



## آزمون پایان‌ترم

### ۱ پرسش یک

به سوالات زیر پاسخ دهید.

آ. (همانگ‌شده ۱): در یک سیستمی که تفکیک پذیر خطی نیست، ثابت کنید اگر بخواهیم با SVM آن را کلاس‌بندی کنیم در تابع هزینه آن شرط زیر برقرار است:

$$(1) \quad L(w, b, \Lambda, R, \varepsilon) = \frac{1}{2} \|w\|^2 - \sum_{i=1}^N \alpha_i (y_i (w^T x_i + b) - 1 + \varepsilon_i) - \sum_{i=1}^N r_i \varepsilon_i + C \sum \varepsilon_i^2$$
$$0 \leq \alpha_i \leq C$$

ب. (همانگ‌شده ۲): ثابت کنید در روش کاهش بعد با LDA، مقدار Scatter Total داده‌ها طبق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$(2) \quad S_{\text{Total}} = S_B + S_w$$
$$S_B = \text{Between Scatter}, S_w = \text{Within Scatter}$$

ج. در فضای دو بُعدی نقاط زیر و برچسب متناظر با آن‌ها داده شده است:

$$\mathbf{x}_1 = \{(1, 1), 1\}, \quad \mathbf{x}_2 = \{(2, 1), 1\}, \quad \mathbf{x}_3 = \{(2, 0), 1\}, \quad \mathbf{x}_4 = \{(1, 2), -1\}, \quad \mathbf{x}_5 = \{(2, 2), -1\}, \quad \mathbf{x}_6 = \{(1, -3), -1\}$$

چنان‌چه از تبدیل غیرخطی  $\varphi(\mathbf{x}) = (x_1^2 + x_2^2, x_1 - x_2)$  برای رسیدن به یک ماشین بردار پشتیبان استفاده شود به سوالات زیر پاسخ دهید:

آ) بردارهای  $\varphi_i(\mathbf{x}), i = 1, \dots, 6$  را در فضای مخفی رسم کنید و بدون محاسبه و صرفاً به صورت شهودی بردارهای پشتیبان را پیدا کنید.

ب) با استفاده از حل مسئله دوگان، مقادیر بهینه وزن و بایاس را پیدا کنید.

ج) یک تبدیل غیرخطی معرفی کنید که داده‌ها را از فضای دو بُعدی به فضای یک بُعدی انتقال دهد، به طوری که دسته‌بندی خطی آن‌ها امکان‌پذیر شود.

### ۲ پرسش دو

موسیقی سنتی ایرانی به دو بخش اصلی تقسیم می‌شود: هفت دستگاه و پنج آواز. دستگاه، یک توالی از پرده‌های موسیقی و مجموعه‌ای از چند نغمه (گوشه) است که با یکدیگر در گام، کوک و فواصل نت هم‌آهنگی دارند. هفت دستگاه با نام‌های شور، نوا، ماهور، همایون، سه‌گاه، چهارگاه و راست‌پنج‌گاه در موسیقی سنتی ایرانی وجود دارند. بین دستگاه‌های مختلف روابطی برقرار است که گاهی تشخیص را سخت می‌کند. برای مثال، تشخیص دو دستگاه ماهور و راست‌پنج‌گاه به دلیل شباهت زیاد در گام‌ها ممکن است سخت باشد. جمعی از دانشجویان دانشگاه فرهنگ و هنر تهران، تعدادی موسیقی ایرانی با طول ۲۰ الی ۶۰۰ ثانیه را به همراه برچسب مربوط به دستگاه جمع‌آوری کرده‌اند و آن‌ها را در قالب یک دیتاست صوتی در اختیار یک شرکت دانش‌بنیان

فعال در زمینه هوش مصنوعی قرار داده اند، مهندسان این شرکت در گام اول داده‌های صوتی را به قالب عددی تبدیل کردند و سپس از آن‌ها استخراج ویژگی کرده‌اند تا یک دیتاست مناسب برای کاربردهای هوش مصنوعی تشکیل دهند. این دیتاست از طریق **این پیوند** در اختیار شما قرار گرفته است. کدگذاری دستگاه‌ها در این دیتاست به شرحی است که در **جدول ۱** آورده شده است. دقت کنید که در تمام مراحل بعدی باید از این اسامی برای نمایش این کلاس‌ها در هر نوع خروجی خود استفاده کنید.

جدول ۱: کدگذاری دستگاه‌های در ستون dastgah دیتاست.

D_0	Shur
D_1	Segah
D_2	Mahur
D_3	Homayun
D_4	Rast-Panjgah
D_5	Nava
D_6	Chahargah

آ. داده‌ها را به حداقل دو دسته آموزش و آزمون تقسیم کنید. توزیع کلاسی داده‌های آموزش و تست خود را از طریق نمودار میله‌ای نمایش دهید. ماتریس همبستگی را رسم کنید و مهم‌ترین ویژگی‌ها را با استفاده از تحلیل یا استفاده از یک **الگوریتم انتخاب ویژگی** تعیین کنید و نمایش دهید.

ب. با استفاده از طبقه‌بند مبتنی بر SVM دستگاه‌های موسیقی را طبقه‌بندی کنید و نتایج را بصورت دقیق و کامل برای هر کلاس در قالب ماتریس درهم‌ریختگی (به‌صورت درصدی) نمایش دهید. تفاوت استفاده از دو هسته خطی و غیرخطی در نتایج را بررسی و تحلیل کنید. برای بخش‌های بعدی که نیاز به تکرار پیاده‌سازی این بخش پیدا می‌کنید، پیاده‌سازی به‌ازای یک هسته کافی است و نیازی به پیاده‌سازی و مقایسه روی هسته‌های مختلف نیست.

ج. با استفاده از روش‌هایی مانند GridSearch، حداقل یک فرایارامتر را انتخابی خود در بخش (ب) را تا جای ممکن بهینه و تنظیم کنید. همچنین، لازم است که در یافتن مقدار بهینه فرایارامتر انتخابی خود از روش K-Fold Cross Validation بهره بگیرید. دقت داشته باشید که تنظیم فرایارامتر در کل این سوال فقط یک بار لازم است و می‌توانید در مراحل بعدی از مقدار (مقادیر) به‌دست‌آمده در همین بخش استفاده کنید.

د. از هر دو روش PCA و LDA برای کاهش بُعد استفاده کنید و نتیجه بصری را برای PCA در فضای دو بُعدی و برای LDA در فضای سه بُعدی نمایش دهید (هر کلاس با رنگ متفاوت). سپس، روی یک نمودار تاثیر انتخاب تعداد مولفه‌های PCA بر دقت الگوریتم طبقه‌بندی بخش (ب) را نمایش دهید.

ه. حداقل یک ویژگی جدید از داده‌ها استخراج کنید. با توجه به ماهیت صوتی منشأ داده‌ها چه جنس ویژگی‌ای استخراج کرده‌اید؟ در ادامه، یک شبکه اتوانکودر طراحی کنید و از آن به‌عنوان استخراج‌کننده ویژگی استفاده کنید و بخش (ب) را تکرار کنید و نتایج را گزارش و تحلیل کنید. نمودار ائتلاف بخش آموزش و اعتبارسنجی مربوط به اتوانکودر خود را هم رسم کنید. از کدام قسمت(های) شبکه برای انجام فرآیند خواسته‌شده در این سوال استفاده کردید؟ چرا؟

و. فرض کنید آهنگ «به سکوت سرد زمان» استاد شجریان در اختیار شما قرار داده شده و آن را با استفاده از الگوریتم‌های ازپیش‌آماده‌شده به داده‌های عددی موجود در **این پیوند** تبدیل کرده‌اید. آیا می‌توانید امکان این را ایجاد کنید که با یکی از مدل‌هایی که در بخش‌های قبلی آموزش داده‌اید، دستگاه موسیقی مربوط به این داده را تعیین کنید؟ پیاده‌سازی کرده و نتیجه را گزارش کنید.

ز. به نظرتان کاربرد این پروژه چه می‌تواند باشد و چه نوع مدل‌هایی در این کاربرد بهتر جواب می‌دهند؟ به‌عنوان نمونه امتیازی می‌توانید از روشی دیگر برای طبقه‌بندی استفاده کنید و نشان دهید که در این روش جدید نتیجه بهتر شده است.

### ۳ پرسش سه

تصور کنید که یک وظیفه معمولی مربوط به مسیریابی ربات در یک محیط شبکه‌ای شکل نشان داده شده در **شکل ۱** وجود دارد. شما می‌توانید در هر یک از چهار جهت (چپ/راست/بالا/پایین) حرکت کنید، مگر اینکه توسط یک مانع خاکستری در B2 مسدود شوید (اگر به مانع در B2 برخورد کردید، در همان حالت باقی می‌مانید). پاداش برای ورود به حالت A4 برابر با +10

است و برای ورود به حالت B4 برابر با -10 است. هر دو حالت A4 و B4 حالت‌های جذب‌کننده هستند و پاداش برای هر حالت دیگری برابر با 0 است.

	1	2	3	4
A				+10
B				-10
C				

شکل ۱: محیط شبکه‌ای شکل پرسش سه.

آ. فرض کنید که تغییرات حالت قطعی<sup>۱</sup> هستند. به یاد داشته باشید که در الگوریتم ساده یادگیری-Q، مقادیر تخمین Q با استفاده از قاعده زیر به‌روزرسانی می‌شوند:

$$\hat{Q}(s, a) = r + \gamma \max_{a'} \hat{Q}(s', a') \quad (۳)$$

این الگوریتم را زمانی که تمام مقادیر  $\hat{Q}$  به صفر مقداردهی اولیه شده‌اند و  $\gamma = 0.9$  است در نظر بگیرید. مقادیر Q را روی شکل پس از تکرار اپیزودهای زیر مشخص کنید:

$$\begin{aligned} &A1, A2, A3, B3, B4 \\ &C2, C1, B1, A1, A2, A3, A4 \\ &C4, C3, B3, A3, A4 \end{aligned} \quad (۴)$$

ب. فرض کنید ربات هم‌اکنون از سیاست «همواره انجام‌دادن عملی با بیش‌ترین ارزش Q» استفاده خواهد کرد. این سیاست را با پیکان‌هایی روی شکل نمایش دهید. آیا این سیاست بهینه است؟ چرا؟

منابع

[1] <https://github.com/MJAHMADEE/MachineLearning2024W>

<sup>1</sup>Deterministic