یادگیری عمیق
در
بینایی کامپیوتر

مؤلف

محمد القندی

مترجم

ایوب ترکیان

نیاز دانش

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

فصل ۱ / مقدمه بینایی کامپیوتر ۱۱

۱.۱ شهود بینایی کامپیوتر ۱۲
۱.۱.۱ ادراک عینی ۱۳
۲.۱.۱ سیستم‌های بینایی ۱۳
۳.۱.۱ سیستم‌های بینایی انسان ۱۳
۴.۱.۱ سیستم‌های بینایی AI ۱۵
۵.۱.۱ وسیله حس کردن ۱۵
۶.۱.۱ وسیله تفسیر کردن ۱۷
۷.۱.۱ یادگیری ماشین و مغز انسان ۱۸
۲.۱ کاربردهای بینایی کامپیوتر ۱۹
۱.۲.۱ دسته‌بندی تصویر ۲۰
۲.۲.۱ آشکارسازی شیئ و جانمایی ۲۲
۳.۲.۱ توضیح تصویر اتوماتیک ۲۲
۴.۲.۱ تولید تصویر (انتقال سبک) ۲۳
۵.۲.۱ خلق تصویر ۲۴
۶.۲.۱ نتیجه‌گیری ۲۵
۳.۱ خط لوله بینایی کامپیوتر–تصویر کلان ۲۶
۴.۱ تصویر ورودی ۲۹
۱.۴.۱ تصویر به عنوان تابع ۲۹
۲.۴.۱ مشاهده تصویر توسط کامپیوتر ۳۱
۳.۴.۱ تصاویر رنگی ۳۱
۵.۱ پیش‌پردازش تصویر ۳۴
۱.۵.۱ پردازش تصویر ۳۴
۲.۵.۱ چرا پیش‌پردازش تصویر ۳۴
۶.۱ استخراج ویژگی ۳۸
۱.۶.۱ ویژگی در بینایی کامپیوتر ۳۸
۲.۶.۱ ویژگی مناسب (مفید) ۴۰
۳.۶.۱ استخراج ویژگی‌ها (دستی در مقابل اتوماتیک) ۴۳
۴.۶.۱ ویژگی‌های دستی در یادگیری ماشین سنتی ۴۳
۵.۶.۱ استخراج اتوماتیک ویژگی در یادگیری عمیق ۴۳
۶.۶.۱ استفاده از ویژگی ۴۴
۷.۱ الگوریتم یادگیری طبقه‌گر ۴۶
۸.۱ خلاصه فصل ۴۷

فصل ۲ / یادگیری عمیق و شبکه‌های عصبی ۵۱

۱.۲ ایده پرسپترون ۵۲
۱.۱.۲ پرسپترون چیست؟ ۵۳

۲.۱.۲ یادگیری پرسپترون ۵۷
۳.۱.۲ کفایت یک نورون ۵۸
۲.۲ پرسپترون چندلایه (MLP) ۶۰
۱.۲.۲ معماری پرسپترون چندلایه ۶۱
۲.۲.۲ لایه‌های پنهان ۶۲
۳.۲.۲ تعداد لایه و گره ۶۳
۴.۲.۲ موارد مهم MLP ۶۵
۳.۲ توابع فعال‌سازی ۶۵
۱.۳.۲ تابع انتقال خطی ۶۷
۲.۳.۲ طبقه‌گر دوتایی ۶۸
۳.۳.۲ تابع سیگمایی/لجیستیک ۶۹
۴.۳.۲ تابع سافت‌مکس ۷۱
۵.۳.۲ تابع تانژانت سهموی (tanh) ۷۲
۶.۳.۲ واحد خطی همسوشده ۷۳
۷.۳.۲ ReLU نشتی ۷۴
۴.۲ پیش‌خور ۷۷
۱.۴.۲ محاسبات پیش‌خور ۷۸
۲.۴.۲ یادگیری ویژگی ۷۹
۵.۲ توابع خطا ۸۳
۱.۵.۲ تابع خطا ۸۳
۲.۵.۲ ضرورت تابع خطا ۸۴
۳.۵.۲ مثبت بودن خطا ۸۴
۴.۵.۲ خطای مربع میانگین ۸۵
۵.۵.۲ انتروپی متقاطع ۸۶
۶.۵.۲ یادداشت نهایی ۸۸
۶.۲ الگوریتم‌های بهینه‌سازی ۸۹
۱.۶.۲ بهینه‌سازی چیست؟ ۹۰
۲.۶.۲ فرود گرادیان ناپیوسته ۹۳
۳.۶.۲ فرود گرادیان استوکاستیک ۱۰۰
۴.۶.۲ فرود گرادیان مینی‌بچ ۱۰۱
۵.۶.۲ نکات فرود گرادیان ۱۰۱
۷.۲ پس‌انتشار ۱۰۳
۱.۷.۲ پس‌انتشار چیست؟ ۱۰۴
۲.۷.۲ نکات پس‌انتشار ۱۰۷
۸.۲ خلاصه و نکات ۱۰۷

فصل ۳ / شبکه‌های عصبی کانولوشن ۱۱۱

۱.۳ طبقه‌بندی تصویر با MLP ۱۱۲
۱.۱.۳ لایه ورودی ۱۱۳
۲.۱.۳ لایه‌های پنهان ۱۱۶
۳.۱.۳ لایه خروجی ۱۱۶
۴.۱.۳ تلفیق ۱۱۷
۵.۱.۳ نواقص MLP–ها در پردازش تصویر ۱۱۹
۶.۱.۳ نتیجه‌گیری ۱۲۲

۲.۳ معماری CNN–ها ۱۲۳
۱.۲.۳ تصویر کلان ۱۲۳
۲.۲.۳ بررسی دقیق‌تر استخراج ویژگی ۱۲۶
۳.۲.۳ بررسی دقیق‌تر طبقه‌بندی ۱۲۷
۳.۳ مؤلفه‌های بنیادی CNN ۱۲۸
۱.۳.۳ لایه‌های کانولوشن (CONV) ۱۲۹
۲.۳.۳ لایه‌های رأی‌گیری یا فرونمونه‌برداری (POOL) ۱۳۸
۳.۳.۳ علت استفاده از لایه رأی‌گیری ۱۴۱
۴.۳.۳ لایه‌های تمام‌وصل (FC) ۱۴۴
۴.۳ طبقه‌بندی تصویر با CNN–ها ۱۴۶
۱.۴.۳ ساخت معماری مدل ۱۴۷
۲.۴.۳ خلاصه مدل ۱۴۷
۳.۴.۳ تعداد پارامترها (اوزان) ۱۴۹
۵.۳ افزودن لایه دورریز ۱۵۱
۱.۵.۳ فرابرازش ۱۵۱
۲.۵.۳ لایه دورریز ۱۵۲
۳.۵.۳ ضرورت لایه‌های دورریز ۱۵۳
۴.۵.۳ محل لایه دورریز ۱۵۵
۶.۳ کانولوشن تصاویر رنگی ۱۵۶
۷.۳ خلاصه فصل ۱۶۲
۸.۳ پروژه: دسته‌بندی تصاویر برای تصاویر رنگی ۱۶۴
۱.۸.۳ بارگذاری مجموعه داده‌ها ۱۶۴
۲.۸.۳ پیش‌پردازش تصویر ۱۶۴
۳.۸.۳ تعریف معماری مدل ۱۶۸
۴.۸.۳ کامپایل کردن مدل ۱۷۱
۵.۸.۳ آموزش مدل ۱۷۲
۶.۸.۳ بارگذاری مدل با بهترین val_acc ۱۷۴
۷.۸.۳ ارزیابی مدل ۱۷۴

فصل ۴ / ساختاردهی پروژه‌ها و تنظیم فراپارامترها ۱۷۷

۱.۴ تعریف متریک‌های عملکرد ۱۷۸
۱.۱.۴ صحت ۱۷۹
۲.۱.۴ ماتریس درهم‌ریختگی ۱۷۹
۳.۱.۴ دقت و به‌خاطرآوری ۱۸۰
۴.۱.۴ نمره F ۱۸۱
۲.۴ تعریف مدل خط‌مبنا ۱۸۲
۳.۴ آماده‌سازی داده‌ها ۱۸۴
۱.۳.۴ تقسیم داده‌ها ۱۸۴
۲.۳.۴ پیش‌پردازش داده‌ها ۱۸۷
۴.۴ ارزیابی مدل ۱۹۰
۱.۴.۴ تشخیص فرابرازش و فروبرازش ۱۹۰
۲.۴.۴ رسم نمودارهای یادگیری ۱۹۲
۳.۴.۴ تمرین شبکه کوچک ۱۹۴
۵.۴ بهبود شبکه ۱۹۷

۱.۵.۴ جمع‌آوری داده یا تنظیم ۱۹۷
۲.۵.۴ پارامتر و فراپارامتر ۱۹۸
۳.۵.۴ فراپارامترهای شبکه عصبی ۱۹۹
۴.۵.۴ معماری شبکه عصبی ۲۰۰
۵.۵.۴ یادگیری و بهینه‌سازی ۲۰۲
۶.۵.۴ تکنیک‌های تنظیم ۲۱۶
۶.۴ نرمالسازی بچ (BN) ۲۲۰
۱.۶.۴ مسئله شیفت کوواریانس ۲۲۰
۲.۶.۴ شیفت کوواریانس در شبکه‌های عصبی ۲۲۲
۳.۶.۴ نحوه کار نرمال‌سازی بچ ۲۲۳
۴.۶.۴ نرمال‌سازی بچ در کراس ۲۲۴
۵.۶.۴ جمع‌بندی نرمال‌سازی بچ ۲۲۵
۷.۴ خلاصه فصل ۲۲۵
۱.۷.۴ سخنان پایانی ۲۲۵
۲.۷.۴ نکات تنظیم فراپارامترها ۲۲۶
۳.۷.۴ نکات مبانی یادگیری عمیق ۲۲۷
۴.۷.۴ گام بعدی ۲۲۸
۵.۷.۴ توصیه مؤلف ۲۲۸
۸.۴ پروژه متریک‌های عملکرد ۲۲۸
۱.۸.۴ وارد کردن وابستگی‌ها ۲۲۹
۲.۸.۴ آماده‌سازی داده‌ها ۲۲۹
۳.۸.۴ ساخت معماری مدل ۲۳۱
۴.۸.۴ آموزش مدل ۲۳۳
۵.۸.۴ ارزیابی مدل ۲۳۴
۶.۸.۴ رسم نمودارهای یادگیری ۲۳۴
۷.۸.۴ بهبودهای اضافی ۲۳۵

فصل ۵ / معماری‌های CNN پیشرفته ۲۳۷

۱.۵ الگوهای طراحی CNN ۲۴۰
۱.۱.۵ الگوی شماره ۱ ۲۴۰
۲.۱.۵ الگوی شماره ۲ ۲۴۰
۳.۱.۵ الگوی شماره ۳ ۲۴۱
۲.۵ LeNet-5 ۲۴۲
۱.۲.۵ معماری LeNet-5 ۲۴۲
۲.۲.۵ LeNet-5 در کراس ۲۴۳
۳.۲.۵ برپایش فراپارامترهای یادگیری ۲۴۴
۴.۲.۵ عملکرد LeNet-5 روی MNIST ۲۴۵
۳.۵ AlexNet ۲۴۶
۱.۳.۵ معماری AlexNet ۲۴۸
۲.۳.۵ ویژگی‌های ابداعی AlexNet ۲۴۸
۱.۲.۳.۵ تابع فعالسازی ReLU ۲۴۹
۲.۲.۳.۵ لایه دورریزی ۲۴۹
۳.۲.۳.۵ تقویت داده‌ها ۲۵۰
۴.۲.۳.۵ نرمال‌سازی پاسخ محلی ۲۵۰

۵.۲.۳.۵ تنظیم وزن ۲۵۰
۶.۲.۳.۵ آموزش روی چند GPU ۲۵۰
۳.۳.۵ AlexNet در کراس ۲۵۱
۴.۳.۵ برپایش فراپارامترهای یادگیری ۲۵۴
۵.۳.۵ عملکرد AlexNet روی CIFAR ۲۵۵
۴.۵ VGGNet ۲۵۶
۱.۴.۵ ویژگی‌های ابداعی VGGNet ۲۵۶
۲.۴.۵ پیکربندی VGGNet ۲۵۸
۳.۴.۵ VGG-16 در کراس ۲۵۹
۴.۴.۵ فراپارامترهای یادگیری ۲۶۰
۵.۴.۵ عملکرد VGGNet روی CIFAR ۲۶۱
۵.۵ Inception و GoogLeNet ۲۶۱
۱.۵.۵ ویژگی‌های ابداعی Inception ۲۶۱
۲.۵.۵ مدول Inception– نسخه ساده‌انگارانه ۲۶۳
۳.۵.۵ مدول Inception با کاهش بُعدیت ۲۶۴
۴.۵.۵ معماری Inception ۲۶۸
۵.۵.۵ GoogLeNet در کراس ۲۷۱
۶.۵.۵ فراپارامترهای یادگیری ۲۷۵
۷.۵.۵ عملکرد Inception روی CIFAR ۲۷۶
۶.۵ ResNet ۲۷۶
۱.۶.۵ ویژگی‌های ابداعی ResNet ۲۷۶
۲.۶.۵ بلوک‌های باقیمانده ۲۷۹
۳.۶.۵ پیاده‌سازی ResNet در کراس ۲۸۲
۴.۶.۵ فراپارامترهای یادگیری ۲۸۵
۵.۶.۵ عملکرد ResNet روی CIFAR ۲۸۵
۷.۵ خلاصه فصل ۲۸۶

فصل ۶ / یادگیری انتقالی ۲۸۹

۱.۶ مسایل حل شده با یادگیری انتقالی ۲۹۰
۲.۶ یادگیری انتقالی ۲۹۲
۳.۶ نحوه کار یادگیری انتقالی ۳۰۰
۱.۳.۶ نحوه یادگیری ویژگی‌ها توسط شبکه عصبی ۳۰۲
۲.۳.۶ قابلیت انتقال ویژگی‌ها ۳۰۴
۴.۶ رویکردهای یادگیری انتقالی ۳۰۵
۱.۴.۶ شبکه از پیش‌آموزش‌دیده به‌عنوان طبقه‌گر ۳۰۵
۲.۴.۶ شبکه از پیش‌آموزش‌دیده به‌عنوان استخراجگر ویژگی ۳۰۷
۳.۴.۶ تدقیق ۳۰۹
۵.۶ انتخاب سطح مناسب یادگیری انتقالی ۳۱۲
۱.۵.۶ سناریوی ۱: مجموعه داده هدف کوچک و مشابه ۳۱۳
۲.۵.۶ سناریوی ۲: مجموعه داده هدف بزرگ و مشابه ۳۱۳
۳.۵.۶ سناریوی ۳: مجموعه داده هدف کوچک و متفاوت ۳۱۴
۴.۵.۶ سناریوی ۴: مجموعه داده هدف بزرگ و متفاوت ۳۱۴
۵.۵.۶ جمع‌بندی سناریوهای یادگیری انتقالی ۳۱۴
۶.۶ مجموعه داده‌های منبع باز ۳۱۵

۶.۶.۱ MNIST ۳۱۶
۶.۶.۲ MNIST مُد ۳۱۶
۶.۶.۳ CIFAR-10 ۳۱۷
۶.۶.۴ ImageNet ۳۱۸
۶.۶.۵ COCO میکروسافت ۳۱۹
۶.۶.۶ تصاویر باز گوگل ۳۱۹
۶.۶.۷ Kaggle ۳۲۰
۶.۷ خلاصه فصل ۳۲۰
۶.۸ پروژه ۱: شبکه پیش‌آموزش‌دیده به‌عنوان استخراجگر ویژگی ۳۲۲
۶.۹ پروژه ۲: تدقیق ۳۲۸

فصل ۷ / آشکارسازی شیئ ۳۳۷

۷.۱ قالب کلی آشکارسازی شیئ ۳۳۹
۷.۱.۱ پیشنهادهای ناحیه ۳۴۰
۷.۱.۲ پیش‌بینی‌های شبکه ۳۴۱
۷.۱.۳ سرکوب غیربیشینه ۳۴۲
۷.۱.۴ متریک‌های ارزیابی آشکارساز شیئ ۳۴۴
۷.۲ شبکه‌های کانولوشن ناحیه‌پایه (RCNN–ها) ۳۴۸
۷.۲.۱ RCNN ۳۴۸
۷.۲.۲ RCNN سریع ۳۵۳
۷.۲.۳ RCNN سریعتر ۳۵۶
۷.۲.۴ جمع‌بندی خانواده RCNN ۳۶۶
۷.۳ آشکارسازی تک‌قالب ۳۶۹
۷.۳.۱ معماری سطح کلان SSD ۳۷۰
۷.۳.۲ شبکه پایه ۳۷۳
۷.۳.۳ لایه‌های ویژگی چندمقیاس ۳۷۵
۷.۳.۴ سرکوب غیربیشینه ۳۸۰
۷.۴ فقط یک بار نگاه (YOLO) ۳۸۱
۷.۴.۱ نحوه کار YOLOv3 ۳۸۳
۷.۴.۲ معماری ۳۸۶
۷.۵ خلاصه فصل ۳۸۸

فصل ۸ / شبکه‌های تقابلی مولد ۳۹۱

۸.۱ معماری GAN–ها ۳۹۳
۸.۱.۱ مدل تمایزگر ۳۹۵
۸.۱.۲ مدل مولد ۳۹۸
۸.۱.۳ آموزش GAN ۴۰۱
۸.۱.۳.۱ آموزش تمایزگر ۴۰۳
۸.۱.۳.۲ آموزش ژنراتور (مدل ترکیبی) ۴۰۳
۸.۱.۴ تابع مینی‌ماکس GAN ۴۰۵
۸.۲ ارزیابی مدل‌های GAN ۴۰۸
۸.۲.۱ نمره تکوین ۴۱۰

۲.۲.۸ فاصله تکوین فرِشِت (FID) ۴۱۰
۳.۲.۸ شِمای استفاده شده در ارزیابی ۴۱۱
۳.۸ کاربردهای مورد اقبال GAN–ها ۴۱۲
۱.۳.۸ سنتز متن به عکس ۴۱۲
۲.۳.۸ ترجمه تصویر به تصویر (Pix2Pix GAN) ۴۱۳
۳.۳.۸ GAN با دقت زیاد ۴۱۵
۴.۳.۸ نمونه‌های اضافی ۴۱۵
۴.۸ پروژه GAN ۴۱۶
۱.۴.۸ کتابخانه‌های ورودی ۴۱۷
۲.۴.۸ دانلود و مصورسازی مجموعه داده ۴۱۷
۳.۴.۸ ساخت مولد ۴۱۸
۴.۴.۸ ساخت تمایزگر ۴۲۰
۵.۴.۸ ساخت مدل ترکیبی ۴۲۱
۶.۴.۸ ساخت تابع آموزش ۴۲۲
۷.۴.۸ نتایج آموزش و مشاهده ۴۲۳
۸.۴.۸ سخن پایانی ۴۲۵
۵.۸ خلاصه فصل ۴۲۵

فصل ۹ / DeepDream و انتقال سبک عصبی ۴۲۷

۱.۹ نگاه شبکه‌های کانولوشن به دنیا ۴۲۸
۱.۱.۹ بازبینی نحوه کار شبکه‌های عصبی ۴۲۹
۲.۱.۹ مصورسازی ویژگی‌های CNN ۴۳۰
۳.۱.۹ پیاده‌سازی مصورساز ویژگی ۴۳۴
۴.۱.۹ جمع‌بندی ۴۳۸
۲.۹ DeepDream ۴۳۸
۱.۲.۹ نحوه کار الگوریتم DeepDream ۴۴۰
۲.۲.۹ پیاده‌سازی DeepDream در کراس ۴۴۳
۳.۲.۹ جمع‌بندی ۴۴۸
۳.۹ انتقال سبک عصبی ۴۴۸
۱.۳.۹ اتلاف محتوا ۴۵۱
۲.۳.۹ اتلاف سبک ۴۵۳
۳.۳.۹ اتلاف واریانس کل ۴۵۵
۴.۳.۹ آموزش شبکه ۴۵۵
۵.۳.۹ جمع‌بندی ۴۵۷

فصل ۱۰ / نهفته‌سازی بصری ۴۵۹

۱.۱۰ کاربردهای نهفته‌سازی بصری ۴۶۱
۱.۱.۱۰ تشخیص چهره (FR) ۴۶۱
۲.۱.۱۰ سیستم‌های توصیه‌گر تصویر ۴۶۲
۳.۱.۱۰ بازشناسایی شیئ ۴۶۴
۲.۱۰ یادگیری نهفته‌سازی ۴۶۶
۳.۱۰ توابع اتلاف ۴۶۷

۱.۳.۱۰ برپایش مسئله و ساختارمندسازی ۴۶۷
۲.۳.۱۰ اتلاف انتروپی متقابل ۴۶۸
۳.۳.۱۰ اتلاف کانتراستی ۴۷۰
۴.۳.۱۰ اتلاف سه‌تایی ۴۷۱
۴.۱۰ کاوش داده‌های مفید ۴۷۴
۱.۴.۱۰ بارگذار داده ۴۷۵
۲.۴.۱۰ کاوش داده‌های مفید: یافتن سه‌تایی‌ها ۴۷۸
۱.۲.۴.۱۰ داده‌های نیمه‌سخت ۴۷۸
۳.۴.۱۰ بچ همه (BA) ۴۸۰
۴.۴.۱۰ بچ سخت (BH) ۴۸۱
۵.۴.۱۰ وزندهی بچ (BW) ۴۸۴
۶.۴.۱۰ نمونه بچ (BS) ۴۸۴
۵.۱۰ پروژه: آموزش شبکه نهفته‌سازی ۴۸۵
۱.۵.۱۰ فعالیت ۱: مد–کاوش آیتم‌های مشابه ۴۸۶
۲.۵.۱۰ فعالیت ۲: بازشناسایی خودرو ۴۸۷
۳.۵.۱۰ پیاده‌سازی ۴۸۸
۶.۱۰ تست مدل آموزش دیده ۴۹۰
۱.۶.۱۰ فعالیت ۱: بازیابی داخل مغازه ۴۹۰
۲.۶.۱۰ فعالیت ۲: بازشناسایی خودرو ۴۹۲
۷.۱۰ توسعه مرزهای صحت فعلی ۴۹۵
۸.۱۰ خلاصه فصل و نکات ۴۹۷

پیوست الف/ برپایش ۴۹۸

فصل ۱

مقدمه بینایی کامپیوتر

بینایی کامپیوتر یکی از زمینه‌هایی است که به علت پیشرفت‌های عظیم AI و یادگیری عمیق صورت گرفته در چند سال اخیر، به سرعت پیشرفت کرده است. شبکه‌های عصبی اکنون به اتوموبیل‌های خودران اجازه می‌دهند خودروها و عابران را تشخیص داده، تا با آنها برخورد نکنند. کاربردهای بینایی کامپیوتر در زندگی روزمره، از دوربین‌های امنیتی تا قفل درب‌ها، در وسایل و ابزار هوشمند در حال گسترش است. شناسایی چهره نیز به مراتب بهتر از گذشته شده و مشاهده می‌شود که تلفن‌های همراه می‌توانند چهره را برای باز کردن تلفن و قفل‌های هوشمند برای بازکردن درب، شناسایی نمایند. جای تعجب نخواهد بود که در آینده‌ای نزدیک، مبل یا تلویزیون شما بتوانند افراد خاص را در منزل شناسایی کرده و متناسب با علایق و سلایق شخصی آنها عکس‌العمل نشان دهند. فقط شناسایی اشیاء مطرح نیست؛ یادگیری عمیق کامپیوترها را قادر ساخته موارد جدیدی مثل هنر که قبلاً وجود نداشته، اشیاء جدید، و حتی یکتا، چهره‌های واقع‌گرایانه انسان‌ها، را تصور و ایجاد نمایند.

امکانات نامحدود پژوهش‌های بینایی رایانه و یادگیری ابزار ذی‌ربط، شما را قادر می‌سازد که شاید بتوانید بعضی از این فراورده‌ها و کاربردهای جدید را خودتان اختراع کنید. حتی اگر در زمینه بینایی کامپیوتر به‌صورت تخصصی ادامه کار ندهید، بسیاری از مفاهیم ارایه شده در این کتاب برای بعضی از الگوریتم‌ها و معماری‌های یادگیری عمیق مفید خواهد بود. علت این است که، در حالی‌که تمرکز اصلی بر کاربردهای بینایی کامپیوتر است، مهمترین معماری‌های یادگیری عمیق مثل شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)، شبکه‌های کانولوشن (CNN–ها)، شبکه‌های برگشتی (RNN–ها)، و بسیاری دیگر نیز پوشش داده شده، که قابل انتقال به زمینه‌های دیگر نظیر