

شبکه‌های عصبی و یادگیری عمیق

دکتر صفا بخش



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی کامپیوتر

رضا آدینه پور ۴۰۲۱۳۱۰۵۵

تمرین دوم
شبکه چندلایه پرسپترون

۲۰ فروردین ۱۴۰۳

سوال اول - عملی

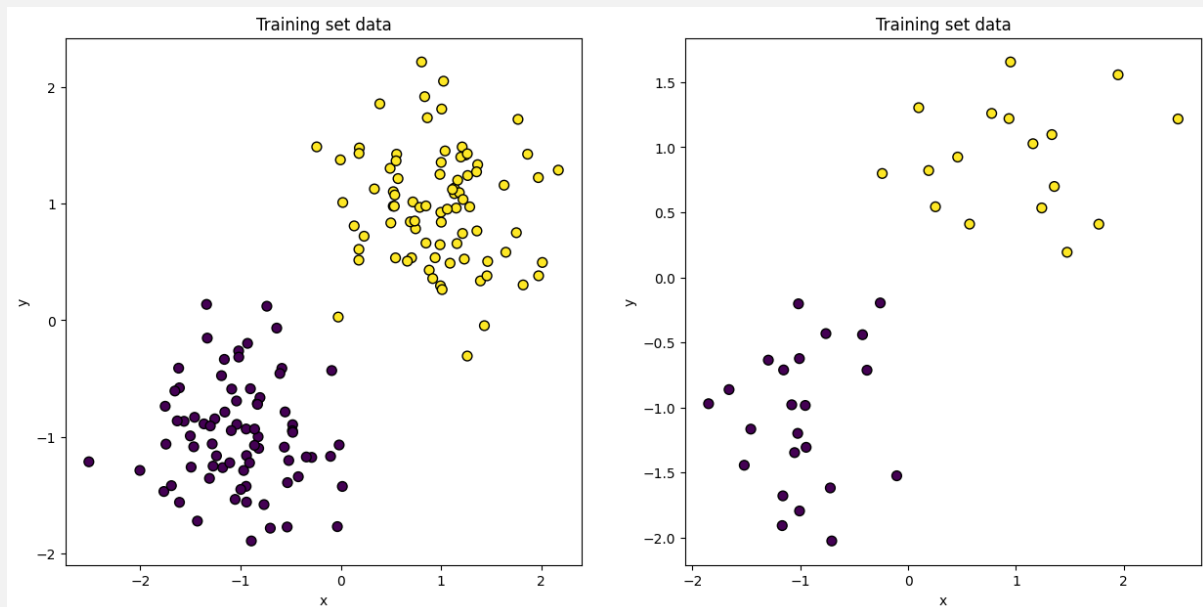
فرض کنید یک مجموعه داده دو کلاسه در اختیار دارید که کاملاً به صورت خطی کلاس‌ها از هم جداپذیر هستند. یک شبکه چند لایه پرسپترون (با طراحی دلخواه) طراحی نموده‌اید که لایه خروجی آن شامل دو نرون می‌باشد که تابع فعال‌ساز softmax بر آن اعمال می‌شود. در زمان آموزش، از تابع خطای binary cross entropy برای محاسبه خطا و بهینه‌سازی وزن‌ها استفاده می‌شود. آیا این امکان وجود دارد که خطای حاصل صفر شود؟ اگر امکان ندارد، با استدلال و اثبات ریاضی نشان دهید و اگر امکان دارد، با معرفی چهار داده (دو داده به ازای هر کلاس) و پرسپترون مد نظر نشان دهید که خطا می‌تواند دقیقاً صفر شود.

پاسخ

در این سوال برای تولید دیتا از تابع `make_blobs` از کتابخانه `sklearn` به صورت زیر استفاده شده است:

```
x, y = datasets.make_blobs(n_samples=200, centers=[(-1, -1), (1, 1)], cluster_std=0.5)
```

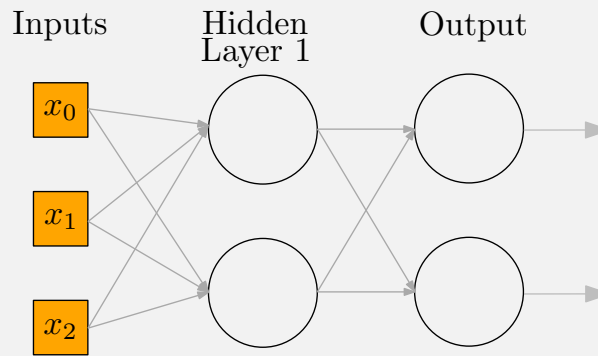
که داده‌هایی با تعداد ۲۰۰ نمونه و انحراف معیار ۰/۵ حول نقطه‌های $(-1, -1)$ و $(1, 1)$ می‌کند که کاملاً جداپذیر خطی است (شکل ۱)



شکل ۱: داده‌های تولید شده برای مسئله

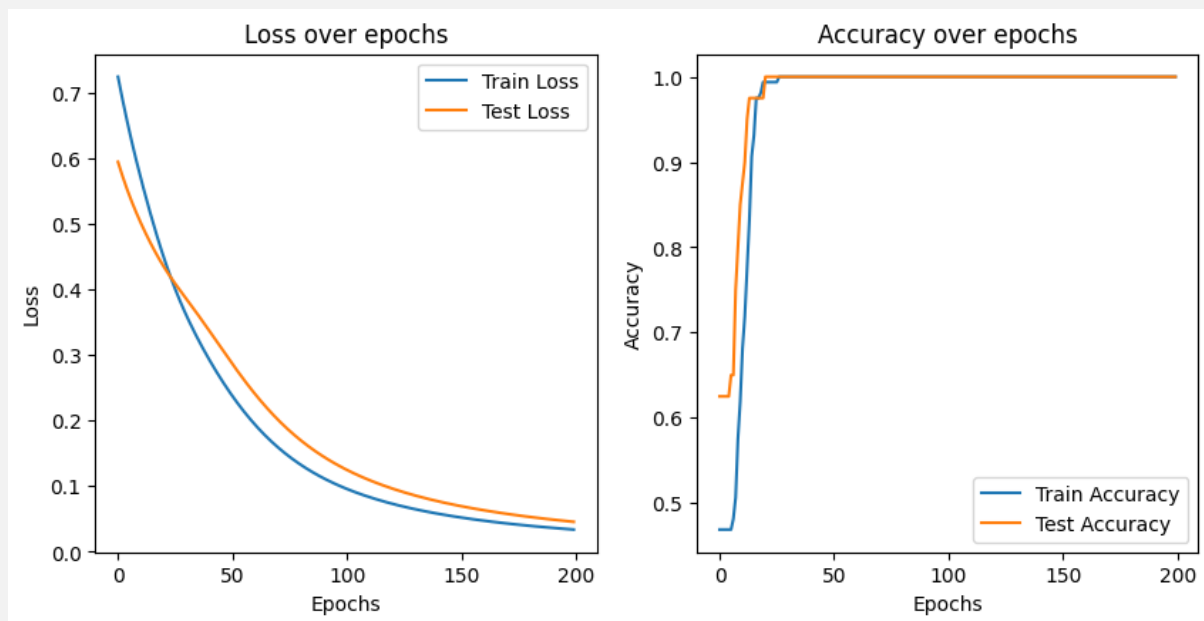
برای حل این مسئله از شبکه‌ی پرسپترون چند لایه‌ای با ساختار «شکل ۲» استفاده شده است. با توجه به اینکه داده‌ها جداپذیر خطی هستند، می‌توان این مسئله را با یک نرون پرسپترون نیز حل نمود اما با توجه به اینکه در صورت سوال گفته شده است شبکه‌ای چند لایه طراحی کنید، از شبکه چند لایه پرسپترون استفاده کردیم.

پاسخ



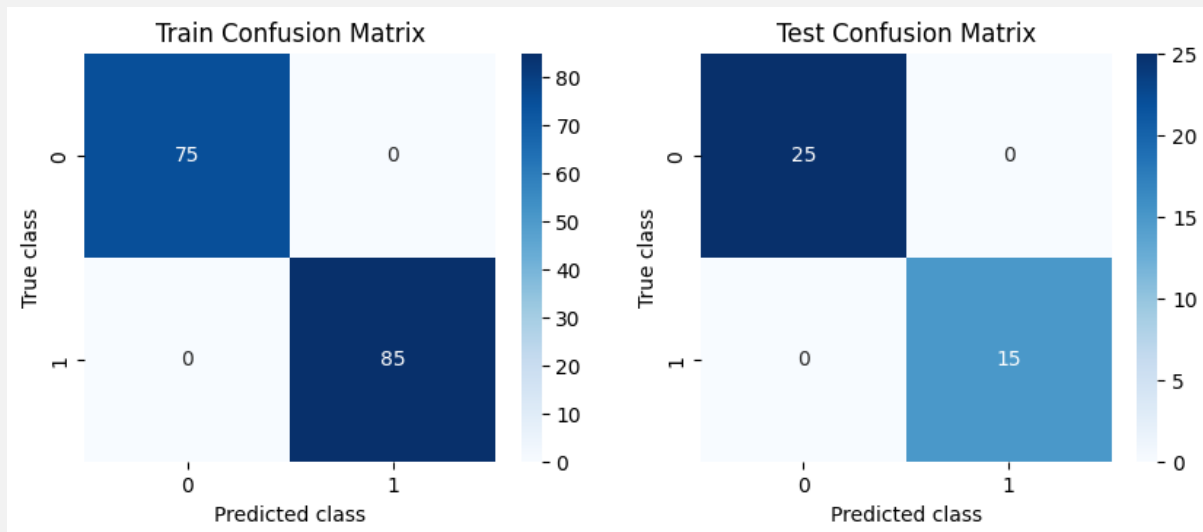
شکل ۲: ساختار شبکه طراحی شده

تابع فعال‌ساز لایه مخفی، ReLU در نظر گرفته شده است و در لایه خروجی نیز از softmax استفاده شده است. طبق خواسته مسئله، از **binary cross entropy** به عنوان تابع خطا استفاده شده است. همچنین از تابع بهینه‌ساز ADAM در این مسئله استفاده شده است. نتایج آموزش در ۲۰۰ دوره آموزشی به صورت زیر گزارش می‌شود:

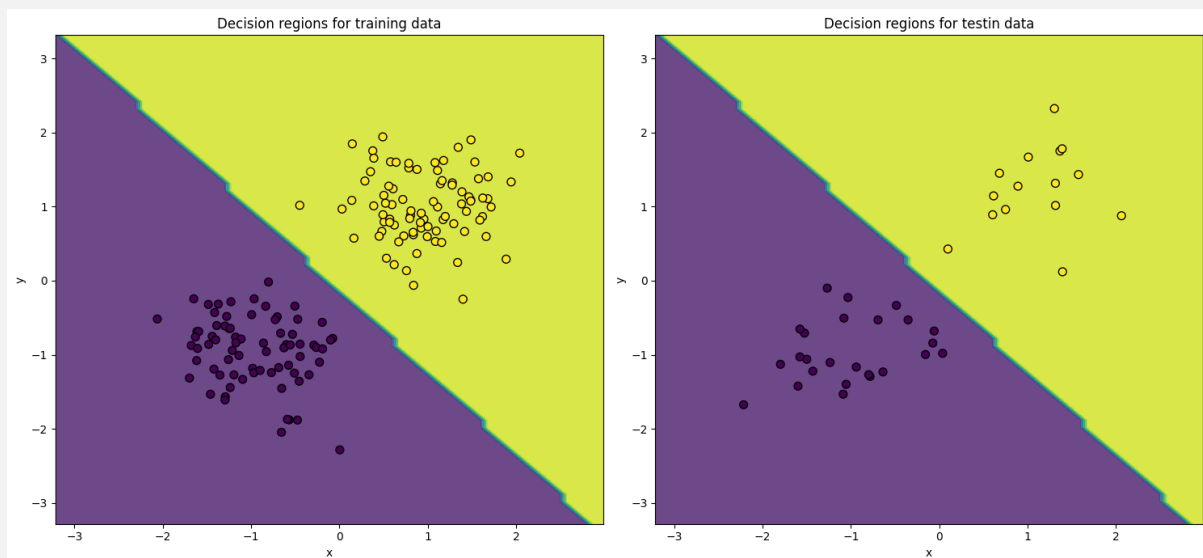


شکل ۳: منحنی خطا و دقت برای داده‌های آموزش و تست

پاسخ



شکل ۴: ماتریس پراکندگی



شکل ۵: ناحیه تصمیم

سوال دوم - نظری

تعیین اندازه دسته (Batch) به چه عواملی بستگی دارد و تاثیر آن در روند آموزش شبکه چیست؟ فرض کنید که اندازه و سایز هر نمونه از مجموعه داده چگونه ای بزرگ و حجیم است که وقتی اندازه دسته بیش از ۲ باشد، خطای حافظه دریافت می‌شود. (Out of memory) چگونه می‌تواند این مشکل و چالش را بدون ارتقای سخت‌افزار حل نمود؟ راهکار مدنظر را معرفی و با جزئیات کامل پیاده سازی کنید.

پاسخ

سوال سوم - نظری

نشان دهید شبکه چند لایه پرسپترونی که فقط از تابع فعال‌سازی ReLU و یا pReLU استفاده می‌کند، تابع پیوسته تکه‌ای خطی می‌سازد.

سوال چهارم - نظری

تقارن در شبکه عصبی به چه معناست؟ آیا نیاز داریم این تقارن را بشکنیم؟ در صورتی که جواب شما مثبت است، کیس مورد نظر را طراحی کرده و توضیح دهید. بررسی کنید چه روش‌هایی برای شکستن تقارن وجود دارد. چند مورد نام ببرید.

سوال پنجم - عملی

ابروصوح یک کاربرد در بینایی کامپیوتر می‌باشد که در آن هدف ارتقای وضوح تصاویر می‌باشد. این امر می‌تواند در مقاصد مختلف نظیر تصویر برداری پزشکی، بهبود تصاویر نظارتی-امنیتی، بازسازی تصاویر قدیمی و ... به‌کار گرفته شود. در این سوال هدف طراحی و پیاده سازی یک شبکه عصبی چندلایه برای هدف فوق می‌باشد.

۱. ۱۰ تصویر دلخواه از اینترنت که حاوی گستره رنگی مختلفی می‌باشد را به‌عنوان مجموعه داده انتخاب کنید و آن را نمایش دهید. حال وضوح هر یک از تصاویر را نصف کنید. اکنون به ازای هر یک از پیکسل‌ها در عکس اصلی، متناظر آن و هشت همسایگی مجاور آن در عکس با وضوح پایین تر را بیابید و مجموعه داده موردنظر را بدست آورید. ابعاد ورودی برابر با ۲۷ ویژگی (پیکسل متناظر و هشت همسایگی آن به ازای سه کانال رنگی در وضوح پایین) خواهد بود و خروجی (لیبل) نیز شامل سه مقدار (مقدار سه کانال RGB در تصویر اصلی) خواهد بود. این روند را برای تمامی پیکسل‌های ۱۰ تصویر انجام دهید تا برای هر تصویر i یک مجموعه داده به صورت $W_i * H_i, 27, 3$ پدید آید. دو تصویر را برای آزمون، و یک تصویر را برای اعتبار سنجی و هفت تصویر باقی مانده را برای آموزش استفاده کنید. می‌توانید پیکسل‌های حاصل از تصاویر مختلف در گروه آموزش را باهم ترکیب کرده و درهم (shuffle) سازید که ابعاد آن مجموعه داده به صورت $\sum_{i=1}^7 W_i * H_i, 27, 3$ درآید.

۲. یک شبکه چند لایه پرسپترون طراحی و آموزش دهید که بتواند به ازای ۲۷ ویژگی ورودی در وضوح پایین، مقدار پیکسل رنگی در وضوح بالا را محاسبه کند. معماری خود را ترسیم نموده و آموزش شبکه را توضیح دهید. از چه تابع خطایی برای آموزش استفاده کرده‌اید؟ موارد ذکر شده در ابتدای پروژه را برای این سوال به‌صورت کامل گزارش دهید و نتایج را تحلیل کنید.

۳. مقدار تابع خطا را به ازای مجموعه داده آزمون محاسبه و گزارش نمایید و درگام نهایی تصاویر با وضوح بالا را تولید نموده و آن را با تصاویر اصلی مقایسه کنید. علاوه بر مقایسه‌ی بصری، معیارهای کمی SSIM و PSNR را مطالعه کرده و بر اساس آن عملکرد شبکه خود را ارزیابی کنید.

۴. اگر از شبکه‌ی قسمت ۲، دوبار متوالی استفاده شود، می‌تواند وضوح تصویر را چهار برابر کند. به نظر شما این رویکرد می‌تواند مفید واقع شود یا یک شبکه‌ی ای که به صورت مستقیم چهار برابر وضوح را افزایش می‌دهد؟ با انجام آزمایش و گزارش کمی نتیجه مورد نظر را نشان دهید.