



## پروژه درس رایانش عصبی و یادگیری عمیق

### پروژه چهارم

**هدف:** آشنایی با شبکه‌های خودسازمانده و مقدمات شبکه‌های کانولوشنی

**کد:** پیاده سازی این پروژه را به زبان پایتون انجام دهید؛ در این فعالیت مجاز به استفاده از tensorflow یا pytorch می‌باشید. **همچنین برای استفاده از شبکه‌های خودسازمانده می‌توانید از کتابخانه minisom استفاده کنید.**

**گزارش:** ملاک اصلی انجام فعالیت، گزارش آن است و ارسال کد بدون گزارش فاقد ارزش است. برای این فعالیت یک فایل گزارش در قالب pdf تهیه کنید و در آن برای هر سوال، تصاویر ورودی، تصاویر خروجی و توضیحات کامل و جامعی تهیه کنید. **تذکر:** مطابق قوانین دانشگاه هر نوع کپی برداری و اشتراک کار دانشجویان غیر مجاز بوده و شدیداً برخورد خواهد شد. استفاده از کدها و توضیحات اینترنت به منظور یادگیری بلامانع است، اما کپی کردن غیرمجاز است.

**راهنمایی:** در صورت نیاز می‌توانید سوالات خود را در خصوص پروژه از تدریس‌یارهای درس، از طریق ایمیل زیر یا در گروه تلگرامی بپرسید. (لینک گروه تلگرامی در سایت کورسز در دسترس بوده و قبلاً به همه‌ی دانشجویان ایمیل شده است)

Email: ann.ceit.aut@gmail.com

**توجه:** برای آموزش شبکه‌های عمیق می‌توانید از منابع و بسترهای سخت افزاری برخط رایگان نظیر Google Colab یا Kaggle استفاده نمایید.

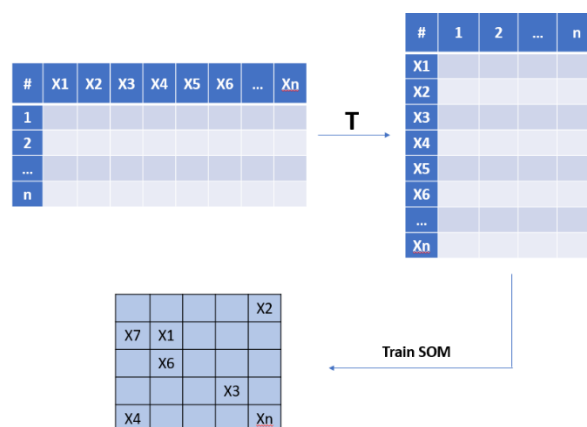
**تاخیر مجاز:** در طول ترم، مجموعاً مجاز به حداکثر ده روز تاخیر برای ارسال تمرینات هستید (بدون کسر نمره). این تاخیر را می‌توانید بر حسب نیاز بین تمرینات مختلف تقسیم کنید؛ اما مجموع تاخیرات تمام تمرینات شما نباید بیشتر از ده روز شود. پس از استفاده از این تاخیر مجاز، هر روز تاخیر باعث کسر ۱۰٪ نمره‌ی آن تمرین خواهد شد.

**ارسال:** فایل‌های کد و گزارش خود را در قالب یک فایل فشرده با فرمت StudentID\_HW02.zip تا تاریخ ۱۴۰۲/۰۲/۱۴ ارسال نمایید.

علازغم موفقیت‌های اخیر شبکه‌های عصبی عمیق در حل مسائل با داده‌هایی از جنس تصویر، صوت، متن و سری‌های زمانی، استفاده آن‌ها در داده‌های جدولی<sup>۱</sup> (Tabular) کمتر رایج بوده‌است. اگرچه در اکثر موارد، دسته‌بندی این داده‌ها، پیچیدگی کمتری دارد و نیازی به استفاده از شبکه‌های عمیق نیست، اما در صورت نیاز به شبکه‌های عمیق، استفاده از این شبکه‌ها ممکن است با چالش‌های زیادی همراه باشد. اولین چالش این است که بر خلاف داده‌های خاص مانند تصویر، هر دیتاست جدولی معمولاً یک مسئله کاملاً مستقل است و نمی‌توان از دانش حل هریک از آن‌ها، برای حل دیگری استفاده کرد؛ در نتیجه هر دیتاست جدولی ممکن است نیاز به یک معماری جدید داشته باشد. دومین چالش، ابعاد بالای برخی از داده‌های جدولی است. فرض کنید تعداد ویژگی‌های یک دیتاست جدولی ۱۰۰۰۰ باشد، در اینصورت حتی یک لایه مخفی با ۱۰۰۰ نرون، تعداد پارامترهای شبکه را به بیش از ۱۰ میلیون افزایش می‌دهد!

از طرف دیگر، بلوغ نسبی شبکه‌های کانولوشنی دوبعدی، این شبکه‌ها را به استاندارد رایجی برای داده‌های تصویری تبدیل کرده است؛ اما کاربرد این شبکه‌ها، به وضوح برای داده‌های جدولی ممکن نیست. مهم‌ترین مشکل این است که در شبکه‌های کانولوشنی، فرض بر این است که در هر داده ورودی، ویژگی‌های مجاور هم، اطلاعات مشابهی دارند (به عنوان مثال در یک تصویر، پیکسل‌های مجاور هم، معمولاً مقادیر مشابهی دارند)، فرضی که لزوماً در داده‌های جدولی برقرار نیست. مشکل واضح دیگر، یک بعدی بودن نمونه‌ها در داده‌های جدولی است.

در این تمرین با استفاده از شبکه‌های خودسازمانده، قصد داریم هر دو مشکل ذکر شده را به صورت توأمان حل کنیم. به بیان ساده‌تر، هدف، تبدیل داده‌های جدولی (یک بعدی)، به تصویرهای دوبعدی قابل پردازش توسط شبکه‌های کانولوشنی است. پس از انجام این کار، می‌توان از صدها شبکه آماده کانولوشنی موجود، برای آموزش داده‌های جدولی استفاده کرد.



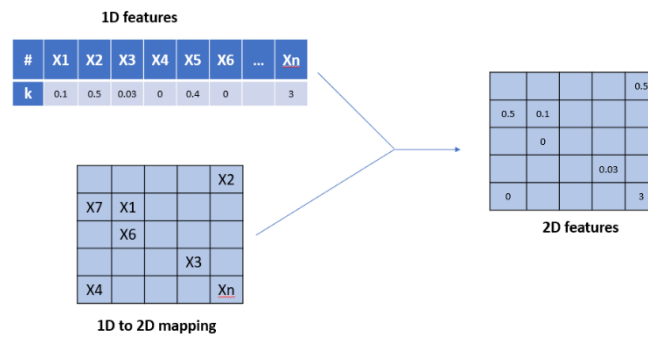
شکل ۱- فرآیند یافتن نگاشت یک بعدی به دو بعدی برای تبدیل داده‌های جدولی به تصویر

روند کلی که برگرفته از ایده شارما و همکاران<sup>۲</sup> است، در ادامه شرح داده می‌شود.<sup>۳</sup> در گام اول لازم است یک شبکه خودسازمانده بر روی ویژگی‌های نمونه‌ها، آموزش یابد. منظور از آموزش بر روی ویژگی‌ها این است که برخلاف فرآیند رایج، ورودی شبکه خودسازمانده نه دیتاست

<sup>۱</sup> منظور از داده‌های جدولی، داده‌هایی هستند که در آن‌ها هر نمونه از دیتاست، دارای  $n$  ویژگی معمولاً مستقل از هم است. در اکثر موارد ویژگی‌ها نمایش بصری خاصی ندارند. این داده‌ها معمولاً به صورت یک جدول ارائه می‌شوند که در آن هر سطر نماینگر یک نمونه از دیتاست است.

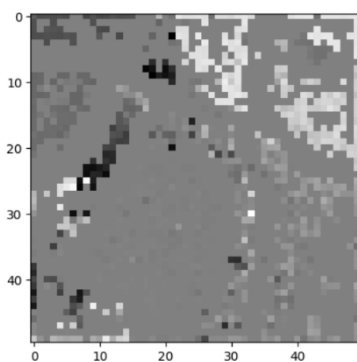
<sup>۲</sup> Sharma, A., Vans, E., Shigemizu, D. et al. DeepInsight: A methodology to transform a non-image data to an image for convolution neural network architecture. Sci Rep 9, 11399 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47765-6>

<sup>۳</sup> هرچند روند کلی تمرین برگرفته از مقاله شارما و همکاران است، آن‌ها به جای شبکه‌های خودسازمانده از روش‌های دیگر مانند PCA برای تبدیل داده‌ها به تصویر استفاده کرده‌اند؛ بنابراین نتایج این تمرین نمی‌تواند نماینده مقاله ذکر شده باشد. استفاده از نقشه‌های خودسازمانده در این کاربرد خاص، مزایا و معایبی دارد و ممکن است نتایج بهتر یا بدتری از مقاله اصلی تولید کند. تصمیم‌گیری در این مورد نیاز به بررسی و آزمایشات بیشتری دارد.



شکل ۲- تبدیل یک نمونه از داده‌ها، به تصویر (باتوجه به نگاشت بدست آمده از شکل ۱)

مسئله، بلکه ترانپاده آن است (شکل ۱). خروجی شبکه پس از این آموزش، یک نگاشت یک بعدی به دو بعدی است که محل قرارگیری ویژگی‌ها در فضای دوبعدی را نشان می‌دهد.



شکل ۳- یک داده از دیتاست پیوست، پس از تبدیل به تصویر

در گام بعد، پس از مشخص شدن محل قرارگیری ویژگی‌ها در فضای دو بعدی، مطابق شکل ۲ می‌توان هر داده یک بعدی را به تصویر دو بعدی تبدیل کرد. یک نمونه از تصویر بدست آمده برای دیتاست پیوست در شکل ۳ ارائه شده است. به تشابه مقادیر پیکسل‌های مجاور هم در این تصویر توجه کنید. پس از انجام این کار برای تمام نمونه‌های آموزشی، می‌توان از تصاویر بدست آمده برای آموزش یک شبکه کانولوشنی دلخواه استفاده کرد.

برای شروع، داده‌های دیتاست پیوست را به دو دسته آموزش و ارزیابی تقسیم کنید. توجه کنید که نرمال‌سازی داده‌ها برای آموزش شبکه خودسازمانده در اکثر موارد بسیار مهم است.

الف) از داده‌های آموزشی (یا بخشی از آن) برای بدست آوردن نگاشت یک بعدی به دوبعدی ویژگی مطابق شکل ۱ استفاده کنید. برای این بخش ابعاد نقشه خودسازمانده را ۵۰ در ۵۰ فرض کنید. توجه کنید که ممکن است بیش از یک ویژگی به یک سلول از نقشه خودسازمانده نگاشت شوند. تعداد ویژگی‌های نگاشت شده به هر خانه از نقشه خودسازمانده را به صورت گرافیکی نمایش دهید.

ب) داده‌ها را با توجه به نگاشت به دست آمده، به تصویر تبدیل کنید. برای سلول‌هایی که بیش از یک ویژگی در آن‌ها قرار گرفته است می‌توانید از هر روشی استفاده کنید. به عنوان مثال تنها یک ویژگی از آن سلول را استفاده کنید. پس از ساخت دیتاست تصویری، ۳ تصویر از هر کلاس را در گزارش خود ارائه کنید.

ج) یک معماری کانولوشنی با حداکثر ۱۰ لایه‌ای تعریف کنید و آن را با تصاویر بدست آمده آموزش دهید. نمودارهای تابع هزینه را برای هر دو دسته آموزش و ارزیابی ارائه کنید. دقت و ماتریس در هم ریختگی را نیز برای هر دو دسته ارائه کنید.

د) آیا نقشه خودسازمانده در این فرآیند نقش موثری دارد؟ برای بررسی این سوال، داده‌های آموزشی را با یک تغییر شکل ساده مانند دستور `reshape` از کتابخانه `numpy` به داده‌های دوبعدی تبدیل کنید. مجدداً قسمت ج را با این داده‌ها تکرار و نتایج را مقایسه کنید. باتوجه به نتایج، آیا همبستگی بین داده‌های مجاور در شبکه‌های کانولوشنی حائز اهمیت است؟ شبکه خودسازمانده چگونه این همبستگی را تأمین می‌کند.