هوالحکیم

دانشگاه تهران
پردیس فارابی
دانشکده‌ی مهندسی

هوش مصنوعی پیشرفته
نیمسال دوم ۹۶-۱۳۹۵
http://courses.fouladi.ir/aai

پروژه شماره‌ی ۱

پروژه‌ی شبکه‌ی عصبی: یادگیری بانظارت

بازشناسی ارقام دست‌نویس با استفاده از پرسپترون چندلایه

HANDWRITTEN DIGIT RECOGNITION USING MLP

۱ تعریف مسئله

در این پروژه می‌خواهیم یک سیستم بازشناسی ارقام دست‌نویس را با استفاده از شبکه‌ی عصبی پرسپترون چندلایه طراحی و پیاده‌سازی کنیم. این مسئله، در واقع یک مسئله‌ی بازشناسی الگو از نوع طبقه‌بندی (Classification) است. ما ۱۰ الگوی

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

را در اختیار داریم. با دریافت تصویر هر رقم، باید مشخص کنیم که شکل آن تصویر به کدام یک از این الگوها تعلق دارد.

۲ داده‌ها

تصویر هر یک از این الگوها در قالب یک ماتریس ۲۸ × ۲۸ پیکسلی با الگوی رنگ خاکستری (gray-scale) داده شده است. به این معنی که هر پیکسل با یک عدد صحیح بین ۰ تا ۲۵۵ بازنمایی می‌شود.

کلیه‌ی تصاویر ارقام در مجموعه داده‌ی مورد استفاده‌ی ما در فایل `pattern.mat` ذخیره شده است که باید این فایل را با دستور زیر در محیط MATLAB بازکنید: (دقت کنید که پوشه‌ی کاری نرم‌افزار همان پوشه‌ای باشد که فایل مذکور در آن قرار دارد.)

MATLAB

```
>> load pattern.mat
```

با اجرای این دستور، آرایه‌ی سلولی $pattern\{i,j\}$ در محیط MATLAB بارگذاری می‌شود که در آن i اندیس الگو (از ۱ تا ۱۰ به ترتیب برای الگوهای 0 تا 9) و j اندیس مثال از آن الگو است. برای نمونه

$$pattern\{۵,۳۲۰\}$$

مثال ۳۲۰ام از الگوی پنجم (مربوط به رقم 4) را نشان می‌دهد.

برای مشاهده‌ی این تصویر در محیط MATLAB از دستور زیر استفاده می‌کنیم:

MATLAB

```
>> imshow(pattern{5,320})
```

این مجموعه داده شامل ۱۰۰۰ مثال برای هر الگو است، یعنی در مجموع ۱۰۰۰۰ = ۱۰۰۰ × ۱۰ مثال در خود دارد. ۷۰ درصد این داده‌ها به‌عنوان داده‌های آموزشی و۳۰ درصد مابقی به‌عنوان داده‌های آزمایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۲ داده‌های آموزشی (Training Data)

برای هر الگو، اندیس‌های ۱ تا ۷۰۰ به‌عنوان داده‌های آموزشی استفاده می‌شود.

۲-۲ داده‌های آزمایشی (Test Data)

برای هر الگو، اندیس‌های ۷۰۱ تا ۱۰۰۰ به‌عنوان داده‌های آزمایشی استفاده می‌شود.

۳ طراحی و پیاده‌سازی شبکه‌ی عصبی

شبکه‌ی عصبی مورد استفاده یک پرسپترون چندلایه است.

- لایه‌ی اول (ورودی‌ها) برابر با $۲۸ \times ۲۸ = ۷۸۴$ نرون ورودی دارد.
- لایه‌ی آخر (خروجی‌ها) ۱۰ نرون خروجی دودویی دارد. هر نرون برای یکی از الگوها استفاده می‌شود. به این ترتیب که اگر ورودی متعلق به الگوی k بود، نرون شماره‌ی k در خروجی روشن می‌شود و مابقی نرون‌ها خاموش خواهند بود.
- برای لایه‌های میانی، پیکربندی‌های زیر را ایجاد و آزمایش کنید و نتایج آنها را با هم مقایسه کنید.
  ۱) یک لایه‌ی میانی با ۴۰۰ نرون (شبکه ۱)
  ۲) یک لایه‌ی میانی با ۷۰ نرون (شبکه ۲)
  ۳) دو لایه‌ی میانی به ترتیب با ۱۹۲ و ۳۰ نرون (شبکه ۳)
  ۴) دو لایه‌ی میانی به‌ترتیب با ۱۰۰ و ۵۰ نرون (شبکه ۴)

برای پارامترهای شبکه، تابع فعال‌سازی و الگوریتم یادگیری می‌توانید از مقادیر پیش‌فرض MATLAB در ابزار nntool استفاده کنید اما برای سادگی بیشتر بهتر است از توابع خط فرمان Neural Network Toolbox در یک فایل m. استفاده کنید تا بتوانید پارامترها را به‌سرعت و به‌سادگی تغییر دهید.

۴ آزمایش و ارزیابی

شبکه را با داده‌های آموزشی، آموزش دهید و با داده‌های آموزشی و آزمایشی، ارزیابی کنید و نتایج را در قالب موارد زیر برای هر پیکربندی گزارش دهید:

۱) نرخ متوسط بازشناسی صحیح (ACCR: average correct classificatin rate) بر روی داده‌های آموزشی، که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$ACCR = \frac{\text{تعداد مثال‌های بازشناسی‌شده‌ی درست}}{\text{تعداد کل مثال‌ها}}$$

۲) نرخ متوسط بازشناسی صحیح بر روی داده‌های آزمایشی.

۳) ماتریس confusion برای داده‌های آموزشی. ماتریس confusion یک ماتریس $M \times M$ است که در آن M تعداد طبقه‌های الگوهاست و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$C = [c_{ij}]_{M \times M}$$

c_{ij} = تعداد مثال‌های طبقه‌بندی‌شده درکلاس i که برچسب واقعی آنها j بوده است. (هر چه این ماتریس قطری‌تر باشد، طبقه‌بندی با کیفیت بهتری انجام شده است.)

۴) ماتریس confusion برای داده‌های آزمایشی.

۵ گزارش پروژه

گزارش پروژه باید دارای ساختار زیر باشد:

- عنوان پروژه
- نام، و نام خانوادگی، شماره‌ی دانشجویی و ایمیل اعضای گروه
- مقدمه (تعریف پروژه به طور مختصر)
- پیاده‌سازی و اجرای پیکربندی شبکه ۱
  ۱) مشخصات پیکربندی (نوع شبکه، تعداد لایه‌ها، تعداد نرون‌ها، توابع فعال‌سازی، الگوریتم یادگیری، ...)
  ۲) نرخ متوسط بازشناسی صحیح بر روی داده‌های آموزشی
  ۳) نرخ متوسط بازشناسی صحیح بر روی داده‌های آزمایشی
  ۴) ماتریس confusion برای داده‌های آموزشی
  ۵) ماتریس confusion برای داده‌های آزمایشی
- پیاده‌سازی و اجرای پیکربندی شبکه ۲
  ۱) مشخصات پیکربندی (نوع شبکه، تعداد لایه‌ها، تعداد نرون‌ها، توابع فعال‌سازی، الگوریتم یادگیری، ...)
  ۲) نرخ متوسط بازشناسی صحیح بر روی داده‌های آموزشی
  ۳) نرخ متوسط بازشناسی صحیح بر روی داده‌های آزمایشی
  ۴) ماتریس confusion برای داده‌های آموزشی
  ۵) ماتریس confusion برای داده‌های آزمایشی
- پیاده‌سازی و اجرای پیکربندی شبکه ۳
  ۱) مشخصات پیکربندی (نوع شبکه، تعداد لایه‌ها، تعداد نرون‌ها، توابع فعال‌سازی، الگوریتم یادگیری، ...)
  ۲) نرخ متوسط بازشناسی صحیح بر روی داده‌های آموزشی
  ۳) نرخ متوسط بازشناسی صحیح بر روی داده‌های آزمایشی
  ۴) ماتریس confusion برای داده‌های آموزشی
  ۵) ماتریس confusion برای داده‌های آزمایشی
- پیاده‌سازی و اجرای پیکربندی شبکه ۴
  ۱) مشخصات پیکربندی (نوع شبکه، تعداد لایه‌ها، تعداد نرون‌ها، توابع فعال‌سازی، الگوریتم یادگیری، ...)
  ۲) نرخ متوسط بازشناسی صحیح بر روی داده‌های آموزشی
  ۳) نرخ متوسط بازشناسی صحیح بر روی داده‌های آزمایشی
  ۴) ماتریس confusion برای داده‌های آموزشی
  ۵) ماتریس confusion برای داده‌های آزمایشی
- مقایسه‌ی نتایج (در قالب جدول):

پیکربندی	تعداد نرون هر لایه	ACCR داده های آموزشی	ACCR داده های آزمایشی

- نتیجه‌گیری (کدام شبکه بهتر است و چرا؟)

Prepared by Kazim Fouladi <kazim@fouladi.ir>, Spring 2017 (۲۱ اسفند ۱۳۹۵)

۶ تحویل پروژه

تحویل پروژه از طریق آپلود در سایت می‌باشد. فایل‌های زیر را در یک فایل zip با نام nn-digit-recog قرار دهید و در محل مشخص‌شده در سایت درس آپلود کنید:

nnDigitRecog.m	فایل برنامه ی MATLAB
nndrNetwork1.mat	فایل داده ها ی شبکه ی ۱ در MATLAB
nndrNetwork2.mat	فایل داده ها ی شبکه ی ۲ در MATLAB
nndrNetwork3.mat	فایل داده ها ی شبکه ی ۳ در MATLAB
nndrNetwork4.mat	فایل داده ها ی شبکه ی ۴ در MATLAB
nnDigitRecog.pdf	فایل گزارش پروژه

nn-digit-recog.zip

* از آنجا که پروژه در قالب گروه‌های دونفری انجام می‌شود، فقط سرگروه باید فایل‌ها را آپلود کند.

یادداشت برای توضیح بیشتر در مورد داده‌های اعداد دست‌نویس، می‌توانید به آدرس زیر مراجعه کنید:

http://cis.jhu.edu/~sachin/digit/digit.html

در صورتی که فایل pattern.mat با نسخه‌ی متلب شما سازگاری نداشت، می‌توانید با دانلود داده‌ها از سایت فوق، آرایه‌ی سلولی $pattern\{i,j\}$ را با اجرای کد زیر در متلب بسازید:

MATLAB

```
num_of_samples = 1000;
size_of_pattern = [28 28];

pattern = cell(10,num_of_samples);

for k = 0 : 9
 fid=fopen(['.\data' num2str(k)],'r'); %-- open the file
 for i = 1 : num_of_samples
 [the_image,Nitem] = fread(fid,size_of_pattern,'uchar');
 pattern{k+1,i} = imrotate(flipud(the_image),-90);
 end
end
```