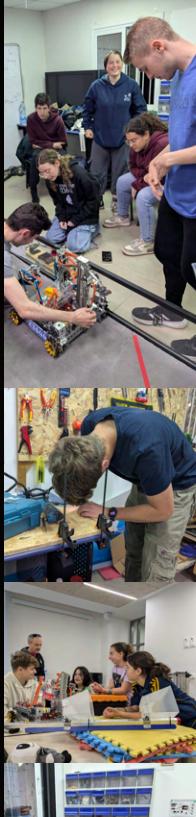


FTC #23644

Skeleton Army

Into the Deep 2024-25

Engineering Portfolio



תוכן עניינים

- 1
- 3
- 5
- 7
- 11

המצוות שלנו
קשרי קהילה
סטרטגיה
עיצוב הרובוט
תוכנית



המצוות שלנו



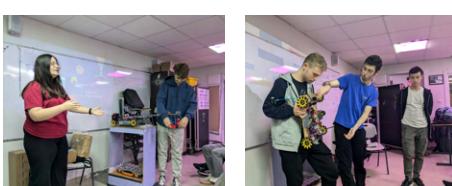
אנחנו קבוצת FTC #23644, קבוצת התיכונים המאוחזת תלמידים כפרסבאים בכיתות י-י"א מ-7 תיכונים שונים: אורט שפירא, בית אקשטיין, גليلי, הדמוקרטי, הרצוג, צנלאון ורביון. קבוצתנו מנסה לאטגר את עצמה ולשאוף הכי גבוהה שיש, ולכן היא שמה דגש על שיפור, למידה והפקת לחקים.



מלבד הפן הטכנולוגי, אנו מאמינים שגיבוש ויצירת קשרי חברות בין חברי הקבוצה הם חלק אינטגרלי מהתקופוד הקבוצתי ומההצלחה שלנו. לכן, אנחנו מאמיניםعرب גיבוש במהלך שעות המפגשים - למשל, קיינו ערבית קבוצת חופשת סוכות במטרה לחבר את החברים החדשניים לקבוצה הקיימת, וחגנו את חג החנוכה בהדלקת נרות קהילתית עם חברי הקבוצה משפחوتינו. קשר שכזה, לדעתי, מאפשר תקשורת מוצלח יותר בין כולם, מצב שהוואה כר פורה לעובדה קשה ברוח טוביה, ביקורת בונה, שיתוף, צמיחה ושיפור הדדי.



בקבוצתנו 4 צוותים: חומרה, שיוק וקהילה, תוכנה ואסטרטגיה. אנחנו מאמינים שלכל אחד מגיעה הזכות לרכישת ידע, לכן גם חברי חדשים שמנגנים ללא רקע בתחומי הרלוונטי מוזמנים לבוא וללמוד. לדעתי, זה היא שיטת הלימוד הטובה ביותר, לכן חברי חדשים "קובצים למים" בליווי חבר צוות ותיק אשר מלמד אותם לבצע את עבודותם בצורה נכונה ובטוחה. אנחנו מאמינים גם כי על כל חברי הקבוצה להכיר את פעילות כל הצוותים, לכן הצוותים מציגים את עבודותם לכל חברי הקבוצה במהלך שיחת העדכונים השבועית.



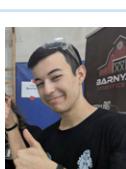
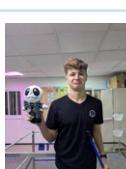
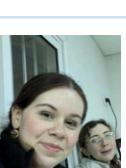
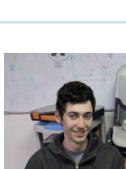
אנחנו, יחד עם שאר קבוצות FIRST בעיר - קבוצות ה-FLL בחטיבות ובבתי הספר הייסודיים, מהווים חלק מעמותת חילימ' הפעלת לקידום החינוך הטכנולוגי ומדעי בכלל ובכפר סבא בפרט, ולכן אנחנו רואים בעצמנו חלק מהקהילה הכפרסאית וושאבים להוות אבן דרך להתפתחות הטכנולוגית של דור העתיד של עירנו. לכן, אנחנו מקיימים ומשתתפים בפעילויות STEM לילדים בעיר.



לקבוצתנו חמשה מנטורים: אורי, רהב, אורן, גיו וzdilit, המשיעים לנו לרכוש את הידע והכלים הנדרשים מאיתנו FIRST. המנטור הראשי שלנו, אורי וינקור, הוא יועץ לענייני סייבר והנדסה, וחתן פרס בטחון ישראל בשנים 2005 ו-2023. הרבה כהן, מנטור חומרה, הוא מהנדס מכונות, יזם ומומחה למחקר ופיתוח של מוצריים מולטידיסציפלינריים. אורן בהט, גם הוא מנטור חומרה, הוא אדריכל תוכנה וחתן פרס בטחון ישראל. מנטור תוכנה שלנו, גיו גילעד, הוא מהנדס תוכנה. דיר דלית ברין היא מנטוריית השיווק וקהילה שלנו, ומנהלת מכירות בינלאומיות. בזכותם למדנו והתקדמנו קבוצה בשנתיים האחרונות. כמו כן, בחודש האחרון, צוות התוכנה שלנו התייעץ עם מומחים בתחום הראייה הממוחשבת ולמד מהם רבות.



כעת נכיר את הקבוצה:

	אסיה כיתה: יי'א תיקון: אורת שפירא מגמה: ניו מדיה ופרסום תפקיד: ראש"ץ צוות קהילתית, חבר צוות אסטרטגייה		איתן כיתה: יי'א תיקון: גלילי מגמה: מדעית-טכנולוגית (מדעי ההנדסה) תפקיד: סגן קפטנית		אוריה כיתה: יי'א תיקון: אורת שפירא מגמה: הנדסת רובוטיקה (שוחררים) תפקיד: חבר צוות חומרה
	זוהר כיתה: יי' תיקון: ר宾 מגמה: בינה מלאכותית תפקיד: חבר צוות אסטרטגייה		דניאלה כיתה: יי'א תיקון: הרצוג מגמה: יצמות ומנהיג תפקיד: חבר צוות קהילה		דנה כיתה: יי'א תיקון: צצאלסון מגמה: כנפי רוח (עבודת גמר - קולוננו) תפקיד: ראש"ץ צוות חומרה
	ירדן ש. כיתה: יי'א תיקון: ר宾 מגמה: רפואי תפקיד: קפטנית, קוואץ'		ירדן כ. כיתה: יי'א תיקון: גלילי מגמה: מדעית-טכנולוגית (מדעי ההנדסה) תפקיד: חבר צוות חומרה		טל כיתה: יי' תיקון: ר宾 מגמה: עיוני (פיזיקה וכימיה) תפקיד: חבר צוות חומרה
	נוגה כיתה: יי'א תיקון: אורת שפירא מגמה: הנדסת תוכנה וסיביר תפקיד: חבר צוות חומרה		מאיה כיתה: יי'א תיקון: צצאלסון מגמה: מוסיקה תפקיד: חבר צוות חומרה		לייה כיתה: יי'א תיקון: ר宾 מגמה: פסיכולוגיה-קרימינולוגיה תפקיד: ראש"ץ צוות אסטרטגייה, נהגת רובוט
	נעמה כיתה: יי' תיקון: בית אקסטין מגמה: תיאטרון תפקיד: חבר צוות חומרה		נעם ש. כיתה: יי'א תיקון: ר宾 מגמה: בינה מלאכותית תפקיד: חבר צוות תוכנה, הנגזרוע		נעם ק. כיתה: יי'א תיקון: גלילי מגמה: מדעית-טכנולוגית (מדעי ההנדסה) תפקיד: חבר צוות חומרה
	עלמה כיתה: יי'א תיקון: צצאלסון מגמה: כנפי רוח (עבודת גמר - מיזרחותנות) תפקיד: חבר צוות קהילתית		יעידו ס. כיתה: יי'א תיקון: גלילי מגמה: מדעית-טכנולוגית (מדעי ההנדסה) תפקיד: חבר צוות קהילה		יעידו ב. כיתה: יי'א תיקון: בית הספר הדמוקרטי מגמה: מדעי המחשב תפקיד: חבר צוות תוכנה
	רווי כיתה: יי'א תיקון: אורת שפירא מגמה: ניו מדיה ופרסום תפקיד: חבר צוות חומרה		רביב כיתה: יי'א תיקון: גלילי מגמה: מדעית-טכנולוגית (מדעי ההנדסה) תפקיד: חבר צוות תוכנה		עמית כיתה: יי'א תיקון: ר宾 מגמה: בינה מלאכותית תפקיד: ראש"ץ צוות תוכנה



קשרי קהילה



השנה החלנו לשים דגש על חיבור הקבוצה לקהילה, ואין דרך טובה יותר לעשות זאת מאשר לקרב את הקהילה ל-FIRST, לרובוטיקה ול-STEM. לכן, יזמנו והשתתפנו בפעילויות רבות שמחברות בין מדע וטכנולוגיה לאנשים בעירנו וממחוזה לה - מגיל 5 ועד 95.



אירוע המועצה הישראלית להנדבות:
בחודש נובמבר אירחנו בסדנא נציגים מהמועצה הישראלית להנדבות, יחד עם ראש עמותת חולויים, והציגו להם את פעילות הקבוצה - גם בפן הטכני וגם בפן הקהילתי - ושיתפנו את חוותותינו ב-FIRST.



מרכז קיפוד:
מרכז קיפוד לקיימות פורצת דרך הינו מרכז מיחזור וקיימות עירוני. בדצמבר קיימו במרכז פעילות לילדים בגילאי 5-8 בה המשמשו בכישורייהם היצירתיים לפתרון בעיות שונות באמצעות חידושים ובנו דגמי רובוט פרי דמיונים מחומרים ממוחזרים. כמו כן, הרכנו בין הילדים לבין FIRST וזכינו להתעניינות רבה בתוכנית מצד ההורם.عقب הצלחה בפעם הראשונה, בחודש מרץ ערכנו את אותה הפעילות פעם נוספת יядיו העיר, במרכז הקהילתי-עירוני "בית הספרטודנט".



קבוצתנו מקיימת קשר עם FTC Team Calamari #10084 מקולומבו, אוהיו. קשר זה נוצר כאשר החלנו לפנות לקבוצות FTC מהערים התאומות של עירנו - כפר סבא. מאז, קבוצותינו מתכתבות באופן קבוע Robinson, לתחרויות, עדכונים, התיעצויות ועוד. כמו כן, קיימים שני מפגשי זום בין חברי הקבוצות, בהם התגבשו באופן אישי יותר, הציגו את הרובוטים והעלנו חוותות ודיונים נוספים מהעונה. בדצמבר נפגשנו לראשונה בזום, התאחדנו הערכנו היכרות בסיסית בין הקבוצות ושיתפנו את

הכנות והציפיות למוקדמות. בפגישה השני, בפברואר, הכינה לתחרות הארץית, שיתפנו חוותות מהמוקדמות והעבודה והתיעצנו אחד עם השני, ובנוסף, התגבשנו חברים. השתרנו ייחדיו גם מבחינה חומרתית וגם מבחינה תוכניתית. בנוסף גם התגבשנו קבוצות: הוספנו את הלוגואים אחד של השני לרובוט, החלפנו קמעות, וטעמנו חטייפים משתי המדינות.

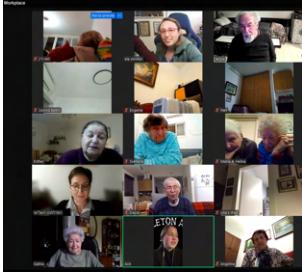


הרובוטיאדה:
הרובוטיאדה היא תחרות קדם עונה של FLL המתקיימת כל שנה בחטיבת רמוון בכפר סבא ומאורגנת על ידי עמותת חולויים, ובها מתחרות בעיקר קבוצות מכפר סבא והסביבה, המהוות את תחרות הקדמת הגודלה בארץ. לאחר שבערבה הציגו את הרובוט שלנו בתחרות, השנה זכינו לחתת חלק פעיל יותר - סדרנים, כسوفטי פיט, מנטורים של שתיים מהקבוצות המתחרות, וכמו כן, פעמי נספה, בהציגת הרובוט לקבוצות הערים. חניכי ה-FLL ה-FTC צפו בפעילויות הרובוט ואף נהגו בו, ושיתפנו אותם בפעילויות קבוצת FTC.



החנות החברתית:

בחודש ינואר זכינו להתנדב בחנות החברתית - חנות מוצרי יד שנייה המתקיימת מתרומות ורוחחיה מועברים לחילילים ולמשפחות מעוטות יכולת. סייענו במילוי התתרומות - בגדים, ספרים, תכשיטים, משחקים וכלי בית - כדי שקהילת כפר סבא תוכל להנות מהן.



הפרלמנט השלישי:

בחודש ינואר הרצתה אסיה, רשייצית שיווק וקהילה וחברת צוות אסטרטגיה, ברוסית על FIRST ועל חוויתה ב-FTC במסגרת מיזם "הפרלמנט השלישי" - מיזם הפועל לטובת הפגת הבדיות של בני הגיל השלישי המרוצקים לביתם באמצעות הרצאות, מפגשים דיגיטליים ורשת חברותית - לקשישים יוצאי חבר העמים. בהרצאה לימדה אותם על הארגון, על המשחק עצמו, ועל תרומתו להפרט ולנווער ולקהילה בכלל. הרצאות נוספות בהשתתפות חברי קבוצה נוספים מתוכננות בהמשך הדרכך.



פתיחה קבוצת FLL Explore בגני העיר:

כאשר חשבנו על דרכי נספנות לתרום לקהילה של כפר סבא החלנו, לאחר שראינו את תלמידי הייסודי ברובוטיאדה, לפתח קבוצות Explore בגנים. למען מושימה זו קיימו פגישה עם מנהלת מחלקת הגנים באגף החינוך עיריית כפ"ס, בה הוחלט להתחיל בפיילוט לפROYיקט בגן ספריר בשנה הבאה, לאחר שכבר השנה יגיעו חברי הקבוצה לגן כדי להתאחד לצוות ולילדים כהכנה. סוכם שגם הפיאלו יעבור בהצלחה, יפתחו קבוצות בגנים נוספים, ויפתח גן רובוטיקה. לאחר מכן, נפגשו עם מנהלת הגן, ופעילות ההכנה הראשונה בגין תקדים ב-3/23. פעילות נוספת עם ילדים הגן, בהן נכין אותן אל הפרויקט באמצעות עבודה עם לגן על מודלים ישנים, יתקיימו לאורך כל השנה.

ימים פתוחים:

במהלך השנה קיימו מספר ימים פתוחים, בהם הסבmmo לילדי העיר, ברובם חניכי FLL, על תוכנית FTC ועל קבוצתו, במטרה לגייס חברים חדשים לשנה הבאה. במהלך הימים הפתוחים הללו התקיימו מכירות מזון, אשר כל הכנסותיהן נתרמו למטה משפחות החטופים כפ"ס. באחד מהערבים הפתוחים אף הגיעו נציגים מהמטה והקיימו דוכן משליהם בסדנא.

AIRPORT YEMI AIMONIM:

השנה, כמו גם בשנה שעברה, אירחנו יום אימונים בו השתתפו קבוצות נוספות מרחבי הארץ, במטרה לדמות מקצי תחרויות ולהזכיר את כולם לתחרויות בקורס הטובה ביותר.

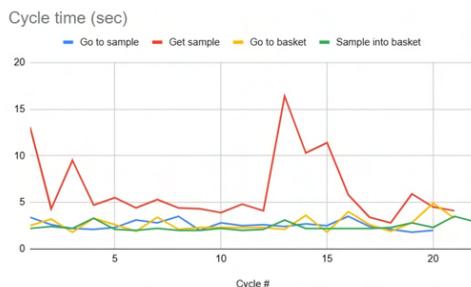


אסטרטגיה



בתחילת השנה חילקונו את-h-**Manual** לחבריו הצעירים, וכל אחד קרא את חלקו, ולאחר מכן המכינו רישום שאלות אותן שלחנו ל-Team Q&A. בסיום התחלנו מעבר לשוטר אחרי ה- Team Q&A ו-Updates. את המשקנות ריכזנו בקובץ ששולף עם כל חברי הקבוצה והעלוינו לדין גם במפגש ראש צוות וגם בשיחה בנושא אסטרטגייה עם כל חברי הקבוצה. לאחר שבדקנו את העניין עם צוותי החומרה והתוכנה ושיקוליהם החלנו בשלב ראשון להתמקדש, עקב לחץ התחרויות, באיסוף הסמלים וקליעתם לסל.

לאחר מכן, המשכנו לבדוק בשיטוף פעולה עם הצוותים הטכניים תוך צפייה ולמידה של סרטונים של קבוצות מחו"ל. תוך התייעצות עם שאר הקבוצה בנינו את צוות הנהיגה ואת אסטרטגיית המשחק - אסטרטגיה שלבסוף הובילה אותנו למקום השני בשתי תחרויות המוקדמות.



mdiagramma שהכנו (ראו משמאל), בה ניתן לראות כמה זמן לוקח לנו כל פעולה במהלך התחרויות,anedנו כי לקיחת הסמלים לוקחת לנו זמן רב המשנה כל פעם, ולכן השיקנו עליינו ליעיל ולשפר פעולה זו - גם מבחינה תוכנית וחומרת, וגם מבחינה אימון הנהנים, הרי אין סיבה שנזבזז 17 שניות על לקיחת סמל כל אשר ידוע לנו שאנו מסוגלים לעשות זאת נס 4 שניות.

לאחר התחרויות, קיימו שיחה עם שאר הקבוצה, במהלך הפלגה הפנו לביקושים לגבי הארגון הקבוצתי בתחרויות ולגבי השיפורים שניתנו לעשות בשלב ה-Teleop.



בנוסף לכך, לאחר נפקוד #2, קיימו בצוות אסטרטגייה דיווח לגבי מטרות הקבוצה לקבעת התחרויות הבאה - תליה או ספסיינים - אשר בשינויים לא זינו להתרכם מספיק לקבעת התחרויות הראשונה. לאחר שלקחנו בחשבון את סיכון הנפילה בתליה, ואת רמת הפיתוח של אבות-הטיפוס של התליה והספסינים - החלנו להתמקדש בספסינים, כמוון שהאבטיפוס היה מפותח יותר, ולהוריד את מגנון התליה הלא-ΜΤΡΙΚΟΥ, כמוון שהוא הפריע לשאר המערכות. ואנו, לבסוף, הצלחנו לבנות Zusuu ספסינים מתקדמת לפני התחרות השנייה.

לפני הגמר, התפנינו לדאגה גם לתליה, והצלחנו לבנות גם אותה באמצעות התשתיות שהנחנו לפניהם. כמו כן, צוות התוכנה הצליח לייעיל באופן משמעותי את קצב ליקיחת הסמלים באופן אוטונומי כדי להגיע למקסימום שלנו לקבעת הארץית.

אחד החלקים המשמעותיים ביותר ברובוט מבחן אסטרטגיית הוא שיש לו 3 זרועות נפרדות - ככלומר, במקרה של תקלת באחת מהן הרובוט עדיין יוכל לתקן "בריגיל" ולהרוויח נקודות באמצעות מערכת אחרת. כך גם מתאפשר לנו לעמוד לצד קבוצות שיש להן רק אופציה אחת של אוטונומי. כמו כן, הרובוט שלנו חשוב יותר, וכך בעצם ישנה נגיעה רבה יותר לתקן תקלות מהיר בין המקיים, במקום שנתחיל לפרק את כל הרובוט. כדי להיות מוכנים לתחרויות בצהורה טוביה יותר, השתתפנו באימונים משותפים עם קבוצות אחרות. כמו כן, אירחנו את אחד מהאימונים הללו אצלנו בסדנא, בו השתתפו שלוש קבוצות נוספות.



:FSMS - FTC Scouting Management System

בעקבות האתגרים שהווינו בתחרויות השנהיה, בהם ניהול הנתונים הידני ותקשורת בין חברי הצוות יצרו לחץ רב במהלך תהליכי בחירת הבריותות וכלקח מהתליכי סקאוטינג וחקר ביצועים שעברנו בשתי תחרויות המוקדמות, סקרנו יכולות קיימות והחליטנו על פיתוח מערכת סקאוטינג משלנו, שתכלול הן יכולות ניתוח של מדדי OPR, ניתוח מידע מהסקאוטינג שחברי הקבוצה מבצעים, וניתוח בלייב של המשחקונים באמצעות וידאו אנליטיקס. מערכת זו נועדה לנחל עבורנו את התליכי הסקאוטינג בתחרויות FTC.

דרוג League				דרוג מס' 1		דרוג מס' 2		דרוג מס' 3		דרוג מס' 4		דרוג מס' 5		דרוג מס' 6		דרוג מס' 7		דרוג מס' 8		דרוג מס' 9		דרוג מס' 10		דרוג מס' 11		דרוג מס' 12			
Neptune League				Q2 ISR																									
				מבחן	הנחיות-הפסדים-תקופאות	מבחן	הנחיות-הפסדים-תקופאות	מבחן	הנחיות-הפסדים-תקופאות	מבחן	הנחיות-הפסדים-תקופאות																		
1	✓	6-0-0	Team 14872	14872	1	2	✓	5-1-0	Team 23644	23644	2	3	✓	5-1-0	Team 12363	12363	3	4	✓	5-1-0	Team 25041	25041	4	5	✓	5-1-0	Team 14029	14029	5
6	✓	5-1-0	Team 11226	11226	6	7	✓	4-2-0	Team 11443	11443	7	8	✓	4-2-0	Team 28029	28029	8	9	✓	4-2-0	Team 18268	18268	9	10	✓	4-2-0	Team 18833	18833	10
11	✓	4-2-0	Team 13452	13452	11	12	✓	4-2-0	Team 17056	17056	12																		

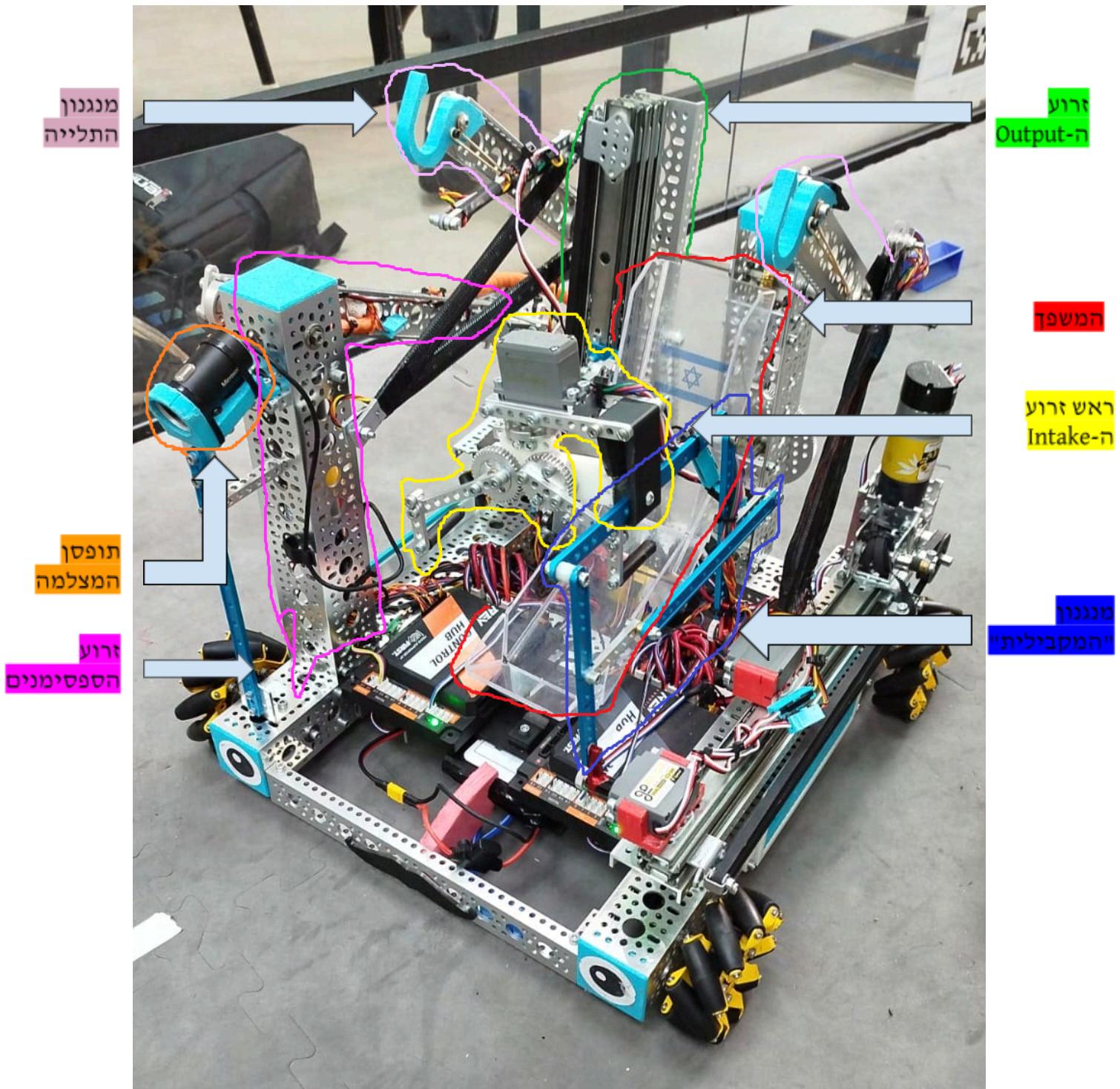
ביצענו תכנון ראשון באמצעות Figma, שאפשר לנו למפות את מבנה המערכת ולגבות פתרון טכני. המערכת מאפשרת ניהול משתמשים בסיסי - חשבון ראשי לכל קבוצה, ובמהשך תטאפר יצירה תאי-حسابונות עם הרשות מותאמת לכל תפקיד, כגון סקאטור. בנוסף, היא כוללת מודול זיהוי אירופים פעילים (באמצעות The Orange API API), טבלת תחרויות מרכזית המציגה את הקבוצות ממוניות לפי ניקוד עם אפשרות חיפוש, וטופס סקאוטינג להוספת נתונים והשוותם.

כדי לשלב וידאו אנליטיקס במערכת, פיתחנו תוכנת Scouting חדשנית באמצעות RoboFlow ו-YOLO v12, שנועדה לשפר את תהליך איסוף הנתונים וניתוח ביצועי הקבוצות בתחרויות. תחילתה, יצרנו מערכת נתונים מקיים של משחקי FTC, תוך שימוש אלמנטים מרכיביים על גבי תמונות וסרטונים ממשחקים קודמים. לאחר מכן, השתמשנו ב- RoboFlow לעיבוד הנתונים, כולל חיזוד התמונות והמרתן לפורמט המתאים לימון המודל. את המודל עצמו אימנו באמצעות YOLO v12, מה שאפשר זיהוי מהיר ומדויק של רובוטים, אלמנטים במשחק ותנעות אסטרטגיות.

ה-Backend נבנה באמצעות MongoDB, מחובר למסד נתונים MongoDB(Node.js), Frontend מושב ב-Socket.io לעדכונים בזמן אמת. ה-Next.js פותח באמצעות Mongoose ו-Emotion Material-UI. השימוש ב-UI-Emotion מאפשר לעיצוב רספונסיבי ונוח. עם השלמת הפיתוח, תשוחרר כפרויקט קוד פתוח ותפורסם כאתר נגיש לקהילה, מתוך מטרה להנגיש את הפתרון לקבוצות FTC ברחבי העולם ולהוות כלי עזר אמיתי לשיפור ניהול התחרויות והתליכים הקבוצתיים.



עיצוב הרובוט

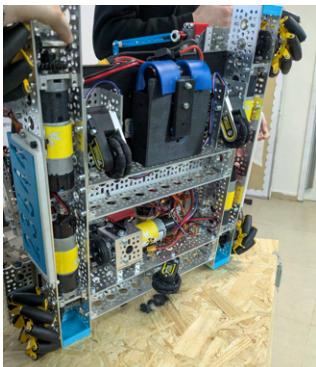


לרובוט שלנו יש מספר זרועות, כפי שמודגם בשרטוט; הזרועות מרובות ונפרדות אחת מן השניה. המטרה בעיצוב שכזה הוא בקרה במקרה של כישלון של אחת הזרועות באמצעות מקצה - האחרות יפעלו במקומה והמקצה לא יושבת עקב חסר יכולת של הרובוט לשחק את המשחק.



הנעה-*Mecanum* (By GoBilda):

לרובוט שלנו יש ארבעה גלגלים mecanum ב-4 פינות הבסיס המחברים למנועי DC 312 rpm הממוקמים בצורה אופקית בתוך השלדה כדי להסוך מוקום, ו-3 Deadwheels. ביססנו את השלדה על השלדה שלנו מהשנה שעזרה במטרה לחסוך בזמן ומשאבים. בנוסף, נבנתה שלודה מעץ ששימשה את צוות התוכנה כשלדה לעובוד עליה על מנת שני הцыוטים יוכלו לעבוד במקביל.



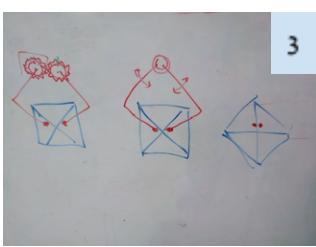
1



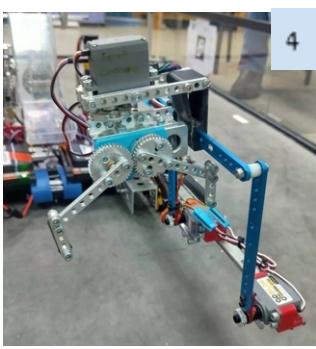
2



3



4



ראש זרוע Intake (מסומן בצהוב):

עבכנו על מספר גרסאות ל-Intake-Intake לפני שהגענו לגרסת הנוכחית:

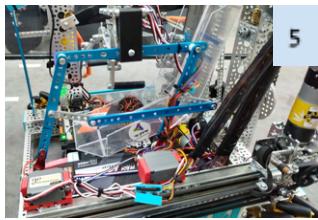
1. בהתחלה בנו את האבטיפוס - גלגל שהסתובב ובלם שעצר את הסמפל, ואז הנחנו אותו במשפק (ראו תמונה מס' 1)
2. לאחר השלמת האבטיפוס, נתקלנו בעיה; ראש הזרוע תפס סמפלים באופן מאד לא עקובי, וידענו כי אנחנו צריכים למצוא פתרון יותר אמין אילו אנחנו רוצחים תוצאות טובות. לאחר סיור מוחות קבוצתי, הגענו לפתרון שחשבנו כי יהיה יותר עקובי ממה קודם - Intake צבת;
3. לאחר שינוי ראש הזרוע, הבנו שיש צורך בדיקוק רב מאוד מצד הנהגים בכדי לתפוס את הסמפל, מה שייעכב אותנו במהלך התחרות. הגענו למסקנה כי מקור הבעיה היה החולפת האצבע הסטטית באצבע עבה נושא יתרור לסמפל, והסקנו כי החולפת האצבע הסטטית באצבע עבה נושא יתרור את הבעיה מכיוון שתזוז בנסכrown עם האצבע הראשונה.שתי האצבעות הותקנו על ראש Intake-Intake 1:1, ולאחר בדיקות מול צוות הנהיגה ראיינו כי חל שיפור ענק לאחר הוספה האצבע. (ראו שרטוט בתמונה 3 ותצלום בתמונה 4)

תחילה, פיתחנו שני סוגים Intake מסטובב בעלי מנגנון תפיסה זהה. הראשון הוא נמצא על ציר עם סרוו בצד, אשר מסובב את האינטיפיק. השני תלוי על הסרוו שמסובב את האינטיפיק. לאחר שהשווינו בין שתי השיטות, בחרנו בשיטה השנייה, כיון שהיא פשוטה יותר להדפסה ולהרכבה, אך לבסוף, עקב משקלו הרב של החלק שחבר בין הזרוע לסרוו, חיברנו את מנגנון התפיסה ישירות לחלק המסתובב.

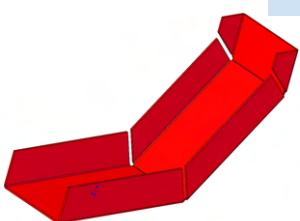
לאחר התחרות השנייה, ראיינו שבעקבות המיקומיים המגוונים של הסמפלים שבתוך ה-*submersible* ישנים הרבה סמפלים שאנו לא יכולים לתפוס בגלגליהם צמודים לקצוות, בזוויות שונות וכדי שלא הותכו בראש הזרוע שלנו, ולכן יש את הצורך לראש הזרוע להתאים את עצמו על מנת שיוכל לקחת את הסמפלים ללא קשר לכך אם מונחים. במצב המקבוע של ראש/zrout, הנהגים היו מוגבלים בתפיסה ולא יכולו לאחיזה בסמפלים המונחים בזוויות ומיקומות שונים ב-*submersible*, מה שהקשה בתחרויות ובאימונים. על מנת לפתור בעיה זאת, אנחנו החלטנו להוסיף עוד דרגת חופש לזרוע-*Intake* Intake, אחת שתאפשר לנו לשנות את זוויות ראש-*Intake* ביעדו עדין ממוקם במקביל לרצפה. ככלומר, יוכל לקחת את הסמפל בכל זוויות שרק נרצה בטוחה של כ-180 מעלות.

זרוע-*Intake* - מנגנון "המקבילית" (מכנים 4 מוטות) (מסומן בכחול):

לאחר דיונים בין צוותי הקבוצה, הבנו כי יש צורך לכך שראש-*Intake* יישאר מקביל לקרקע לאורך כל המקצים; זאת מכיוון שאילו ראש/zrout לא היה מוקבע בזוויות מקביליה לקרקע, לתפיסה הסמפלים הייתה דרגת חופש נוספת וסיבוך נוסף לנוהגים, כיון שראש/zrout יכול לתאות לשנות זוויות. לבסוף החלטנו לבנות את זרוע-*Intake* בצורת מקבילית שבתחלתיתה שני מנועי סרוו, אחד



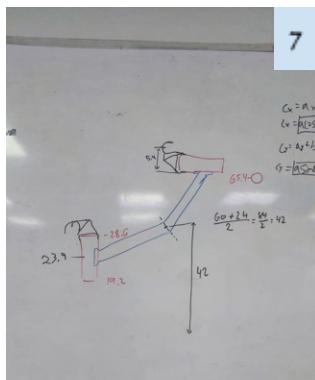
5



6

מחובר לכל אחת מצלעותיה הצדדיות של המקבילית, כדי שהצלעות הנגדיות במקביליות תמיד ישארו מקבילות גם כאשר זוויתיה ישנות בעקבות התכונות הגאומטריות של המקבילית. מה שמאפשר לראש הזרוּע המורכבת על הצלע העליונה תמיד להישאר מקביל למשטח הזרה. שני מנועי הסרוּו שליטה ביחד על ידי חיבור חשמלי ליציאת בקר יחידה באמצעות מפצל Z בכדי לוודא ושניהם נעים יחד ולמנוע מצבים של נעילה גיאומטרית ושבירה של צורת המקבילית. לאחר התחרויות השנייה, עדכנו את ראש הזרוּע - *intake*, שהוא יכול להסתובב. בשביל זה יצרנו עיצוב שהיה כבד יותר מהעיצוב הקודם.

הכבד גילה לנו בעיות חדשות; קרו נפילות מתח מהבקר ביציאות של הסרווואים בגל דרישת זרם גבוה יותר שנגרם מהעומס הנוסף. בנוסף, המפצל Z שהתקנו הגביר את הבעה, בגל שהיציאה הייתה צריכה לשפק שני סרווואים במקום אחד. יחד עם זה, לאחר הרצות ארכות, הסרווואים של מנון "המקבילית" התחלו להתחמס מה שהחליש אותם. בעקבות הביעות לסרווואים לא היה מספיק כוח להרים את מננון "המקבילית" כמו שצרכן, ולכן פתרו שיעבודו בצורה הטובה ביותר. תחילתה, חיברנו באמצעות מוט אלומיניום צלעות "המקבילית" מה שאפשר לסרווואים לעבד במקביל, וביטל את הנעילה הגיאומטרית. בנוסף לזה, פיצלנו את השני סרווואים לשני יציאות שונות בברק במקום הפি�צול שהיה במפצל Z. דבר זה הוביל לכך שהמתוח המשופך לסרווואים יותר עקייבי, ולכן הסרווואים עברו בצורה יותר נעילה. למרות השינויים, מיד פעם, לאחר הרצות ארכות, הסרווואים היו "מתעיפויים" והם לא היו מעלים את *intake* מספיק. לאחר בדיקה גילינו שהסרווואים עדיין היו תחת עומס גדול מדי שגרם להם להתחמס, ולכן שמננו גומייה שעוזרת לסרווואים לעלות את "המקבילית" יותר מהר ובקלות.

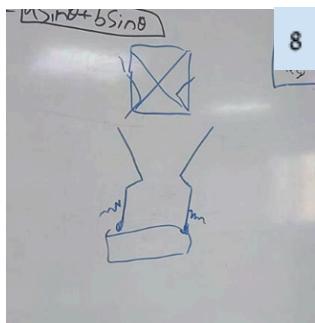


7

Output (הזרוע מסומנת בירוק ומהשפך באדום):

בהתחלת העלינו מספר רעיונות לדרכים בהן נביא את הסמליפים לסל:

1. להניח את הסמפל על מסילה שתעלה אותו לעלה
2. בניית זרוּע טלסקופית עם צבת אשר תתפס את הסמפל ותניח אותו בתוך הסל
3. בניית משפך שיעליה לעלה באמצעות זרוּע טלסקופית וישפוך את הסמפל לתוך הסל



8

לבסוף, החלנו על השיטה השלישית: זרוּע המקבילית האוספת את הסמפל, זורקתו אותו בתוך משפך שהכננו מכיפוף לוח פרספקס שחתכונו לפי תוכנית פריסה שייצרנו באמצעות אקדח חום וייצרת תבנית עצ שעליה הצמדנו את הכיפופים, לאחר שנשברה כמה פעמים החלנו לבצע תכנן מדויק של המשפך כך שנייתן יהיה להעבירו לאחד הספונסרים שלנו, שהוא ייצור CNC של חומר פלסטיק, ולהיצרו מפוליקרבונט, שהינו חומר בלתי שביר ביחס לפרספקס (ראו תמונה 6). לאחר מכן הזרע הטלקופית מתארכת ומעלה את המשפך אל הסל הגבוי, ומהשפך, אשר מותקן על גבי מנוע סרוּו טורק, משנה את זוויתו וושאפץ את הסמפל לתוך הסל.

במטרה למנוע התחרומות יתר של המנווע, התקנו בתחתית הזרוּע מתג סוף מהלך; כאשר הזרוּע הטלקופית יורדת, היא לוחצת על המתג ובכך מכבה את המנווע, כיון שאין עוד צורך בו כשהזרע למטה.

זרוע ספסימנים (מסומן בורוד):

זרוע הספסימן שלנו לוקחת את הספסימנים התלוים על קירות הזרה, מתחפה 180 מעלות (ראו שרטוט בתמונה 7), ובמקביל הופכת גם את הספסימן למקום הנכוּן בשביל תליה על המוט העליון, ואז תולה אותו באמצעות התנגשות. מננון התפיסה של הספסימן מבוסס על מננון *Intake* של

הסמלים (ראו תמונה 3). בזכות זה הנהגים לא צריכים לסובב את הרובוט במהלך הדרכ אל מوطות הספסימנים, מה שcosaן נזון ומקל על הנהגים.

תכונן הסיבוב המקורי של ראש הזרווע הספסיימן היה בעזרת שימוש של מגנון פסיבי; כאשר הזרווע תנסה את מיקומה, כך גם ראש הזרווע יסתובב בהתאם. לאחר ניסיונות רבים שככלו מספר וריאציות לצבת פסיבית (ראו תמונה 8), הענו למסקנה כי הפתרון האידיאלי יהיה ראש זרווע דמוי אותו אחד שבו אנחנו משתמשים לתפיסת הסמלים; שתי אצבעות מחוברות לסרו, אך בשונה מראש זרווע Intake, אחת מן האצבעות הינה סטטיטית. האצבע הסטטיט הינה האחת שמופנת לנוהגים וזאת בשביל שהם יכולים למקום אותה כרצוי במהירות.

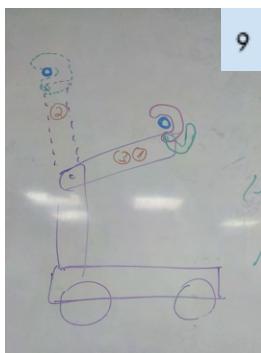
כמו כן, החלפנו לאחרונה את הזרווע עצמה, כיוון שהזרוע הייתה על הרובוט (ראו תמונה 8) עוצבה במקור כאבטיפוס ונשarra על הרובוט, והיתה עשויה מאלומיניום באיכות נמוכה יותר ונטה להתקען או להישבר. כמו כן, היא הייתה עשויה מחלקים מעורכת *ex* אשר לא התאימו למונע הסרו שלנו.

מערכת התלייה (מסומן בסגול בהיר):

תחילת הרעיון הראשון היה שימוש בזרוע - *outpus* יחד עם מסילה נוספת המחברת נמוך יותר ברובוט לוויinci עם מנוע של 117 סלד. התכונן היה שהמסילה התתמונה תתפס את הקורה התתמונה ב- *submersible* *subs* יחד עם הוויinci. הם היו מושכים את הרובוט למעלה בעוד שהמעלית הייתה תופסת בקורה העליונה של ה *submersible* *subs* כדי ליצב את הרובוט שלא יתנדנד וכדי שהוא יעלה מספיק מעל הקrukע. בסוף לא בחרנו בזרוע בגלל שהוא לשחיקת-*outpus*. בעקבות צורת ההתקינה של הזרווע *outpus* העומסים שעבדו עליה בזמן תלייה היו מאונכים לצלע הארכואה של המסילות. דבר זה הוביל לכך שהייה חופש תנועה – בגלל שכך בנויות המסילות של גו בילגה. החופש תנועה גרם לזרוע להתקען ולעבור לחצים גדולים, מה שהייה גורם לפגיעה בזרוע ה- *outpus* ואף להשבתה שלה.

לבסוף בחרנו במגנון תלייה המבוסס על מנוע 1150 סל"ד שעובר הפחתה של 1:5. על מנת להגדיל את המומנט. לאחר מכן, המומנט מועבר על ידי שרשרת לגיר חלזוני שיחס הפחתה שלו הוא 28:1,

9



והתמסורת החלזונית הופכת את ציר הסיבוב ב-90 מעלות. הסיבה שבחרנו בגין חלזוני היא גם יחס התמסורת הגבוהה וגם העובדה שהוא מייצר קיבוע של המיקום ואין סובל מצחילה. התנועה ביציאה מהגיר החלזוני מתורגמת לסיבוב של שתי זרועות שבקרה שליהן נמצאים ווים. כל וו יושב על מפרק (ציר) המאפשר לשנות את נקודת מרכז הכובד ביחס לנקודת התלייה לאחר שהווים נתפסים על הקורה.

במהלך עיצוב המערכת, ניסינו גאותריאיות שונות של ווים (הווים הודפסו בתלת מימד) עד לקבלת הגאותריה הנוכחית, אשר נותנת מענה הנו לפונקציונליות והן לדרישות החזק המחייבות, במטרה לשמור על הרובוט יציב ובטוח ככל האפשר במהלך התלייה.

שלבי התלייה (ראו שרטוט בתמונה 9):

1. נהייה ומייקום הרובוט בצווד לMOTEOT התלייה (ברורס)

2. הרמת זרועות התלייה עד שהווים נתפסים בקליק על מוט התלייה

3. הורדת זרועות התלייה חזרה. בשלב זה הווים אשר נתפסו על המוט

ЛОפטים את המוט ומיצרים סוג של נעילה סביבו. כאשר ממשיכים את תנועת הזרווע, הרובוט מתרום עד לניתוק מהמשטח.

תופסן המצלמה (מסומן בכחוט):

בצד להחזיק את המצלמה ששימשה את צוות התוכנה ליזיהוי הסמלים ומיקום הרובוט, ידעו כי יש צורך להכנת מעמד למכלמה אשר יעמוד בזווית קבועה לרצפה ויראה את הסמלים שלפניהם בבירור. בעזרת תוכנת SolidWorks, עיצבנו תופסן למצלמה אשר הורכב על פרופיל אלומיניום מחורר וחזק על מנת להשאיר את מיקומו קבוע ביחס לרצפה.



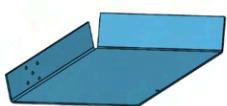
לאחר התחרות השנייה, שמננו לב לפגם בעיצוב. זווית המצלמה שונתה בעקבות מומנט של מרכז הכובד ביחס לנקודת התליה מה שהוביל לכיפוף המטכת אשר החזיקה את המצלמה, ולכן היה צורך להוסיף עוד נקודות תמייה לתופסן המצלמה. כפתרון לכך, עיצבנו מחדש את התופסן עם חיבורים לשולדה על מנת לספק עוד נקודות תמייה, וכן להימנע משינוי זווית נוספת.

תחזוקת הרובוט:

ניתן לראות ברובוט את כל הcablim ומטכאות הבסיס אשר מרכיבות אותו, דבר אשר הופך אותו לכלאורה לא אלגנטני. לצד זאת, הבחירה העיצובית זו הייתה מכוונת ומאהוריה ישנה מחשבה; מכיוון שככל חלק הרובוט חשופים, גם קל לנו מואוד לתקן תקלות הקשורות בזמן אימוניים או תחרות. לדוגמה, בתחרויות המוקדמות השנייה, קיבל הסרוו של המעלית נקרע והיינו צריכים להחלים אותו מחדש באמצעות הפיט; הלחימה לקחה לנו פחות מ-10 דקות מכיוון שלא הינו צריכים לנוט בינו בדברים אחרים ויכלנו פשוט לתקן את מה שהיה נחוץ. בנוסף, בתחרויות אלו משתמשים במגלשת פלסטיק; המגלשה מרכיבת מעל הcablim החשופים במהלך מקצים ומטרת הינה להוריד סמפלים בחזרה לקרקע במקרה שהוא ייפול מן זרוע המשפץ לתוך הרובוט. את

10

המגלשה (ראו תמונה 10), בדומה לכף המשפץ, אנחנו יצרנו בהתחלה בעצמנו מפרפסקס, אך בסופו של דבר החלפנו גם לשולח אותה לייצור מפוליקרבונט.



תוכנה

מתחלת העונה עבדנו על עיקרונו של יצירת קוד שהוא יעיל אך גמיש. תפיסה תוכניתית זו מאפשרת לנו ליצור פיצרים חדשים או לעורך קיימים בקלות ובמהירות - מה שמייעל לנו את זמן העבודה בטוחה הארוך. כדי לעשות זאת, מימושנו קבוצת פעולות כבני בסיס שמהן ניתן לבנות פעולות מורכבות של המערכות השונות של הרובוט בכל שלבי המשחק במהירות, תוך יכולת לשנות בקלות במידת הצורך ומניעת שכפול קוד. כך, למשל, אפשר להוציא בקלטת כפתור שעושה פעולה מסוימת על ידי שרשור של פעולות קратנות של הזנת המערכות השונות ברובוט. בנוסף, מניסיון קודם לממנו שהשלב האוטונומי הוא חלק גדול מהמשחק, וכך מתחילה העונה התחננו לעבד על מערכות שימושו אותנו בבניית אוטונומי מהיר ומתקדם, כמו זיהוי הסמלים שלנו ונויוט בערתת .RoadRunner

האוטונומי:

במסגרת השלב האוטונומי הרובוט שלנו מכניס 6 סמפלים לסל הגובה - שלושת הסמלים הנמצאים על האירה לצד הסל בתחילת המשחק, סמפל שמתחילה איתו ו-2 סמפלים נוספים מה-subses, וחונה. למייבר ידעתנו, זהו האוטונומי הראשון בארץ מסוג זה. בכך לאסוף את הסמלים עשינו שימוש במערכת זיהוי תמונה. דאגנו ליעיל את האוטונומי שלנו במספר דרכי:

1. האוטונומי עובד עם Finite State Machine בצד לעבור בין מצבים במהלך המהלך ביצוע המשימות.
2. באוטונומי, מטרת לחסוך בזמן, מבצע הרובוט מספר פעולות בו זמןית - למשל, זרוע האינטיק נפתחת קדימה עוד כאשר הסמל הקודם עדין מועלה לסל, ונסגרת תוך כדי הנסעה אל הסל - כך אנו מרווחחים זמן רב ויקר. אנחנו ממשמים את זה בערטת actions אסיכוןים וסיכוןים.
3. יעול ושיפור: לאחר שצפינו בסרטונו של קבוצה מהויל שנראתה נעה ב מהירות דומה מאוד לשונו, אבל היה ניתן לראות כי נשר לה יותר זמן בסוף, גילינו - באמצעות השוואת הזמן בין הסרטונים שלנו לשלהם - כי אנחנו מבלים מספר שניות בתחילת האוטונומי. כך ידענו לשנות את התזוזה של הרובוט בתחילת האוטונומי לתזוזה אחת בלבד, בצד לחסוך בזמן וליעיל את התוכנה. כמו כן, בתחרויות המוקדמות היו 5 סמפלים בלבד באוטונומי, אך עקב שינויי חומרה, מהירות הרובוט עלה, וכך החלטנו ליעיל את התהילה ולהשאיר זמן לסמל נוספים. בעוד, אנחנו מכונים ליעול המערכת עד כדי סמפל שביעי באוטונומי. בשלב זה, אנחנו מגיעים לסמפל שביעי מבחן הזמן, אך יש עדין צורך לבדוק את הזיהוי.



אבני הבניין התוכניות:

מערכת זיהוי הסמלים:

בתחילת העונה תכננו ליצור אוטונומי שמשיך ולוקח סמלים מן הצוללת גם לאחר ארבעת הסמלים הראשונים (אחד שהרובוט מתחילה איתו ושלושה ליד הסל). כדי לעשות זאת, הגענו למסקנה שעליינו ליזהות את הסמלים הנמצאים בצללת בעזרת מצלמה, מכיוון שהסמלים מסודרים שם באופן רצוי. כיוון שהסמלים בעלי צבעים קבועים, בחרנו לבצע זיהוי לפי צבע, וכך יוכל לזהות ולהשับ את מיקומי הסמלים בצללת.

זיהוי הסמלים בתמונה:

על הרובוט מותקנת מצלמה, המשמשת מבחיננתנו כסensor רב-תכליתי, המזהה צבעים באמצעות ספריית RAIFFEISSEN OpenCV - אליה הכנסנו טווח צבע שבו מוגדרים ערכי RGB של הסמל, הערך הכי גבוה והכי נמוך בRGB של הסמל, כך שהגדנו טווח צבע לכל שלושת הסמלים: הצהובים, האדומים והכחולים. דבר המאפשר לתוכנה לזהות את הסמלים, שנตอน לנו את כל הפיקסלים בתמונה שנמצאים בטווח הנתנו. כך בעזרת findContours קיבל contours של הסמלים בצבעים התואמים את טווח הצבע המוגדר מראש. כך אנחנו מזינים את ה-zcontour של הסמל. התוכנה מחשבת את המרחק בין הרובוט לאמצע הסמל באמצעות זווית גובה המצלמה - אשר מבון ידועים לנו. כך אנו ממקמים את הסמל במרחב באמצעות חישוב וקטורים על הציריים המוגדרים באירה, ושולחים את הרובוט אליו.

בתחילת, זיהינו את הסמלים באמצעות פונקציה המעריכה את הצורה של הזיהוי כפוליגון. באמצעות נקודות אלה, חישבנו את הגובה של הזיהוי של הסמל, והוספנו פונקציות לזיהוי קווארדיינטות ורטיביות למצלמה. הפונקציות עבדו על ידי זיהוי אורך הישרים האנכיים למצלמה. לאחר שמצאנו שיטה לזיהוי קוודודי הצבע, פיתחנו פונקציה אשר חישה את מיקום של קוודודי האובייקט על ידי התאמת הצורה שהזיהוי יוצר לפוליגון. באמצעות הקודודים האלה, הצלחנו לחשב את המיקום האמיתי של הסמל שנמצא בתמונה.

החלנו לבסוף שלא להשתמש בשיטה זו ממספר סיבות:

1. ספריית OpenCV זיהתה נקודות דמיוניות על הסמל ושיבשה את החישובים
2. נתקלנו בבעיה של דילפת זכרון בזיהוי הסמלים אשר נוצרה מכיוון שייצרו הרבה "משטחים" המנצלים הרבה זכרון - שמרנו אותן במשתנים חדשים ולא פינינו אותן בסיום השימוש בהם.
3. בעת איסוף הסמלים מה-submersible, צפיפותם לא תמיד מאפשרת לזהות את כל קוודודיהם.

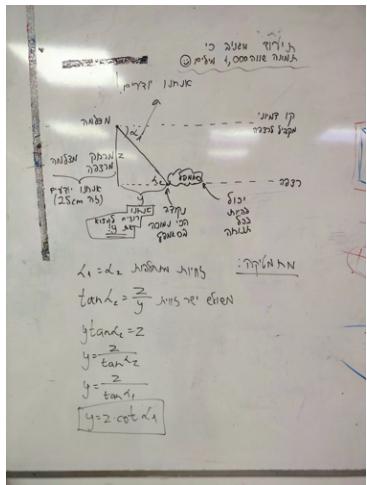
לאחר מספר חישובים טריגונומטריים גילינו שאין לנו צורך בזיהוי כל הנקודות, שינינו את הדרך בה אנו משתמשים בכל `convert`: במקומות לשוטות `MatOfPoint2f` כדי שנוכל להפוך אותו לפוליגון, חישבנו את המרחק ישירות באמצעות הנקודה התחתונה בזעורה במקומות לשוחה רשיימה של נקודות.

חישוב מיקום הסמל:

הזיהוי עディין היה לא מדויק והדרי מספיק, כיון שהנקודה הנמוכה ביותר יכולה להיות גם מימין וגם משמאלו. לכן,עת אנחנו לוקחים את האמצע בין שני קוודודים הרוחקים ביותר של ה-`contour` כדי שהרובוט תמיד ילק לאמצע הסמל, מה ששיפר באופן משמעותי את עקבות הזיהוי.

בעיה נוספת בה נתקלנו בזיהוי בסמלים היא שהצלמה נתנה ערכיהם שגויים למיקום הסמל. לאחר מספר בדיקות, הגענו למסקנה שהבעיה נבעה מהשינוי במיקום המצלמה עצמה על הרובוט





לאחר העברת הمبرובוט האימוניים של הוצאות לרובוט האמתי. לאחר מכן, כיוון שהחלפנו את המצלמה, ואיתה את ה-constants בקוד כדי להתאים אותם אליה, החישובים הפסיקו לעבוד לנו. לאחר בדיקת החישובים שלנו גילינו שלא חישבנו את ה-FOV נכון לפיקסוס המצלמה. מה שהוביל אותנו לחישובים הבאים כדי למצוא את FOV המתאים למצלמה, שלבסוף יתנו לנו את החישובים הנכונים (ראו תמונה).

בנוסף, כדי לעזור לנו עם כיוול המצלמה, יצרנו אלגוריתם אשר לווקח דוגמאות רבות של סטמפלים ומיקומיהם בעולם האמיתי ומפעיל את הערכיהם של המצלמה באופן אוטומטי לחלוטין. כמו כן, יצרנו "Unit Tests" המאפשרים לנו לשנות ולבדוק את ערכיו המצלמה אשר אנו מכילים ללא צורך ברובוט ובמהירות.

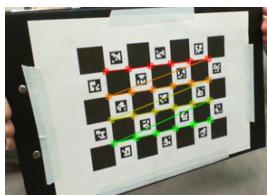
לאחר מכן, עדינו הבחנו בפער קל בין המיקום המחשב לבין המיקום האמיתי של הסטמפלים. כדי לתקן זאת, ניסינו לבצע חישובים שוב ושוב בזמן התנועה בעזרת זמן מוגדר, ובכך לחסוך זמן יקר במהלך המקרים. שיטה זו אמנים עבורה, אך כאשר פרק הזמן שלקח לרובוט הגיעו למיקום הנכון היה שונה מהזמן המקורי, הרובוט היה עומד ומהכח, או, לחלוfine, עוצר רוחוק מדי מהסטמפל. כדי לתקן גם בעיה זו, שינוינו את המערכת כך שהיא בודקת כל הזמן האם הסטמפל נמצא במיקום הנכון בתמונה - אם לא, המערכת מחשבת מיקום מחדש, עד שהרובוט יגיע למיקום המדויק ביותר לתפיסה הסטמפל.

נתקלנו במספר בעיות קטנות נוספות:

1. סבלנו משגיאה חוזרת בזיהוי הסטמפלים. לאחר בדיקה גילינו שההעמלמוני מתקלות בהרצה של הקוד, אשר נבעו מ multithreading. הבעיה הייתה שהשתמשנו במערך ובאותו הזמן שינוינו אותו במקומות אחרים. תיקנו את הבעיה בכך שבכל frame אנו יוצרים מערך של סטמפלים ומעבירים אותו, כך שלא משנה את אותו מערך, ובסיום השימוש במערך הזיכרונו מפנה כיוון שלא מצביעים עליו מושום מקום.

2. חישוב המרחק מהסטמפל היה לא מדויק, ובאופן עקבי היו בו סטיות של 3-1 אינצ'ים. כדי לתקן בעיה זו הטינו את המצלמה כלפי מטה - כך דיבינו את החישובים שלנו, כיוון שאשר המצלמה מקבילה לקרקע, סטיטה של מעלה או פיקסל אחד משפיעה הרבה יותר. כמו כן, שינוי זה אפשר לנו לנצל את "הسطح המת" שהמצלמה מצלמת שמחוץ למגרש, ולצלם רק את החלקים החשובים.

3. לאחר שהתחלנו את השימוש ב-*RoadRunner*, הרובוט התחיל לנوع לנקיודות הלא נכונות. לאחר מכן גילינו שהקוד בספריה גורם לו להתבלבל בין x ו-y. תחילה, ניסינו לתקן את הבעיה באמצעות הגדרת מקומו ההתחלתי ב-90 מעלות, אבל שיטה זו עבדה רק לכיוון אחד. לאחר מכן, החלטנו פשוט להגדיר את הא-ב-ע ואת ה-ע-ב. לבסוף, שינוינו את החישוב לחלוטין, וכעת הוא מבוסס על זווית הרובוט, בעזרת החישוב הבא:



מיקום במרחב רלטיבית לרובוט - *sample/robot*

מיקום במרחב במגרש - *sample/field*

זווית הרובוט ביחס למגרש - β_{robot}

$$\begin{aligned} x_{sample/field} &= x_{robot} + y_{sample/robot} \cdot \cos(\beta_{robot}) - x_{sample/robot} \cdot \sin(\beta_{robot}) \\ y_{sample/field} &= y_{robot} + y_{sample/robot} \cdot \sin(\beta_{robot}) + x_{sample/robot} \cdot \cos(\beta_{robot}) \end{aligned}$$

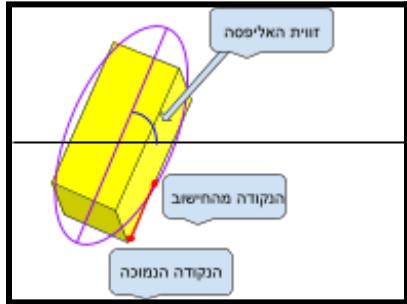
4. בגלל עיות תמונה שנמצא בכל מצלמה, צדי התמונה היו קעורים יותר, מה שמשבש חישובים שימושיים על כך שהתמונה ישירה. כדי לתקן זאת, השתמשנו בערכים שקיבנו



מכיוון שביצעו בעזרת Chessboard, ובפונקציית undistort של OpenCV - כך "יישרנו" בחרזה את התמונה.

чисוב מר כז המשא:

נתקלנו בעיה גדולה עם זיהוי הסטפלים. במהלך האוטונומי, בעת האיסוף, אם האזרור צפוף בסטפלים, הצבות נתקעות על הסטפלים בלבד והרובוט לא אוסף אף אחד מהסטפלים. הבנו שעל מנת לפתח את הבעיה, נצטרך להציג עם דיקוק גדול יותר ישירות למרכז הסטפל. לשם כך, השתמשנו בפייצ'ר "moments" של OpenCV כדי למצוא את הפיקסל המציין את מרכז המסה של הסטפל, וחישבנו את המיקום שלו במרחב באמצעות החישובים - עם ההבדל היחיד שגובה המצלמה יחסית לסטפל קטן יותר.



чисוב אוריאינטציה:

ההוספה הזאת שיפר את הדיקוק, אך הבעיה של הפגיעה בסטפלים סטטוס נותרה. ניסינו כמה אפשרויות שונות המשמשות ברווח הסטפל כפי שהמצלמה מזיהה אותו, ובכך מסובבת את הזרוע. תחילת ניסינו להחליט על רוחב מסוים שעבור כל רוחב גדול ממנו, הזרוע מסתובבת ב 90 מעלות, אחרת הזרוע נשארת ב 0 מעלות. ראיינו שיפור בסוגי הסטפלים השונים באוריינטציות שונות שתפסנו, אך עדין הבעיה נותרה, ונשארו הרבה אוריאינטציות שעבורם הרובוט לא הצליח לתפוס כלום - ככלומר זווית במאך בין 0-90 שעדין נשארו בעיות לתפיסה. החלפנו לנסות דרך אחרת - לחשב את האוריינטציה של הסטפלים, ולסובב את הצלבת לאוריינטציה שחייבנו. השתמשנו בפונקציה של OpenCV החושמת כתם צבע באלייפסה מסובבת. הזווית של האלייפסה, היא בקירוב הזווית של הצלע הארוך של הסטפל בתמונה. לפי הזווית הזאת, אנו מוצאים עוד נקודה על אותה הצלע לפי הנקודה הנמוכה ביותר (שבהכרח נוגעת בצלע) בעזרת החישוב הבא:

(שימוש לב כי מדובר בפיקסלים בתמונה, ולא במיקום במרחב)

$$x = x_{lowest} + \cos(\alpha_{ellipse})$$

$$y = y_{lowest} - \sin(\alpha_{ellipse})$$

(מינוס ב y בגלל שרاست הצירים היא הפינה השמאלית העליונה)

לאחר מכן, אנחנו מחשבים את מיקום הנקודה במרחב, לפי אותן החישובים שלפיהם אנו מחשבים את מיקום הסטפל (הנקודה על המשך צלע הנוגעת בקרע) ומוצאים את האוריינטציה של הסטפל לפי הזווית בין שתי הנקודות, עם החישוב הבא:

נסמן את מיקום הנקודה התחתונה במרחב - (X_{lowest}, Y_{lowest}) ,

מיקום הנקודה השנייה במרחב - (X_{second}, Y_{second}) ,

אוריאינטציה הסטפל - θ

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{Y_{lowest} - Y_{second}}{X_{lowest} - X_{second}}\right)$$

בזכות ההוספה הזאת, אנו מצליחים להימנע כמעט לגמרי מפגיעה בסטפלים צמודים או פספוס של הסטפל, בכך משפרת את סיכון ההצלחה.

סינון סטפלים מחוברים:

בנוסף, נתקלנו בעיה שישנו הצבע מזיהה ומחבר כמה סטפלים לגוש אחד הומוגני. כדי להתגבר על בעיה זו במהירות לkratת התרומות הארץית, החלפנו על שטח מקסימלי (רוחב כפול אורך) שאנו



מקבלים כסמל בודד - ואם הסמל לא עומד בתנאי זהה, נראה שזיהינו קבוצה של כמה סמלים כסמל אחד. בעזרתו נוכל��, אנחנו מעריכים מגוש הסמלים הבועית והולכים אל סמלים מופרדים.

הוסףנו אלגוריתם המחשב את הרוחב והאורך של הסמלים במרחב לפי החישובים הבאים:

$$\text{width} = \tan(\text{width}_{\text{pixels}}) \cdot \frac{\text{fov}_h}{\text{imageWidth}_{\text{pixels}}} \cdot Y_{\text{sample}}$$

חישוב האורך מעט שונה - החישוב מתבצע על ידי מציאת ערך ה- u (במרחב) של הנקודה הגבוהה ביותר בשטח שזיהינו - שאנו יודעים שבהכרח בגובה הסמל (מעל הקרקע) - בעזרה האלגוריתם לחישוב המיקום שיצרנו, וחישור ערך ה- u של הנקודה התחתונה ביותר.

$$\text{height} = Y_{\text{lowest}} - Y_{\text{highest}}$$

דינמיות והסקת מסקנות עם מומחים בתחום:



לקראת הגמר, שוחחנו עם מומחים בעולם ראייה הממחשבת: מאיר קולודקיון, דירקטור תוכנה בחברת RTC Vision, וניר צוק מחברת submersible. במטרה למצואו כמה פתרונות שאפשר לנסות כדי להתגבר על הבעיה של זיהוי הסמלים-ב- u . יחד איתם, דיקנו והגדכנו את הבועית והאתגרים שנתקלנו בהם: הקושי שזיהוי הסמל בעפם אחת ממפרק רב, והעובדה

שה-contours של הסמלים מתחברים זה לזה. ובסיום העוזות המקצועיות שלהם התקדמנו לפתרונות שהוצעו לעליהם שבסוף מבאים אותנו להצלחה טובעה של 6 סמלים בשלב האוטונומי. התהיליך ההנדסי שערכנו איתם ועם המנטורים אפשר לנו להבין מה באמת האתגר שאנו צריכים לפטור.

זיהוי מיקום הרובוט:

לxicom, פיתחנו ושיפרנו מערכת זיהוי ראייה מבוססת OpenCV לזיהוי ומיקום של סמלים באמצעות זיהוי צבעים וזיהוי ישיר של הנקודה האמצעית של ה-contour. כמו כן, הצלחנו לדיק את הזיהוי באמצעות שיפור הקוד, כולל החישובים ושינוי זווית המצלמה, וזאת גם באמצעות התיעצות עם מומחי עיבוד תמונה וראייה ממחשבת מה תעשייה

התוכנה עשוה שימוש באודומטריה באמצעות שלושה Deadwheels Road Runner. כך גם הרובוט יכול לתקן את עצמו במקרה של התנגשות ברובוט אחר, בקירות או במבנה במרכז הזרה - מערכת בקרת PID מתחשבת בסטייה ומzieher את הרובוט בהתאם. ביצעו ניסויים רבים כדי לבדוק מערכת זו - השענו את הרובוט בזירה ודימינו התנגשות באמצעות דחיפה הרובוט עם קרש, וראינו כיצד הוא חזר למסלולו. כך וידאו שהרובוט לא יסתה מהמסלול במקרה של התנגשות בסמל או כל מכשול אחר.

IMPLEMENTATION של לוחים מעובدة משותפת עם החומרה והניהוג:

- במטרה למנוע התחרמות יתר של מנועים הנגרמת מהתנגדות פיזית למנועים, גרמו להזאה של הזרועות לעזרה ב מהירות נמוכה. לעומת, אם הזרוע מגיעה למטרה, המהירות תהיה קרובה לאפס ולכון היא תעצור, ובמקרה בו הזרוע נעצרת מוגרם חיצוני, המהירות תהיה קטנה מהרגיל ולכון היא תעצור.
- לאחר שבירת המשף עקב טעות של נג הזרע במהלך אימונו, הוסףנו כפטור חירום בשלט במטרה למנוע מקרים נוספים מסוג זה.

