



هدف این تمرین آشنایی با ساختار شبکه پرسپترون چندلایه (MLP) و شبکه پیچشی عمیق (CNN) و مقایسه عملکرد آن‌ها در کاربردهای طبقه‌بندی چندکلاسه است. برای این کار از دو مجموعه داده، یکی با ساختار برداری و دیگری در قالب تصویر استفاده می‌شود. این دو مجموعه داده در زیر معرفی می‌شوند.

۱. دادگان تشخیص فعالیت‌های انسانی با گوشی (UCI HAR)

این دادگان که شامل ۱۰۲۹۹ داده برداری است حاصل پژوهشی است که می‌کوشد نوع فعالیت فیزیکی افراد (شامل شش فعالیت راه‌رفتن، بالا رفتن از پله، پایین آمدن از پله، نشستن، ایستادن و دراز کشیدن) را براساس اطلاعات ضبط شده توسط گوشی هوشمند آن‌ها تشخیص دهد. اطلاعات ضبط شده پس از پردازش‌های اولیه به بردارهای ۵۶۱ درایه‌ای تبدیل می‌شوند و به این ترتیب ورودی مدل مورد نظر یک ماتریس $(n \times 561)$ خواهد بود که در آن n تعداد نمونه‌هاست. برچسب هر نمونه نیز نوع فعالیت فرد (یکی از شش فعالیت یاد شده) خواهد بود.

۲. دادگان تشخیص عیوب سطحی قطعات فولادی (NEU Surface Defects)

این دادگان شامل ۱۸۰۰ تصویر خاکستری (200×200) پیکسلی از قطعات فولادی نورد شده است که هر یک دارای یکی از عیوب ترک‌های سطحی^۱، ناخالصی^۲، لکه^۳، قلوه‌کن شدگی^۴، پوسته‌گرفتگی^۵ و خراشیدگی^۶ است. دادگان مورد نظر کاملاً متوازن است، به این معنی که به ازای هر عیب، ۳۰۰ نمونه تصویری وجود دارد.

به دلیل وجود نویزهای گوناگون در تصاویر و پیچیدگی بافت سطحی قطعات انتظار می‌رود که عملکرد شبکه‌های پیچشی در دسته‌بندی عیوب قطعات بهتر از عملکرد مدل‌های ساده‌ای همچون MLP باشد.

بخش اول: دادگان UCI HAR

۱. آماده‌سازی داده‌ها

- روش‌های مختلف نرمال‌سازی را معرفی کرده و مزایا و معایب هر یک را بیان کنید.
- یکی از این روش‌ها را انتخاب و پیاده‌سازی نمایید.
- ۸۵٪ داده‌های نرمال‌شده را به آموزش و ۱۵٪ آن‌ها را به آزمون اختصاص داده و ابعاد هر بخش را گزارش کنید.

۲. طراحی شبکه MLP

¹ Crazing

² Inclusion

³ Patches

⁴ Pitted Surface

⁵ Rolled-in Scale

⁶ Scratches

یک شبکه MLP با ساختار دلخواه (حداکثر دو لایه پنهان با یا بدون لایه Dropout) طراحی کرده و توابع فعال‌سازی مورد استفاده برای لایه‌های پنهان و لایه خروجی را با ذکر دلیل انتخاب نمایید.

۳. طراحی شبکه CNN

یک شبکه پیچشی با معماری دلخواه (تعداد لایه‌های کانولوشن، لایه‌های Pooling، Dropout و توابع فعال‌سازی) به همراه نرمال‌سازی دسته‌ای (Batch Normalization) طراحی کرده و آموزش دهید. دلایل انتخاب این معماری را به صورت کامل بیان نمایید.

۴. آموزش

شبکه‌های طراحی شده را با استفاده از الگوریتم Adam و نرخ یادگیری ۰/۰۰۱ آموزش دهید.

۵. ارزیابی

- نمودارهای خطا (Loss) و دقت (Accuracy) را برای داده‌های آموزش و آزمون رسم و تحلیل کنید.
- دقت نهایی مدل را روی داده‌های آزمون گزارش کنید.
- ماتریس آشفتگی (Confusion Matrix) را برای داده‌های آزمون رسم و تفسیر کنید.

۶. تحلیل

با مقایسه نتایج مشخص کنید که کدامیک از دو مدل (MLP یا CNN) عملکرد بهتری در این مسئله دارد و علت آن را توضیح دهید.

بخش دوم: دادگان NEU Surface Defects

۱. آماده‌سازی داده‌ها

- یکی از روش‌های نرمال‌سازی را انتخاب و روی داده‌های این بخش پیاده‌سازی نمایید.
- ۸۵٪ داده‌های نرمال‌شده را به آموزش و ۱۵٪ آن‌ها را به آزمون اختصاص داده و ابعاد هر بخش را گزارش کنید.

۲. طراحی شبکه MLP

یک شبکه MLP با ساختار دلخواه (حداکثر دو لایه پنهان با یا بدون لایه Dropout) طراحی کرده و توابع فعال‌سازی مورد استفاده برای لایه‌های پنهان و لایه خروجی را با ذکر دلیل انتخاب نمایید.

۳. طراحی شبکه CNN

یک شبکه پیچشی با معماری دلخواه (تعداد لایه‌های کانولوشن، لایه‌های Pooling, Dropout و توابع فعال‌سازی) به همراه نرمال‌سازی دسته‌ای (Batch Normalization) طراحی کرده و آموزش دهید. دلایل انتخاب این معماری را به صورت کامل بیان نمایید.

۴. آموزش

شبکه‌های طراحی شده را با استفاده از الگوریتم Adam و نرخ یادگیری ۰/۰۰۱ آموزش دهید.

۵. ارزیابی

- نمودارهای خطا (Loss) و دقت (Accuracy) را برای داده‌های آموزش و آزمون رسم و تحلیل کنید.
- دقت نهایی مدل را روی داده‌های آزمون گزارش کنید.
- ماتریس آشفتگی (Confusion Matrix) را برای داده‌های آزمون رسم و تفسیر کنید.

۶. تغییر هایپرپارامترها

- در معماری CNN، به جای استفاده از لایه Dropout از Block Dropout استفاده کنید. دلیل این جایگزینی را توضیح داده و پس از آموزش مجدد، نتایج را با نتایج حالت قبل مقایسه نمایید.
- مفهوم تجزیه فیلترها (Kernel Factorization) را توضیح داده و آن را در شبکه CNN پیاده‌سازی کنید. پس از آموزش مجدد، نتایج به دست آمده را با حالت قبل مقایسه و تحلیل نمایید.

۷. تحلیل

مشخص کنید کدام مدل در این مسئله عملکرد بهتری داشته است و علت برتری آن را توضیح دهید.

بخش سوم: یادگیری انتقالی (Transfer Learning)

استفاده از شبکه‌ای که قبلاً روی داده‌های مشابهی آموزش دیده است یکی از روش‌های متداول برای افزایش دقت و تعمیم‌پذیری شبکه است. در این روش که پیش‌تربیت (pre-training) نامیده می‌شود ابتدا شبکه روی داده‌گان مشابهی آموزش داده می‌شود و سپس ضمن ثابت نگهداشتن ضرایب وزنی بقیه شبکه، یک یا چند لایه نهایی آن با لایه‌های جدیدی جایگزین شده و تنها ضرایب وزنی این لایه‌های جدید تعیین می‌شود. سپس در ادامه فرآیند آموزش به تدریج به لایه‌های قبلی نیز اجازه داده می‌شود که ضرایب وزنی خود را بروزآوری کنند.

در این بخش می‌خواهیم به کمک یادگیری انتقالی، عملکرد مدل تشخیص عیوب سطحی را بهبود ببخشیم. برای این کار از یک مدل از پیش آموزش دیده (ResNet-50) استفاده خواهیم کرد.

۱. آماده‌سازی داده‌ها

با استفاده از روش‌های استاندارد، دادگان NEU Surface Defects را فراخوانی کرده و آن را برای ورود به شبکه ResNet-50 آماده نمایید. به‌منظور بهبود فرآیند آموزش، افزایش تعمیم‌پذیری مدل و ارتقاء مقاومت به نویز، از روش‌های مختلف داده‌افزایی (Data Augmentation) استفاده کنید. در پایان نیز به‌صورت تصادفی از هر کلاس یک نمونه را به همراه برچسب (Label) مربوطه نمایش دهید.

۲. آماده‌سازی مدل

شبکه ResNet-50 را با وزن‌های آموزش‌دیده روی مجموعه‌داده ImageNet بارگذاری کرده و لایه نهایی آن را حذف نمایید. سپس دو لایه جدید شامل لایه Dense و لایه خروجی Softmax برای طبقه‌بندی شش نوع عیب سطحی به شبکه اضافه کنید.

۳. مرحله‌ی آموزش

در ابتدا، به‌منظور بهره‌گیری از یادگیری انتقالی در مراحل ابتدایی، ضرایب وزنی همه لایه‌های شبکه پایه ثابت نگه داشته شده (از نظر یادگیری غیرفعال شده) و تنها بخش جدید (head) شبکه آموزش داده می‌شود. سپس به تدریج و از انتهای شبکه، برخی لایه‌ها از حالت ثابت نگه داشته شده (فریز) خارج شده و مدل به‌صورت مرحله‌ای تحت فرآیند Fine-Tuning قرار می‌گیرد.

۴. ارزیابی نهایی

پس از تکمیل آموزش، عملکرد مدل را روی مجموعه آزمون ارزیابی کرده و موارد زیر را گزارش دهید:

- دقت نهایی (Accuracy)
- تابع خطا (Loss)
- ماتریس آشفتگی (Confusion Matrix)

۵. مقایسه و تحلیل

مدل آموزش‌دیده با یادگیری انتقالی را با بهترین مدل CNN در بخش دوم مقایسه کنید. در تحلیل خود به موارد زیر اشاره نمایید:

- مقایسه دقت نهایی و زمان آموزش
- مقایسه اندازه و پیچیدگی مدل
- مزایا و معایب استفاده از یادگیری انتقالی در مقابل آموزش مدل از ابتدا

چند تذکر:

- برای یادگیری مفاهیمی که در تمرین مطرح شده و در کلاس تدریس نشده‌اند از منابع موجود در اینترنت استفاده کنید.
- برای انجام بخش‌های مختلف تمرین می‌توانید از کتابخانه‌های آماده پایتون استفاده کنید.
- تحویل گزارش این تمرین ضروری است و به تمرین بدون گزارش نمره‌ای تعلق نمی‌گیرد. حجم گزارش معیاری برای ارزیابی نخواهد بود و لزومی به توضیحات کد نیست؛ اما تحلیل نتایج الزامی است، حتی اگر در صورت پرسش اشاره‌ای به آن نشده باشد.
- در فرآیند ارزیابی گزارش، کدهای شما لزوماً اجرا نخواهد شد. بنابراین همه نتایج و تحلیل‌های خود را به طور کامل ارائه کنید.
- شباهت بیش از حد گزارش‌ها و کدها باعث از دست دادن نمره تمرین خواهد شد. همچنین گزارش‌هایی که در آن‌ها از کدهای آماده استفاده شده باشد پذیرفته نخواهد شد.
- تنها زبان برنامه نویسی مجاز Python است.
- کدها حتماً باید در قالب نوت‌بوک با پسوند ipynb تهیه شوند، در پایان کار، تمامی کد اجرا شود و خروجی هر سلول حتماً در فایل ارسالی ذخیره شود. برای مثال اگر خروجی یک سلول یک نمودار است، این نمودار باید هم در گزارش و هم در نوت‌بوک کدها وجود داشته باشد.
- لطفاً گزارش، کدها و سایر ضمایم را در یک پوشه با نام زیر قرار داده و پس از فشرده سازی در سامانه Elearn بارگذاری کنید.

HW4_Last Name_Student Number.zip

- پرسش‌های خود را از طریق ایمیل یا تلگرام از دستیار آموزشی مربوطه بپرسید:

تلگرام	ایمیل	
Sinaa_mk	sina.maleki@ut.ac.ir	سینا ملکی