הפקולטה להנדסה ע"ש איבי ואלדר פליישמן

אוניברסיטת תל אביב

בי"ס להנדסת חשמל

פרויקט גמר מספר 3413

<u>תכנית עבודה</u>

שם הפרויקט: זיהוי, סיווג והפרדת אותות בסונאר מבוסס ניתוח עקומי קרינה

סטודנטים: שם: אריאל יעקובסון. ת.ז: 325553410

שם: רום באראט. ת.ז: 322911116

מנחה/ים :שקד ספורטה

מקום ביצוע הפרויקט: מטה חיל הים

לשימוש המנחה :הנני מאשר את תכנית העבודה המצורפת שם: שקד ספורטה, חתימה:

1. תקציר הפרויקט

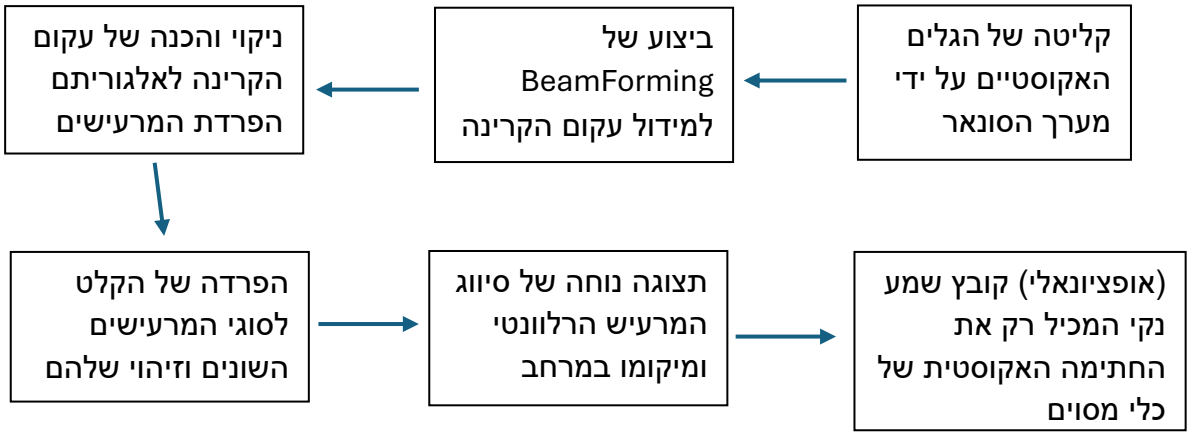
בתווך התת-מימי, גלים אקוסטים מהווים את האמצעי העיקרי לגילוי וזיהוי עצמים, כתוצאה מחוסר אפקטיביות של רדאר קלאסי בתווך. מערכות סונאר (SOund Navigation And Ranging) קולטות אותות אקוסטיים מהסביבה ומעבדות אותם. שלב עיבוד נפוץ הוא BeamForming, תהליך אשר יוצר פלט המייצג את עוצמת האות מכיוונים שונים במרחב והוא גרף המכונה עקום קרינה.

לאחר קבלת פלט זה, האתגר המרכזי העומד בפני מפעיל הסונאר הוא לפרש אותו: לזהות אילו אותות שייכים לכלי שיט ומאיזה סוג כלי השיט המדובר, ואילו שייכים לרעשי רקע (רעש ביולוגי, רעש גלים, אוניות סוחר), ולהבדיל בין מספר מטרות הנמצאות בכיוונים קרובים.

מטרת פרויקט זה היא ביצוע של אלגוריתם "להפרדת דוברים" עבור כלי השיט הנקלטים, כלומר סיווג של הכלים והרעשים הנקלטים כך שניתן יהיה להבדיל בין רעשים שונים המגיעים מאותו הכיוון אל מערך הסונאר. בפרויקט נידרש לפתח ולממש אלגוריתמים מתקדמים לעיבוד אותות, כגון אלגוריתמים מתחום הלמידה החישובית (Machine Learning) ועיבוד אותות סטטיסטי. אלגוריתמים אלו ינתחו את פלט עקום הקרינה במטרה לסווג באופן אוטומטי את מקורות הקול השונים (למשל: "כלי שיט מסוג א'", "כלי שיט מסוג ב" "רעש ביולוגי", "רעש מכאני") ולהפריד בין אותות של מטרות שונות, גם כאשר הן חופפות חלקית או באופן מלא.

האלגוריתמים יפותחו ויודגמו בסביבת סימולציה ב- MATLAB או Python.

2. דיאגרמת בלוקים של מהלך הפרויקט



3. מוטיבציה

בסביבה הימית המודרנית, מערכות סונאר מוצפות בכמות אדירה של מידע אקוסטי. מפעיל אנושי מתקשה לנטר, לזהות ולהבחין ידנית בין כלל האותות המתקבלים, במיוחד במצבים של ריבוי מטרות או כאשר מטרות שקטות מנסות להסתתר בתוך רעש הרקע.

פרויקט זה תורם ישירות לבעיה זו על ידי פיתוח מערכת תומכת החלטה אוטומטית. אוטומציה של תהליך הזיהוי והסיווג תפחית את העומס הקוגניטיבי על המפעיל, תקצר את זמן התגובה לזיהוי איומים, ותשפר את היכולת לזהות מטרות חלשות או מוסוות. לתוצרי הפרויקט חשיבות אסטרטגית וביטחונית, והם יכולים לסייע בשיפור ביצועי מערכות הגנה ימיות.

4. תכולת העבודה

1. **שלב א': קריאת רקע תיאורטי**

- לימוד עקרונות האקוסטיקה התת-מימית ו-Beamforming. ומספר פרקים רלוונטים מהספרים הבאים:

  "Principles of Underwater Sound", R.J. Urick, 3rd edition 1983
  "SONAR for practising Engineers", A.D Waite, 2002

- לימוד מעמיק של אלגוריתמים לסיווג (Pattern Recognition, Machine Learning) כגון SVM, K-NN, ורשתות נוירונים.
- לימוד עקרונות הפרדת מקורות עיוורת (Blind Source Separation - BSS) ו-Independent Component Analysis (ICA).
- קריאת מאמרים רלוונטיים בתחום הסיווג האקוסטי.

2. **שלב ב': בניית סביבת סימולציה**

- מימוש סימולציה בסיסית של מערך חיישני סונאר (ליניארי או אחר).
- מימוש מודלים גנריים של חתימות אקוסטיות עבור סוגי מטרות שונים ועם מאפיינים שונים - למשל, אות צר-סרט, אות רחב-סט ועוד.

- מימוש מודלים של רעשי רקע שונים (כגון רעש מכאני, רעש ביולוגי).
- מימוש BeamForming בסיסי על מנת שישמש כקלט לשלבים הבאים ולצורך הכנסה למודל הסיווג.

3. **שלב ג': פיתוח אלגוריתם סיווג**
   - יצירת מאגר נתונים (Dataset) גדול של דוגמאות קלט מסומנות המבוסס על הסימולציה.
   - בדיקת מספר מודלי סיווג ובחירת מודל הסיווג המתאים ואימון שלו על מאגר הנתונים.
   - בדיקת ביצועי המודל על נתוני בוחן, לזיהוי נכון של "מטרה" לעומת "רעש"
4. **שלב ד': פיתוח אלגוריתם הפרדה**
   - מימוש אלגוריתם להפרדת מקורות.
   - הדגמת יכולת האלגוריתם להפריד בין מספר אותות של מטרות שונות המגיעות מכיוונים קרובים, על בסיס ניתוח עקום הקרינה.

5. תוצרי הפרויקט

1. **סביבת סימולציה (MATLAB/Python)** : קוד המאפשר יצירת תרחישים אקוסטיים, הפקת "תבניות קרינה", ואימון מודלים.
2. **אלגוריתם סיווג:** קוד ממודל מאומן המסוגל לקבל עקום קרינה כקלט ולהוציא פלט מסווג (למשל: "רעש", "מטרה 1", "מטרה 2").
3. **דו"ח פרויקט מסכם :**כולל את הרקע התיאורטי, תיאור האלגוריתמים שמומשו, ניתוח ביצועים כמותי והשוואתי, ומסקנות.

תוצרים כמותיים (יעדי ביצוע):

- הגעה לדיוק סיווג (Classification Accuracy) של מעל 80% בזיהוי בין "מטרה" ל"רעש" על נתוני הסימולציה ובסיווג בין סוגי כלי שיט שונים.
- הדגמת יכולת הפרדה של שתי מטרות בעלות עוצמה דומה בהפרדה זוויתית קטנה (ייקבע בהמשך).
- זמן ריצה סביר של האלגוריתם (יימדד ויתועד).

5. לוח זמנים (דוגמה)

מטלה	פירוט	תאריך סופי לביצוע	הערות
קריאת חומר תיאורטי	לימוד עקרונות אקוסטיקה, סונאר, עיבוד אותות ולמידה חישובית.	בוצע	
בניית סביבת סימולציה	מימוש מערך סונאר, מודלים של אותות ורעשים, ומעצב אלומות בסיסי.	30/11/2025	
יצירת Dataset	הפקת מאגר נתונים גדול ומסומן מהסימולציה.	30/12/2025	
פיתוח מודל סיווג	בחירת מודל למשל SVM לאימון המודל ובדיקת ביצועים ראשונית.	23/01/2026	ייתכן יכלול כמה שלבים ביניים נוספים לפני כן
הגשת מצגת אמצע	הצגת הרקע, מטרות הפרויקט והדגמה ראשונית של הסימולציה.	פברואר-מרץ 2026 3 ימים לפני הצגת אמצע	
כיול ושיפור ביצועים	ניתוח שגיאות, הנדסת מאפיינים (Feature Engineering) וכיול המודל.	15/04/2026	
פיתוח מודל ההפרדה	מימוש אלגוריתם להפרדת מקורות (BSS/ICA)	30/04/2026	
כתיבת דו"ח מסכם	סיכום העבודה, ניתוח תוצאות כמותי, כתיבת מסקנות.	24/05/2026	
הגשת פוסטר וסיום		24/05/2026	
הגשת פרויקט ומצגת סיום		23/06/2026	