



## مدلسازی شبکه عصبی مصنوعی

### با تکیه بر نرم افزار Matlab

ویژه دانشجویان رشته مهندسی بهداشت محیط و محیط زیست

مؤلفان:

Mansour Baziar (P.h.D)

دکتر منصور بازیار

(عضو هیئت علمی دانشکده پیراپزشکی و بهداشت فردوس)

Hamid Reza Zakeri (MS.C)

مهندس حمیدرضا ذاکری

(عضو هیئت علمی دانشکده پیراپزشکی و بهداشت فردوس)



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

سرشناسه: بازیار، منصور، ۱۳۶۰ -  
عنوان و نام پدیدآور: مدلسازی شبکه عصبی مصنوعی با تکیه بر نرم افزار Matlab ویژه دانشجویان رشته  
مهندسی بهداشت محیط و محیط زیست/مؤلفان منصور بازیار، حمیدرضا ذاکری.  
مشخصات نشر: تهران: خانیران، ۱۳۹۸. مشخصات ظاهری: ۱۰۴ص.  
شابک: 978-622-693279-0 وضعیت فهرست نویسی: فیبا  
یادداشت: عنوان به انگلیسی: Artificial Neural Network Modeling Based on Matlab  
Software for Environmental health and Environmental Engineering.  
موضوع: متلب موضوع: MATLAB موضوع: شبکه‌های عصبی (کامپیوتر)  
موضوع: Neural networks (Computer science)  
موضوع: شبکه‌های عصبی (کامپیوتر) -- الگوهای ریاضی  
موضوع: Neural networks (Computer science) -- Mathematical models  
موضوع: هوش مصنوعی -- برنامه‌های کامپیوتری  
موضوع: Artificial intelligence -- Computer programs  
شناسه افزوده: ذاکری، حمیدرضا، ۱۳۶۶- رده بندی کنگره: ۸۷/QA۷۶  
رده بندی دیویی: ۳۲/۰۰۶  
شماره کتابشناسی ملی: ۶۱۰۳۳۹۴

نام کتاب: **مدلسازی شبکه عصبی مصنوعی با تکیه بر نرم افزار Matlab**  
(ویژه دانشجویان رشته مهندسی بهداشت محیط و محیط زیست)

عنوان کتاب به لاتین:

Artificial Neural Network Modeling Based on Matlab Software for  
Environmental health and Environmental Engineering Students

مؤلف: دکتر منصور بازیار تاریخ نشر: زمستان ۱۳۹۸  
ناشر: انتشارات خانیران نوبت چاپ: اول  
با همکاری: دانشگاه علوم پزشکی بیرجند شمارهگان: ۷۰۰ جلد  
ISBN: 978-622-6932-79-0 قیمت: ۲۳۰۰۰ تومان  
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۹۳۲-۷۹-۰

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: ۶۶۹۵۳۹۶-۶۶۹۵۰۷۷۲-۶۶۹۵۰۵-۶۶۹۵۴۰۵ (کد تهران ۰۲۱)

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

کتاب فوق در شورای انتشارات دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی و درمانی بیرجند مورد  
بررسی و طی صورتجلسه شماره ۹۸۶۱۱۹/۲۵ مورد تایید قرار گرفته است.

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

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۷	مقدمه ناشر.....
۸	مقدمه مولف.....
۹	درباره نویسنده.....

### فصل اول: کلیات

۱۲	۱-۱- مقدمه‌های بر نرم‌افزار Matlab.....
۱۲	۲-۱- آموزش نصب MATLAB 2019.....
۱۲	۱-۲-۱- تهیه نسخه Matlab هماهنگ با سیستم شما.....
۱۳	۲-۲-۱- شروع مراحل نصب Matlab.....
۲۰	۳-۲-۱- فعال کردن نرم افزار.....
۲۱	۳-۱- نحوه استفاده از Help نرم افزار.....
۲۶	۴-۱- قوانین نام گذاری متغیرها.....
۲۷	۵-۱- نمایش اعداد.....
۲۹	۶-۱- توابع آماری در MATLAB.....
۳۰	۷-۱- بررسی انواع نمودارهای آماری در Matlab.....
۳۰	۱-۷-۱- نمودار دایره‌ای.....
۳۳	۲-۷-۱- نمودار جعبه‌ای.....
۳۴	۳-۷-۱- نمودار هیستوگرام.....
۳۵	۴-۷-۱- نمودار میله‌ای.....
۳۶	۵-۷-۱- نمودار پراکنش.....

### فصل دوم: مدل شبکه عصبی مصنوعی

۴۰	۱-۲- مقدمه.....
۴۰	۲-۲- کاربرد شبکه عصبی مصنوعی.....
۴۰	۳-۲- کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در مهندسی بهداشت محیط.....
۴۱	۴-۲- انواع شبکه عصبی مصنوعی.....
۴۱	۱-۴-۲- شبکه‌های پیش‌خور (Feed Forward Neural Network).....
۴۳	۱-۴-۲-۱- شبکه عصبی پرسپترون چند لایه.....
۴۴	۲-۴-۲- شبکه‌های پس‌خور (FeedBack Neural Network).....

۴۵	۵-۲- انواع توابع فعال سازی ( انتقال )
۴۵	۱-۵-۲ - تابع انتقال Hyperbolic tangent sigmoid
۴۶	۲-۵-۲ - تابع انتقال log- sigmoid
۴۶	۳-۵-۲ - تابع انتقال خطی (Linear)
۴۷	۴-۵-۲ - تقسیم‌بندی شبکه‌های عصبی بر مبنای روش آموزش
۴۸	۶-۲ - فرایند یادگیری در شبکه عصبی
۵۱	۷-۲ - نقاط قوت مدل ANN

### فصل سوم: پیش‌پردازش داده‌ها

۵۴	۱-۳ - مفهوم نرمال‌سازی
۵۴	۲-۳ - بازه نرمال‌سازی در مدل‌سازی
۵۴	۳-۳ - تقسیم‌بندی داده‌ها
۵۶	۴-۳ - انتخاب بهترین مدل شبکه عصبی مصنوعی
۵۷	۵-۳ - شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی کیفی آب‌های زیر زمینی
۵۷	۶-۳ - انتخاب متغیرهای خروجی شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی کیفی آب‌های زیر زمینی
۵۷	۷-۳ - نسبت جذب سدیم (SAR) بعنوان متغیر خروجی شبکه عصبی مصنوعی
۵۸	۸-۳ - نیترات بعنوان متغیر خروجی شبکه عصبی مصنوعی
۶۰	۹-۳ - شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی پسماند
۶۱	۱۰-۳ - شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی آلودگی هوا
۶۱	۱۱-۳ - شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب

### فصل چهارم: کاربرد ابزار Matlab

۶۴	۱-۴ - کار با داده‌های مورد نیاز در Matlab
۶۴	۱-۱-۴ - وارد کردن داده به نرم افزار
۶۴	۲-۱-۴ - جدا کردن متغیرها
۶۵	۳-۱-۴ - کار با جعبه ابزار شبکه عصبی
۶۵	۱-۳-۱-۴ - جعبه ابزار nntool
۷۷	۲-۳-۱-۴ - جعبه ابزار nftool
۸۳	۲-۴ - شاخص خطا
۸۳	۱-۲-۴ - میانگین مربعات خطا یا شاخص MSE
۸۴	۲-۲-۴ - ریشه میانگین مربعات خطا یا شاخص RMSE
۸۴	۳-۲-۴ - مجموع مربعات خطا یا شاخص SSE
۸۴	۴-۲-۴ - محاسبه ضریب همبستگی در Matlab
۸۴	۳-۴ - نرمال کردن داده‌ها با یک تکنیک جالب
۸۵	۴-۴ - ترسیم نمودار
۸۸	۵-۴ - آموزش کد نویسی شبکه عصبی در Matlab
۹۶	۶-۴ - ترسیم نمودار نتایج
۱۰۱	منابع

## فهرست جداول

جدول ۱-۱- لیست توابع پرکاربرد در متلب .....	۲۶
جدول ۲-۱- نمایش اعداد در متلب .....	۲۷
جدول ۳-۱- نحوه استفاده از توابع آماری در متلب .....	۲۹
جدول ۴-۱- داده‌های فرضی فلزات سنگین .....	۳۳

## فهرست اشکال و نمودارها

شکل ۱-۱- شناسایی نسخه ویندوز .....	۱۳
شکل ۲-۱- شروع مرحله نصب Matlab .....	۱۴
شکل ۳-۱- انتخاب روش نصب .....	۱۴
شکل ۴-۱- انتخاب کد اعتبار سنجی .....	۱۵
شکل ۵-۱- وارد کردن شماره سریال نرم‌افزار .....	۱۶
شکل ۶-۱- ورود رمز نصب نرم‌افزار .....	۱۶
شکل ۷-۱- تعیین محل نصب .....	۱۷
شکل ۸-۱- انتخاب جعبه ابزارهای همراه با Matlab .....	۱۷
شکل ۹-۱- انتخاب محل قراردادن کلید میانبر .....	۱۸
شکل ۱۰-۱- تایید صحت اطلاعات .....	۱۹
شکل ۱۱-۱- پایان مراحل نصب .....	۱۹
شکل ۱۲-۱- انتخاب نوع فعال‌سازی .....	۲۰
شکل ۱۳-۱- فراخوانی کد فعال‌سازی .....	۲۰
شکل ۱۴-۱- نمودار دایره‌ای درصد پسماند شهر بیرجند .....	۳۱
شکل ۱۵-۱- نمودار دایره‌ای سه بعدی درصد پسماند شهر بیرجند .....	۳۲
شکل ۱۶-۱- نمودار دایره‌ای سه بعدی با دو جز جداشده .....	۳۲
شکل ۱۷-۱- نمودار جعبه‌ای فلزات سنگین آب بطری توزیع شده در شهر فردوس .....	۳۳
شکل ۱۸-۱- نمودار histfit داده ذکر شده در متغیر data .....	۳۵
شکل ۱۹-۱- نمودار میله‌ای گازهای محل دفن بیرجند، فردوس، نهبندان و سرایان .....	۳۶
شکل ۲۰-۱- نمودار پراکنش اثر pH در راندمان حذف .....	۳۷
شکل ۱-۲- ساختار یک شبکه عصبی مصنوعی پیش‌خور .....	۴۲
شکل ۲-۲- ساختار یک نورون در شبکه عصبی پیش‌خور .....	۴۳
شکل ۳-۲- ساختار یک نمونه از شبکه عصبی مصنوعی پس‌خور .....	۴۴
شکل ۴-۲- ساختار تابع انتقال Tansig .....	۴۵
شکل ۵-۲- ساختار یک تابع انتقال log-sigmoid .....	۴۶
شکل ۶-۲- ساختار یک تابع انتقال خطی در یک بازه بین ۱- تا ۱+ .....	۴۷
شکل ۷-۲- ارتباط بین میانگین خطا و وزن شبکه عصبی (W1) .....	۴۹
شکل ۱-۳- تقسیم بندی داده‌ها برای توسعه مدل شبکه عصبی مصنوعی .....	۵۶
شکل ۲-۳- مدل‌سازی نسبت جذب سدیم با شبکه عصبی مصنوعی .....	۵۸

- شکل ۳-۳- مدلسازی نیترات با شبکه عصبی مصنوعی..... ۵۹
- شکل ۴-۱- فراخوانی جعبه ابزار nntool..... ۶۶
- شکل ۴-۲- ورود داده متغیرهای ورودی به جعبه ابزار..... ۶۷
- شکل ۴-۳- پیام ورود داده‌های متغیر ورودی به جعبه ابزار..... ۶۷
- شکل ۴-۴- متغیرهای وارد شده به جعبه ابزار..... ۶۸
- شکل ۴-۵- ایجاد یک مدل شبکه عصبی..... ۶۹
- شکل ۴-۶- ساختار شبکه طراحی شده..... ۷۰
- شکل ۴-۷- مدل شبکه خام (آموزش ندیده) ایجاد شده..... ۷۱
- شکل ۴-۸- ساختار شبکه خام ایجاد شده از پنجره View..... ۷۱
- شکل ۴-۹- نحوه آموزش شبکه خام ایجاد شده از پنجره Train..... ۷۲
- شکل ۴-۱۰- پنجره آموزش شبکه عصبی..... ۷۳
- شکل ۴-۱۱- تعیین بهترین عملکرد داده اعتبارسنجی..... ۷۵
- شکل ۴-۱۲- نمودار رگرسیون برای داده‌های آموزش، اعتبارسنجی، تست و تمام داده‌ها..... ۷۶
- شکل ۴-۱۳- استخراج نتایج مدل شبکه عصبی..... ۷۶
- شکل ۴-۱۴- جعبه ابزار nftool..... ۷۷
- شکل ۴-۱۵- پنجره انتخاب متغیرهای ورودی و خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی..... ۷۸
- شکل ۴-۱۶- پنجره تقسیم‌بندی داده‌ها..... ۷۹
- شکل ۴-۱۷- پنجره بهینه‌سازی تعداد نورون لایه پنهان..... ۸۰
- شکل ۴-۱۸- پنجره انتخاب الگوریتم آموزش شبکه عصبی..... ۸۰
- شکل ۴-۱۹- پنجره نتایج مدل شبکه عصبی طراحی شده..... ۸۱
- شکل ۴-۲۰- پنجره نتایج مدل آموزش دیده شده به همراه پارامترهای آموزش..... ۸۲
- شکل ۴-۲۱- پنجره ذخیره نتایج مدل توسعه داده شده..... ۸۳
- شکل ۴-۲۲- نمودار تعداد نورون‌ها در برابر شاخص خطای MSE برای یک الگوریتم آموزش..... ۸۶
- شکل ۴-۲۳- تعیین ضریب رگرسیون و نمودار مربوط به آن..... ۸۷
- شکل ۴-۲۴- پنجره نمایش عملکرد شبکه عصبی..... ۹۲
- شکل ۴-۲۵- انتخاب رنگ از نرم‌افزار Paint..... ۹۶

## تقدیم به

### انسان‌هایی که

### به فردایی

بهبتر 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 مبذول 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 آقایان دکتر منصور بازیار و مهندس حمیدرضا ذاکری (مولفان)، مهندس علی محمد خانی (مدیر فروش)، مهندس مهدی خانی و مهندس محمدحسین 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 طریق سایت [www.khaniranshop.com](http://www.khaniranshop.com) و یا مکاتبه با آدرس دفتر انتشارات.

میدان انقلاب-خیابان کارگر شمالی-خیابان نصرت-کوچه باغ نو-کوچه داوودآبادی شرقی-پلاک ۴- طبقه اول  
تلفن: ۶۶۹۵۳۹۶-۶۶۹۵۰۷۷۲-۶۶۴۱۳۲۷۰ (کد تهران ۰۲۱)

✓ حساب سیبا ۰۳۴۳۵۶۲۷۶۳۰۰۳ و شماره کارت ۶۰۳۷۹۹۱۸۰۴۱۰۲۰۸۹ - بانک ملی - به نام علی محمد خانی

✓ حساب ۳۳۰۸۲۷۸۳۹۳ و شماره کارت ۶۱۰۴۳۳۷۹۶۹۸۱۵۱۸۰ - بانک ملت - به نام علی محمد خانی

## مقدمه مولف:

مدلسازی بخش مهمی از مطالعات رشته مهندسی بهداشت محیط بوده و این اهمیت همچنان پابرجا است. با وجود پیشرفت‌های شگرفی که در مهندسی نرم‌افزار و بویژه مدل‌های هوشمند ایجاد شده، هنوز جای یک کتاب برای آموزش این مدل‌های هوشمند در رشته مهندسی بهداشت محیط خالی است. مدل‌های هوشمند با صرفه‌ترین و اقتصادی‌ترین و دقیق‌ترین روش‌های مدلسازی محسوب می‌شوند، و همین دلیل روشنی بر علت گسترش آن در مجامع علمی است. متأسفانه، به دلیل آشنا نبودن جوامع بهداشت محیط در پیاده‌سازی این مدل‌ها در نرم‌افزار Matlab و یا نبود یک واحد درسی مناسب با رویکرد نرم‌افزار Matlab در مهندسی بهداشت محیط، دانشجویان این رشته سختی‌های زیادی را هم از جهت یادگیری و هم از جهت اقتصادی متقبل می‌شوند.

یک شبکه عصبی مصنوعی به عنوان یک سیستمی از عناصر پردازنده، به نام نورون تعریف می‌شود، که توسط مجموعه‌ای از وزن‌ها به شبکه متصل می‌شوند. این شبکه از طریق معماری شبکه و بزرگی وزن‌ها تعیین می‌شود. نورون یک عنصر پردازنده است که چند ورودی می‌گیرد، آنها را می‌سنجد، یک جهت‌دهی را می‌افزاید و از نتیجه به عنوان آرگومان یا ورودی تابع انتقال استفاده می‌کند که نهایتاً "منتج به خروجی نورون می‌گردد. که این خروجی نورون همان متغیر مد نظر در فرایند مدلسازی است.

در این کتاب، راه‌های گوناگونی برای مدلسازی ارائه شده است. در فصل‌های مختلف این کتاب که به ارائه مفاهیم شبکه عصبی مصنوعی و پیاده‌سازی آن در نرم‌افزار Matlab می‌پردازند، موضوع کد نویسی در این نرم‌افزار بیشتر مورد بحث قرار گرفته است. فصل آخر این کتاب به موضوع پیاده‌سازی شبکه عصبی مصنوعی با انواع روش‌های الگوریتم پس انتشار و مقالات چاپ شده در جرنال‌ها خواهد بود.

امید است مطالعه این اثر به آشنایی هر چه بیشتر خوانندگان بویژه جامعه بهداشت محیط در فرایندهای مدلسازی یاری رساند. به هر ترتیب پذیرای نظرات و پیشنهادات شما دانشجویان و اساتید محترم در این آدرس [Baziar.ehe@gmail.com](mailto:Baziar.ehe@gmail.com) هستیم. در نهایت، نویسنده قدردانی خود را به آقای محمد ماروسی برای کمک فوق‌العاده ارزشمند ایشان در آماده‌سازی این کتاب ابراز می‌نماید.



## درباره نویسنده:

دکتر منصور بازیار محقق و مدرس شبکه‌های عصبی مصنوعی است که دارای دانشنامه دکترای مهندسی بهداشت محیط از دانشگاه علوم پزشکی تهران می‌باشند. در سال ۱۳۹۶ وی با نمره کامل از رساله خود با عنوان " تعیین الگوی تاثیر اکسیژن محلول تحت فشار در تجزیه -۴ کلروفنل از محلول‌های آبی در فرایند اکسیداسیون با پرسولفات و فرایند ترکیبی با نانوذرات آهن صفر ظرفیتی " دفاع کرده است. مقاله چاپ شده وی در زمینه مدل‌سازی با شبکه عصبی مصنوعی در سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ و ۲۰۲۰ به شرح ذیل می‌باشند:

Baziar, Mansour, et al. "MWCNT-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> as a superior adsorbent for microcystins LR removal: Investigation on the magnetic adsorption separation, artificial neural network modeling, and genetic algorithm optimization." *Journal of Molecular Liquids* 241 (2017): 102-113.

Impact factor:4.5

Hosseinzadeh, A., Najafpoor, A. A., Jafari, A. J., Jazani, R. K., Baziar, M., Bargozin, H., & Piranloo, F. G. (2018). Application of response surface methodology and artificial neural network modeling to assess non-thermal plasma efficiency in simultaneous removal of BTEX from waste gases: Effect of operating parameters and prediction performance. *Process Safety and Environmental Protection*, 119, 261-270.

Impact factor:3.441

Baziar, Mansour, et al. "Sensitivity analysis and modeling of 4-chlorophenol degradation in aqueous solutions by an nZVI-sodium persulfate system." *DESALINATION AND WATER TREATMENT* 112 (2018): 292-302.

Impact factor:2

Hosseinzadeh, A., Baziar, M., Alidadi, H., Zhou, JL., Altaee, A., Najafpoor, A.A., Jafarpour, S. Application of artificial neural network and multiple linear regression in modeling nutrient recovery in vermicompost under different conditions. "*Bioresource Technology*" 303:122926 · January (2020)

Impact factor:6.669

زمینه‌های عمده علاقه‌مندی‌های علمی او شامل مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی، مدل‌سازی ترکیب شبکه عصبی مصنوعی با منطق فازی، مدل‌سازی با روش‌های نوین رگرسیون از جمله درخت تصمیم، رگرسیون بردار پشتیبان و بهینه‌سازی با الگوریتم فرا ابتکاری است.

## اختصارات و نمادها:

ANN – Artificial neural network

IW – Input weight

LW – Layer weight

b - Bias

tansig – Tangent sigmoid function

logsig - log sigmoid function

pureline – Linear Transfer function

TF-Transfer function

MSE- Mean square error

RMSE- Root mean square error

MAE- Mean absolute error

R- Correlation coefficient

SSE – Sum square error