

شبکه‌های عصبی و کنترل‌کننده‌های عصبی پیشرفته

با رویکرد شبکه‌های عصبی راف

نویسندگان:

محمد تشنه‌لب

پوریا جعفری

سرشناسه	: تشنه‌لب، محمد
عنوان و نام پدیدآور	: شبکه‌های عصبی و کنترل‌کننده‌های عصبی پیشرفته با رویکرد شبکه‌های عصبی راف
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۲۸۸ ص.: مصور
شابک	: 978-600-7867-05-1
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپای مختصر
یادداشت	: فهرستنویسی کامل این اثر در نشانی: http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است
یادداشت	: واژه‌نامه.
شناسه افزوده	: جعفری، پوریا
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. انتشارات
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۸۴۹۱۶۷

ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  press.kntu.ac.ir

نام کتاب: شبکه‌های عصبی و کنترل‌کننده‌های عصبی پیشرفته با رویکرد شبکه‌های عصبی راف
مؤلفین: دکتر محمد تشنه‌لب عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی خواجه
نصیرالدین طوسی، مهندس پوریا جعفری عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی برق، دانشگاه
سیستان بلوچستان

نوبت چاپ: دوم

تاریخ چاپ: شهریور ۱۳۹۵

تیراژ: ۵۰۰ جلد

قیمت: ۲۴۰۰۰ تومان

کد کتاب: ۳۹۱

ISBN: 978- 600-7867-05-1

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۸۶۷-۰۵-۱

صحافی: گرنامی

چاپ: پدیدرنگ

آدرس و تلفن مرکز پخش و فروش: خیابان ولیعصر(عج)، بالاتر از میدان ونک، تقاطع میرداماد، روبروی ساختمان
اسکان (۰۲۱-۸۸۷۷۲۲۷۷)

(حق چاپ برای ناشر محفوظ است)

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۱
فصل ۱: مقدمه.....	۵
۱.۱ مقدمه‌ای بر هوش مصنوعی.....	۵
۲.۱ تاریخچه شبکه‌های عصبی مصنوعی.....	۹
۳.۱ کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی.....	۹
فصل ۲: مبانی شبکه‌های عصبی چندلایه.....	۱۳
۱.۲ مدل‌های بر شبکه‌های عصبی.....	۱۳
۲.۲ انواع تریب و فن‌ساری.....	۱۵
۳.۲ ساختارهای شبکه عصبی.....	۱۷
۱.۳.۲ شبکه‌های عصبی پیشرو چندلایه.....	۱۸
۲.۳.۲ شبکه‌های عصبی پیشرو چندلایه.....	۱۸
۳.۳.۲ شبکه‌های برگشتی.....	۱۹
۴.۲ یادگیری در شبکه‌های عصبی.....	۲۰
۱.۴.۲ حافظه.....	۲۱
۲.۴.۲ یادآوری اطلاعات.....	۲۳
۵.۲ فراموشی.....	۲۳
۱.۵.۲ پژوهش‌های هرمان اینینگ‌هاوس.....	۲۳
۲.۵.۲ منحنی فراموشی انسان.....	۲۴
۳.۵.۲ منحنی یادگیری انسان.....	۲۵
۴.۵.۲ تأثیر زمان‌های مرور بر یادگیری.....	۲۶
۶.۲ شبکه عصبی ساده‌ای با سه نورن.....	۲۸
۱.۶.۲ ساختار و معادلات پایه.....	۲۸
۲.۶.۲ شکل برداری برای معادلات.....	۲۹

۷۸	تمرین
۷۸	خلاصه مطالب فصل سوم
۷۶	تجزیه و تحلیل داده‌های بارش (D) (توانج) انعطاف پذیر
۷۵	الگوریتم یادگیری شبکه عصبی انعطاف پذیر با تنظیم پارامترهای توانج فعال سال
۷۳	توانج فعال سال انعطاف پذیر
۷۱	الگوریتم پس انتشار خطا برای تنظیم ضرایب توانج فعال سال
۷۰	الگوریتم یادگیری شبکه عصبی انعطاف پذیر با تنظیم پارامترهای توانج فعال سال
۶۹	الگوریتم یادگیری شبکه عصبی انعطاف پذیر با تنظیم پارامترهای توانج فعال سال
۶۷	الگوریتم یادگیری شبکه عصبی انعطاف پذیر با تنظیم پارامترهای توانج فعال سال
۶۷	مقدمه
۶۷	فصل ۳: شبکه‌های عصبی انعطاف پذیر
۶۵	تمرین
۶۵	خلاصه مطالب فصل دوم
۶۴	الگوریتم یادگیری شبکه عصبی انعطاف پذیر با تنظیم پارامترهای توانج فعال سال
۶۲	الگوریتم یادگیری شبکه عصبی انعطاف پذیر با تنظیم پارامترهای توانج فعال سال
۶۲	الگوریتم یادگیری شبکه عصبی انعطاف پذیر با تنظیم پارامترهای توانج فعال سال
۶۰	الگوریتم یادگیری شبکه عصبی انعطاف پذیر با تنظیم پارامترهای توانج فعال سال
۳۸	الگوریتم یادگیری شبکه عصبی انعطاف پذیر با تنظیم پارامترهای توانج فعال سال
۳۷	الگوریتم یادگیری شبکه عصبی انعطاف پذیر با تنظیم پارامترهای توانج فعال سال
۳۷	الگوریتم یادگیری شبکه عصبی انعطاف پذیر با تنظیم پارامترهای توانج فعال سال
۳۷	الگوریتم یادگیری شبکه عصبی انعطاف پذیر با تنظیم پارامترهای توانج فعال سال
۳۵	الگوریتم یادگیری شبکه عصبی انعطاف پذیر با تنظیم پارامترهای توانج فعال سال
۳۴	الگوریتم یادگیری شبکه عصبی انعطاف پذیر با تنظیم پارامترهای توانج فعال سال
۳۳	الگوریتم یادگیری شبکه عصبی انعطاف پذیر با تنظیم پارامترهای توانج فعال سال
۳۰	الگوریتم یادگیری شبکه عصبی انعطاف پذیر با تنظیم پارامترهای توانج فعال سال

فصل ۴: بهبود الگوریتم آموزش پس انتشار خطا در شبکه‌های عصبی..... ۵۹

۱.۴ مقدمه..... ۵۹

۲.۴ هوش عاطفی..... ۶۰

۳.۴ روش یادگیری عاطفی شبکه عصبی..... ۶۱

۴.۴ الگوریتم پس انتشار خطا همراه با نرخ تنظیم تطبیقی..... ۶۴

۱.۴.۴ قانون پس انتشار عدول شده..... ۶۵

۵.۴ نرخ آموزش تطبیقی (η) بر پایه پس انتشار خطای تنظیم‌پذیر پارامترها..... ۶۷

۶.۴ الگوریتم یادگیری در توابع انعطاف‌پذیر با نرخ آموزش تطبیقی..... ۷۱

۷.۴ الگوریتم‌های یادگیری مرتبه دوم..... ۷۳

۱.۷.۴ روش آموزش نیوتن..... ۷۵

۲.۷.۴ روش آموزش شب نیوتن..... ۷۶

۳.۷.۴ روش آموزش گوس نیوتن..... ۷۷

۴.۷.۴ آموزش لونبرگ - هارکوت..... ۷۷

۵.۷.۴ آموزش مشتق مزدوج..... ۷۸

۸.۴ خلاصه مطالب فصل چهارم..... ۷۹

تمرین..... ۷۹

فصل ۵: طراحی فیلترهای عصبی تطبیقی..... ۸۱

۱.۵ مقدمه..... ۸۱

۲.۵ فیلترهای تطبیقی عصبی با معیار کمترین میانگین مربعات و الگوریتم گرادینت..... ۸۳

۳.۵ فیلترهای تطبیقی عصبی با معیار کمترین مربعات بازگشتی..... ۸۴

۴.۵ الگوریتم RLS برای شبکه عصبی چندلایه..... ۸۷

۵.۵ ارائه الگوریتم آموزشی فیلتر کالمن توسعه‌یافته..... ۸۹

۶.۵ آموزش شبکه عصبی انعطاف‌پذیر با فیلتر کالمن توسعه‌یافته..... ۹۲

۷.۵ خلاصه مطالب فصل پنجم..... ۹۴

تمرین..... ۹۴

فصل ۶: شبکه‌های عصبی راف.....	۹۵
۱.۶ مقدمه.....	۹۵
۲.۶ مدل اول.....	۹۶
۱.۲.۶ الگوریتم پیشرو شبکه عصبی راف.....	۹۷
۲.۲.۶ الگوریتم آموزش پس انتشار خطای مدل ۱.....	۹۸
۳.۶ مدل دوم.....	۱۰۲
۱.۲.۶ الگوریتم پیشرو.....	۱۰۲
۲.۲.۶ الگوریتم آموزش پس انتشار خطا برای مدل دوم.....	۱۰۳
۴.۶ مدل سو.....	۱۰۸
۱.۴.۶ الگوریتم پیشرو.....	۱۰۸
۲.۴.۶ الگوریتم آموزش پس انتشار خطا برای مدل سوم.....	۱۰۹
۵.۶ مدل اول عاطفی.....	۱۱۳
۱.۵.۶ الگوریتم آموزش عاطفی پس انتشار خطا برای مدل اول.....	۱۱۳
۲.۵.۶ مدل اول با نورن مجموع وزن دار.....	۱۱۴
۳.۵.۶ الگوریتم آموزش پس انتشار خطا.....	۱۱۵
۶.۶ مثال کاربردی.....	۱۱۷
۷.۶ خلاصه مطالب فصل ششم.....	۱۱۷
تمرین.....	۱۲۱
فصل ۷: شبکه عصبی بر پایه توابع شعاعی.....	۱۲۳
۱.۷ معرفی شبکه عصبی بر پایه شعاعی.....	۱۲۳
۲.۷ تابع مبتنی بر شعاع گاوسی.....	۱۲۶
۳.۷ طراحی شبکه عصبی گاوسی و الگوریتم آموزش آن.....	۱۲۷
۱.۳.۷ الگوریتم آموزش با نظارت پارامترهای شبکه عصبی گاوسی.....	۱۲۸
۲.۳.۷ آموزش بدون نظارت مراکز دسته با الگوریتم خوشه‌بندی K-means.....	۱۲۹
۳.۳.۷ آموزش عاطفی شبکه عصبی گاوسی بر پایه گرادینان نزولی.....	۱۳۲

۱۳۳.....	۴.۷ شبکه‌های عصبی گاوسی راف.....
۱۳۴.....	۱.۴.۷ آموزش عاطفی شبکه عصبی گاوسی راف بر پایه گرادیان نزولی.....
۱۳۶.....	۵.۷ مثال کاربردی.....
۱۴۲.....	۶.۷ خلاصه مطالب فصل هفتم.....
۱۴۲.....	تمرین.....
۱۴۳.....	فصل ۸: شبکه‌های عصبی برگشتی و حافظه‌دار راف.....
۱۴۳.....	۱.۸ مقدمه.....
۱۴۴.....	۲.۸ شبکه‌های عصبی برگشتی.....
۱۴۶.....	۳.۸ پس‌خور فعال‌ساز محلی.....
۱۴۸.....	۴.۸ شبکه عصبی المن.....
۱۴۹.....	۱.۴.۸ الگوریتم پیشرو برای شبکه عصبی المن.....
۱۵۰.....	۲.۴.۸ آموزش پس‌انتشار خطا در شبکه عصبی المن.....
۱۵۱.....	۵.۸ شبکه عصبی برگشتی جردن.....
۱۵۱.....	۱.۵.۸ الگوریتم پیشرو برای شبکه عصبی جردن.....
۱۵۲.....	۲.۵.۸ آموزش پس‌انتشار خطا در شبکه عصبی برگشتی جردن.....
۱۵۳.....	۶.۸ شبکه عصبی برگشتی ترکیبی المن-جردن.....
۱۵۳.....	۱.۶.۸ الگوریتم پیشرو برای شبکه عصبی برگشتی ترکیبی المن-جردن.....
۱۵۴.....	۲.۶.۸ آموزش پس‌انتشار خطا در شبکه عصبی المن-جردن.....
۱۵۴.....	۷.۸ حافظه با مرتبه بالاتر در شبکه‌های عصبی برگشتی جردن.....
۱۵۵.....	۱.۷.۸ الگوریتم آموزش شبکه عصبی برگشتی جردن با حافظه بالاتر.....
۱۵۵.....	۸.۸ طراحی شبکه‌های عصبی برگشتی راف.....
۱۵۸.....	۹.۸ شبکه عصبی راف المن.....
۱۵۸.....	۱.۹.۸ الگوریتم پیشرو برای شبکه راف المن.....
۱۵۹.....	۲.۹.۸ الگوریتم آموزش شبکه عصبی راف المن.....
۱۶۱.....	۱۰.۸ خلاصه مطالب فصل هشتم.....

تمرین.....	۱۶۱
فصل ۹: شبکه‌های عصبی GMDH.....	۱۶۳
۱.۹ الگوریتم GMDH ایواخنکو.....	۱۶۳
۲.۹ الگوریتم پایه GMDH.....	۱۶۴
۳.۹ الگوریتم عددی GMDH.....	۱۶۴
۱.۳.۹ مرحله اول: ساخت متغیرهای جدید.....	۱۶۵
۲.۱.۹ مرحله دوم: غربال کردن ستون‌هایی از Z که اهمیت کمتری دارند.....	۱۶۶
۳.۱.۹ مرحله سوم: آزمون همگرایی.....	۱۶۶
۴.۹ چند نکته.....	۱۶۷
۵.۹ مزیت الگوریتم GMDH در رازش با مراتب بالا.....	۱۶۸
۶.۹ ساختارهای عصبی با اساسی جمله‌ای GMDH.....	۱۶۹
۱.۶.۹ شبکه‌های عصبی GMDH.....	۱۷۰
۲.۶.۹ طراحی شبکه‌های عصبی GMDH.....	۱۷۰
۳.۶.۹ آموزش شبکه GMDH.....	۱۷۲
۷.۹ خلاصه مطالب فصل نهم.....	۱۷۴
تمرین.....	۱۷۴
فصل ۱۰: شبکه‌های عصبی بر پایه توابع فعال‌ساز مثلثاتی.....	۱۷۵
۱.۱.۰ تابع فعال‌ساز مثلثاتی.....	۱۷۵
۲.۱.۰ شبکه عصبی مثلثاتی به عنوان تقریب‌گر همه منظوره.....	۱۷۶
۱.۲.۱.۰ قضیه اشتون - وایرشتراوس.....	۱۷۶
۲.۲.۱.۰ قضیه اشتون - وایرشتراوس و شبکه‌های عصبی پیشرو.....	۱۷۷
۳.۲.۱.۰ قضیه اشتون - وایرشتراوس و شبکه‌های عصبی مثلثاتی.....	۱۷۷
۴.۲.۱.۰ مقایسه توابع مثلثاتی با توابع سیگموئیدی.....	۱۷۷
۵.۲.۱.۰ الگوریتم پیشرو در شبکه‌های مثلثاتی با دو لایه فعال‌ساز میانی تک تابع.....	۱۷۸
۶.۲.۱.۰ الگوریتم پیشرو برای شبکه‌های مثلثاتی با دو لایه فعال‌ساز میانی دو تابع.....	۱۷۹

۷.۲.۱۰ الگوریتم پیشرو برای شبکه‌های مثلثاتی با دو لایه فعال ساز میانی مجموع توابع	۱۸۰
۸.۲.۱۰ یادگیری شبکه‌های عصبی مثلثاتی بر پایه رهیافت پس انتشار خط	۱۸۱
۳.۱۰ یادگیری شبکه‌های عصبی مثلثاتی با الگوریتم گرادیان نزولی	۱۸۱
۴.۱۰ شبکه‌های عصبی مثلثاتی انعطاف‌پذیر	۱۸۳
۵.۱۰ تنظیم فرکانس‌ها و فازهای مثلثاتی و بایاس‌ها با EKF	۱۸۴
۶.۱۰ خلاصه مطالب فصل دهم	۱۸۵
تمرین	۱۸۵
فصل ۱۱ شبکه‌های عصبی مدل مخچه (CMAC)	۱۸۷
۱.۱۱ مقدمه	۱۸۷
۲.۱۱ طراحی شبکه عصبی مدل مخچه	۱۸۷
۱.۲.۱۱ گام اول	۱۸۸
۲.۲.۱۱ گام دوم	۱۸۸
۳.۲.۱۱ گام سوم	۱۸۹
۴.۲.۱۱ گام چهارم	۱۹۱
۳.۱۱ الگوریتم یادگیری	۱۹۲
۴.۱۱ مخچه	۱۹۳
۱.۴.۱۱ عملکرد مخچه	۱۹۳
۲.۴.۱۱ نحوه عملکرد مخچه	۱۹۴
۳.۴.۱۱ مطالعه مخچه و مدل مخچه	۱۹۵
۴.۴.۱۱ فیبرهای خزهای و جعبه‌ها در شبکه عصبی مدل مخچه	۱۹۶
۵.۱۱ مزایا و معایب شبکه‌های عصبی مدل مخچه	۱۹۸
۶.۱۱ شبکه‌های عصبی CA-CMAC	۱۹۸
۷.۱۱ شبکه عصبی TW-CMAC	۱۹۹
۸.۱۱ شبکه عصبی TD-CMAC	۲۰۰

۹.۱۱	شبکه عصبی LWR-CMAC	۲۰۲
۱۰.۱۱	شبکه‌های عصبی GBF-CMAC	۲۰۳
۱۱.۱۱	شبکه‌های عصبی CS-CMACs	۲۰۴
۱.۱۱.۱۱	قواعد آموزش در ساختار تشکیل شده از CMAC های کوچک	۲۰۶
۲.۱۱.۱۱	یادگیری در ساختار ثابت و مشخص	۲۰۷
۳.۱۱.۱۱	یادگیری در ساختار با افزایش تدریجی تعداد زیر مدل‌ها	۲۰۷
۱۲.۱۱	تخمین تابع با استفاده از مدل CMAC	۲۰۸
۱.۱.۱۱	تخمین تابع با استفاده از مدل تشکیل شده از CMAC های کوچک	۲۰۹
۱۳.۱۱	خلاصه مطالعات فصل یازدهم	۲۱۰
فصل ۱۲:	شناسایی ساختاری بر پایه شبکه‌های عصبی	۲۱۱
۱.۱۲	مقدمه	۲۱۱
۲.۱۲	شناسایی مدل یک سیستم دینامیکی	۲۱۲
۱.۲.۱۲	آزمایش	۲۱۲
۲.۲.۱۲	انتخاب ساختار مدل	۲۱۲
۳.۲.۱۲	تخمین مدل	۲۱۳
۴.۲.۱۲	ارزیابی	۲۱۳
۵.۲.۱۲	بازگشت به مراحل قبلی	۲۱۳
۳.۱۲	شناسایی بر پایه شبکه‌های عصبی	۲۱۴
۱.۳.۱۲	شناسایی یا تقریب تابع مستقیم سیستم	۲۱۴
۲.۳.۱۲	شناسایی یا تقریب تابع معکوس سیستم	۲۱۴
۴.۱۲	انتخاب ساختار مدل شبکه عصبی	۲۱۶
۱.۴.۱۲	مدل رگرسیون شناساگر NNFIR	۲۱۶
۲.۴.۱۲	مدل رگرسیون شناساگر NNARMA با الگوریتم پس انتشار خطا	۲۱۷
۳.۴.۱۲	مدل رگرسیون شناساگر NNARMA با الگوریتم آموزش عاطفی	۲۱۸
۴.۴.۱۲	مدل رگرسیون شناساگر NNARX با الگوریتم آموزش پس انتشار خطا	۲۲۰

۵.۴.۱۲ مدل رگرسور شناساگر NNARX با الگوریتم آموزش فیلتر کالمن توسعه یافته

۲۲۰.....

۶.۴.۱۲ مدل رگرسور شناساگر NNARMAX

۷.۴.۱۲ مدل رگرسور شناساگر NNOE

۵.۱۲ شناسایی غیرخطی بر پایه شبکه عصبی با انتخاب ورودی‌های مناسب

۶.۱۲ خلاصه مطالب فصل دوازدهم

تمرین

فصل ۲: کنترل‌کننده‌های عصبی

۱.۳

۲.۱۳ کنترل‌کننده عصبی تقلیدگر

۳.۱۳ کنترل‌کننده عصبی با استفاده از شناساگر عصبی غیرمستقیم

۴.۱۳ کنترل‌کننده عصبی معکوس مستقیم

۱.۴.۱۳ کنترل‌کننده عصبی معکوس مستقیم حلقه بسته

۲.۴.۱۳ کنترل‌کننده عصبی معکوس مستقیم حلقه باز

۳.۴.۱۳ کنترل‌کننده عصبی معکوس مستقیم به مرجع

۵.۱۳ کنترل معکوس و شناسایی مستقیم

۶.۱۳ کنترل‌کننده معکوس و شناساگر مستقیم با مدل مرجع

۷.۱۳ آموزش کنترل‌کننده عصبی بر پایه فیلتر کالمن توسعه یافته

۸.۱۳ کنترل تطبیقی عصبی معکوس با مدل مرجع به همراه نویز اجتناف

۹.۱۳ کنترل مدل داخلی غیرخطی

۱۰.۱۳ نقاد تطبیقی عصبی

۱۱.۱۳ ساختار یادگیری غیرمستقیم

۱۲.۱۳ کنترل‌کننده PID مبتنی بر شبکه عصبی

۱.۱۲.۱۳ تنظیم پارامترهای کنترل‌کننده PID

۲.۱۲.۱۳ کنترل‌کننده PID خود تنظیم

۲۴۳	 روش‌های تنظیم مکاشفه‌ای
۲۴۵	 ۴.۱۲.۱۳ تنظیم کننده کنترل کننده PID بر پایه چند شبکه عصبی
۲۴۵	 ۵.۱۲.۱۳ ساختار کنترل کننده تطبیقی مدل مرجع عصبی مستقیم
۲۴۷	 ۱۳.۱۳ خلاصه مطالب فصل سیزدهم
۲۴۷	 تمرین
۲۴۹	 فصل ۱۴: کنترل کننده عصبی- ترکیبی
۲۴۹	 ۱.۱۴ آموزش خطای پس‌خور
۲۵۰	 ۱.۱.۱۴ شمای کلی روش آموزش خطای پس‌خور
۲۵۲	 ۲.۱.۱۴ آموزش کنترل کننده عصبی با آموزش خطای پس‌خور
۲۵۳	 ۳.۱.۱۴ کنترل کننده عصبی انعطاف‌پذیر با آموزش خطای پس‌خور
۲۵۳	 ۴.۱.۱۴ کنترل کننده تطبیقی همراه شناساگر
۲۵۴	 ۵.۱.۱۴ کنترل کننده تطبیقی پیش‌بینی همراه شناساگر و مدل مرجع
۲۵۵	 ۲.۱۴ ترکیب کنترل کننده ساختار معیار کنترل کننده عصبی
۲۵۷	 ۳.۱۴ کنترل کننده عصبی بر پایه مد لغزشی
۲۶۱	 ۴.۱۴ کنترل تطبیقی مستقیم پایدار
۲۶۴	 ۵.۱۴ خطی سازی پس‌خور عصبی تطبیقی
۲۶۶	 ۶.۱۴ خلاصه مطالب فصل چهاردهم
۲۶۶	 تمرین
۲۶۷	 فصل ۱۵: همگرایی محلی و تجزیه و تحلیل پایداری در شبکه های عصبی پرسپترون
۲۶۷	 شناساگر و کنترل کننده
۲۶۷	 ۱.۱۵ مقدمه
۲۶۹	 ۲.۱۵ تجزیه و تحلیل الگوریتم پس انتشار خطای کنترل کننده برخط
۲۷۰	 ۳.۱۵ همگرایی شبکه عصبی شناساگر
۲۷۷	 ۴.۱۵ همگرایی کنترل کننده عصبی
۲۷۹	 ۵.۱۵ خلاصه مطالب فصل پانزدهم

تمرین.....	۲۸۰
فصل ۱۶: طراحی بهینه الگوریتم های آموزشی شبکه های عصبی شناساگر و کنترل کننده.....	۲۸۱
۱.۱۶ مقدمه.....	۲۸۱
۲.۱۶ الگوریتم های آموزشی آزاد از گرادیان.....	۲۸۲
۳.۱۶ الگوریتم های آموزشی بر پایه تابع لیاپانوف.....	۲۸۳
۴.۱۶ الگوریتم های آموزشی ترکیبی.....	۲۸۳
۵.۱۶ پایا ی د. آموزش پارامترهای شبکه عصبی.....	۲۸۳
۶.۱۶ طراحی الگوریتم آموزشی بهینه تطبیقی.....	۲۸۴
۱.۶.۱۶ الگوریتم گرادیان نزولی تطبیقی کامل.....	۲۸۵
۲.۶.۱۶ الگوریتم گرادیان نزولی غیرخطی نرمال تطبیقی کامل شبکه انعطاف پذیر MLP.....	۲۹۴
۳.۶.۱۶ بررسی همگرایی.....	۳۰۰
۷.۱۶ خلاصه مطالب فصل شانزدهم.....	۳۰۱
تمرین.....	۳۰۲
فصل ۱۷: همگرایی در شبکه عصبی پویا.....	۳۰۳
۱.۱۷ نورن پویا.....	۳۰۳
۲.۱۷ شبکه عصبی پویا.....	۳۰۶
۳.۱۷ ارائه الگوریتم نرخ آموزش تطبیقی برای شبکه عصبی پویا.....	۳۰۹
۴.۱۷ ارائه الگوریتم گرادیان نزولی غیرخطی نرمال تطبیقی کامل برای شبکه عصبی پویا.....	۳۱۱
۵.۱۷ بررسی همگرایی.....	۳۱۳
۶.۱۷ آنالیز پایداری شبکه عصبی پویا با کمک تابع لیاپانوف.....	۳۱۴
۷.۱۷ نورن پویای راف.....	۳۱۸
۸.۱۷ طراحی شبکه عصبی پویای راف.....	۳۲۰
۹.۱۷ خلاصه مطالب فصل هفدهم.....	۳۲۳

۳۲۳	تمرین
۳۲۵	مراجع
۳۳۵	واژه‌نامه انگلیسی - فارسی
۳۴۳	نمایه

www.ketab.ir



پیشگفتار

شبکه‌های عصبی مصنوعی از اواخر نیمه اول قرن بیستم و با دیدگاه سیستم‌های زیستی به ویژه انسان مورد توجه علاقه‌مندان و بسیاری از پژوهشگران در حوزه‌های علوم شناختی، روانشناسی و مهندسی قرار گرفت. با توجه به توانایی بالای شبکه‌های عصبی مصنوعی در یادگیری و تصمیم‌گیری، یادگیری آن‌ها در زمینه‌های مختلفی در جامعه علمی مطرح شده و تاکنون ده‌ها مقاله و کتاب‌ها، ارزشمندی شبکه‌های عصبی و کاربردهای آن به چاپ رسیده است.

در چند دهه اخیر شبکه‌های عصبی مصنوعی با ساختارها و الگوریتم‌های متنوع یادگیری، کاربردهای گسترده‌ای در علم اقتصاد، انسانی، فیزیک، شیمی، ریاضی و تمامی زمینه‌های مهندسی یافته و به سرعت نیز در حال توسعه هستند. پژوهشگران با الهام گرفتن از سیستم‌های زیستی مختلف پیوسته به معرفی روش‌های جدیدی برای گسترش کاربرد و بهبود شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌پردازند. با توجه به پیچیدگی و غیرخطی بودن بسیاری از سیستم‌ها و وجود رابطه‌هایی از مرتبه بالا بین ورودی و خروجی آن‌ها، استفاده از شبکه‌های عصبی در عرصه‌های پژوهشی و صنعتی منطقی به نظر می‌رسد. همچنین در بسیاری از سیستم‌ها، نوعی تداخلی بین متغیرهای درونی وجود داشته و تفکیک کردن داده‌ها به سستی امکان‌پذیر است. یکی از ابزارهای پر قدرت در تحلیل این گونه سیستم‌ها، شبکه عصبی است. در کتاب حاضر سعی داریم شبکه‌های عصبی مصنوعی به همراه کاربردهای آن‌ها در زمینه‌های مختلف، نه تنها به گرفتن از سیستم‌های زیستی را معرفی نماییم.

در فصل‌های آغازین، مفاهیم پایه شبکه‌های عصبی معرفی شده و سپس روش‌های پیشرفته‌تر از جمله شبکه‌های عصبی راف و مثلثاتی پرداخته شده است. شبکه‌های عصبی راف بر پایه نظریه راف (رهیافتی برای کار با عدم قطعیت در سیستم‌های واقعی) هستند.

کتاب حاضر در فصل‌هایی به شرح زیر نگاشته شده است. فصل اول نگاهی اجمالی به هوش مصنوعی و شبکه‌های عصبی دارد و فصل دوم شرح کاملی از شبکه‌های عصبی پرسپترون، به عنوان پرکاربرترین نوع شبکه، معرفی می‌نماید. در فصل سوم شبکه‌های عصبی انعطاف‌پذیر با قابلیت‌های ویژه و کاربردهای خاص ارائه می‌شوند. در فصل چهارم روش‌های بهبود الگوریتم‌های آموزش شبکه‌های عصبی بیان می‌شوند. فصل پنجم فیلترهای تطبیقی عصبی را با نگاهی به فیلترهای تطبیقی معرفی می‌کند. در فصل ششم شبکه‌های عصبی راف با چند ساختار مختلف با ویژگی‌های خاص معرفی می‌شوند. شبکه‌های عصبی مبتنی بر توابع شعاعی و تعمیم آن‌ها یعنی شبکه‌های

عصبی توابع شعاعی راف در فصل هفتم معرفی می‌شوند. این شبکه‌ها در کاربردهای شناسایی، کنترل، دسته‌بندی و تشخیص الگو بسیار مفید هستند. شبکه‌های عصبی برگشتی حافظه‌دار که برای سیستم‌های پویا و متغیر با زمان بسیار مناسب هستند در فصل هشتم معرفی می‌شوند. فصل نهم به شبکه‌های عصبی GMDH برای شناسایی و دسته‌بندی در سیستم‌های با پویایی زیاد (بیشتر برای کاربردهای برون خط) اختصاص دارد. فصل دهم به شبکه‌های عصبی بر پایه توابع مثلثاتی اختصاص دارد که با ترکیب‌های متنوع و ساختارهای مختلفی طراحی و پیاده‌سازی شده‌اند. فصل یازدهم به معرفی شبکه‌های عصبی مخچه بر پایه مدل مخچه می‌پردازد که با الهام گرفتن از روش کنترل اعضای بدن توسط مخچه شناسایی و کنترل سیستم‌ها را انجام می‌دهند.

در فصل دهم به چگونگی استفاده از شبکه‌های عصبی به عنوان شناساگر پرداخته می‌شود. در این فصل به انواع اختراهای شناساگر عصبی مبتنی بر دینامیک‌های ورودی و خروجی سیستم‌ها اشاره شده و سعی در ارائه الگوریتم‌های آموزشی پرکاربرد در رشته‌های مهندسی دارد. دو فصل چهاردهم و پانزدهم به تیب کنترل کننده‌های عصبی ساده و ترکیبی را ارائه می‌دهند. کنترل کننده عصبی مستقیم خود یک شبکه عصبی به عنوان کنترل کننده بوده به طوری که پیاده‌سازی این نوع کنترل کننده ساده ولی طراحی و تنظیم پارامترهای آن مشکل است. کنترل کننده‌های ترکیبی که از ترکیب کنترل کننده عصبی و کنترل کننده کلاسیک تشکیل شده‌اند همیشه بر پایه مدل می‌باشند. فصل‌های شانزدهم و هفدهم به تعاریف و مفاهیم پایداری و همگرایی در شبکه عصبی پرسپترون و نورن‌های پویا می‌پردازند. لازم به ذکر است که این فصل‌ها برای بخش‌های شناسایی و کنترل بسیار مفید هستند.

در پایان هر فصل، تعدادی تمرین برای آشنایی بیشتر با مباحث ارائه شده و شبیه‌سازی‌هایی نیز برای روشن تر شدن مطالب در پیوست آورده شده است. همچنین برای خوانندگان علاقه‌مند به برنامه‌نویسی الگوریتم‌های شبکه‌های عصبی، برنامه‌های گوناگونی در پیوست در نرم‌افزار متلب در پیوست ارائه شده است.

دانشجویان رشته‌های مهندسی به ویژه کامپیوتر و برق و سایر علاقه‌مندان به مقوله شبکه‌های عصبی می‌توانند از این کتاب بهره‌برداری کنند. همچنین از این کتاب می‌توان به عنوان مرجع دروس مربوط به شبکه‌های عصبی در مقطع تحصیلات تکمیلی یا کارشناسی استفاده کرد. برای استفاده از مطالب کتاب خواننده تنها به دانش اولیه‌ای از ریاضیات مقدماتی، عملیات جبری و ماتریسی نیاز دارد. البته به صورت تخصصی می‌توان کتاب را به دو بخش تقسیم کرد، بخش اول (تا پایان فصل دوازده) برای تمامی خوانندگان و بخش دوم (فصل سیزدهم تا انتهای کتاب) بیشتر برای دانشجویان رشته‌های برق مناسب است.

این کتاب مرهون تشویق دوستان و همکاران در دانشگاه‌های مختلف هست. از دانشجویان دکترای هوش مصنوعی و کنترل، آقایان یوسف شرفی، علی‌رضا فلاحتی آذر و محسن کرامتی نوری و همچنین از آقای محمد منثوری که ما را در تهیه، ویرایش مطالب کتاب و تدوین برنامه‌ها یاری

کرده‌اند سپاسگزاری می‌شود.

امیدواریم که شما علاقه‌مندان و دوستداران محیط‌های یادگیری مبتنی بر علوم اعصاب شناختی، با استفاده از این کتاب، مشوق توسعه و گسترش مفاهیم پایه‌ای سیستم‌های عصبی زیستی باشید و با ارسال نظر اصلاحی و تکمیلی خود از طریق ایمیل (teshnehlab@eetd.kntu.ac.ir) یا ناشر، ما را در این راه یاری نمایید.

محمد تشنه‌لب

پوریا جعفری

www.ketab.ir