

תרגיל 5: למידה לא מפוקחת

הוראות כלליות

1. **על כל סטודנט להעלות עותק נפרד של העבודה למערכת המודל, כדי שנוכל לתת לכם ציונים.**
2. **עבור החלק הראשון (האנליטי), יש להגיש פיתוח מתמטי מלא של התשובות.** ניתן להגיש פתרון מוקלד דרך מערכת המודל, או להגיש עותק פיזי **לתא של שי** (בכניסה לבניין 93). נא לא להגיש פתרונות סרוקים.
 - i. למגשים **עותק פיזי**, יש להגיש **עותק אחד** בלבד עבור כל זוג סטודנטים, ולהקפיד **לרשום עליו את מספרי תעודות הזהות של שני בני הזוג** (ID1 ו-ID2).
 - ii. למגשים **פתרון מוקלד** דרך מערכת המודל, יש להגיש **עותק נפרד** לכל סטודנט. יש להגיש קובץ **docx או tex** ניתן **לעריכה** כך שנוכל להוסיף לו הערות (רצוי לצרף גם עותק ב-PDF). שם הקובץ (או הקבצים) יהיה **ex5_part1_ID1_ID2**.
3. **עבור החלק השני (התכנותי), יש להגיש מסמך PDF יחיד (לכל סטודנט)** בשם **ex5_ID1_ID2.pdf** (ניתן להשתמש ב-word ולשמור כ-PDF), וכן **קובץ m יחיד** בשם **ex5_ID1_ID2.m** עם הקוד **וללא קובץ הנתונים**. הוראות הגשה נוספות מפורטות בהמשך.
4. שאלות בנוגע למטלה יש להעלות בפורום המתאים באתר הקורס במודל. שאלות שיופנו אלינו במייל **לא יענו** (פרט לשאלות ובקשות חריגות).

חלק 1 – שאלות אנליטיות (20 נק' לכל שאלה)

1. רשת נוירונים לינארית בעלת שני נוירוני קלט ונוירון פלט יחיד, כמתואר בתרשים, מבצעת "ניתוח רכיבים עיקריים" (PCA). מטריצת השונות המשותפת (קוואריאנס) של הקלטים נתונה על-ידי:

$$C = \begin{bmatrix} 57 & -24 \\ -24 & 43 \end{bmatrix}$$

- א. נתון שהערכים העצמיים הם: $\lambda_1 = 25$, $\lambda_2 = 75$. מצאו את הו"ע (המנורמלים) המתאימים להם.
- ב. מהו סט המשקלות האופטימלי של הרשת? הסבירו בקצרה את שיקוליכם.
- ג. נתון כי ממוצע הקלטים הוא: $\langle \vec{x} \rangle = \vec{0}$. רשמו את הביטוי לשחזור הדוגמאות לאחר הדחיסה שמבצעת הרשת.

$$ד. מציגים לרשת את הדוגמא הבאה: $\vec{x} = \begin{bmatrix} 5 \\ 15 \end{bmatrix}$$$

- i. מה יהיה הקידוד של הדוגמא (הפלט של הרשת)?
- ii. מה יהיה השחזור של הדוגמא?
- iii. מהי שגיאת השחזור הריבועית?

2. רשת נוירונים לינארית בעלת שלושה נוירוני קלט ושני נוירוני פלט, מבצעת "ניתוח רכיבים עיקריים" (PCA). מטריצת השונות המשותפת (קוואריאנס) של הקלטים נתונה על-ידי:

$$C = \begin{bmatrix} 5 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 5 \end{bmatrix}$$

- א. נתון כי הוקטורים העצמיים (המנורמלים) הם:

$$\vec{v}_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \vec{v}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \vec{v}_3 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

- א. מצאו את הערכים העצמיים המתאימים להם.
- ב. מהו סט המשקלות האופטימלי של הרשת? הסבירו בקצרה את שיקוליכם ושרטטו תרשים של הרשת עם המשקלים.
- ג. נתון כי ממוצע הקלטים הוא: $\langle \vec{x} \rangle = \vec{0}$. רשמו את הביטוי לשחזור הדוגמאות לאחר הדחיסה שמבצעת הרשת.
- ד. מציגים לרשת את הוקטור העצמי עם הערך העצמי הנמוך ביותר מבין השלושה. מה תהיה שגיאת השחזור הריבועית?

חלק II – כלל Sanger (60 נק')

1. היעזרו בקבצי העזרה של Matlab (או בגוגל), ולמדו על הנושאים הבאים בלמידה עצמית:
 - הפונקציות [text](#), [quiver3](#), [surf](#), [scatter3](#).

הבהרה I: הקישורים לעיל הם נקודת פתיחה טובה, אך במידת הצורך כדאי לחפש מידע נוסף באינטרנט.

הבהרה II: אם במהלך התרגיל תיתקלו בפונקציות נוספות שאינכם מכירים, מומלץ לחפש עליהן מידע באינטרנט. אין לפנות אלינו בשאלות על פונקציות שאינכם מכירים לפני שניסיתם אפשרות זו.
 2. הורידו את קובץ הנתונים למחשבכם. **ודאו קובץ הנתונים וקובץ הקוד שלכם נמצאים באותה התיקייה.**
 3. **הגדרת הבעיה:** נתונים וקטורי קלט שהוגרלו באופן הבא:
 - א. הגרלנו וקטורים מהתפלגות אחידה על מלבן שנמצא במרחב תלת מימדי.
 - ב. הוספנו לכל דוגמה וקטור רעש שהוגרל מהתפלגות נורמלית תלת-מימדית.
 4. קובץ הנתונים שלכם מכיל שני משתנים:
 - 'X' - מטריצה שבה כל עמודה מייצגת וקטור קלט לדוגמה.
 - 'M' - מטריצה המכילה ארבעה וקטורים המייצגים את פינות המלבן המקורי שבאמצעותו הוגרלו הדוגמאות.
- המשימה שלכם**
5. **עליכם לממש באמצעות למידת online את כלל Sanger** להורדת מימדי הקלט מתלת-מימד לדו-מימד. לשם כך, אתם מוזמנים להשתמש בכל הפקודות והפונקציות הזמינות בסביבת ה-Matlab, למעט בפקודה [pca](#).
 6. עליכם לכתוב **קובץ קוד יחיד** שיכיל את שלבי העיבוד הבאים:
 - א. **ניקוי משתנים שנשארו מהרצות קודמות.**
 - ב. טעינת קבצי הקלט.
 - ג. הגדרת הפרמטרים הדרושים למימוש כלל Sanger:
 - i. קצב הלמידה.
 - ii. מטריצת המשקלים.
 - iii. כמות המעברים על כלל הדוגמאות (epochs).
 - ד. **הערה:** את ערכי הפרמטרים עליכם לקבוע בעצמכם.

הרצת כלל Sanger על כל הדוגמאות בהתאם לפרמטרים שנבחרו.

הערה: עליכם לחשב רק את הוקטורים העצמיים הדרושים לצורך הפחתת המימדים המבוקשת (אין צורך למצוא את כולם).

ה. הצגת גרף תלת-מימדי שיכיל את סט דוגמאות האימון, המלבן המקורי שממנו הוגרלו הדוגמאות ושני הוקטורים שנמצאו על-ידי האלגוריתם (מצורפת דוגמה של גרף כזה לפני למידה).

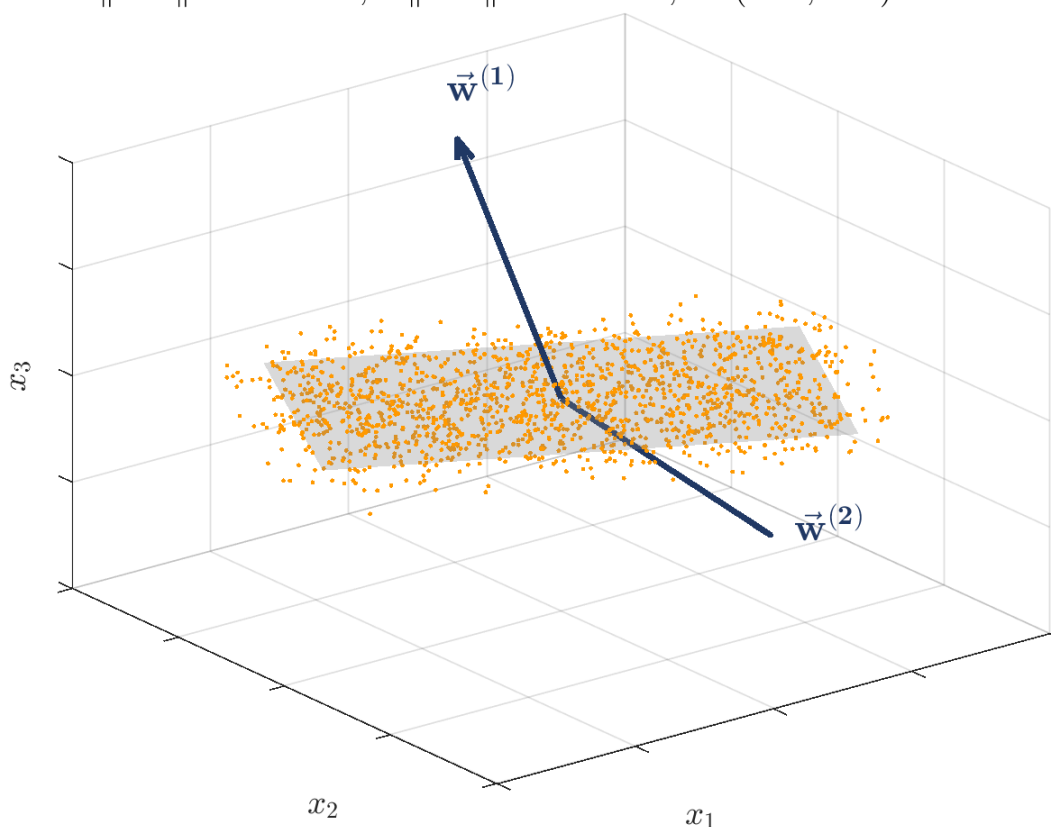
ליד כל וקטור הציגו את שמו, ובכותרת הגרף כתבו את אורכי הוקטורים ואת גודל הזווית ביניהם. אל תשכחו להוסיף כותרות לצירים.

הערה I: במידת הצורך, ניתן להציג את הוקטורים כארוכים יותר (רק לצורך התצוגה הגרפית).

הערה II: אינכם חייבים לכתוב נוסחאות בתיאורים בגרף.

הערה: ניתן (ואף מומלץ) להיעזר בקבצי הקוד שקיבלתם במהלך הסמסטר ובעבודות הקודמות.
 7. **הסבירו בקצרה** (במסמך ה-PDF המצורף) מדוע הוקטורים העצמיים שנמצאו בשאלה הקודמת הם דווקא הוקטורים האלה.

$$\|\vec{w}^{(1)}\| = 0.276934, \quad \|\vec{w}^{(2)}\| = 0.235082, \quad \angle(\vec{w}^{(1)}, \vec{w}^{(2)}) = 109.5^\circ$$



8. הנחיות להגשת קבצי הקוד:

- שנו את שם הקובץ הראשי בהתאם למספרי תעודות הזהות שלכם, לפי הפורמט `ex5_ID1_ID2.m`.
- בתחילת הקובץ הראשי, כתבו את שמכם ומספרי תעודות הזהות שלכם בהערה.
- ודאו שהקוד רץ (בלחיצה על F5).
- ודאו שזמן הריצה קצר מ-10 דקות.
- כתבו הערות שמסבירות מה עשיתם בקוד. אם יש ספק – אין ספק: יורדו נקודות על קוד ללא מספיק הערות.
- הקפידו לתת למשתנים שמות בעלי משמעות. למשתנים שמופיעים בנוסחאות יש לקרוא באותו שם כמו הסימון בנוסחה. לשאר המשתנים יש לקרוא בשמות שמסבירים את תפקידם.
- את כל הקוד הגישו כקובץ m יחיד בשם `ex5_ID1_ID2.m`. הקפידו לא להגיש את קובץ הנתונים.

בהצלחה!