

www.ketab.ir

مقدمه ای بر

مدل سازی ریاضی بیماری های عفونی



سرشناسه: لی، مایکل وای.

Li, Michael Y

عنوان و نام پدیدآور: مقدمه‌ای بر مدل‌سازی ریاضی بیماری‌های عفونی / نویسنده مایکل . وای . لی ؛ مترجم وحید رزم‌آور.

مشخصات نشر: تهران: زرین اندیشمند، ۱۴۰۰.

مشخصات ظاهری: ۱۶۹ ص.

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۸۰۹-۳۲-۹

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

یادداشت: عنوان اصلی: An Introduction To Mathematical Modeling Of Infectious

Diseases, ۲۰۱۸.

موضوع: همه‌گیرشناسی

Epidemiology

بیماری‌های واگیر

Communicable diseases

ریاضیات

Mathematics

شناسه افزوده: رزم آور، وحید، ۱۳۵۲ - مترجم

رده بندی کنگره: RA۶۵۱

رده بندی دیویی: ۶۱۴/۴

شماره کتابشناسی ملی: ۸۵۷۲۸۷۷



نشر زرین اندیشمند

دفتر مرکزی: خیابان انقلاب، ملین خیابان دانشگاه و ابوریحان، ساختمان فروردین، طبقه ۵، واحد ۱۹

شماره تماس: ۰۹۹۰۵۴۴۵۰۰۶ - ۶۶۱۷۶۰۸۷

وب سایت: Andishmandpub.com - پست الکترونیکی: Andishmand.pub@gmail.com

مدل سازی ریاضی بیماری های عفونی وحید رزم آور

❖ نوبت چاپ: اول ۱۴۰۰ ❖ شمارگان: ۵۰۰ نسخه ❖ ناشر: نشر زرین اندیشمند

❖ ویراستار و صفحه آرا: مریم قدمی ❖ طراح جلد: ریحانه عامری پویا

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۸۰۹-۳۲-۹

بها: ۴۰۰۰۰۰ ریال

حق چاپ و نشر برای ناشر محفوظ است.

۱۱	پیش‌گفتار مولف.....
۱۵	فصل ۱.....
۱۵	۱-۱- مدل‌سازی ریاضی بیماری‌های عفونی: مسایل و رویکردها.....
۲۰	۱-۲- مدل‌های قطعی همه‌گیری: روش بخشی.....
۲۲	۱-۳- یک مثال: مدل کرمک-مکندریک.....
۲۵	۱-۴- مفاهیم مهم در مدل‌های همه‌گیری بخشی.....
۲۵	۱-۴-۱- نرخ‌های انتقال.....
۳۲	۱-۴-۲- مدل‌سازی بروز بیماری.....
۳۶	۱-۴-۳- جمعیت‌شناسی (دموگرافی): تولد، مرگ و رشد جمعیت.....
۳۸	۱-۴-۴- نهفتگی بیماری: دوره‌های نهفتگی و انکوباسیون.....
۴۰	۱-۴-۵- مصونیت آکسپای.....
۴۱	۱-۴-۶- مسیرهای انتقال: افقی یا عمودی.....
۴۱	۱-۴-۷- ناهمگنی: گروه‌های سنی و اجتماعی توانایی در بیماری‌زایی دیفرانسیلی، میزبان-های چندگانه و سویه‌های بیماری.....
۴۳	۱-۴-۸- معیارهای کنترل و پیش‌گیری از بیماری‌ها: ایمن‌سازی و قرنطینه.....
۴۵	۱-۴-۹- عدد تکثیر پایه‌ی R_0
۴۷	فصل ۲.....
۴۸	۲-۱- مدل کرمک-مکندریک.....
۴۹	۲-۱-۱- خواص ساده‌ی جوابها.....
۵۲	۲-۱-۲- صفحه‌ی فاز در صفحه‌ی SI: منحنی‌های همه‌گیری.....
۵۴	۲-۱-۳- فرمول اندازه‌ی نهایی و شدت یک همه‌گیری.....
۵۶	۲-۱-۴- قضیه‌ی آستانه‌ی کرمک-مکندریک.....
۵۹	۲-۲- یک مدل برای بیماری‌های بدون ایمنی.....
۶۴	۲-۳- یک مدل با جمعیت‌شناسی.....

۶۵.....	۲-۳-۳- نقاط تعادل بدون بیماری و همه‌گیری بومی
۶۶.....	۲-۳-۲- تحلیل پایداری محلی در نقاط تعادل
۶۷.....	۲-۳-۳- نمودار دوشاخه‌شدگی
۶۸.....	۲-۳-۴- استقرار پایداری جامع P_0 : روش لیاپانوف - لاسال
۶۹.....	۲-۳-۵- استقرار پایداری جامع P^* : تحلیل صفحه‌ی فازی
۷۲.....	۲-۴- یک مدل SIR با جمعیت کل متغیر: سیستم‌های همگن
۸۰.....	۲-۵- مدل راس - مکدونالد برای مالاریا: یک سیستم یکنواخت
۸۱.....	۲-۵-۱- مدل‌سازی انتقال مالاریا
۸۴.....	۲-۵-۲- نقاط تعادل و عدد تکثیر پایه
۸۵.....	۲-۵-۳- یکنوایی و دینامیک جامع
۸۶.....	۲-۵-۴- تمرین‌ها
۹۱.....	فصل ۳.....
۹۱.....	۳-۱- پایداری جواب‌های تعادلی
۹۲.....	۳-۲- تحلیل پایداری با خطی‌سازی
۹۴.....	۳-۳- تحلیل پایداری با استفاده از توابع لیاپانوف
۹۶.....	۳-۴- پایداری جواب‌های متناوب: تئوری فلوکت
۹۹.....	۳-۵- دینامیک جامع سیستم‌های یک بعدی: تحلیل خط فازی
۱۰۱.....	۳-۶- دینامیک جامع سیستم‌های دوبعدی: تحلیل صفحه فاز
۱۰۷.....	۳-۷- تداوم یکنواخت
۱۱۰.....	۳-۸- ماتریس‌های متزلزل و سیستم‌های یکنوا
۱۱۵.....	فصل ۴.....
۱۱۶.....	۴-۱- مساله‌ی برازش منحنی و حداقل مربعات خطی
۱۲۳.....	۴-۲- مساله‌ی حداقل مربعات غیرخطی
۱۲۹.....	۴-۳- برآورد پارامتر برای مدل‌های همه‌گیری
۱۳۲.....	۴-۳-۱- یک مثال استفاده از MATLAB برای برآورد پارامتر
۱۳۷.....	فصل ۵.....

پیش‌گفتار مؤلف

مدل‌سازی ریاضی به طور فزاینده‌ای در جامعه‌ی بهداشت عمومی به عنوان یک ابزار تحقیقاتی مهم برای کنترل بیماری‌های عفونی شناخته شده‌است. مدل‌های ریاضی به طور گسترده‌ای برای ارزیابی اثربخشی استراتژی‌های کنترلی برای سل، ویروس اچ آی وی، آنفلانزا، ویروس نیل غربی و ویروس زیکا برای تحلیل اثر - هزینه‌ی برنامه‌های واکسیناسیون و کنترل عفونت‌های بیمارستانی استفاده می‌شوند. دانشجویان با مهارت‌های مدل‌سازی در حال یافتن مشاغل ارزشمندی در خدمات بهداشت عمومی و صنعت بهداشت خصوصی هستند.

هدف از این کتاب، آرایه‌ی مهارت‌های ضروری مدل‌سازی برای مطالعه‌ی بیماری‌های عفونی از طریق یک دوره‌ی مدل‌سازی در یک نیمسال آموزشی یا مطالعات فردی هدایت‌شده است. این کتاب در اصل برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی در علوم ریاضی علاقه‌مند به مدل‌سازی ریاضی بیماری‌های عفونی نوشته شده است. نظریه‌ها و تکنیک‌های ریاضی در زمینه‌ی مدل‌های همه‌گیری بدون ازدست‌دادن دقت ریاضی توضیح داده می‌شوند. پیش‌نیازهای اساسی، حسابان پیشرفته و شناخت نظریه‌ی ماتریس است. برای شروع، دانشجویان می‌توانند نظریه‌ی معادلات دیفرانسیل پیشرفته را در محیط تحلیل مدل بیاموزند. دانشجویانی که درس معادلات دیفرانسیل پیشرفته را گذرانده‌اند، قادر خواهند بود تا ببینند که نظریه‌های انتزاعی، چگونه در مسایل دنیای واقعی بکار می‌روند. مطالب این کتاب می‌تواند در دسترس دانشجویان علوم سلامت عمومی با مهارت‌های تحلیلی هم قرار گیرد. دانشجویان تحصیلات تکمیلی علوم سلامت عمومی در دوره‌های آموزشی نویسندگان شرکت کرده و با استفاده از مدل‌سازی به عنوان ابزار اصلی تحقیق به نوشتن ترفندهای کارشناسی‌ارشد و دکترای پرداخته‌اند.

این کتاب، برآمده از مجموعه یادداشت‌های نویسندگان برای تدریس مدل‌سازی بیماری در دانشگاه آلبرتا است. این درس در نیمسال دوم سال تحصیلی به منظور آماده‌سازی دانشجویان برای تحقیق در زمینه‌ی پروژه‌های مدل‌سازی در طول تابستان، تدریس شده‌است. به هر دانشجو یک پروژه‌ی مدل‌سازی بیماری داده شد تا در طول ترم کار کند. دانشجویان ملزم

بودند تا یک طرح پیشنهادی را در میان ترم ارایه کنند، که بخش اصلی ارزیابی را تشکیل می داد. هر دانشجوی یک سخنرانی شفاهی به مدت بیست دقیقه در مورد پروژه ارایه می کرد. تمرینات در این کتاب، فرصتهایی برای تمرین مهارت های مدل سازی که طی دوره یاد گرفته بودند، فراهم ساخت. دانشجویان از بهداشت عمومی یا علوم زیستی هر کدام با یک دانشجوی ریاضی برای همکاری در یک پروژه برای یادگیری مشارکتی کار می کردند. تاکید این درس، همیشه بر پروژه های بلند مدت بوده و دانشجویان قادر به تولید دانشی هستند که در طول مسیر کسب می کنند. در بسیاری از موارد، عنوان پروژه ها به یک تر کارشناسی ارشد تبدیل شدند و یا بنیان یک رساله ی دکتری را شکل دادند.

این کتاب با یک فصل مقدماتی (فصل اول) درباره ی فرآیند اساسی راه اندازی یک مدل همه گیری با استفاده از معادلات دیفرانسیل آغاز می شود. این فصل، شامل بحث های عمیق مفاهیم کلیدی در همه گیری شناسی (اپیدمیولوژی) بیماری های عفونی از جمله عدد تکثیر پایه، نرخ بروز، نهفتگی، ایمنی، جمعیت شناسی، مسیر انتقال، ناهمگنی، واکسیناسیون و قرنطینه است. توصیفات ریاضی این مفاهیم کلیدی ارایه می شود و به عنوان بلوک های سازنده برای مدل های همه گیری پیچیده تر استفاده می شود. این فصل یک ورود نرم به مدل سازی را برای دانشجویان علوم بهداشت عمومی و یک رویارویی مقدماتی با همه گیری شناسی بیماری های عفونی را برای دانشجویان ریاضی فراهم می کند.

فصل دوم به تحلیل مدل با هدف معرفی دانشجویان به رویکردهای ریاضی استاندارد و مفاهیم مهم ریاضی، مانند پایداری، دوشاخه شدگی و پدیده ی آستانه پرداخته است. نویسنده، پنج مدل کلاسیک همه گیری را برای نشان دادن پنج رویکرد ریاضی مهم برای تحلیل مدل انتخاب کرده است: انتگرال های اول و منحنی های سطح، تحلیل صفحه ی فاز، کاهش ابعاد با استفاده از یکنواختی و سیستم های دینامیک یکنواخت.

فصل سوم شامل نظریه ی انتزاعی معادلات دیفرانسیل است، که در تجزیه و تحلیل مدل در فصل دوم استفاده می شود. این فصل، یک مرجع نظری دقیق برای مفاهیم مهم و نتایج ریاضی مورد استفاده در فصل دوم ارایه می دهد. توصیه می شود، که مطالب این فصل به هنگام استفاده در بخش های مربوطه ی فصل دوم توضیح داده شوند.

فصل چهارم به مساله ی مواجهه با داده ها و روش های حداقل مربعات غیر خطی برای برآورد پارامتر از داده ها می پردازد. ارایه ی دقیق روش خطی سازی و روش گاوس-نیوتن برای حداقل مربعات غیر خطی با مثال، ارایه شده است. برای کاربردهای عملی در مدل های همه گیری،

الگوریتمی برای برآورد حداقل مربعات غیرخطی با استفاده از برنامه‌ی MATLAB توصیف شده‌است. کدهای MATLAB گنجانده شده‌است تا به دانشجویان برای استفاده از آن‌ها در پروژه‌های خود کمک کند.

فصل پنجم چند مبحث ویژه برای مطالعه‌ی بیشتر فراهم می‌کند و می‌تواند به عنوان مطالب آموزشی اضافی در اختیار مربی استفاده شود. بخش اول، یک مدل SEIR با ابعاد بالاتر با تحلیل کامل آن است. مطالب این بخش به تقویت تکنیک‌ها برای تحلیل مدل‌های ساده در فصل دوم که بطور یکسان در مدل‌های پیچیده سودمند است، کمک می‌کند. در بخش دوم یک مدل درون-میزبان برای دینامیک ویروسی عفونت ویروس لنفوتروپیک نوع اول (HTLV-1) سلول‌های T انسان از $CD4^+$ سلول‌های T را پوشش می‌دهد. از طریق مباحث این بخش، دانشجویان یاد می‌گیرند، که مهارت‌های مدل‌سازی برای مدل‌های همه‌گیری در سطح جمعیت را می‌توان برای مدل‌سازی فرآیندهای بیماری در سطح میکروبی به کار برند. یک پدیده‌ی جالب به نام «دوشاخه‌شدگی پسرو» در مدل ساده‌ی درون-میزبان معرفی شده‌است.

در یادداشت شخصی، مايلم از همه‌ی دانشجویان شرکت‌کننده در درس مدل‌سازی بیماری ارایه‌شده توسط اینجانب در طی چند سال گذشته در دانشگاه آلبرتا تشکر نمایم، چرا که شور و شوق آن‌ها الهام‌بخش نوشتن این کتاب بوده‌است. اشاره‌ی ویژه‌ای به دانشجویان تحصیلات تکمیلی‌ام، هانگبین گو، ربکا دو بوئر، مایکل اکینوومی، بتسی وارفس، ژیمین سو، آلیسون ماسکت، کیم سیمونز، مردلین اووسو، وستن رودا، ژانت امیسا و فرانک لی دارم، که بازخوردهای ایشان، کمک شایانی به توسعه‌ی مطالب کتاب داشته‌است. بسیاری از این دانشجویان به عنوان مدل‌ساز در خدمات بهداشت عمومی و بخش‌های خصوصی کار می‌کنند. تشکر ویژه از ربکا دو بوئر و وستن رودا برای همکاری ایشان در کدنویسی MATLAB و تدریس دوره‌های آموزشی MATLAB در کلاس‌های مدل‌سازی دارم.

در اینجا می‌خواهم مراتب قدردانی خود را نسبت به خانواده‌ام به خاطر حمایت تزلزل‌ناپذیرشان از کارم، به ویژه برای همسرم کاترین، برای تشویق مداوم وی و به دخترم جسیکا، برای ویرایش متن، بیان کنم. از اساتیدم، جیمز مالدونی، پل والتمن، فرد براوئر، پولین وان دن دریشه و گیل ولکوویتز برای راهنمایی و حمایت‌شان از تحقیقاتم سپاسگزارم.