תיעוד פרויקט באינטרנט של הדברים

אביב תשפ״ב

מספר קורס:

263333

יואב יעבץ

ת.ז: 212617864

מור לוי

ת.ז: 212617864

גלעד שמרלר

ת.ז: 212139240

מנחי הפרויקט:

איתי דברן, תום סופר וירון פורת

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| סוף שבוע | התקדמות בתחום **החומרה** | התקדמות בתחום **התוכנה** |
| 2 | התחלת עבודה על הפרויקט וניסיון לחבר את המיקרופון ולבדוק את הפלט שהוקלט על ידי המיקרופון. |  |
| 3 | הצלחנו לחבר את המיקרופון ונראה שהוא מצליח לקלוט צלילים אבל לא ברמה שמספיקה בשביל לשמוע אחר כך בפלט. | תחילת מחקר של איך עובדת רשת הנוירונים של זיהוי wake word. איך כדאי ליצור את הרשת בצורה יעילה, והיכן כדאי לבצע את הזיהוי (לוקאלית או בענן). |
| 4 | הצלחנו לחבר את המיקרופון ולייצא קובץ WAV לשרת ולהוריד אותו אחר כך למחשב, אבל איכות הקול מאוד גרועה וצריך לשפר אותה.  ניסינו להמשיך ולחקור כיצד לשפר את איכות הקול ומצאנו דרך מעט שונה לקלוט קול על ידי המיקרופון, ועדיין לא ניסינו אותה. | המשכנו את המחקר כיצד לעשות זיהוי של wake word, והתקדמנו עם הקוד שנדרש על מנת לטפל בקבצי השמע ולערוך אותם בשביל הרשת הלומדת.  כמו כן התקדמנו עם המחקר על איפה כדאי לעשות את הזיהוי ומצאנו מספר כלים שעושים אטומיזציה של תהליך האימון של המילה ושליחת intent מתאים חזרה לבקר עם הפקודה המתאימה. |
| 5 | עדיין לא ניסינו את הדרך הנוספת שמצאנו, אבל המשכנו לקרוא עליה ולהתחיל לתכנן אותה. מסתבר שהיא די מסובכת ודורשת כמות מאוד גדולה של קוד. נמשיך לעבוד עליה ונתחיל ליישם אותה. | סיימנו את כתיבת הקוד שנועד לערוך את הקבצים של הרשת הלומדת. הרצנו את הרשת ועשינו לה בדיקות על המחשב והיא נתנה אחוזי דיוק מאוד טובים!  התחלנו בכתיבת הקוד בשביל לשים את הרשת של ה-wake word על הבקר עצמו וכתיבת הקוד שנועד לקחת קובץ wav ולהריץ אותו על הרשת בשביל לבדוק אותה על הבקר. |
| תחילת שבוע 6 | ניסינו את השיטה השנייה של קליטת דגימת קול והיא עבדה!!! כלומר, יש לנו כרגע מיקרופון שעובד ומצליח להקליט קולות. | הצלחנו לשים את הרשת על הבקר ולהריץ אותו, הרשת עבדה והביאה תוצאות די יפות. אבל, עדיין יש מעט בעיות של זיהוי עם הרשת השנייה (לא של ה-wake word). |
| סוף שבוע 6 | אנחנו באמצע החיפוש של מבנה של רובוט שיוכל להתאים לצרכים שלנו, לאחר שנמצא מבנים מתאימים נקבע פגישה עם תום בשביל לדון איתו במה שמצאנו ואיך כדאי ליישם את מה שנחליט. | אז לאחר מלא בעיות (ולילה לבן) הצלחנו לפתור את הבעיות באינטגרציה של שתי הרשתות נוירונים על הבקר בו זמנית, הצלחנו לשים את שתיהן בו זמנית על הבקר וליצור מכונת מצבים שתתזמן ביניהם (מסתבר שאף אחד לא ניסה לעשות את זה לפנינו...). כאשר ניסינו לשים את הרשת הגדולה בנוסף לרשת של המילת התחלה, הבקר קרס מחוסר זיכרון. בהמלצת תום, אנו קובעים פגישה עם גיל טל ממובילאיי בשביל לנסות לפתור את הבעיה הזו. |
| 7 | חקרנו עוד יותר את הסגנון הרובוט שאנחנו רוצים שיהיה בשביל הקובייה ההונגרית וחיפשנו קבצים מוכנים של הדפסה בתלת מימד. כמו כן, הסתכלנו גם על איזה חיישנים ומנועים נצטרך בשביל הרובוט ואיך כדאי להרכיב אותו.  על מנת לעשות זאת בצורה טובה, התייעצנו עם תום מספר פעמים וישבנו איתו על בחירת הרובוט והחלקים הנכונים. | היו לנו כמה בעיות עם הפיצול של הרשתות נוירונים – בעיקר בתחום של ה-ring buffer, כלומר הבעיה הייתה שדגמנו את הקול פעמיים, והוצאנו מהמערך שמחזיק את דגימות הקול 2 דגימות, למרות שרצינו לעשות זאת רק על דגימה אחת. הוספנו את השינויים הדרושים בקוד. לאחר מכן מצאנו באג נוסף באחת הרשתות נוירונים, ולאחר דיבוג מצאנו את הבאג ותיקנו אותו. |
| 8 | קיבלנו מתום את מרבית החומרה הדרושה עבורנו בשביל לבנות את הרובוט והתחלנו בחיבור המנועים לבקר Arduino mega. הצלחנו לסובב 2 מנועים לסירוגין. | התחלנו לעבוד על האפליקציה ולחפש API שיתאים בשביל להציג בתלת מימד את הקובייה. בנוסף, תכננו מה אנחנו רוצים שיהיה באפליקציה בצורה כללית.  התחלנו לכתוב את הקוד שיזיז את המנועים ויעשה את האינטגרציה בין הפקודות הקוליות לבין המנועים. |
| 9 | המשכנו עם חיבור המנועים לרובוט והדפסת החלקים בתלת מימד בשביל הרובוט. ברגע זה מרבית החלקים עדיין בתהליכי הדפסה, אבל יש לנו את התכנון הכללי של איך אנחנו רוצים שהרובוט ייראה וברגע שהחלקים יהיו מוכנים נחבר אותם על מנת להרכיב את הרובוט. | התקדמנו בכתיבת האפליקציה. בחרנו את העיצוב של האפליקציה שאנחנו רוצים ואת התכונות שיהיו באפליקציה. בנוסף, התלבטנו בין 3 דרכים להעברת המידע בין האפליקציה לבין הרובוט: WiFi, Bluetooth ובאמצעות שימוש ב-firebase real time. לבסוף החלטנו על הדרך השלישית מכיוון שהיא הכי נוחה עברונו מבחינת הממשק לכותב הקוד. |
| 10 | סיימנו להדפיס את כל החלקים הדרושים עבור הרובוט. התחלנו להרכיב את החלקים אחד לשני. מסתבר שהחוסר בהוראות הרכבה הוא אכן קושי שיש להתמודד איתו ולהבין כמו החלקים יש להדפיס מכל דבר ואיך לחבר אותם בצורה הנכונה. עשינו מדידות של הגדלים שאנחנו צריכים בשביל כל אחד מהצירים, קנינו מסוריות והתחלנו לנסר את מוטות הברזל. כמו כן, קדחנו לתוך קרש עץ שהבאנו את החלקים המודפסים שאמורים להחזיק את המנועים.  צריך להמשיך להתקדם בהרכבת הרובוט. | סיימנו לשכתב את הקוד שמזיז את הקובייה, כלומר את הקוד של הרובוט עצמו – מה שמתבצע לאחר זיהוי הפקודה הקולית. הקוד נראה יחסית טוב, נצטרך רק לשכתב עוד קצת את הקוד שקולט את המידע מכיוון שהשתמשנו שם ב-UART וצריך להתאים בדיוק את פורמט השליחה והקבלה על מנת שזה יעבוד.  כמו כן, סיימנו לכתוב את הקוד של האפליקציה. עדיין לא ניסינו אותו, אבל נראה שאנחנו מצליחים לתקשר בין האפליקציה לבין ה-real time firebase. |
| 11 | סיימנו להרכיב את האב-טיפוס של הרובוט. בעצם חיברנו ללוח העץ את כל החלקים על ידי הברגה, ומדדנו את המרחקים וחתכנו חוט שנחבר למנועים בציר X ו-Y כדי שהמנועים יוכלו לזוז אחורה וקדימה. ניסינו להכניס את הקובייה ולראות מה אנחנו מסוגלים להזיז, וזיהינו שיש לנו בעיות עם הזזת חלק מהמנועים – כלומר המנוע השישי (החיצוני) לא עובד לנו, ובנוסף יש לנו בעיה שהגריפרים שתופסים את הקובייה לא מספיק מדויקים והקובייה לא מחזיקה תוך בתוכם. כמו כן הבורג קרוב מדי לציר הסיבוב של הקובייה ומפריעה לה בסיבוב – צריך להדפיס גריפרים משודרגים חדשים. | שכתבנו את הקוד של ה-ESP כך שאחרי כל פעולה שהוא יעשה הוא ישלח התזוזה שהוא קיבל אל האפליקציה ואל השרת ושם נשמור את התזוזה ש הקובייה ונעדכן את הייצוג של הקובייה באפליקציה בהתאם. על פי התכנון המקורי שלנו רצינו שלאפליקציה תהיה אפשרות לשלוח גם מידע אל ה-ESP. התקשורת הדו כיוונית הזו די מסובכת מבחינת האפליקציה מכיוון שעכשיו אנחנו לא מחכים רק לפקודה קולית שיכולה לבוא רק בזמנים מוגדרים, אלא כעת אנחנו יכולים לקבל פקודה מהאפליקציה בכל רגע נתון, ואנחנו צריכים לא להתייחס אליה אם היא מגיע בחלק מהזמנים.  כתבנו את הקוד שיעשה את זה אבל נתקלנו בבעיה – ה-WIFI כל הזמן מתנתק ומתחבר מחדש ואנחנו לא מצליחים לקלוט הודעות דרך ה-UART. |
| 12 | ניסינו את הגריפרים החדשים שתום הדפיס לנו והם עבדו בצורה הרבה יותר טובה אבל עדיין יש איתם מעט בעיות – הייתה גרסה של גריפרים שהיו עבים מדי, והייתה גרסה שהם היו קצרים מדי. אנחנו מנסים עכשיו גרסה רביעית שבתקווה תחזיק טוב יותר את הקובייה גם במהלך הסיבוב.  חיבור המנוע השישי לא הצליח בצורה טובה וניסינו כמה פתרונות שונים בשביל לפתור את הבעיה הזו ולבסוף הצלחנו. הפתרון שמצאנו היה לחבר בקר נוסף מסוג Arduino uno שהוא ידגום כל הזמן את הערך בשני פינים מסוימים שנקבע לו מתוך ה-arduino mega והוא יעביר את מה שהוא מקבל שם אל המנוע השישי שיהיה אצלו. הסיבה לא הצלחנו לחבר מנוע שישי בור הרגילה לא כל כך מובנת לנו, כנראה שיש שם עם ההספק החשמלי למנוע השישי וכך ניתן להתגבר על הבעיה. | הבנו מה הייתה הבעיה של החיבור ל-UART ול-WIFI. מסתבר שכאשר מחברים את ה-ESP ל-WIFI הוא מקבל הרבה מאוד חריגות על קבלת פסטות חדשות דרך ה-WIFI וה-UART לא יכול לעבוד כאשר מקבלים כל כך הרבה חריגות כל הזמן. הסתכלנו באינטרנט ולא ראינו אף אחד שהצליח לפתור את הבעיה של שילוב ין UART לבין WIFI בו זמנית. ניסינו לחשוב על פתרון לבעיה, ומצאנו פתרון ממש מגניב – ה-WIFI תמיד יהיה פעיל וכל נוכל לקבל מידע מהאפליקציה בכל רגע שנרצה, אבל לפני שנרצה לשלוח מידע למנועים שיזוזו, אז נכבה את ה-WIFI ונשלח להם את ההודעה. כלומר הפתרון הזה דורש מאיתנו להוסיף עוד בקשר נוסף – ESP mini שרק דרכו אנחנו נתקשר עם האפליקציה. כלומר אנחנו נקלוט את הפקודה הקולית דרך ה-ESP הרגיל ואז נעלה מתח באחד הרגליים של ה-ESP mini על מנת שהוא יידע שאנחנו רוצים לשלוח לו מידע עכשיו דרך ה-UART. זה בעצם דרך לאותת ל-ESP mini שאנחנו רוצים עכשיו לשלוח לו הודעה דרך ה-UART מבלי באמת להפעיל את ה-UART כי לא ניתן לשלוח דרכו הודעה כל עוד ה-WIFI פועל. ה-ESP mini ייכבה את ה-WIFI שלו ואז הוא יוכל לקבל הודעה דרך ה-UART. במקביל נשלח את ההודעה גם ל-arduino mega שהוא ישלח את הפקודה המתאימה למנועים. לאחר שנקבל את הפקודה ב-ESP mini נדליק חזרה את ה-WIFI ונשלח את ההודעה לשרת. |
| 13 | תום הדפיס עבורנו סט גריפרים חדש ואנחנו הדבקנו בתחתית של כל גריפר בריסטול מחוספס כזה על מנת ליצור יותר חיכוך עם הקובייה ולהקטין את המרחק בין שתי הקצוות של הגריפר. השדרוג הזה עבד בצורה יחסית טובה.  על מנת לפתור את הבעיה שהצגנו קודם חיברנו את ה-ESP mini לכל שאר החומרה שלנו וחיווטנו חוט מתאים שהוא יהיה הסיגנל שלנו שאנחנו עומדים לשלוח עכשיו הודעה דרך ה-UART.  כמו כן, לאחר שסידרנו את הגריפרים החדשים, היינו צריכים להזיז את המיקום של המנועים קצת לצדדים על מנת שהם יתאימו בדיוק לקובייה ולגריפרים החדשים, אז פתחנו את כל ההברגות והזזו והברגנו מחדש תוך כדי שמתחנו את הרצועות שמזיזות את הגריפרים בציר X ו-Y. | הטריק שהצענו קודם לא היה פשוט כל כך למימוש מכיוון שהוא דרש מאיתנו לוודא את התזמון של כל שליחת הודעה האו סיגנל ולכתוב את הקוד בצורה שהוא יתחשב באילו רגעים יכולה לבוא הודעה מהאפליקציה ומתי לא ולהתייחס לכל מקרה בהתאם. גם התזמון של שליחת הסיגנל היה בעיה לא קטנה מכיוון שהיה מסובך שה-ESP mini יקרא את הסיגנל ויכבה את ה-WIFI ורק אז לשלוח הודעה אליו. לבסוף אחרי הרבה מאוד ניסיונות הצלחנו לסדר את זה בצורה חד כיוונית, כלומר הצלחנו לשלוח הודעה רק מכיוון ה-ESP אל האפליקציה אבל לא להפך. לאחר עוד שדרוג של הקוד ומציאת כמה באגים חדשים הצלחנו גם לפתור את הבעיה הזו. כך בעצם יש לנו כעת אפשרות תקשורת מהאפליקציה ושליחת פקודות כמו לערבב ולפתור את הקובייה מהאפליקציה אל הקובייה, וכמו כן הצגה של כל אחת מהפקודות שהקובייה עושה על ידי פקודות קוליות גם באפליקציה. |

**הערות נוספות**

**סוף שבוע 2:** היו לנו בעיות עם הבקר שהוא לא התחבר למחשב והיה צריך להתקין דרייבר חיצוני שיצר בעיות נוספות. לבסוף לקחנו בקר חלופי, אבל גם הוא יצר בעיות, אבל אותן הצלחנו לתקן פחות או יותר.

**סוף שבוע 3:** הצלחנו לחבר את המיקרופון לבקר והצלחנו לראות גרף שמראה שהמיקרופון קלט צלילים מסוימים מהסביבה. מהשוואות שערכנו באינטרנט נראה שהוא קולט את הצלילים בצורה חלשה. לאחר מכן, הצלחנו לייצא את ההקלטה שעשינו לקובץ wav אבל בהקלטה שהצלחנו לייצא לא שמענו כלום. אנחנו חושבים שהבעיה היא או במיקרופון או בחיבורים הפיזיים שחיברנו, מכיוון שקטע הקוד שלקחנו עבד והצליח לייצר את הפלט הרצוי עבור פרויקטים אחרים.

**סוף שבוע 5:** במהלך הבדיקות של הרשת על המחשב מצאנו כמה באגים קטנים של הרשת במקרים מסוימים מאוד, ואנו חושבים שיש בעיה של overfitting עם המילה go שהיא ה-wake word שלנו. לכן, אנו מתכננים להריץ לאמן שוב פעם את הרשת עם מספר דוגמאות מתאים יותר. כמו כן, יצרנו כמה אלפי קבצי קול של מילים שדומות למילה go ועלולים ליצור בעיה ברשת, על מנת לאמן את הרשת לא להתבלבל עם המילים הללו.

בנוסף, מכיוון שעדיין יש לנו בעיות עם הקלטת קבצי הקול דרך המיקרופון, אנו מנסים להכניס ידנית קטע קול שהקלטנו על המחשב ולא דרך הבקר לתוך ה-ESP על מנת שנוכל לבדוק את הביצועים של הרשת כאשר נצליח לשים אותה על הבקר.

**תחילת שבוע 6:** הצלחנו להריץ את הרשת הגדולה יותר (לא של ה-wake word) והיא עבדה טוב אבל עדיין צריך לשפר אותה כי יש לה מעט בעיות. צריך לחקור האם הבעיות הן בקליטת הקול (כלומר במיקרופון) או ברשת עצמה. נבדוק את זה באמצעות הרצה של הרשת השנייה של ה-wake word שהביאה תוצאות מאוד טובות כאשר השתמשנו במיקרופון של המחשב.

אנו כרגע בודקים כיצד עדיף לעשות את האינטגרציה בין הרשת של ה-wake word לבין הרשת של זיהוי הפקודות. בנוסף, אנו מתחילים לבדוק עם אילו מנועים כדאי לנו לעבוד ואיך עושים את זה.

**סיכום פגישה עם המתרגל – 2/5/22**

הנקודה העיקרית שעלתה בפגישה היא הדיון היכן כדאי לבצע את הפרדיקציה ויצירת ה-intent בשביל ההזזה של המנועים. אנחנו חשבנו שיהיה הכי נוח עבורנו לעשות את הזיהוי של מילת ההתחלה על הבקר ואז לשלוח intent לשירות חיצוני שהוא יעשה את זיהוי הפקודה. אבל לאחר התייעצות עם המתרגל (ובהמשך גם עם תום) נאמר לנו שכדאי לעשות את כל הזיהוי רק על הבקר (על מנת לשמור על הייחודיות של הפרויקט).

**סיכום פגישה עם תום – 3/5/22 (– הסיכום נכתב על ידי תום)**

* פתרונות אפשריים לבעייה של חוסר יכולת להריץ 2 רשתות על אותו לוח בו"ז -

1. לייצר HACK שבעלייה מעלה רק רשת אחת, ואחרי זיהוי מוצלח - מעדכן פרמטר מסויים ב-FLASH ועושה RESET ללוח כך שבעלייה הבאה יעלה רשת השנייה - תתייעצו עם גיל טל מנטור של הקורס - gil.tal@intel.com gilly.tal@gmail.com
2. לוותר על CLASS אחד ברשת הגדולה יותר, ולאמן מחדש כאשר WAKE WORD הוא CLASS ברשת הגדולה.
3. העלאה לשירות חיצוני בענן - לא ממליץ , בואו נשמור על הפרויקט הזה OFFLINE גם משיקולי LAG וגם ייחודיות

* מבחינת האפליקציה שנבחר ליישם סביב הזיהוי מילים - תחשבו על כמה רעיונות פשוטים יחסית (לדעתי קוביה הונגרית יש להתבסס על עיצוב זמין להורדה thingiverse.com instructables.com או בגוגל diy rubik cube solver) דוגמא - https://fourboards.co.uk/rubix-cube-solving-robot#cad

נקבע פגישה נוספת בהקדם!

**פגישות נוספות:**

במהלך הסמסטר קבענו עוד מספר פגישות (סשני עבודה) עם תום, על מנת לפתור בעיות שהיו לנו בכל מיני תחומים ובעיקר בתחום של בניית הרובוט ובעיות עם הבקרים החדשים ותקשורת ה-UART וה-WIFI בו זמנית.

**בעיות שעדיין נותרו:**

1. **UP DOWN**

**טבלת יעדים**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| סוף שבוע | יעדים בתחום **החומרה** | יעדים בתחום **התוכנה** |
| 2 | חיבור המיקרופון לבקר ובדיקה שהוא אכן מחובר.  שיפור של הקלט הקולי שאנו קולטים מכיוון שנראה שהוא בתדרים לא נכונים | להתחיל לחקור כיצד ליישם את הרשת נוירונים ואיך לשים אותה על הבקר.  בעיקר להבין אילו שיטות של AI הכי יעילות לזיהוי קבצי קול. |
| 3 | אנו רוצים להגיע למצב שאנו שומעים את מה שהקלטנו ולא רק רואים גרף שמייצג תדרים. | לכתוב את הקוד שמנרמל את קבצי הקול ויוצר מכל קובץ קול spectrogram שמתאים לאותו קובץ קול. בנוסף, לראות אילו כלים קיימים כדי ליצור את הרשת ואילו כלים קיימים עבור הבקר על מנת לחזות מילה שאנו מקליטים. |
| 4 | מכיוון שהקובץ wav שהצלחנו לייצא נשמע גרוע מאוד, אז צריך להבין איך לשפר את איכות קליטת הקול. | להחליט איפה עושים את זיהוי הקול של הרשת הגדולה.  בנוסף, להמשיך לכתוב את הקבצים שעושים את יצירת הרשת ועיבוד קבצי הקול. |
| 5 | המשך של הנקודה מהשבוע הקודם. | המשך בדיקה של הרשת של ה-wake word. ייתכן שנרצה לנסות רשת חדשה שלא יהיה בה overfitting והיא תעשה למידה גם על הרבה דוגמאות נגדיות מיוחדות. לכן, יש לעדכן את הקבצים וליצור את קבצי הקול המיוחדים.  להתחיל לעבוד על כתיבת הקוד שיריץ את הרשת על הבקר ויקח דוגמאות קול ויבדוק אותן על הבקר. |
| 6 | כרגע יש לבחון אילו מנועים כדאי לבחור על מנת שנצליח לסובב את הקובייה ההונגרית. בנוסף, לאחר שנבחר להבין איך משתמשים במנועים אלו. | יצירה של הרשת החדשה של ה-wake word ובדיקה שלה. כמו כן, יצירה של רשת חדשה עבור זיהוי הפקודות מכיוון שהיא מביאה תוצאות טובות אבל לא מספיק טובות עבורנו.  בנוסף, להבין איך לעשות את האינטגרציה בין שתי סוגי הרשתות ואיך לשים את שתיהן על הבקר ביחד ואיך לעבוד איתן. |
| 6 (בהמשך לפגישה עם המתרגל) | לאחר שדיברנו עם המתרגל אז דיברנו גם עם תום, ובעקבות השיחה איתו, הבנו שצריך לבחור איזה מודל של רובוט של קובייה הונגרית אנחנו רוצים, ולראות האם ניתן ליצור רובוט שכזה. במידה ולא נמצא נצטרך להחליף נושא לפרויקט, כי הרובוט מעט מורכב וצריך למצוא בסיס נוח שקיים כבר כדי שיהיה לנו על מה לעבוד. | בהמשך לשיחה עם המתרגל וגם עם תום, אז הבנו **שלא** כדאי לשלוח את הפקודה (לאחר זיהוי מילת ההתחלה על הבקר עצמו) לשרת ושם לבצע את הפרדיקציה ויצירת ה-intent, אלא כדאי לעשות הכל על הבקר. ניסינו לכתוב סקיצה ראשונית של הקוד ומסתבר שיש מלא בעיות בזה:   1. בעיות זיכרון של הבקר – לא ניתן לשים 2 רשתות בגודל בינוני – גדול על הבקר, כי הוא קורס מחוסר בזיכרון. 2. יש בעיה שהבקר מזהה רק רשת אחת מתוך השתיים ולא מתייחס כלל לרשת השנייה, זה ממש ממש מוזר כי הקוד נראה בסדר ולא ברור למה בכלל זה קורה. אנו חושבים שייתכן ובבנאי של tensorflow משתמשים במשתנים סטטיים (משיקולי יעילות מאוד הגיוניים), ולכן אנו בעצם דורסים את אחת הרשתות ששמנו. נוודא את ההשערה הזו וננסה לפתור בהתאם. |
| 8 | לקחת את החומרה מתום ולהתחיל להתעסק עם המנועים ובעיקר עם חיבור של מספר מנועים.  לדבר עם תום על המשך ההדפסה של החלקים ואיך ניצור את הרובוט עצמו – כלומר אילו חלקים צריך ואיך לחבר אותם. | לחקור על ספריות מתאימות בשביל ליצור את האפליקציה – במיוחד לחפש ספרייה מתאימה בשביל להציג את הקובייה הונגרית.  להבין איך מזיזים את המנועים בצורה טובה ואיך ליצור את האינטגרציה בין המנועים לבין הבקר ולבין האפליקציה.  לכתוב את הקוד שיעשה את השילוב בין הפקודות הקוליות לבין המנועים ויתזמן את ההזזות שלהם. |
| 9 | לסיים את חיבור כל החומרה.  להבין איך מחברים בין ה-ESP לבין הארדואינו וכיצד שולחים פקודות ומידע מאחד לשני. | לסיים את ה-GUI של האפליקציה, ולהחליט דרך איזה שירות נתקשר עם הבקר ואיך פרקטית עושים את זה.  לסיים לכתוב את הקוד שעושה את האינטגרציה של החומרה והתוכנה ולהתחיל לבדוק ולדבג אותו. |
| 10 |  |  |
| 11 |  |  |
| 12 |  |  |
| 13 |  |  |
| שיפורים עתידיים... |  |  |

בדיקות שכדאי לבצע על מנת לבדוק שיפור ביצועים:

1. ישנם 3 שיטות נרמול של דגימות הקול שקולטים מהמיקרופון, כדאי להשוות את כולן, ובעיקר להסתכל על שיטת הנרמול שבגיט של wifi intercom כי יש שם שיטת נרמול אחרת לחלוטין.
2. מצאנו 2 דרכים שונות לעשות את הפרדיקציה על רשת הנוירונים כדאי להשוות ביניהם ולהחליט מי עדיפה.
3. להוריד את ה-delay שיש לאחר ההבהוב של הנורה לאחר קליטת go, מכיוון שזה עוצר את התהליך, לכן יש למצוא דרך יעילה יותר שהנורה תיכבה ברקע ולא נתקע את התהליך עד אז.
4. לנסות גם המיקרופון השני (SPH) ולהשוות בין התוצאות של שני המיקרופונים.

**שאלות לשאול בפגישה עם המתרגל:**

1. התייעצות לגבי הרשת – האם עדיף ניתוח על שרת חיצוני כמו WitAi או ניתוח על הבקר.

2. במידה ומחליטים ללכת על התקנת רשת על הבקר, עד איזה גודל ניתן לשים את הרשת? ואם זה חורג מהמקום הפנוי, איך אפשר להשתמש בדיסק חיצוני?

3. במידה ומחליטים ללכת על רשת על הבקר, איך לשפר את אחוז השגיאה? אולי עדיף להשתמש בשירות אימון חיצוני ולא להשתמש בקוד שקיים לנו היום?

4. מנועים – איזה סוג של מנועים מומלץ להשתמש? מתי נוכל לקבל אותם?

5. איך נחבר את הקובייה ההונגרית למנועים – האם נדביק אותה? איך נמרכז אותה באמצע.

6. מדפסת תלת מימד – גישה למדפסת על מנת להדפיס חלקים נדרשים לחיבור בין המנוע לבין הקובייה ההונגרית.

7. התייעצות לגבי בניית אפליקציה – מה הוא חושב על זה? פרויקטים קודמים שבנו גם כן אפליקציה. באיזה שירות תכנות עדיף לעבוד על אפליקציה.