



۱. (۱۰٪) [پروژه] آخرین وضعیت پروژه خود در این درس را تشریح کنید.

۲. (۹۰٪) [پیاده سازی: پرسپترون، آدالین و پرسپترون چندلایه] مسئله بازشناسی نویسه را برای الگوهای بیان شده در مثال ۲-۱۵ در فصل دوم کتاب، با استفاده از ساختار شبکه نشان داده شده در شکل ۲-۲۱ پیاده سازی کنید. بدین منظور الگوهای آموزش شکل ۲-۲۰ و الگوهای آزمون (تست) شکل ۲-۲۲ که به صورت فایل های متنی به همراه تمرین ارائه شده است، به کار بگیرید. برای موارد زیر نتیجه را گزارش کنید. در گزارش ها درصد خطای بازشناسی را به صورت زیر محاسبه و گزارش کنید.

$$Error Rate = \frac{N_{err}}{N} \times 100 = \frac{\text{تعداد الگوهایی که اشتباهی بازشناسی شده اند}}{\text{تعداد کل الگوها}} \times 100$$

نکته: برای بهتر دیدن الگوهای ارائه شده در فایل های متنی، می توانید از فونت Courier New یا CourierPS در NotePad استفاده کنید.

I. [پرسپترون] آموزش شبکه را با استفاده از قانون یادگیری پرسپترون تکرار کنید و نتیجه بررسی موارد زیر را گزارش کنید. در این الگوریتم از نرخ یادگیری 0.5 استفاده کنید.

A. [مقادیر اولیه صفر] درصد خطای بازشناسی را برای داده های آموزش و آزمون، به ازای اجرای برنامه با مقدار صفر برای مقدار اولیه وزن ها و بایاس های شبکه پیدا کنید.

B. [مقدار آستانه] برنامه را برای چند مقدار مختلف آستانه  $\theta$  تکرار کنید و نتایج بازشناسی را برای داده های آزمون ارائه کنید. آیا مقدار بیشتر  $\theta$  تأثیری بر تعداد دفعاتی که شبکه اشتباه می کند، دارد؟

C. [داده نویزی] برای حالتی که برای الگوی تست، بیش از یکی از دسته ها انتخاب



می‌شوند، چه راهکاری را پیشنهاد می‌کنید. روش خود را پیاده‌سازی کرده و نتیجه را گزارش کنید.

II. [آدالاین] شبکه را با استفاده از قانون آدالاین (دلتا) آموزش دهید و نتیجه بازشناسی را برای داده‌های آزمون و داده‌های آموزش گزارش کنید.

III. [پرسپترون چندلایه (MLP)] مسئله را با شبکه پرسپترون چندلایه و آموزش پس‌انتشار خطا پیاده‌سازی کنید. برای موارد زیر نتیجه را گزارش کنید. در همه حالات تعداد تکرارهایی که شبکه در آن همگرا می‌شود (متوقف می‌شود) را بیان کنید.

• نکته: توجه شود که هدف این تمرین یادگیری مراحل آموزش و کاربرد شبکه پرسپترون چندلایه است و کلیه مراحل پیاده‌سازی از جمله الگوریتم آموزش باید توسط دانشجو انجام شود. لذا نباید از توابع آماده MATLAB مانند `newff` و `train` استفاده شود مگر اینکه هدف مقایسه آنها با روش پیاده‌سازی توسط خود شما باشد.

A. [نرون‌های مخفی] شبکه را برای حداقل سه تعداد مختلف از نرون‌های لایه مخفی آموزش داده و در هر حالت درصد خطای بازشناسی را برای مجموعه آموزش و آزمون ارائه دهید. نمودار خطای شبکه در حین آموزش را برای هر سه حالت رسم کنید.

B. [مقادیر اولیه] درصد خطای بازشناسی را برای داده‌های آزمون، به ازای دو اجرای مختلف از برنامه با مقادیر مختلف اولیه برای وزن‌ها و بایاس‌های شبکه پیدا کنید.

C. [نرخ یادگیری] شبکه را برای سه مقدار مختلف نرخ یادگیری، ۰٫۱، ۰٫۵ و ۰٫۹ آموزش دهید و نتیجه بازشناسی بر روی داده‌های آزمون را به صورت نمودار رسم کنید.

D. [استخراج ویژگی] در بخش‌های قبل از این تمرین، مقدار کل پیکسل‌های هر نویسه به

عنوان ورودی شبکه استفاده شد. در این بخش، از روش تصویر کردن (projection) برای استخراج ویژگی استفاده می‌شود و مقدار ویژگی‌ها (به جای مقادیر پیکسل‌ها) به عنوان ورودی به شبکه داده می‌شود. در این روش، به ازای هر ردیف (و هر ستون) از هر نویسه، مجموع پیکسل‌های روشن (با مقدار یک) آن ردیف (یا ستون) شمارش شده و مقدار حاصل جمع به عنوان ویژگی در نظر گرفته می‌شود. با توجه به ابعاد نویسه‌ها که  $9 \times 7$  هستند، تعداد ویژگی‌های هر نویسه  $9 + 7 = 16$  خواهد بود.

شبکه MLP را برای آموزش با ویژگی‌های حاصل تغییر دهید و نتایج حاصل را (نرخ خطا روی مجموعه آزمون) در یک جدول گزارش کنید. آیا کارایی شبکه‌ها در این حالت، به نسبت حالتی که مقدار خود پیکسل‌ها استفاده شود، بهبود می‌یابد یا خیر؟ در هر صورت، تحلیل خود را از این نتایج بیان کنید. در این حالت مقادیر اولیه را تصادفی انتخاب کرده و نرخ یادگیری را برابر با 0.2 قرار دهید.

IV. [مقایسه] بهترین نتایج بدست آمده را روی هر دو مجموعه آموزش و آزمون و برای هر سه

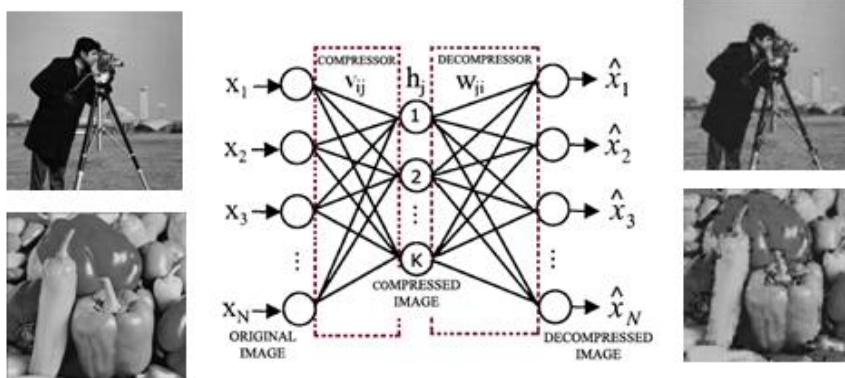
روش بیان شده در یک جدول بیاورید. در مورد مقایسه نتایج و کارایی سه شبکه بحث کنید.

۳. (۴۰٪ نمره اضافی) [پایاده‌سازی: پرسپترون چندلایه برای فشرده‌سازی] در این تمرین به فشرده‌سازی

تصویر با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه می‌پردازیم. برای این کار، مشابه آنچه در مثال ۵-۶ (فصل ششم کتاب) و مطالب ارائه شده در کلاس بیان شده است، یک شبکه سه لایه ایجاد کنید که لایه ورودی معادل تصویر ورودی (با  $n$  نرون)، لایه میانی معادل تصویر فشرده شده (با  $m < n$  نرون) و لایه خروجی معادل تصویر بازسازی شده (با  $n$  نرون) است. شبکه را با داده‌های ارائه شده همراه این تمرین

آموزش (مجموعه آموزش) دهید و با مجموعه آزمون ارائه شده تست کنید.

- نکته: مشابه آنچه در تمرین قبل بیان شد، توجه شود که در این تمرین نیز کلیه مراحل پیاده‌سازی از جمله الگوریتم آموزش باید توسط دانشجو صورت پذیرد و از توابع آماده MATLAB مانند `newff` و `train` استفاده نشود مگر اینکه هدف مقایسه آنها با روش پیاده‌سازی توسط خود شما باشد.



- تمام تصاویر مورد استفاده در این تمرین خاکستری بوده و اندازه آنها 256\*256 است که می‌توانید در فرآیند آموزش و آزمون آنها را به بلوک‌های 8\*8 تقسیم کنید.
- دقت کنید که تصاویر مجموعه آزمون و مجموعه آموزش دارای اشتراک نیستند (و در کاربردهای واقعی روش‌های آموزش، این موضوع باید رعایت شود تا به نتیجه حاصل شود بتوان اعتماد کرد).
- برای خواندن تصویر و نمایش آن در MATLAB می‌توانید به ترتیب از توابع `imread` و `imshow` استفاده کنید. برای ذخیره وزن‌ها و داده‌های دیگر می‌توانید از تابع `save` استفاده کنید. برای محاسبه زمان اجرای قسمتی از برنامه می‌توانید از توابع `clock` و `etime` بهره بگیرید.
- برای راهنمایی بیشتر در انجام این تمرین و آشنایی با برخی ایده‌های کمکی جهت بهبود



کارایی این روش می‌توانید به مقالات ارائه شده همراه با این تمرین مراجعه کنید. همچنین برای محاسبه کارایی شبکه، از معیار  $PSNR^1$  بیان شده در این مقالات استفاده نمایید.

گزارش خود را از عملکرد شبکه برای موارد زیر بیان کنید.

I. [تعداد نرون‌های مخفی] شبکه را برای حداقل سه تعداد مختلف از نرون‌های لایه مخفی آموزش داده و در هر حالت، برای مجموعه آزمون، میانگین مقدار معیار  $PSNR$  را به همراه تصاویر اصلی و بازسازی شده ارائه دهید. نمودار خطای شبکه در حین آموزش را برای هر سه حالت رسم کنید.

II. [پس‌انتشار با گشتاور] روش یادگیری شبکه را به پس‌انتشار با گشتاور (ممان) تغییر دهید و نتیجه آن را در آموزش شبکه با روش استاندارد مقایسه کنید. برای این کار، علاوه بر تعداد تکرارها، زمان همگرایی شبکه را نیز گزارش کنید. کارایی شبکه در این حالت را با حالت استاندارد برای داده‌های آزمون به صورت میانگین مقدار معیار  $PSNR$  گزارش کنید.

<sup>1</sup> - Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)