

به نام خدا



دانشکده مهندسی برق

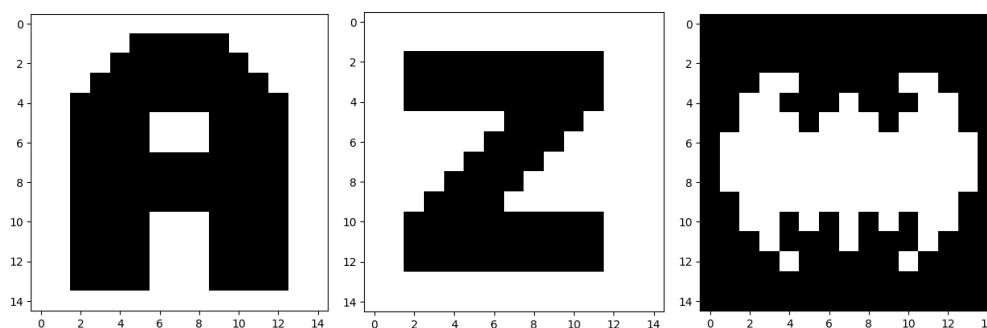
میان ترم شبکه‌های عصبی مصنوعی ۲۵۴۴۳۱ - بهار ۱۴۰۳

مدرس: دکتر سعید باقری شورکی

- استفاده از منابع اینترنتی به شرطی که کپی محض نباشد مجاز است، استفاده از توابع پیش‌ساخته نمره‌ای در بر نخواهد داشت.
- هرگونه مشابهت به عنوان تقلب در نظر گرفته خواهد شد و باعث هدر رفت تلاش شما و از دست رفتن کامل نمره آن بخش خواهد شد.
- تنها بسترهای مجاز برای پیاده‌سازی بخش‌های مربوط به شبیه‌سازی پایتون (ژوپیتِر نوتبوک) می‌باشد، در صورت استفاده از ژوپیتِر نوتبوک گرفتن خروجی HTML اجباری است. طبیعتاً کدها باید امکان اجرا داشته باشند، در غیر اینصورت نمره‌ای تعلق نمی‌گیرد. با کامنت‌گذاری در هر قسمت به خوانایی کد بیفزایید.
- فایل گزارش ارائه شده می‌بایست در کنار فایل‌های شبیه‌سازی به صورت غیردست‌نویس وجود داشته باشد.
- کتابخانه‌های مجاز علاوه بر Numpy و Matplotlib فقط کتابخانه‌های نمایش و خواندن تصاویر و فایل‌ها هستند، استفاده از کتابخانه‌های آموزش شبکه‌های عصبی نمره‌ای در بر نخواهد داشت.
- جنبه تئوری نیز در کنار پیاده‌سازی عملی نمره باید مورد توجه باشد و دقت کنید که عمده نمره بر بیان توضیحات و تفهیم مطالب می‌باشد همچنین نقاط ضعف و قوت طراحی خود را بیان کنید.

بخش اول: پیاده‌سازی شبکه‌ی هاپفیلد

می‌خواهیم شبکه‌ی هاپفیلد را برای ذخیره‌سازی و بازنمایی سه الگو پیاده‌سازی کنیم. این سه الگو در شکل-۱ نشان داده شده‌اند. همچنین مقادیر بایپولار آن‌ها به صورت لیست در یک فایل تکست در صفحه‌ی CW بارگذاری شده است. اندازه‌ی تصاویر ۱۵ در ۱۵ پیکسل است.



شکل ۱ - سه الگوی مورد نظر جهت بازیابی از تصویر نویزی

لازم است در پیاده‌سازی نکات زیر رعایت شود:

- برای نام‌گذاری توابع و متغیرها از نام‌گذاری snake_case مشابه تمارین استفاده نمایید. (در تمامی بخش‌ها)
- ابتدا نیاز است تصاویر فوق رسم شوند. اگر از Matplotlib برای رسم استفاده می‌کنید از پالت رنگی (cmap) باینری استفاده فرمایید تا تصاویر به صورت بالا رسم شوند.
- پس از رسم تصاویر، نیاز است شبکه‌ی هاپفیلد با تصاویر آموزش داده شود. پس از آموزش شبکه، در مرحله‌ی آزمون، یک تصویر نویزی ساخته از همین الگوها به منظور بازیابی تصویر اصلی به شبکه ارائه می‌شود.
- در پیاده‌سازی باید تابعی مشابه تابع زیر وجود داشته باشد تا با دریافت تصویر اصلی و عددی بین ۰ تا ۱۰۰، درصدی از تصویر را نویزی کند. به عبارتی بر اساس عدد داده شده ۱ها را به ۰ و ۰ها را به ۱ تبدیل کند.

```
[ ] 1 def corrupt_image(img , percentage):
    2     #YOUR CODE HERE
    3
    4     return corrupted_img
```

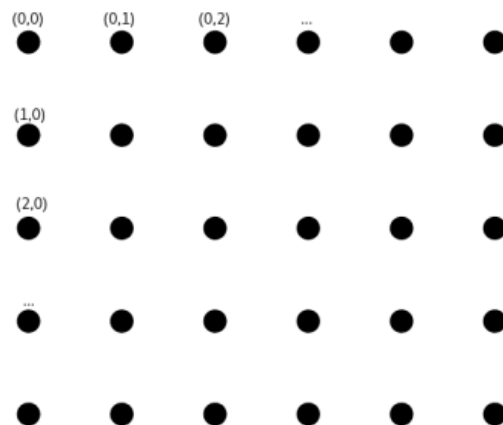
- از آنجایی که در شبکه‌ی هاپفیلد تصویر به صورت قدم به قدم بازنمایی می‌شود علاوه بر تصویر بازنمایی شده‌ی نهایی، انیمیشنی از روند بازنمایی مشابه این [لینک](#) و این [لینک](#) رسم شود. (برای یک مورد خاص که به خوبی بازیابی شده است)
- با تغییر درصد نویز به ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد پیکسل‌ها، عملکرد شبکه را تحلیل فرمایید.
- شبکه‌های هاپفیلد از منظر انرژی هم مورد بررسی قرار می‌گیرند. انرژی در این شبکه‌ها به چه صورت تعریف و محاسبه می‌شود؟ گرافی از انرژی شبکه به ازای هر قدم رو به جلو (پیکسل تصحیح شده تا رسیدن به تصویر پایدار) رسم کنید.

بخش دوم : شبکه‌های خودسازمان‌ده (SOM)

در این قسمت قصد پیاده‌سازی شبکه‌ی خودسازمان‌ده^۱ را داریم. همانطور که می‌دانید این شبکه یک روش یادگیری بدون نظارت است که برای مسائل مختلفی مانند نمایش داده، کاهش ابعاد و خوشه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

SOM را به صورت یک ماتریس با ابعاد $h \times w$ در نظر بگیرید. هر عنصر این ماتریس یک سلول نامیده می‌شود. به هریک از این سلول یک بردار ویژگی با ابعاد d نسبت داده می‌شود. در واقع هر عنصر یک نورون از شبکه است و بردار نسبت داده شده نیز بردار وزن‌های این نورون است؛ بنابراین ابعاد هر بردار ویژگی برابر ابعاد ورودی شبکه خواهد بود. این بردارها قبل از آموزش شبکه مقداردهی اولیه می‌شوند.

^۱ Self Organizing Map (SOM)



شکل-۳: شبکه‌ی SOM ۵ در ۶

با در نظر گرفتن موارد زیر توابع خواسته شده (یا مشابه آن‌ها) در جدول را برای دو تسک خواسته شده پیاده‌سازی کنید.

در هر گام از آموزش قصد داریم یک نمونه ورودی را به SOM نشان دهیم. این نمونه به صورت تصادفی انتخاب شده است. در ادامه باید سلولی را پیدا کنیم که نزدیک‌ترین بردار ویژگی را به بردار ورودی داشته باشد. برای محاسبه نزدیکی از فاصله اقلیدسی استفاده می‌کنیم. سلول انتخاب شده در رقابت را BMU^1 می‌نامیم.

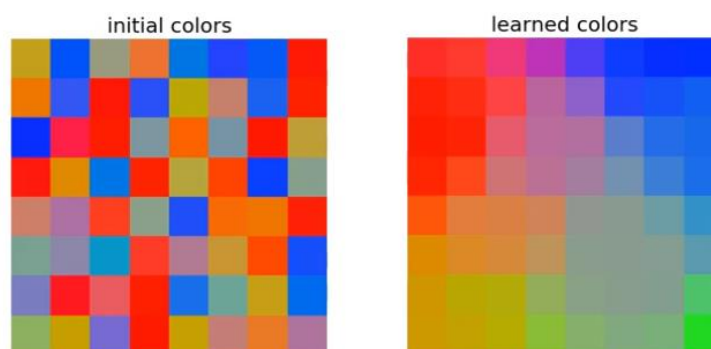
حال که BMU را پیدا کردیم، باید SOM را به‌روزرسانی کنیم. همان طور که می‌دانید در فرآیند آموزش SOM علاوه بر، BMU با همسایگی آن نیز به‌روزرسانی می‌شود؛ بنابراین در به‌روزرسانی بردار ویژگی هر سلول فاکتور همسایگی را نیز در صورت نیاز در نظر بگیرید. واضح است که دور شدن از سلول، BMU بردارهای ویژگی با فاکتور کوچک‌تری به‌روزرسانی می‌شوند. همچنین با جلو رفتن در گام‌های آموزش شعاع همسایگی کوچک‌تر خواهد شد. تحقیق کنید که چه رابطه‌ای را می‌توان برای فاکتور همسایگی با ورودی شعاع همسایگی و فاصله تا BMU در نظر گرفت. برای محاسبه فاصله سلول‌ها می‌توانید از شماره‌ی سطر و ستون سلول در ماتریس SOM استفاده کنید.

¹ Best Matching Unit

اسم تابع	توضیحات
find_bmu	این تابع با داشتن ماتریس SOM و بردار ورودی، مختصات (شماره سطر و ستون) سلول BMU را برمی‌گرداند.
update_som	این تابع با داشتن BMU، بردار ورودی و شماره گام، سلول‌های SOM را آپدیت می‌کند.
update_cell	این تابع با داشتن مختصات BMU و سلول موردنظر و شماره گام، بردار ویژگی سلول را بروزرسانی می‌کند.
update_lr	این تابع با توجه به شماره گام و مقدار اولیه نرخ آموزش، نرخ آموزش را بروزرسانی می‌کند.
calc_factor	این تابع با داشتن فاصله سلول تا BMU و شماره گام، فاکتور همسایگی را محاسبه می‌کند.
radius	این تابع با توجه به شماره گام، شعاع همسایگی را محاسبه می‌کند. (خروجی این تابع در محاسبه فاکتور همسایگی استفاده خواهد شد)
train	این تابع وظیفه انجام گام‌های آموزش را برعهده دارد. (در ابتدا این تابع ماتریس SOM را با روشی دلخواه مقداردهی اولیه کنید) *

* روش مقداردهی اولیه بردارهای ویژگی و شرط توقف مورد استفاده را در گزارش خود ذکر کنید.

۱- یک ماتریس SOM با ابعاد ۵۰ در ۵۰ در نظر بگیرید. ۵ بردار با ابعاد ۳ ایجاد کنید و این بردارها را با مقادیر تصادفی بین ۰ و ۱ مقداردهی کنید. این ۵ بردار، بردارهای ورودی ما خواهند بود. در صورتی که هر بردار را به صورت یک رنگ در نظر بگیرید (هر ویژگی به عنوان یک کانال رنگی (RGB)). رنگ این بردارها را به صورت تصویر در گزارش خود بیاورید. حال شبکه‌ی SOM را با این ۵ بردار ورودی آموزش دهید. ماتریس SOM را قبل از شروع آموزش و بعد از اتمام به صورت یک تصویر رنگی ذخیره کنید. نتیجه‌ای مشابه تصویر زیر به دست خواهد آمد.



شکل-۴: تصویر ورودی و تصویر مطلوب در خروجی

۲- می‌خواهیم با استفاده از شبکه‌های خود سازمان‌ده یک قطعه‌بند تصویر^۱ بسازیم. تصویر شکل-۵ را با چهار رنگ قهوه‌ای، سبز، آبی و کرمی (رنگ پوست) قطعه‌بندی کنید و تصویر به دست آمده را رسم نمایید. تصویر در CW با دو فرمت PNG و JPG بارگذاری شده است.

¹ Image Segmentation



شکل-۵: تصویر برای قطعه‌بندی با استفاده از شبکه‌های خودسازمان‌ده

۳- در مورد روش‌های جدیدتر مبتنی بر SOM مانند Growing SOM و Time adaptive self-organizing map (TASOM) و Generative Topographic Map (GTM) تحقیق کنید. در این روش‌های نوین چه بهبودهایی نسبت به نسخه‌ی اصلی صورت گرفته است. این روش‌ها شبکه‌های SOM را برای چه کاربردهایی بهبود داده‌اند. پس از خواندن این مقالات به زبان خود (نه ترجمه) به مطالب خواسته شده پاسخ دهید. در مورد الگوریتم‌ها و روابط هر یک بحث کنید.

موفق باشید