعات کیفی بوده و امکان کمی کردن اثرات آنها بر مورفولوژی و بیوشیمی رشد، وجود ندارد. در این کتاب، پاسخ این سئوالات با فرض خواهد شد ولی روش‌های (متدولوژی) لازم برای مطالعه فرضیات مختلف در مورد این ارتباطات را فراهم می‌کند. ساخت روش مدل‌سازی، ما را قادر کرده است تا دیدگاه‌های کمی و محکمی را در مورد فرآیندهای همزمان، که دارای اثرات متقابل در سیستم‌های دیگر هستند، مطالعه کنیم. به این طریق، می‌توان تئوری‌هایی را که توسط مطالعات مختلف حاصل می‌شود به منظور شبیه‌سازی فرآیندهای رشد به کار گرفت و به علاوه قوام و استحکام این تئوری‌ها را نیز آزمون کرد. با این حال، باید به خاطر داشت که مدل‌ها الزاماً نمایش ساده‌ای از واقعیت و رفتار سیستم حقیقی هستند و لذا قادر به بیان طیف کامل رفتار سیستم در شرایط واقعی نخواهند بود. یک مدل جهان شمول هرگز وجود نداشته و در آینده نیز وجود نخواهد داشت، روش مدل‌سازی بر مبنای ساده‌سازی بخش مورد نیاز واقعیت، در موقعیت و شرایط تحت مطالعه، استوار است.

ساخت مدل‌ها در کشاورزی و بخصوص در تولید محصولات زراعی در حقیقت بر پایه پیدا کردن روابط منطقی و شناخت آنها در این قبیل سیستم‌ها و تفسیر و تشریح این روابط با استفاده از شاخص‌های ریاضی است. گرچه پیدا کردن این روابط نیازمند تجربه و تحقیقات گسترده‌ای است ولی پس از کسب اطلاعات لازم کمی کردن آنها چندان مشکل نیست. آزمایشات و تحقیقات علمی مستلزم هزینه‌های گزاف و صرف دقت زیاد است و این موضوع بخصوص برای کشورهای در حال توسعه بعید است. کمبود امکانات و پژوهشگر مشهود است. از طرفی دیگر توانایی تحقیقات یک کشور به هر اندازه هم که باشد نمی‌توان تنها با اتکا به این قبیل آزمایشات بطور کامل رفع شود. امروزه با امکانات گسترده‌ای که در زمینه نرم افزارهای کامپیوتری موجود است پیدا کردن روابط بین فرآیندهای رشد با استفاده از این قبیل برنامه‌ها می‌توان نتایج موجود را برای شرایط دیگر

تعمیم داد و وضع جدید را پیشگویی کرد. این مدل‌ها محدودیتهای جغرافیایی و محیطی را کاهش داده و در مورد گیاهان زراعی برای ارقام مختلف قابل تعمیم می‌باشند. استفاده از این مدل‌ها بسیار سریع بوده و با در نظر گرفتن گیاه زراعی به عنوان یک سیستم پویا امکان پیشگویی تغییرات این سیستم نسبت به زمان را فراهم می‌آورند. علاوه بر آن از این مدل‌ها می‌توان در پیشگویی معرفی گیاهان جدید در یک منطقه نیز استفاده کرد. پیشگوییهای لازم جهت وضع تولید مواد غذایی در سطح یک منطقه یا جهان و اتخاذ سیاستهای لازم یا توجه به تغییرات محیطی نیز از دیگر مزایای مدلسازی است. در این کتاب نشان داده شده است که چگونه با کمک آزمایش‌های مختلف، فرایندهای نمو، رشد و تشکیل عملکرد مدلسازی می‌شوند و یا پارامترهای مورد نیاز برآورد می‌گردند. همچنین تلفیق مدلسازی فرایندها در یک مدل شبیه سازی و کاربردهای مدل حاصله در زمینه‌های مختلف مورد توجه قرار گرفته است. به تصور نگارنده کتاب مذکور مجموعه کاملی را برای علاقه مندان به مدلسازی گیاهان زراعی فراهم می‌آورد و نقطه شروع مناسبی خواهد بود.

بهنام بهتری

۱۳۹۳

www.ketab.ir

فهرست مطالب

i	پیشگفتار مولف
iv	پیشگفتار مترجم
۱	۱- مقدمه
۱	۱-۱- مقدمه
۲	۱-۲- مدل‌های پاسخ عملکرد
۶	۱-۳- مدل‌های رشد
۱۶	۱-۴- ورودی محیطی
۱۶	۱-۵- خلاصه
۱۸	تمرین
۲۵	منابع
۲۶	۲- مدل‌های پاسخ فیزی
۲۶	۲-۱- مقدمه
۲۶	۲-۲- بسط مدل لجستیک
۴۰	۲-۳- بسط مدل لجستیک چندگانه
۵۲	۲-۴- قابلیت دسترسی آب
۵۲	۲-۵- برهمکنش لگوم / گراس
۵۴	۲-۶- خلاصه
۵۶	تمرین
۷۰	منابع
۷۳	۳- مدل‌های پاسخ رشد
۷۳	۳-۱- مقدمه
۷۳	۳-۲- مدل رشد تجربی
۷۷	۳-۳- بسط مدل رشد تجربی
۷۹	۳-۴- مدل رشد فنومنولوژیکی
۸۷	۳-۵- بسط مدل رشد
۱۱۰	تمرین
۱۱۰	منابع
۱۱۰	۴- خصوصیات ریاضی مدل‌ها
۱۱۰	۴-۱- مقدمه
۱۴۲	۴-۲- مدل رشد فنومنولوژیکی
۱۴۸	۴-۳- مدل رشد بسط یافته
۱۶۰	۴-۴- پایه گویا برای مدل لجستیک
۱۶۲	۴-۵- ترکیب کاربرد مواد غذایی، خاک و اجزاء گیاهی
۱۷۳	۴-۶- تجمع ماده خشک و مواد غذایی گیاهی
۱۷۴	تمرین

۱۹۵

منابع

۱۹۹

۵- سیستم های چراگاه

۱۹۹

۵-۱- مقدمه

۱۹۹

۵-۲- مدل درجه دوم

۲۰۵

۵-۳- مدل نمایی خطی

۲۰۸

۵-۴- خلاصه

۲۱۱

تمرین

۲۱۲

منابع

۲۱۴

۶- رگرسیون غیر خطی برای مدل های ریاضی

۲۱۴

۶-۱- مقدمه

۲۱۴

۶-۲- مدل لوجستیک

۲۱۹

۶-۳- مدل احتمال

۲۲۱

۶-۴- مدل انتشار

۲۲۳

۶-۵- تجزیه ساسینا

۲۲۴

۶-۶- نمودارهای بدون بُعد

۲۲۵

۶-۷- ضریب همبستگی

۲۲۵

تمرین

۲۲۶

منابع