اصول و مبانی یادگیری عمیق

نویسندگان:

دکتر ساسان کرمی‌زاده

دکتر ابوذر عرب‌سرخی

(عضو هیات علمی پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات)

انتشارات آوای قلم

سرشناسه: کرمی‌زاده، ساسان،۱۳۶۳
عنوان و نام پدیدآور: اصول و مبانی یادگیری عمیق/ نویسندگان: ساسان کرمی‌زاده، ابوذر عرب‌سرخی.
مشخصات نشر: تهران: آوای قلم، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری: ۳۵۲ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک: ۶-۸۶-۷۵۴۲-۶۰۰-۹۷۸ **وضعیت فهرست‌نویسی:** فیپا
موضوع: هوش مصنوعی **موضوع:** Artificial intelligence
موضوع: فراگیری ماشینی **موضوع:** Machine learning
موضوع: شبکه‌های عصبی (کامپیوتر) **موضوع:** Neural networks (Computer science)
شناسه افزوده: کرمی‌زاده، ساسان، ۱۳۶۳ -
شناسه افزوده: عرب‌سرخی، ابوذر، ۱۳۶۰ -
رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۷۳۴۷TA ۹ب۹هـ/
رده‌بندی دیویی: ۰۰۶/۳۱
شماره کتابشناسی ملی: ۵۲۰۳۰۹۰

نام کتاب: اصول و مبانی یادگیری عمیق

نویسندگان:	دکتر ساسان کرمی‌زاده	**تاریخ نشر:**	۱۳۹۷
	دکتر ابوذر عرب‌سرخی	**نوبت چاپ:**	اول
ناشر:	انتشارات آوای قلم	**شمارگان:**	۲۵۰ جلد
حروفچینی و صفحه‌آرایی:	انتشارات آوای قلم	**قیمت:**	۴۸۰۰۰۰ریال
طراحی روی جلد:	انتشارات آوای قلم	**شابک:**	۹۷۸-۶۰۰-۷۵۴۲-۸۶-۶
ویراستار:	فریبا غفاری		

آدرس: تهران ـ میدان انقلاب ـ خیابان کارگر شمالی ـ ابتدای خیابان نصرت ـ کوچه باغ نو ـ کوچه داوود آبادی شرقی ـ پلاک ۴
شماره تماس: ۶۶۵۹۱۵۰۴ **تلفکس:** ۶۶۵۹۱۵۰۵
فروشگاه کتاب الکترونیکی: www.avapublisher.com
فروشگاه کتاب چاپی: www.khaniranshop.com

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

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ناشر ۱۶
پیشگفتار ۱۷
سخن نویسنده ۱۹

فصل اول: اصول یادگیری عمیق

۱-۱ مقدمه ۲۲
۱-۲ ساخت ماشین‌های هوشمند ۲۲
۱-۳ محدودیت‌های رایانه‌های نسل قدیم ۲۳
۱-۴ علم مکانیک یادگیری ماشینی ۲۵
۱-۵ نورون ۲۸
۱-۶ بیان دریافت خطی نورون‌ها ۳۰
۱-۷ شبکه‌های عصبی پیشرو ۳۱
۱-۸ نورون‌های خطی و محدودیت‌های موجود ۳۴
۱-۹نورون واحد ۳۵
۱-۱۰ لایه‌های خروجی سافت‌مَکس ۳۷
خلاصه ۳۸

فصل دوم: آموزش شبکه‌های عصبی

۲-۱ مقدمه ۳۹
۲-۲ آموزش کنترل سیستم‌های عصبی ۴۰
۲-۳ گرادیان کاهشی ۴۲
۲-۴ قانون دِلتا و سرعت یادگیری ۴۴
۲-۵ گرادیان کاهشی با نورون‌های سیگموئید ۴۵
۲-۶ الگوریتم پس انتشار خطا ۴۶
۲-۷ گرادیان کاهشی اتفاقی و ریزدسته ۴۸
۲-۸ مجموعه‌های آزمایشی، مجموعه‌های اعتبارسنجی و انطباق بیش از حد ۵۰
۲-۹ جلوگیری از انطباق بیش از حد در شبکه‌های عصبی عمیق ۵۸
خلاصه ۶۱

فصل سوم: کتابخانه‌های یادگیری عمیق

۳-۱ مقدمه ۶۳
۳-۲ تِئانو ۶۴
۳-۲-۱ ساختار گراف در تِئانو ۶۶
۳-۲-۲ ساخت گراف در تِئانو ۶۷
۳-۲-۳ تمایز نمادین ۶۷
۳-۲-۴ پویش: حلقه‌های نمادین ۶۹
۳-۲-۵ مرحله کامپایل ۶۹
۳-۲-۵-۱ بهینه‌سازی نمودار ۶۹
۳-۲-۵-۲ متغیرهای مشترک ۷۱
۳-۲-۶ اجرای تابع ۷۲
۳-۲-۷ گسترس تِئانو ۷۳
۳-۲-۸ CUDNN ۷۳
۳-۲-۹ بصری‌سازی، اِشکال‌زدایی و ابزارهای تشخیص عیب ۷۴
۳-۲-۹-۱ بصری‌سازی تعاملی ۷۴
۳-۲-۹-۲ مقادیرآزمایش ۷۵
۳-۲-۹-۳ NanGuardMode ۷۶
۳-۲-۹-۴ عملیات PdbBreakPoint ۷۶
۳-۲-۹-۵ نگهداری از دنبالهٔ ایجاد پشته ۷۶
۳-۲-۱۰ محدودیت‌ها و چالش‌های کتابخانه تِئانو ۷۷
۳-۲-۱۰-۱ محدودیت‌های پایتون ۷۷
۳-۲-۱۰-۲ بهینه‌سازی زمان گراف ۷۸
۳-۲-۱۰-۳ زمان کامپایل کد ۷۸
۳-۲-۱۰-۴ حلقه‌ها و ساختار کنترل جریان ۷۹
۳-۲-۱۰-۵ موازی‌سازی چند گره ۷۹
۳-۳ کافه ۷۹
۳-۳-۱ معماری کافه رابط حافظه، و شبکه‌ها ۷۹
۳-۳-۲ معماری بیانی ۸۲
۳-۳-۳ دیجیت ۸۲
۳-۳-۴ لایه‌ها در کافه ۸۲

۳-۳-۴-۱ لایه‌های بینایی ۸۳
۳-۳-۴-۲ لایه‌های عصبی/ فعال‌سازی ۸۴
۳-۳-۴-۳ لایه داده ۸۴
۳-۳-۴-۴ لایه‌های رایج ۸۴
۳-۳-۴-۵ لایه‌های بازگشتی ۸۵
۳-۳-۴-۶ کاهش ۸۵
۳-۳-۵ ذخیره‌سازی بلاب و ارتباط‌ها ۸۶
۳-۳-۶ محاسبه‌های لایه و اتصال‌ها ۸۶
۳-۳-۷ تعریف شبکه و عملیات ۸۸
۳-۳-۸ حل‌کننده ۸۸
۳-۳-۹ خط فرمان ۸۹
۳-۴ کتابخانه نرم‌افزاری تِنسورفِلو ۹۰
۳-۴-۱ نصب تِسورفِلو ۹۰
۳-۴-۲ ایجاد و دستکاری متغیرهای تِنسورفِلو ۹۱
۳-۴-۳ توابع تِنسورفِلو ۹۳
۳-۴-۴ تِنسورهای جانگهدارنده ۹۴
۳-۴-۵ نشست‌ها در تِنسورفِلو ۹۵
۳-۴-۵-۱ دامنه متغیرها و اشتراک‌گذاری آن‌ها ۹۷
۳-۴-۵-۲ مدیریت مدل‌ها بر روی پردازنده و پردازنده گرافیکی ۱۰۰
۳-۴-۶ تعیین مدل رگرسیون لجستیک در تِنسورفِلو ۱۰۱
۳-۴-۷ ثبت و آموزش مدل رگرسیون لجستیک ۱۰۴
۳-۴-۸ توانایی تِنسوربورد برای تجسم نمودارهای رایانشی و یادگیری ۱۰۶
۳-۴-۹ ساخت مدل چندلایه برای MNIST در تِنسورفِلو ۱۰۸
۳-۵ مقایسه کتابخانه‌ها ۱۱۱
۳-۶ نرم‌افزار یادگیری عمیق ۱۱۲
خلاصه ۱۱۳

فصل چهارم: گرادیان کاهشی

۴-۱ مقدمه ۱۱۶
۴-۲ چالش‌های گرادیان کاهشی ۱۱۶
۴-۳ حداقل محلی در سطوح خطای شبکه‌های عمیق ۱۱۷

۴-۴ اصل تشخیص مدل ۱۱۸
۴-۵ ایجاد مشکل توسط حداقل‌های محلی نادرست در شبکه‌های عمیق ۱۱۹
۴-۶ نواحی مسطح در سطح خطا ۱۲۳
۴-۷ نادرست بودن جهت نقاط گرادیان ۱۲۵
۴-۸ بهینه‌سازی مبتنی بر مقدار حرکت ۱۲۷
۴-۹ نگاهی اجمالی به روش‌های مرتبه‌دوم ۱۳۱
۴-۱۰ سازگاری با میزان یادگیری ۱۳۲
۴-۱۰-۱ الگوریتم AdaGrad ۱۳۲
۴-۱۰-۲ الگوریتم RMSProp: معکوس میانگین حرکت گرادیان وزن‌دهی‌شده ۱۳۴
۴-۱۰-۳ الگوریتم آدام: ترکیب الگوی مقدار حرکت و RMSProp ۱۳۴
۴-۱۱ فلسفه انتخاب بهینه‌ساز ۱۳۶
خلاصه ۱۳۷

فصل پنجم: تعبیه‌سازی و نمایش

۵-۱ مقدمه ۱۴۰
۵-۲ کاستی‌های انتخاب ویژگی ۱۴۰
۵-۳ عدم وجود مقیاس در شبکه‌های عصبی عمیق وانیل ۱۴۳
۵-۴ معماری قشر دیداری ۱۴۵
۵-۵ لایه پولینگ ۱۴۶
۵-۶ لایه کانولوشِن ۱۴۸
۵-۷ فیلتر ۱۵۰
۵-۸ کشیدن نگاشت‌های ویژگی ۱۵۱
۵-۹ نیازمندهای حافظه برای شبکه عصبی کانولوشِن ۱۵۳
۵-۱۰ معماری شبکه عصبی کانولوشِن ۱۵۴
۵-۱۰-۱ معماری LeNet ۱۵۵
۵-۱۰-۲ معماری اِلکس‌نت ۱۵۶
۵-۱۰-۳ معماری گوگل‌نِت ۱۵۸
۵-۱۰-۴ معماری شبکه باقی‌مانده ۱۶۱
۵-۱۱ تنظیم، حفظ یا جایگزینی لایه‌های بالایی ۱۶۵
۵-۱۱-۱ پیش آموزش بدون ناظر ۱۶۵
۵-۱۱-۲ حذف ۱۶۷

۵-۱۱-۳ افزایش داده‌ها ۱۷۰
خلاصه ۱۷۱

فصل ششم: تعبیه و یادگیری

۶-۱ مقدمه ۱۷۴
۶-۲ نمایش یادگیری کاهش بعدها ۱۷۴
۶-۳ تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی ۱۷۵
۶-۴ ایجاد معماری کدکننده خودکار ۱۷۸
۶-۵ اجزاء کدکننده خودکار در تِنسورفِلو ۱۷۸
۶-۶ نویززدایی برای ایجاد نمایش‌های قوی‌تر ۱۹۳
۶-۷ انعطاف‌پذیری در کدکننده خودکار ۱۹۶
۶-۸ در چه مواقعی متن بیشتر از اطلاعات ورودی قابل اطمینان است ۱۹۹
۶-۸-۱ چارچوب Word2Vec و Vec2Word ۲۰۲
۶-۹ پیاده‌سازی معماری Skip-Gram ۲۰۵
خلاصه ۲۱۱

فصل هفتم: مدل‌هایی برای تجزیه و تحلیل توالی

۷-۱ مقدمه ۲۱۴
۷-۲ تحلیل ورودی‌ها با طول متغییر ۲۱۴
۷-۳ ردیابی seq2seq با شبکه عصبی N-Grams ۲۱۵
۷-۳-۱ پیاده‌سازی دستورهای گفتاری ۲۱۶
۷-۴ تجزیه وابستگی و SyntaTxNet ۲۲۴
۷-۵ جستجوی پرتو و نرمال‌سازی سراسری ۲۲۹
۷-۶ مدل‌یادگیری عمیق ۲۳۲
۷-۷ شبکه‌های عصبی بازگشتی ۲۳۴
۷-۸ چالش‌هایی در مورد گرادیان‌های محوشونده ۲۳۶
۷-۹ واحدهای حافظه کوتاه‌مدت طولانی ۲۳۹
۷-۱۰ شکل‌های هندسی اولیه تنسورفلو برای مدل‌های شبکه عصبی بازگشتی ۲۴۵
۷-۱۱ اجرای مدل نظرکاوی ۲۴۶
۷-۱۲ حل وظیفه seq2seq با شبکه‌های عصبی بازگشتی ۲۵۱
۷-۱۳ افزایش شبکه بازگشتی با توجه ۲۵۳

۷-۱۴ کالبدشکافی شبکه عصبی ترجمه ۲۵۶
خلاصه ۲۸۲

فصل هشتم: ماشین تورینگ عصبی

۸-۱ مقدمه ۲۸۴
۸-۲ ماشین تورینگ عصبی ۲۸۴
۸-۳ دسترسی حافظه مبتنی بر توجه ۲۸۶
۸-۴ آدرس‌دهی‌حافظه ماشین تورینگ عصبی ۲۸۷
۸-۵ رایانه‌های عصبی مشتق‌پذیر ۲۹۲
۸-۶ نوشتن بدون دخالت در رایانه عصبی مشتق‌پذیر ۲۹۴
۸-۷ استفاده مجدد از حافظه رایانه عصبی مشتق‌پذیر ۲۹۶
۸-۸ پیوند موقتی سیم‌های رایانه عصبی مشتق‌پذیر ۲۹۷
۸-۹ درک نوک خواندن رایانه عصبی مشتق‌پذیر ۲۹۸
۸-۱۰ شبکه کنترل رایانه عصبی مشتق‌پذیر ۲۹۸
۸-۱۱ تجسم رایانه عصبی مشتق‌پذیر ۳۰۰
۸-۱۲ پیاده‌سازی رایانه عصبی مشتق‌پذیر درتِنسورفِلو ۳۰۲
۸-۱۳ آموزش رایانه عصبی مشتق‌پذیر برای خواندن و تفسیر ۳۰۸
خلاصه ۳۱۰

فصل نهم: یادگیری تقویتی عمیق

۹-۱ مقدمه ۳۱۲
۹-۲ آموزش مدل تقویتی یادگیری بازی‌های آتاری ۳۱۲
۹-۳ آموزش تقویتی چیست ۳۱۳
۹-۳-۱ فرایند تصمیم‌گیری مارکوف ۳۱۵
۹-۴ خط‌مشی ۳۱۶
۹-۵ بازگشت آینده ۳۱۷
۹-۶ بازگشت آینده کاهش‌یافته ۳۱۸
۹-۷ کاوش در مقابل بهره‌برداری ۳۱۹
۹-۸ خط‌مشی در مقابل ارزش یادگیری ۳۲۱
۹-۹ خط‌مشی یادگیری از طریق گرادیان‌های خط‌مشی ۳۲۱
۹-۱۰ حل مسئله pole Cart با استفاده از گرادیان‌های خط‌مشی ۳۲۲

خلاصه ۳۲۹
فهرست واژگان ۳۳۰
پیوست ۳۴۲
اختصارها ۳۴۹
منابع ۳۵۰

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱ خلاصه ای ازعملیات تِنسورفِلو ۹۴
جدول ۵-۱ معماری LeNet5 ..... ۱۵۵
جدول ۵-۲ معماریاَلِکس‌نت ۱۵۶

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ تصویری از مجموعه داده‌های دیجیتالی دست نوشته MNIST ۲۳
شکل ۱-۲ یک صفر که از لحاظ الگوریتمی به سختی می‌توان آن‌را از شش تمیز داد..... ۲۴
شکل ۱-۳ فرآیند بردارسازی یک تصویر برای الگوریتم یادگیری ماشینی..... ۲۶
شکل ۱-۴ داده‌های نمونه برای الگوریتم پیش‌بینی آزمون و رده‌بندی بالقوه..... ۲۷
شکل ۱-۵ توضیح داده‌ها پیچیده مستلزم استفاده از مدل‌های متفاوت است..... ۲۸
شکل ۱-۶ توصیف عملکردی ساختار بیولوژیکی یک نورون..... ۲۹
شکل ۱-۷ طرح نورون در یک شبکه عصبی مصنوعی..... ۳۰
شکل ۱-۸ بیان عملکرد پِرسِپتِرون آزمون به عنوان یک نورون..... ۳۱
شکل ۱-۹ یک مثال ساده از شبکه عصبی پیشرو سه لایه (ورودی، نهان و خروجی) ۳۲
شکل ۱-۱۰ نمونه‌ای از یک نورون خطی..... ۳۵
شکل ۱-۱۱ خروجی یک نورون سیگموئید وقتی که مقدار z تغییر می‌کند..... ۳۶
شکل ۱-۱۲ خروجی یک نورونTanh وقتی که مقدار z تغییر می‌کند..... ۳۶
شکل ۱-۱۳ خروجی نورون ReLU وقتی که مقدار z تغییر می‌کند..... ۳۷
شکل ۲-۱ یک نورون که برای مسأله‌های فست‌فود آموزش خواهد دید..... ۴۰
شکل ۲-۲ سطح خطای منشوری درجه دوم برای نورون خطی..... ۴۲
شکل ۲-۳ تصویرسازی سطح خطا به عنوان مجموعه‌ای از خطوط..... ۴۳
شکل ۲-۴ سرعت یادگیری بالا موجب بروز چالش در همگرایی می‌شود..... ۴۴
شکل ۲-۵ نمودار مرجع برای مشتق الگوریتم پس انتشار..... ۴۷
شکل ۲-۶ گرادیان کاهشی دسته‌ای نسبت به نقطه‌چین‌ها حساس است که ۴۹
شکل ۲-۷ سطح خطای تصادفی با توجه به سطح خطای دسته‌ای نوسان می‌یابد و ۵۰
شکل ۲-۸ دو مدل بالقوه که مجموعه داده‌ها را توصیف می‌کند: مدل خطی در برابر ۵۱
شکل ۲-۹ ارزیابی مدل در داده نشان می‌دهد که بخش خطی عملکرد خیلی بهتری ۵۲
شکل ۲-۱۰ تصویرسازی شبکه‌های عصبی با ۳، ۶ و ۲۰ نورون (در آن ترکیب) در لایه مخفی..... ۵۳
شکل ۲-۱۱ تصویرسازی شبکه‌های عصبی با ۱، ۲ و ۴ لایه مخفی سه نورونی..... ۵۳
شکل ۲-۱۲ اغلب داده‌ها را به آموزش‌های بدون تداخل و مجموعه آزمون تقسیم ۵۴
شکل ۲-۱۳ در یادگیری عمیق اغلب از یک مجموعه اعتبارسنجی با هدف جلوگیری... ..... ۵۵
شکل ۲-۱۴ جریان کار تفصیلی برای آموزش و ارزیابی مدل یادگیری عمیق..... ۵۷
شکل ۲- ۱۵ تجسم شبکه‌های عصبی آموزش دیده با روش قدرت نظم‌دهی ۰/۰۱و ۰/۱ و ۱..... ۵۹
شکل ۲-۱۶ ترک عضو در طول هر ریزدسته آموزشی، هر نورون در شبکه را ۶۰

شکل ۳-۱ نمونه‌ای از بصری‌سازی تعاملی با استفاده از d3viz ۷۵
شکل ۳-۲ داده X از طریق یک لایه داخلی برای $g(x)$ و سپس از طریق سافت‌مَکس ۸۱
شکل ۳-۳ نمونه‌ای از حرکت روبه‌عقب ۸۱
شکل ۳-۴ نمونه‌ای از یک لایه محاسبه و اتصال ۸۷
شکل ۳-۵ مثالی از نمونه‌سازی متغیر تِنسورفِلو ۹۳
شکل ۳-۶ نمونه‌ای از گراف رایانشی تِنسورفِلو ۹۶
شکل ۳-۷ ساخت چند مدل پردازنده گرافیکی در یک حالت برج‌مانند ۱۰۱
شکل ۳-۸ تفسیر رگرسیون لجستیک به عنوان یک شبکه عصبی اولیه ۱۰۲
شکل ۳-۹ نمایش رویدادهای تِنسوربورد ۱۰۷
شکل ۳-۱۰ نمای گراف تِنسوربورد ۱۰۸
شکل ۳-۱۱ شبکه پیش‌خوار تغذیه‌شده با نورون ReLU و دو لایه پنهان ۱۱۰
شکل ۴-۱ نمونه‌ای از گرادیان کاهشی ریزدسته ۱۱۷
شکل ۴-۲ تنظیم مجدد نورون‌ها در یک لایه شبکه عصبی حاصل از تنظیم‌های ۱۱۸
شکل ۴-۳ تابع هزینه شبکه پیشخور سه لایه ایجاد شده خطی inter- polate بین ۱۲۲
شکل ۴-۴ نمونه‌ای از تحلیل نقطه بحرانی در یک بعد ۱۲۳
شکل ۴-۵ یک نقطه حائل بر روی یک سطح خطای دو بعدی ۱۲۴
شکل ۴-۶ عدم اثبات ساختار سراسری سطح خطا توسط اطلاعات محلی کدگذاری شده گرادیان .. ۱۲۵
شکل ۴-۷ تغییر جهت گرادیان با تغییر حرکت گرادیان کاهشی ۱۲۶
شکل ۴-۸ تغییرپذیری هموارسازی مومِنتوم در طول یک پیاده‌روی تصادفی ۱۲۹
شکل ۴-۹ مقایسه آموزش شبکه پیش‌خور با الگوریتم مقدار حرکت (بالا) و بدون آن (پایین) ۱۳۰
شکل ۴-۱۰ روش سریع‌ترین کاهش اغلب مُنکَسِر می‌شود. کاهش مزدوج تلاش دارد ۱۳۲
شکل ۵-۱ نمونه‌ای از الگوریتم فرضی تشخیص چهره ۱۴۱
شکل ۵-۲ نمونه‌ای ازتصویری از شدت نشانگرها ۱۴۲
شکل ۵-۳ تراکم اتصال‌ها بین لایه‌ها هنگام افزایش اندازه تصویر افزایش می‌یابد ۱۴۴
شکل ۵-۴ نمونه‌ای ازلایه کانولوشِن که از آرایش سه‌بعدی نورون‌ها ایجاد می‌شود ۱۴۵
شکل ۵-۵ نمونه‌ای از میدان‌های پذیرنده محلی در قشر دیداری ۱۴۶
شکل ۵-۶ نمونه‌ای از لایه مکس پولینگ ۱۴۷
شکل ۵-۷ لایه‌های شبکه‌های عصبی کانولوشِن با میدان‌های پذیرنده محلی مستطیلی ۱۴۸
شکل ۵-۸ اتصال‌ها ما بین لایه‌ها و پدینگ صفر ۱۴۹
شکل ۵-۹ کاهش ابعاد با استفاده از گام ۱۵۰
شکل ۵-۱۰ نمونه‌ای از کاربرد دو فیلتر متفاوت برای دستیابی به دو نگاشت ویژگی ۱۵۱

شکل ۵-۱۱ لایه‌های کانولوشِن با نگاشت‌های ویژگی متعدد و تصاویری با سه کانال ۱۵۲
شکل ۵-۱۲ نمونه معماری شبکه عصبی کانولوشِن ۱۵۴
شکل ۵-۱۳ نمونه‌ای از ماژول شروع ۱۵۹
شکل ۵-۱۴ نمونه‌ای از معماری گوگل‌نت ۱۶۰
شکل ۵-۱۵ نمونه‌ای از یادگیری باقیمانده ۱۶۲
شکل ۵-۱۶ نمونه‌ای از شبکه عصبی عمیق منظم (چپ) و شبکه باقیمانده عمیق (راست) ۱۶۳
شکل ۵-۱۷ نمونه‌ای از معماری شبکه باقی مانده ۱۶۳
شکل ۵-۱۸ نمونه‌ای از اتصال پرش هنگام تغییر اندازه و عمق نگاشت ویژگی ۱۶۴
شکل ۵-۱۹ پیش آموزش بدون‌ناظر ۱۶۷
شکل ۵-۲۰ نمونه‌ای ازتنظیم حذف ۱۶۸
شکل ۵-۲۱ تولید نمونه‌های آموزشی جدید از نمونه‌های موجود ۱۷۱
شکل ۶-۱ نمونه‌ای از تعبیه‌سازی برای انتخاب خودکار ویژگی در مواجهه با ... ۱۷۴
شکل ۶-۲ نمونه‌ای از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای کاهش ابعاد ۱۷۶
شکل ۶-۳ نمونه‌ای که در آن تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی در کاهش ابعادی ... ۱۷۷
شکل ۶-۴ نمونه‌ای از معماری کدکننده خودکار ۱۷۸
شکل ۶-۵ تنظیم آزمایشی برای کاهش ابعادی پایگاه داده MNIST ۱۷۹
شکل ۶-۶ نمایش اجزاء سطح بالا و جریان داده‌ها به‌وسیله تِنسورفِلو ۱۸۵
شکل ۶-۷ نمونه‌ای از هزینه‌های مربوط به مجموعه آموزش ۱۸۶
شکل ۶-۸ مجموعه دادهMNIST ۱۸۷
شکل ۶-۹ نمونه‌ای از مقایسه مقادیر ورودی اصلی (از مجموعه اعتبارسنجی) در کنار هم ۱۸۷
شکل ۶-۱۰ مقایسه بازسازی‌های تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی و کدکننده خودکار ۱۸۹
شکل ۶-۱۱ تجسم تعبیه‌سازهای دو بعدی به‌وسیله تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی ... ۱۹۲
شکل ۶-۱۲ نمونه‌هایی از نویززدایی در مجموعه داده MNIST ۱۹۳
شکل ۶-۱۳ نمونه‌ای از نویززدایی ۱۹۵
شکل ۶-۱۴ آموزش نویزدایی کدکننده خودکار برای ساخت تصاویر اصلی تخریب نشده ۱۹۶
شکل ۶-۱۵ دشواری ترکیب بازنمایی متراکم و هم‌پوشانی اطلاعات حاصل از ویژگی‌های... ۱۹۷
شکل ۶-۱۶ افزایش تفسیرپذیری نمایش با ترکیب مناسب فضا و پراکندگی ۱۹۸
شکل ۶-۱۷ نمونه‌ای از ایجاد نمایش‌های بردار one-hot برای کلمه‌ها با استفاده ... ۲۰۰
شکل ۶-۱۸ شناسایی کلمه‌های با معنی مشابه براساس مفهوم آن‌ها ۲۰۱
شکل ۶-۱۹ نمونه‌ای از معماری برای طراحی کدکننده‌ها و کدگشاها در تعبیه‌سازها ۲۰۲
شکل ۶-۲۰ نمونه یک تصویر که در مورد تخمین سازگاری نویز عمل می‌نماید ۲۰۴

شکل ۶-۲۱ تجسم تعبیه‌سازهای Skip-Gram با استفاده از t-SNE ۲۱۱
شکل ۷-۱ شبکه‌های پیش‌خور در مسایل اندازه ورودی ثابت رشد می‌کنند ۲۱۴
شکل ۷-۲ یک نمونه از تجزیه POS برای جمله انگلیسی ۲۱۵
شکل ۷-۳ استفاده از شبکه پیش‌خور رو به جلو برای انجام seq2seq ۲۱۶
شکل ۷-۴ تجسم تنسورفِلو در مورد مدل برچسب‌گذاری پیش‌خور POS ۲۲۴
شکل ۷-۵ نمونه‌ای از یک تجزیه وابستگی را که درختی از روابط بین کلمه‌ها در ۲۲۵
شکل ۷-۶ نمایش ۲ درخت به‌صورت خطی ۲۲۵
شکل ۷-۷ خطی‌سازی مثال درخت تجزیه وابستگی ۲۲۶
شکل ۷-۸ نمونه‌ای از سیستم قوس استاندارد ۲۲۷
شکل ۷-۹ دنباله‌ای از اقدام‌هایی که به تجزیه وابستگی صحیح منجر می‌شود ۲۲۸
شکل ۷-۱۰ نمونه‌ای از چارچوب عصبی برای تجزیه وابستگی قوس استاندارد ۲۲۹
شکل ۷-۱۱ استفاده از جستجوی پرتو (با اندازه پرتو ۲) و توسعه مدل آموزش ۲۳۰
شکل ۷-۱۲ می‌توانیم نرمال‌سازی سراسری را در SyntaxNet به‌صورت آموزشی و ۲۳۲
شکل ۷-۱۳ نمونه‌ای از مدل ایده‌آل برای تحلیل توالی ۲۳۳
شکل ۷-۱۴ یک لایه بازگشتی شامل ارتباط‌های بازگشتی است ۲۳۴
شکل ۷-۱۵ شبکه عصبی مکرر را می‌توان در طول زمان به‌صورت شبکه پیش‌خوری.... ..... ۲۳۵
شکل ۷-۱۶ نمونه‌ای از یک نورون واحد، لایه بازگشتی با اتصال کامل ۲۳۷
شکل ۷-۱۷ نمونه‌ای از معماری یک واحد حافظه بلندمدت کوتاه ۲۳۹
شکل ۷-۱۸ نمونه‌ای از معماری دروازه نگاه دارنده یک واحد حافظه بلندمدت کوتاه ۲۴۰
شکل ۷-۱۹ نمونه‌ای از معماری دروازه نوشتن واحد حافظه بلندمدت کوتاه ۲۴۱
شکل ۷-۲۰ نمونه‌ای معماری دروازه‌های خروجی واحد حافظه بلند مدت کوتاه ۲۴۲
شکل ۷-۲۱ ذخیره یک واحد حافظه کوتاه‌مدت طولانی در طول زمان ۲۴۳
شکل ۷-۲۲ ایجاد واحد حافظه بلندمدت کوتاه به عنوان لایه بازگشتی پشته در شبکه عصبی ۲۴۴
شکل ۷-۲۳ نمونه‌ای از هزینه‌های آموزشی، هزینه اعتبار سنجی و صحت مدل ۲۵۰
شکل ۷-۲۴ نحوه استفاده از شبکه کدگذار / کدگشا برای مقابله با مسئله seq2seq ۲۵۲
شکل ۷-۲۵ معماری skip-thought seq2seq برای ایجاد تعبیه‌سازهای معرف کل جمله‌ها ۲۵۳
شکل ۷-۲۶ نمونه‌ای از طراحی توانایی توجه در معماری seq2seq ۲۵۴
شکل ۷-۲۷ نمونه‌ای از یک مکانیسم توجه پویا را براساس حالت پنهان شبکه... ..... ۲۵۵
شکل ۷-۲۸ نمونه‌ای از راهبرد ساده برای توالی‌های لایه‌گذاری ۲۵۸
شکل ۷-۲۹ نمونه‌ای از لایه گذاری توالی‌ها با جعبه‌ها ۲۵۹
شکل ۷-۳۰ نمونه‌ای از طرح لایه گذاری نهایی با سطل‌ها، معکوس‌کردن ورودی و ۲۶۰

شکل ۷-۳۱ نمودار perplexity بر اساس آموزش داده در طول زمان نشان داده شده است. ۲۸۰
شکل ۷-۳۲ نمودار یادگیری در طول زمان..... ۲۸۱
شکل ۷-۳۳ نمونه‌ای از یک کدگشا به‌صورت پنهان در کد گذار حضور دارد. ۲۸۲
شکل ۸-۱ نمونه‌ای از مقایسه معماری یک رایانه مدرن که برنامه خود را تعذیه می‌کند..... ۲۸۵
شکل ۸-۲ نمونه‌ای از چگونگی مطالعه مبتنی بر توجه تار..... ۲۸۷
شکل ۸-۳ نمونه‌ای از کلید غیر قطعی همراه قدرت واحد ۲۸۹
شکل ۸-۴ (سمت چپ) تغییر وزن‌دهی متمرکز در سمت راست، وزن‌دهی به ۲۹۰
شکل ۸-۵ نمونه‌ای از تجسم ماشین تورینگ عصبی آموزش داده شده در وظیفه کپی نمودن..... ۲۹۱
شکل ۸-۶ مروری در مورد معماری رایانه عصبی مشتق‌پذیر و توجه..... ۲۹۳
شکل ۸-۷ نمونه‌ای از بردار رابط تشکیل شده از اجزای فردی..... ۲۹۹
شکل ۸-۸ توالی منفرد ورودی در مقابل مجموعه‌های توالی خروجی..... ۳۰۱
شکل ۸-۹ نمونه‌ای از تجسم عملیات رایانه عصبی مشتق‌پذیر بر روی مشکل کپی..... ۳۰۲
شکل ۸-۱۰ نمودار رایانشی عملیات به روزرسانی ماتریس پیوند ساخته شده با پیاده‌سازی حلقه.... ۳۰۴
شکل ۸-۱۱ نمونه‌ای از روند فشرده‌سازی محاسبه وزن‌های تخصیص..... ۳۰۶
شکل ۹-۱ نمونه‌ای از یک عامل یادگیری تقویت‌کننده و شیوه عمیق بازی..... ۳۱۳
شکل ۹-۲ نمونه‌ای از راه‌اندازی یادگیری تقویتی..... ۳۱۴
شکل ۹-۳ نمونه‌ای از عامل یادگیری تقویتی ساده متعادل‌سازی قطب..... ۳۱۵
شکل ۹-۴ یک نمونه از فرایند تصمیم‌گیری مارکوف..... ۳۱۶
شکل ۹-۵ شمای مسئله بازی موش..... ۳۱۹
شکل ۹-۶ نمونه‌ای تاثیر پیکربندی کاوش بهره‌برداری را بر سرعت و چگونگی یادگیری ۳۲۸

تقدیم به

انسانهایی که

به فردایی بهتر

می اندیشند.

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 می‌دانندکه 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، تقربش بیشتر می‌شود. از این روست 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 ساسان کرمی‌زاده و دکتر ابوذر عرب‌سرخی(نویسندگان) و مهندس علی‌محمد خانی (مدیر فروش) سپاسگزاری نموده و موفقیت روزافزونشان را آرزومندم.

مهدی خانی

مدیر مسئول انتشارات آوای قلم

پیشگفتار

تشخیص دست‌نوشته، نام مقاله‌ای است که به ارائه روش "یادگیری عمیق" منجر گشت. در این مقاله نشان داده شد چگونه آموزش یک شبکه عمیق باعث افزایش دقت تشخیص دست‌نوشته می‌شود. در دهه ۱۹۹۰ میلادی، به دلیل عدم پیشرفت رایانه‌ها و نیز کمبود منابع پردازشی، توسعه یادگیری عمیق ناممکن می‌نمود. از این‌رو، این حوزه از علوم محاسباتی مسکوت مانده بود. پس از انتشار این مقاله، محققان بسیاری به مزیت‌های شگفت‌انگیز این روش پی برده و آغاز به تحقیق در این حوزه نمودند.

فرض نوشتار این کتاب آن است که خواننده اطلاعات پایه‌ای مناسبی در مورد کدهای برنامه‌نویسی، دیفرانسیل، انتگرال و مفاهیم یادگیری ماشین دارد. بدون داشتن این اطلاعات پایه‌ای، مطالعه کدها و کار با ماتریس‌ها در طول کتاب برای خواننده دشوار خواهد بود. در این کتاب تعدادی از روش‌ها از قبیل رگرسیون خطی، مارکوف و.... علاوه بر این تعدادی از کتابخانه‌های موجود از قبیل تِنسورفلو و کافه و... را بیان کردیم.

نوشتار این کتاب برگرفته از کتاب "اصول یادگیری عمیق" نوشته نخیل بُدَم است؛ در پایان این کتاب امیدواریم خوانندگان بتواند با استفاده از آن چگونگی به‌کارگیری روش‌های یادگیری عمیق برای حل مشکل‌ها را دریافته و آشنایی پایه‌ای با اجرای الگوریتم‌های یادگیری عمیق و استفاده از کتابخانه‌ها به‌دست آورد.

ساسان کرمی‌زاده