



پروژه سوم

هدف: آشنایی با شبکه‌های خودسازمانده کوهونن

کد: کد این فعالیت را به زبان پایتون بنویسید. استفاده از کتابخانه **minisom** پیشنهاد می‌شود.

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 ۱: 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.

تذکر ۲: مجموعه‌های داده مورد استفاده را به جز در مواردی که صریحاً در صورت سوال ذکر شده باشد، حتماً قبل از استفاده بصورت تصادفی به سه بخش آموزش (۷۰ درصد داده‌ها)، آزمون (۲۰ درصد داده‌ها) و اعتبارسنجی (۱۰ درصد داده‌ها) تقسیم نمایید.

راهنمایی: در صورت نیاز میتوانید سوالات خود را در خصوص پروژه از تدریس‌یارهای درس، از طریق ایمیل زیر یا در گروه تلگرامی بپرسید.

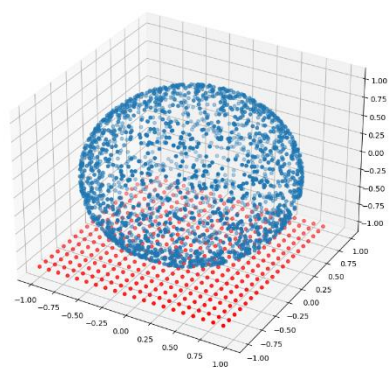
Email: ann.ceit.aut@gmail.com

ارسال: فایل‌های کد و گزارش خود را در قالب یک فایل فشرده با فرمت StudentID_HW03.zip تا تاریخ ۱۴۰۲/۰۹/۰۵ ارسال نمایید. شایان ذکر است هر روز تاخیر باعث کسر ۱۰٪ نمره خواهد شد.

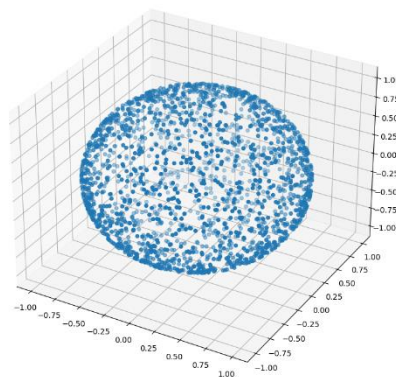
تاخیر مجاز: در طول ترم، مجموعاً مجاز به حداکثر ده روز تاخیر برای ارسال تمرینات هستید (بدون کسر نمره). این تاخیر را می‌توانید برحسب نیاز بین تمرینات مختلف تقسیم کنید، اما مجموع تاخیرات تمام تمرینات شما نباید بیشتر از ده روز شود. پس از استفاده از این تاخیر مجاز، هر روز تاخیر باعث کسر ده درصد نمره خواهد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

در طول بیش از دو دهه پس از معرفی شبکه‌های خودسازمانده^۱، کاربردهای بسیاری برای این شبکه‌ها یا نسخه‌های بهبود یافته آنها ارائه شده‌است. اگرچه شبکه‌های عصبی عمیق در بسیاری از کاربردها جایگزین شبکه‌های خودسازمانده شده‌اند، در برخی کاربردها

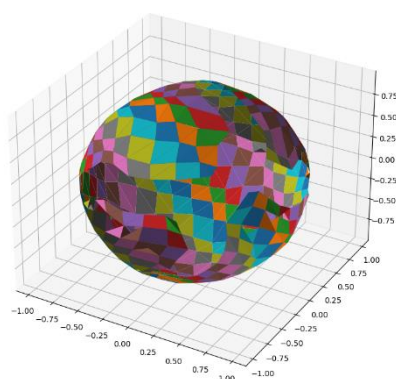
¹ Self-organizing map



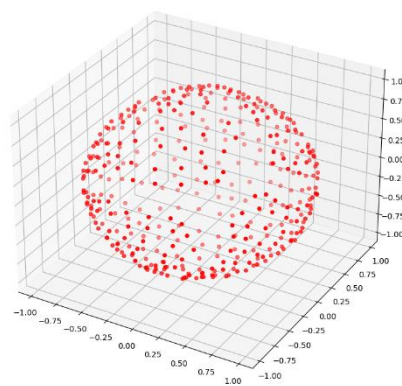
ب) مقدار اولیه وزن نرون‌های شبکه SOM (قرمز) در کنار ابر نقاط



الف) ابر نقاط مربوط به یک کره



د) اتصال نرون‌ها با توجه به همسایگی آن‌ها و بازسازی سطح کره



ج) وزن نهایی نرون‌های شبکه SOM

شکل ۱) فرآیند بازسازی سطح با استفاده از شبکه خودسازمانده کوهونن (SOM)

مانند خوشه‌بندی یا مصورسازی داده‌ها، این شبکه‌ها همچنان مطرح هستند. در این پروژه قصد داریم به دو کاربرد متفاوت از شبکه‌های خودسازمانده بپردازیم.

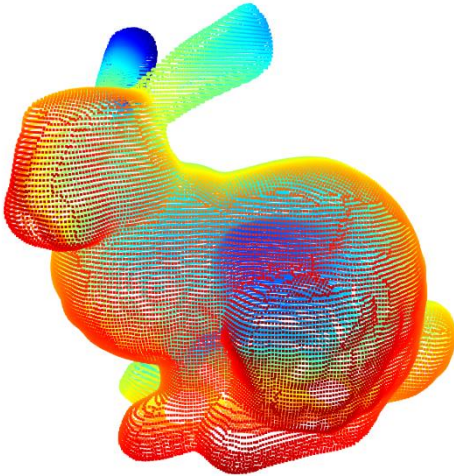
۱) بازسازی سطح^۲

هدف از بازسازی سطح، استخراج شکل یک جسم سه بعدی، از مجموعه‌ای از نقاط (ابر نقاط) استخراج شده از سطح آن (شکل ۱- الف) است. برای این کار الگوریتم‌های زیادی در حوزه بینایی کامپیوتر از جمله ^۳Ball-Pivoting ارائه شده‌است. یک کاربرد جالب شبکه خودسازمانده، استفاده از آن برای بازسازی سطح است که پیش از این محققان بسیاری به آن پرداخته‌اند^۴. برای این منظور می‌توان از شبکه خودسازمانده ۲ بعدی با همسایگی مربعی ساده استفاده کرد. وزن دهی اولیه این شبکه می‌تواند به صورت تصادفی

^۲ Surface Reconstruction

^۳ Bernardini, Fausto, et al. "The ball-pivoting algorithm for surface reconstruction." IEEE transactions on visualization and computer graphics 5.4 (1999): 349-359.

^۴ DalleMole, Vilson L., Renata LME do Rego, and Aluizio FR Araújo. "The self-organizing approach for surface reconstruction from unstructured point clouds." *Self-Organizing Maps*. IntechOpen, 2010.



شکل ۲) ورودی بخش اول تمرین

یا منظم و یکنواخت (شکل ۱-ب) انجام شود. پس از آموزش شبکه، نرون‌ها شکل تقریبی توزیع داده‌های ورودی را به خود می‌گیرند (شکل ۱-ج). پس از آن با توجه به همسایگی نرون‌ها، با اتصال آن‌ها به یکدیگر می‌توان شکل تقریبی جسم را استخراج کرد (شکل ۱-د).

الف) ابرنقاط شکل ۲ در پیوست با فرمت npy ارائه شده‌است. فرآیندی که در بالا شرح داده شد را برای این شکل اجرا کنید و توزیع نهایی وزن نرون‌ها را مانند شکل ۱-ج ارائه کنید. توجه کنید که نیازی به متصل کردن نرون‌ها و ساخت شکل نهایی نیست، اما توزیع وزن نرون‌ها باید تا حد ممکن بر روی سطح شکل یکنواخت باشد.

ب) به طور پیشفرض سلول‌های لبه‌ای در شبکه خودسازمانده، فقط با سلول‌های اطراف خود همسایگی دارند. به نظر شما برای این کاربرد، همسایگی سلول‌های لبه‌ای بهتر است به چه صورت باشد؟ چرا؟

۲) خوشه‌بندی

خوشه‌بندی به عنوان یک روش یادگیری بدون نظارت، دارای الگوریتم‌های مختلفی است. مزیت اصلی خوشه‌بندی به وسیله شبکه خودسازمانده، قابلیت بصری سازی خوشه‌ها برای داده‌های با ابعاد بالا می‌باشد. با در نظر گرفتن این موضوع، در ادامه یک مجموعه دادگان تصویر را به وسیله این الگوریتم خوشه‌بندی خواهیم کرد.

الف) دو خروجی بصری متداول شبکه خودسازمانده را توضیح دهید. کدام یکی از این دو خروجی برای مسئله خوشه‌بندی به کار می‌رود؟

ب) یک شبکه خودسازمانده با همسایگی شش ضلعی بر روی مجموعه دادگان MNIST⁵ آموزش دهید. خروجی شبکه را به صورت ماتریس یو⁶ (متد distance_map در کتابخانه minisom) نمایش دهید. شکل تقریبی خوشه‌ها را به صورت دستی روی این خروجی نمایش دهید. (با فرض اینکه برچسب تصاویر در دسترس نیست، ابعاد مناسب برای شبکه را با آزمون و خطای بصری مشخص کنید.)

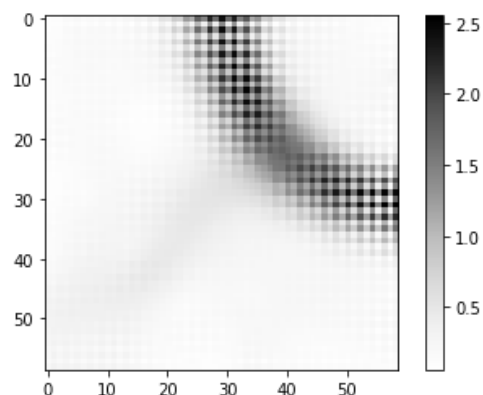
ج) آیا روشی هوشمندانه‌تر از بررسی خروجی ماتریس یو برای تعیین ابعاد مناسب شبکه وجود دارد؟ به اختصار توضیح دهید.

د) حال با فرض در دسترس بودن برچسب داده‌ها، شبکه خودسازمانده را به همراه کلاس غالب هر سلول نمایش دهید. آیا خروجی این بخش با خروجی بخش ب همخوانی دارد.

⁵ <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/>

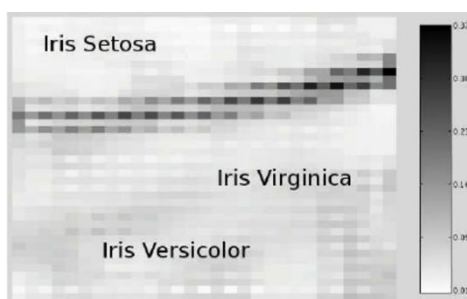
⁶ U-Matrix

پیوست ۱: آشنایی با ماتریس یو (U-Matrix)



شکل ۳- نمونه ماتریس یو

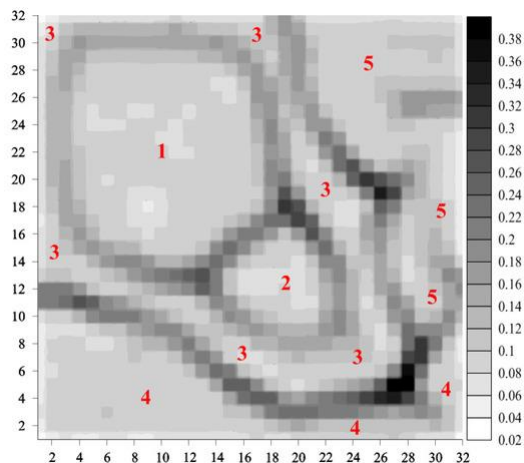
ماتریس یو یکی از روش‌های بصری‌سازی شبکه‌های خودسازمانده برای داده‌های بدون برچسب است. برای بدست آوردن ماتریس یو، پس از آموزش شبکه، میانگین (یا مجموع) فاصله اقلیدسی هر سلول با سلول‌های همسایه‌اش را به عنوان مقدار آن سلول در نظر می‌گیریم. سپس اگر مقادیر کوچکتر را با رنگ روشن‌تر و مقادیر بزرگتر را با رنگ تیره‌تر نشان دهیم، خروجی مانند شکل ۳ به صورت یک تصویر دو بعدی به دست می‌آید. در این تصویر، نواحی سفید رنگی که به وسیله ناحیه مشکی از هم جدا شده‌اند، نشان دهنده سلول‌هایی هستند که وزن‌های تقریباً مشابهی دارند؛ بنابراین این سلول‌ها را می‌توان به عنوان یک خوشه در نظر گرفت.



شکل ۴) تعداد خوشه‌های بدست آمده از ماتریس یو (یا هر الگوریتم خوشه‌بندی دیگر) لزوماً با تعداد کلاس‌ها برابر نیست.

توجه کنید که تعداد خوشه‌ها همواره نماینده تعداد کلاس‌ها نیست. به عنوان مثال در شکل ۴ مشاهده می‌کنید که مجموعه دادگان سه کلاسه Iris به وسیله ماتریس یو به دو خوشه تقسیم شده‌است. این اتفاق نشان می‌دهد که کلاس‌های Virginica و Versicolor شباهت زیادی با هم دارند. افزایش ابعاد شبکه یا تغییر نوع همسایگی ممکن است این مشکل را حل کند.

در نهایت در شکل ۵ یک مثال کامل از خوشه‌بندی با ماتریس یو و خوشه‌هایی که می‌توان به صورت تقریبی از ماتریس یو تشخیص داد نمایش داده شده است.



شکل ۵) یک مثال دیگر از خوشه‌بندی با ماتریس یو