



شبکه‌های عصبی مصنوعی ماشین‌های یادگیری هستند که از آن‌ها در مسائل مختلفی از جمله شناسایی الگو، تقریب توابع و خوشه‌بندی استفاده می‌شود. این شبکه‌ها پارامترهای قابل یادگیری دارند که در فرآیند آموزش با استفاده از داده‌های آموزشی تنظیم می‌شوند. هدف این پروژه توسعه یک سیستم مبتنی بر شبکه‌های عصبی به منظور حل مسئله شناسایی الگوهای موجود در مجموعه تصاویر CIFAR10^۱ است. در بخش‌های پیش رو شرایط و رویکرد مدنظر برای توسعه این سیستم هوشمند توضیح داده شده است.

مهلت تحویل این پروژه تا پایان روز جمعه ۱۵ اردیبهشت خواهد بود.

۱ - دسته‌بندی تصاویر با شبکه عصبی

در این بخش دانشجویان باید یک شبکه عصبی پیش‌خور^۲ برای دسته‌بندی تصاویر آموزش دهند. طراحی در نظر گرفته شده برای معماری این شبکه به صورت کلی در **شکل ۱** نشان داده شده است که از دو قسمت اصلی استخراج‌کننده ویژگی^۳ و دسته‌بند^۴ تشکیل می‌شود. قسمت اول، هر تصویر را به عنوان ورودی می‌گیرد و آن را به برداری در یک فضای ویژگی^۵ نگاشت می‌کند. این بردار، بازنمایی^۶ یکتایی از تصویر ورودی است که می‌توان از آن برای وظایف مختلفی از جمله دسته‌بندی استفاده کرد. به این منظور باید از شبکه کانولوشنی ResNet34 با وزن‌های از پیش آموزش دیده^۷ بر روی مجموعه داده ImageNet به عنوان استخراج‌کننده ویژگی استفاده شود. بنابراین در این بخش نیازی به آموزش قسمت استخراج‌کننده ویژگی نیست و پارامترهای آن نباید در فرآیند آموزش تغییر یابند.



شکل ۱: معماری کلی شبکه مورد استفاده در مسئله شناسایی الگو

در قسمت دوم، بردار ویژگی دریافت شده در ورودی باید به یکی از دسته‌های از پیش مشخص شده نگاشت شود. به این منظور در لایه آخر این شبکه دسته‌بند باید از تابع فعال‌سازی softmax استفاده شود تا برای هر دسته یک احتمال تعیین شود. این شبکه را باید با بکارگیری تابع خطا Categorical Cross-Entropy آموزش دهید. توضیحات بیشتر در مورد شبکه دسته‌بند در ادامه آورده شده است.

الف) از یک شبکه عصبی MLP سه لایه (یک لایه مخفی و یک لایه خروجی) به عنوان دسته‌بند استفاده کنید. تعداد نورون‌های لایه مخفی را ۲۰ در نظر بگیرید که از تابع فعال‌سازی ReLU استفاده می‌کنند. این شبکه را به وسیله الگوریتم پس انتشار خطا^۸

^۱ <https://www.cs.toronto.edu/~kriz/cifar.html>

^۲ Feed-forward

^۳ Feature Extractor

^۴ Classifier

^۵ Feature Space

^۶ Representation

^۷ Pre-trained

^۸ Error backpropagation

و بهینه‌ساز SGD با نرخ یادگیری ۰/۰۰۱ برای ۲۰ دور^۱ بر روی قسمت آموزشی مجموعه داده CIFAR10 آموزش داده و وزن‌های دسته‌بند را بروزرسانی کنید. سپس ماتریس درهم‌ریختگی^۲ و معیارهای صحت^۳ و امتیاز F1^۴ مدل آموزش دیده را هم روی مجموعه آموزشی و هم مجموعه آزمایشی محاسبه و گزارش کنید.

(ب) (اختیاری) شبکه MLP قسمت (الف) را این بار به وسیله الگوریتم تکامل عصبی^۵ برای ۲۰ نسل و اندازه جمعیت ۵۰ با بکارگیری مجموعه آموزشی CIFAR10 آموزش دهید و وزن‌های دسته‌بند را بروزرسانی کنید. ماتریس درهم‌ریختگی و معیارهای صحت و امتیاز F1 این مدل آموزش دیده را هم برای مجموعه‌های آموزشی و آزمایشی گزارش کنید. عملکرد روش تکامل عصبی برای آموزش شبکه را با الگوریتم پس انتشار خطا مقایسه کرده و علل تفاوت نتایج به دست آمده در دو قسمت (الف) و (ب) را بیان کنید.

(پ) (اختیاری) از یک شبکه عصبی RBF دو لایه (یک لایه مخفی و یک لایه خروجی) به عنوان دسته‌بند استفاده کنید. تعداد نورون‌های لایه مخفی را ۲۰ در نظر بگیرید که از تابع فعال‌سازی گاوسی با نرم (معیار فاصله) ۲ استفاده می‌کنند. این شبکه را به وسیله الگوریتم پس انتشار خطا برای ۲۰ دور بر روی مجموعه آموزشی CIFAR10 آموزش دهید و وزن‌های دسته‌بند را بروزرسانی کنید. سپس ماتریس درهم‌ریختگی و معیارهای صحت و امتیاز F1 این مدل آموزش دیده را برای مجموعه‌های آموزشی و آزمایشی گزارش کنید. نتایج این قسمت را با قسمت (الف) مقایسه کرده و در مورد قدرت یادگیری دو شبکه MLP و RBF بحث کنید.

۲ – جستجوی معماری عصبی برای شناسایی الگو

جستجوی معماری عصبی^۶ یا NAS روشی برای اتوماسیون طراحی شبکه‌های عصبی عمیق است که به طور گسترده در زمینه یادگیری ماشین مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً طراح شبکه با استفاده از تجربه خود و قوانین سرانگشتی^۷ که برای طراحی شبکه وجود دارد، ابرپارامترهای شبکه (مانند تعداد لایه‌ها و تعداد نورون در هر لایه) را تعیین می‌کند. به منظور اتوماسیون فرایند طراحی شبکه عصبی به خصوص در مسائلی که تعداد ابرپارامترها زیاد است، از NAS استفاده می‌گردد. هدف NAS جستجوی معماری شبکه عصبی مقاوم و با کارایی مناسب است که به وسیله انتخاب و ترکیب اعمال مختلف پایه (که از قبل تعریف شده) در فضای جستجو صورت می‌گیرد. یکی از اصلی‌ترین روش‌ها در NAS، الگوریتم‌های تکاملی می‌باشند. الگوریتم‌های تکاملی می‌توانند عملیات جستجوی معماری را به صورت هوشمند طی کنند و دستیابی به معماری بهینه را سرعت ببخشند.

در این بخش دانشجویان باید با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی مقادیر مناسب ابرپارامترهای شبکه (که در زیر مشخص شده است) را برای مسئله دسته‌بندی تصاویر CIFAR10 پیدا کرده و شبکه طراحی شده را با الگوریتم پس انتشار خطا آموزش دهند. در واقع الگوریتم پس انتشار خطا با جستجوی پارامترهای شبکه (وزن‌ها و بایاس‌ها) و الگوریتم تکامل عصبی با جستجوی ابرپارامترهای شبکه به صورت ترکیبی با یکدیگر عمل می‌کنند. **جدول ۱** مقادیر ممکن برای ابرپارامترهای شبکه را نشان می‌دهد که باید در تکامل عصبی مد نظر قرار گیرند تا بهترین ترکیب ممکن این مقادیر با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی به دست آید. معیار برازندگی در مسئله طراحی شبکه صحت روی مجموعه آزمایش است. بنابراین طراحی بهینه آن معماری است که به بیشترین صحت روی مجموعه آزمایشی منجر شود.

^۱ Epoch

^۲ Confusion

^۳ Accuracy

^۴ F1 score

^۵ Neuro-evolution

^۶ Neural Architecture Search

^۷ Rules of thumb

جدول ۱: ابرپارامترهای موجود در شبکه و مقادیر مجاز برای هر کدام

مقادیر ممکن	ابرپارامتر
ResNet18 - ResNet34 – Vgg11	شبکه استخراج کننده ویژگی
۰-۱-۲	تعداد لایه های مخفی MLP
۱۰-۲۰-۳۰	تعداد نورون ها در هر لایه مخفی
ReLU-Sigmoid	تابع فعال سازی در هر لایه مخفی

جدول ۲ نیز تنظیمات مورد نیاز برای حل مسئله را نشان می دهد که باید حتما آن ها را رعایت کنید. برای ارزیابی هر فرد باید میانگین صحت آن در ۵ اجرا به عنوان برازندگی آن در نظر گرفته شود.

جدول ۲: تنظیمات لازم برای حل مسئله

۵	تعداد دورها (epochs)
۱۰	تعداد نسل های الگوریتم تکاملی
۱۰	تعداد افراد جمعیت (popSize)
۵	تعداد اجرای لازم برای ارزیابی هر عضو از جمعیت

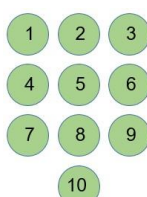
۳ – خوشه بندی به کمک شبکه های عصبی

در این بخش به خوشه بندی بردارهای استخراج شده از شبکه ResNet34 پرداخته می شود. در واقع در شکل ۱ به جای دسته بند، یک خوشه بند مورد استفاده قرار می گیرد. مجموعه آموزشی CIFAR10 را بدون برچسب های آن در نظر بگیرید. با استفاده از شبکه از پیش آموزش دیده ResNet34، بردار ویژگی را برای هر یک از تصاویر این مجموعه استخراج کنید و سپس آن ها را به کمک شبکه SOM که در لایه خروجی ۱۰ نورون دارد، با آموزشی به تعداد ۲۰ دور در هر سه حالت زیر خوشه بندی کنید:

الف) نورون های خروجی در یک الگوی یک بُعدی قرار دارند و قطر همسایگی ۱ است (نورون قبلی و بُعدی همسایه یک نورون هستند)

ب) نورون ها در یک الگوی یک بُعدی قرار دارند و قطر همسایگی ۳ است (سه نورون قبلی و سه نورون بُعدی همسایه یک نورون هستند)

پ) نورون ها در یک الگوی دو بُعدی به صورت زیر قرار دارند و قطر همسایگی ۱ است (برای هر نورون، نورون بالایی، پایینی، راست و چپ همسایه هستند)



در هر یک از حالت‌های بالا تصویر بردارهای وزن برای نگاشت ویژگی^۱ نهایی را رسم کنید و پراکندگی برچسب‌های مختلف در هر خوشه را گزارش کنید.

* مواردی که باید تحویل داده شود

- فایل(های) کد برنامه مورد استفاده برای پیاده‌سازی تمرین در یک پوشه به نام Code
 - شما باید همه کدهای خود را از ابتدا^۲ پیاده‌سازی کنید. استفاده از کتابخانه‌های مخصوص پیاده‌سازی شبکه‌های عصبی مانند Pytorch و Tensorflow **فقط** برای فراخوانی مجموعه داده و استخراج‌کننده ویژگی مجاز است و به کارگیری آن‌ها در بقیه قسمت‌های پروژه هیچ نمره‌ای نخواهد داشت. بدیهی است که استفاده از کتابخانه‌هایی مانند numpy, pandas و matplotlib که مستقیماً برای شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های تکاملی طراحی نشده‌اند، مجاز است.
 - هرگونه کد یا گزارش کپی چه از فضای اینترنت و چه از گروه‌های دیگر نمره منفی خواهد داشت.
 - هر یک از اعضای گروه باید به کلیات روش حل مسئله و نیز جزئیات آن بخشی از پروژه که مسئولیتش با آن شخص بوده تسلط کافی را داشته باشد. این مورد به صورت حضوری مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.
- فایل گزارش با نام Doc.pdf شامل موارد زیر:
 - توضیح نقش و وظایف هر عضو گروه
 - نتایج حل مسائل مشخص شده در بخش ۱ و ۲ و ۳
 - تشریح و تحلیل نتایج به دست آمده از نظر شما
 - هر گونه توضیح اضافی در مورد نحوه انجام تمرین

* دقت کنید که گزارش شما حتماً باید به صورت یک گزارش فنی باشد.

فایل‌های کد و گزارش را به صورت یک فایل فشرده در قالب ZIP و با نام CI_Name_PR2 در سایت کوئرا بارگذاری کنید (به جای Name نام اسامی اعضای گروه خود را قرار دهید).

مهلت تحویل این پروژه تا پایان روز جمعه ۱۵ اردیبهشت خواهد بود.

موفق باشید

کارشناس

^۱ Feature Map

^۲ From scratch