

פרויקט הנדסת איכות

חלק ג

12/1/2023



קבוצה 1

עדן יונית טורי ת.ז. 205867971,
עביר אבומוך ת.ז. 207150509

חלק א

א. בחרנו להגדיר מדגם שידגום את הדקה הראשונה בשעות 8,11,14,17,20,23 בימי העבודה 1-14. מאחר ובסיום 14 לא הייתה דגימה בשעה 23, התקבלו סה"כ 83 מדגמים בני 4 יחידות כ"א.

בחרנו במדגם זה על מנת לקבל מדגם מייצג הן מבחינת הימים לראות האם היה שינוי ביום מסוים והן מבחינת התפלגות ושינוי התהליך לאורך יום העבודה. טבלת הנתונים שנבחרו והחישובים עבור הסעיפים הבאים מופיעים בקובץ אקסל "פרויקט הנדסת איכות- חלק ג" בלשונית "מדגם Phase 1".



ב. בסעיף זה התבקשנו לחשב את גבולות הבקרה UCL, LCL. לצורך כך בחרנו להציג את שני גבולות הבקרה, גבולות בקרה ממוצע-טווח וגבולות בקרה ממוצע- סטיית תקן.

לצורך כך ביצענו מספר חישובים מקדימים:

- \bar{X} ממוצע- ממוצע 4 דגימות בכל מדגם.
- \bar{X} ממוצע הממוצעים- ממוצע ערכי \bar{X} ממוצע בכל המדגמים.
- R - עבור כל מדגם לקחנו את הערך המקסימאלי פחות הערך המינימאלי שהתקבל.
- R ממוצע- ממוצע ערכי R שהתקבלו בכל המדגמים.
- S - השתמשנו בנוסחה $STDEV.S$ לקבלת סטיית התקן בכל מדגם.
- S ממוצע- ממוצע ערכי S שהתקבלו בכל המדגמים.
- מציאת ערכים עבור הפרמטרים מטבלה 8A.

חישוב גבולות בקרה ממוצע-טווח:

נוסחאות לחישוב תרשים בקרה ממוצע:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}, \quad CL = \bar{\bar{x}}, \quad LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

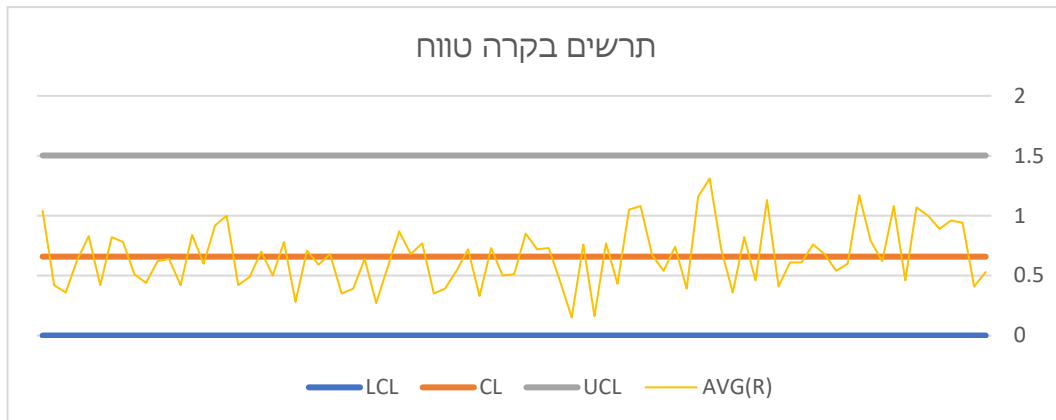
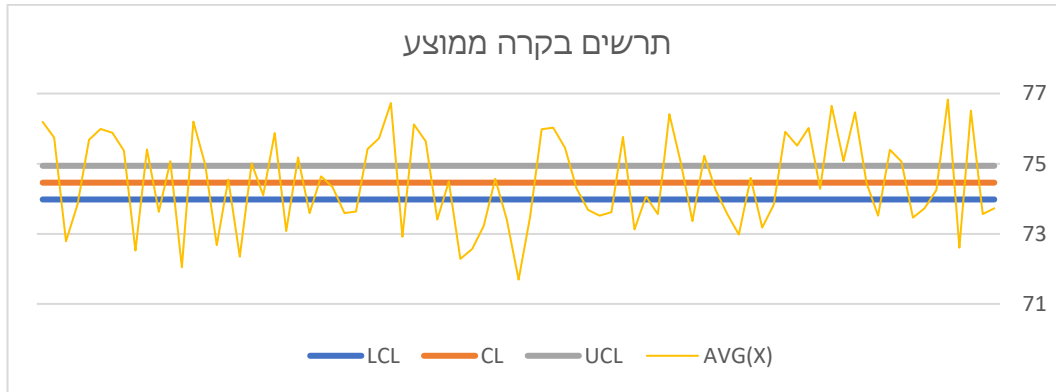
נוסחאות לחישוב תרשים בקרה ממוצע:

$$UCL = D_4 \bar{R}, \quad CL = \bar{R}, \quad LCL = D_3 \bar{R}$$

גבולות הבקרה שהתקבלו:

תרשים בקרה ממוצע-טווח		
ממוצע		
LCL	CL	UCL
73.979	74.459	74.939
טווח		
LCL	CL	UCL
0.000	0.658	1.502

התרשימים שהתקבלו:



חישוב גבולות בקרה ממוצע-סטיית תקן:

נוסחאות לחישוב תרשים בקרה ממוצע:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{s}, \quad CL = \bar{\bar{x}}, \quad LCL = \bar{\bar{x}} - A_3 \bar{s}$$

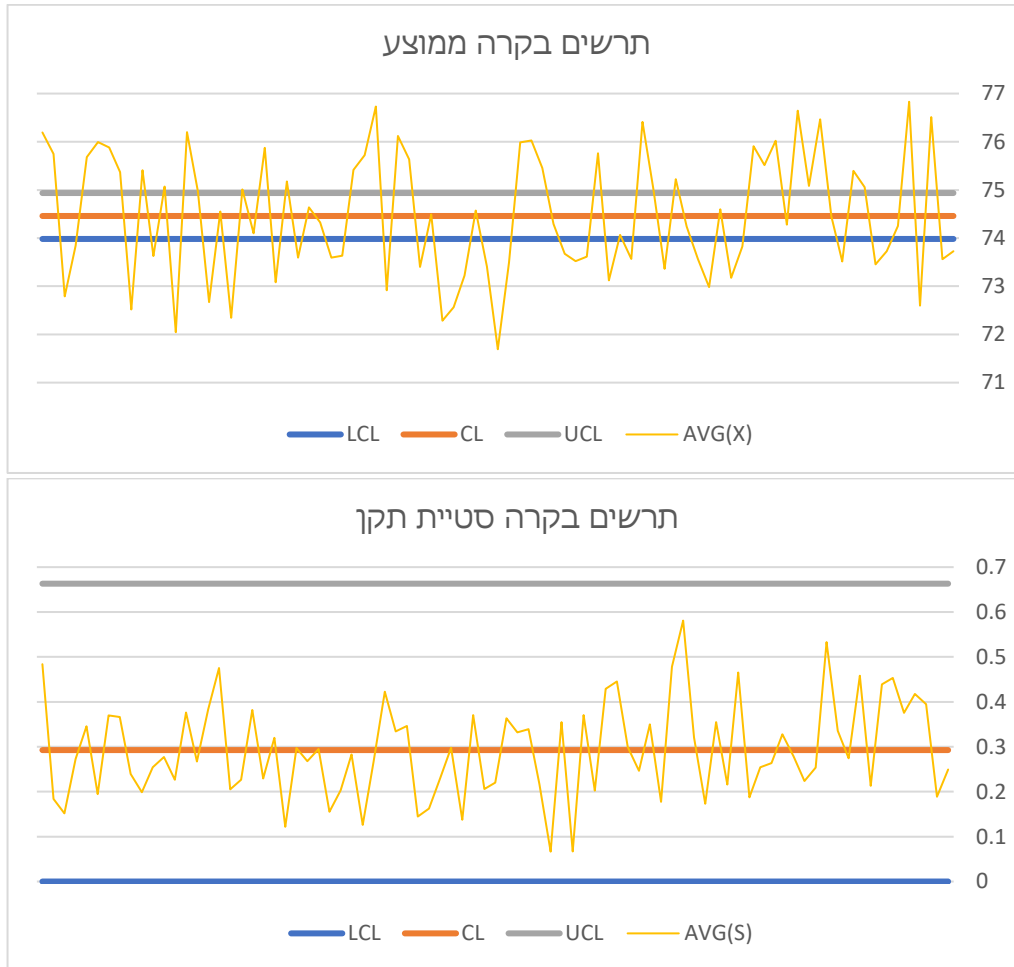
נוסחאות לחישוב תרשים בקרה סטיית תקן:

$$UCL = B_4 \bar{s}, \quad CL = \bar{s}, \quad LCL = B_3 \bar{s}$$

גבולות הבקרה שהתקבלו:

תרשים בקרה ממוצע- סטיית תקן		
ממוצע		
LCL	CL	UCL
73.9825	74.46	74.9354
סטיית תקן		
LCL	CL	UCL
0	0.29	0.66316

התרשימים שהתקבלו:



ניתן לראות שבשני תרשימי בקרה בתרשים הממוצעים ישנם מספר ערכים המתקבלים מחוץ לגבולות הבקרה דבר זה מרמז לנו על תהליך לא יציב. לא ניתן להבחין בכלל יציאה בולט לדוגמא מחזוריות, מגמה, יוצאי דופן וכדומה אנו משערות שמדובר בהפרעות ורעשים שייתכן שנובעים מהשפעת משתנים מסבירים כפי שיוצגו בהמשך העבודה (אחוז שומן, מהירות) ולא בכלל יציאה ויזואלי שניתן להבחין בו בתרשימים אלו.

מבחינת תרשימי הבקרה עבור ממוצע וסטיית תקן ניתן לראות שהם נמצאים בין גבולות הבקרה. אך זה אינו מספיק על מנת לקבוע שהתהליך יציב ואנו עומדים במטרת הייצור נדרש לעמוד בשני הגבולות- מבחינת הממוצע וגם מבחינת הפיזור.

ג. אמידת עלות ההפסד בגין עודף חומר גלם- בהתאם לנתוני המדגם שבחרנו

מ- Phase 1.

ראשית על מנת לאמוד את עלות ההפסד חישבנו את ממוצע ממוצעי המשקל עבור כל מדגם.

בהתחשב לנתונים מחלק א, מספר היחידות המיוצרות בשנה- 3.24 מיליון יחידות, משקל יחידה תקין- 70 גרם, עלות 1 ק"ג חומר גלם- 30 ₪. כעת נדרש לחשב את העלות באופן הבא:

חישבנו את עודף המשקל בממוצע בכל יחידה והכפלנו בכמות היחידות המיוצרות בשנה. לאחר מכן חילקנו באלף על מנת לקבל את המשקל העודף ביחידות ק"ג. ולבסוף הכפלנו בעלות 1 ק"ג חומר גלם. ניתן לראות את החישוב בנוסחה הבאה: $עלות\ ההפסד = \frac{(\bar{x}-70)*3,240,000}{1000} * 30 = 433,409.53$

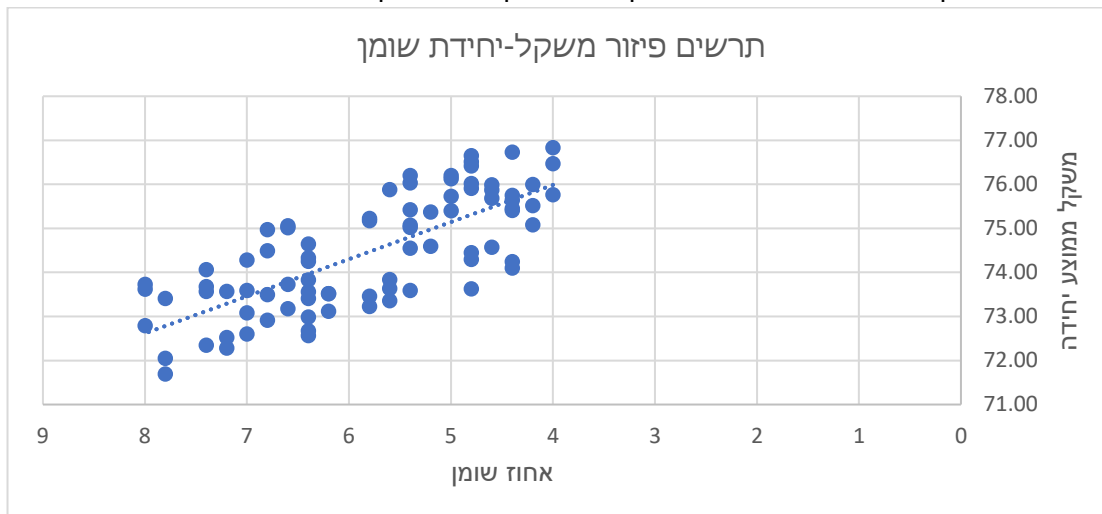


כלומר, **עלות ההפסד בגין עודף משקל בשנה הוא 433,409.53 ₪.**

ד. שיפור תהליך:

ננסה למצוא קשר בין משקל המוצר לבין אחוז השומן או בין המהירות.

בדיקת הקשר בין משקל המוצר לבין אחוז השומן:
ראשית נתבונן על תרשים פיזור לבדוק האם ניתן לראות קורלציה ביניהם.



ניתן לראות שישנו קשר בין המשקל הממוצע ליחידה לבין אחוז השומן, כאשר אחוז השומן יורד ממוצע משקל היחידה עולה ולהפך. כעת נבדוק זאת באמצעות רגרסיה בתוכנת R על מנת לאשש את ההשערה, הפלט שהתקבל:

```
> regression_model_fat<- lm(Y ~ Fat, data=dataset)
> summary(regression_model_fat)

Call:
lm(formula = Y ~ Fat, data = dataset)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.6830 -0.7547  0.1308  0.6911  1.3926

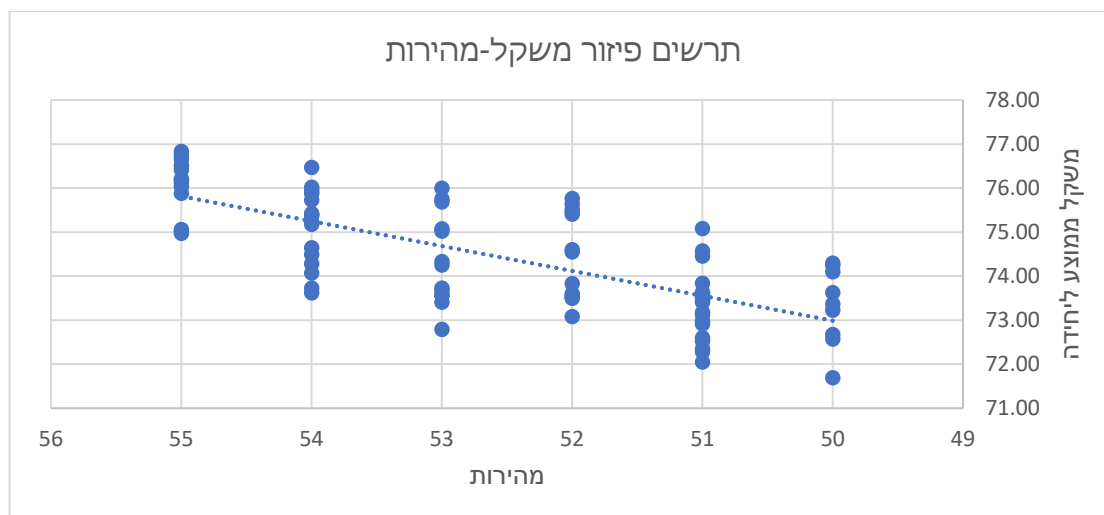
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  79.35761    0.48608   163.26 < 2e-16 ***
Fat          -0.84262    0.08207   -10.27 2.54e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8533 on 81 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5655,    Adjusted R-squared:  0.5601
F-statistic: 105.4 on 1 and 81 DF,  p-value: 2.538e-16
```

ניתן לראות שערך $P\text{-value}$ קטן מ-5% כלומר הפרמטר מובהק. המשמעות היא שיש קשר בין אחוז השומן לבין ממוצע משקל יחידה ברמת מובהקות של 5% כפי ששיערנו על פי תרשים הפיזור.



בדיקת הקשר בין משקל המוצר לבין המהירות:
ראשית נתבונן על תרשים פיזור לבדוק האם ניתן לראות קורלציה ביניהם.



ניתן לראות שישנו קשר בין המשקל הממוצע ליחידה לבין המהירות, כאשר המהירות גדלה, ממוצע משקל ליחידה עולה ולהפך.
כעת נבדוק זאת באמצעות רגרסיה בתוכנת R על מנת לאשש את ההשערה, הפלט שהתקבל:

```
> regression_model_velocity<- lm(Y ~ Velocity, data=dataset)
> summary(regression_model_velocity)
```

Call:

```
lm(formula = Y ~ Velocity, data = dataset)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.89494	-0.69494	0.06473	0.67731	1.64022

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	44.73134	3.16165	14.148	< 2e-16 ***
Velocity	0.56516	0.06008	9.408	1.24e-14 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8949 on 81 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.5221, Adjusted R-squared: 0.5162

F-statistic: 88.5 on 1 and 81 DF, p-value: 1.244e-14

ניתן לראות שערכי $P\text{-value}$ של הפרמטר קטן מ-5%, כלומר ישנו קשר בין המהירות לבין ממוצע משקל יחידה. דבר זה מחזק את ההשערה שלנו בעקבות התרשים פיזור.

לאחר שראינו שישנו קשר בין אחוז השומן לבין ממוצע משקל יחידה ובין המהירות לבין ממוצע משקל יחידה, נבחר לקחת ערכים אשר ימזערו את ממוצע משקל יחידה ובנוסף שלא יהיה משקלה הממוצע של יחידה פחות מ-70 גרם על מנת שהיחידה לא תיפסל. לצורך כך נעזר בתרשימי פיזור- נבחר באחוז שומן שערכו 8 ונבחר עבור המהירות בערך 50.

אך במידה ואנו בוחרים לסנן על פי ערכים אלו המדגם שאנו מקבלים קטן מאוד ולא יהיה ניתן לחשב את גבולות הבקרה עבור התהליך החדש (נדרש מינימום 10 מדגמים עבור תרשים ממוצע-סטיית תקן) ולכן בחרנו להגדיל את טווח הערכים. עבור אחוז השומן טווח הערכים הוא 6-8 אחוז, עבור המהירות טווח הערכים הם 50-52.



ה. גבולות בקרה עבור התהליך החדש:

על מנת לחשב את גבולות הבקרה לתהליך החדש נסנן מתוך המדגם שבחרנו בסעיף א את הרשומות בהן ערכי המהירות בטווח 50-52 ואחוז השומן בטווח 6-8. לאחר סינון זה התקבלו 14 מדגמים. באופן דומה לסעיף ב, בו חישבנו את גבולות הבקרה נמצא בעזרת אותן נוסחאות את הגבולות בקרה עבור התהליך החדש.

חישוב גבולות בקרה ממוצע-טווח:

נוסחאות לחישוב תרשים בקרה ממוצע:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}, \quad CL = \bar{\bar{x}}, \quad LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

נוסחאות לחישוב תרשים בקרה ממוצע:

$$UCL = D_4 \bar{R}, \quad CL = \bar{R}, \quad LCL = D_3 \bar{R}$$

ערכי הגבולות שהתקבלו:

תרשים בקרה ממוצע-טווח

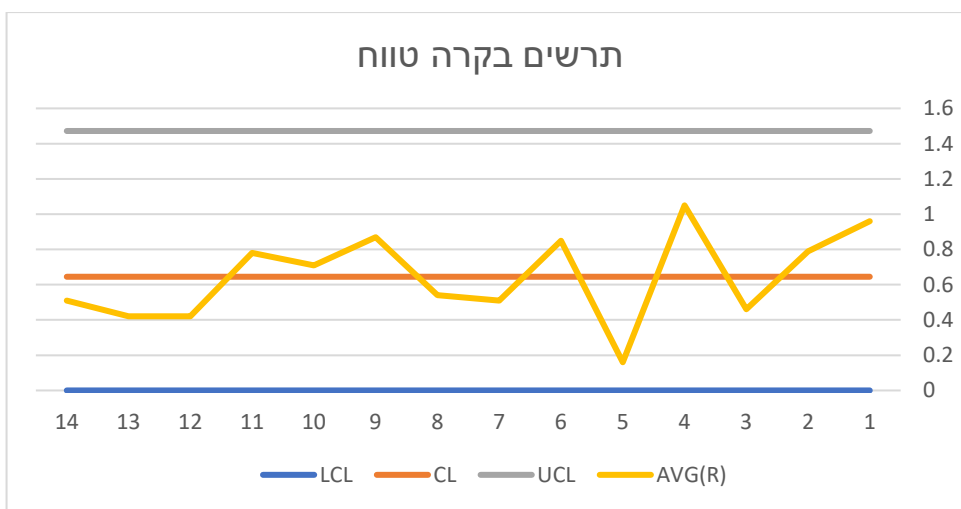
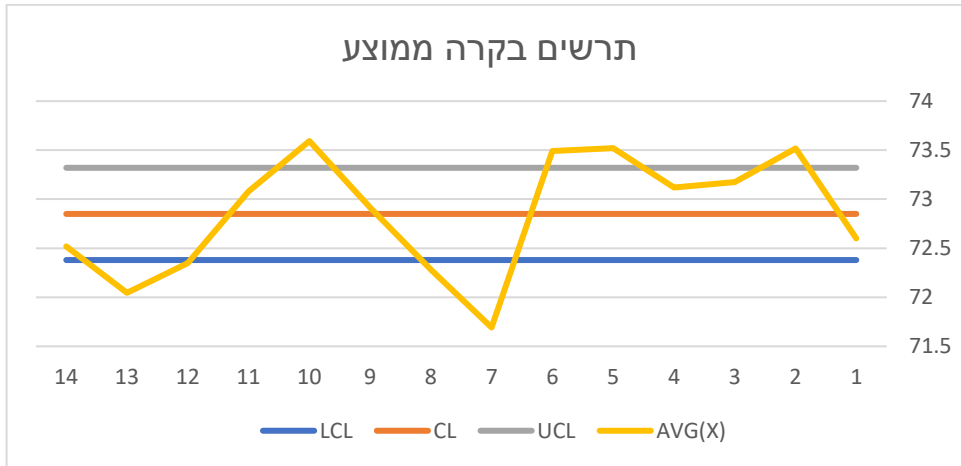
ממוצע

LCL	CL	UCL
72.380	72.850	73.320

טווח

LCL	CL	UCL
0.000	0.645	1.472

התרשימים שהתקבלו:



חישוב גבולות בקרה ממוצע-סטיית תקן:

נוסחאות לחישוב תרשים בקרה ממוצע:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{s}, \quad CL = \bar{\bar{x}}, \quad LCL = \bar{\bar{x}} - A_3 \bar{s}$$

נוסחאות לחישוב תרשים בקרה סטיית תקן:

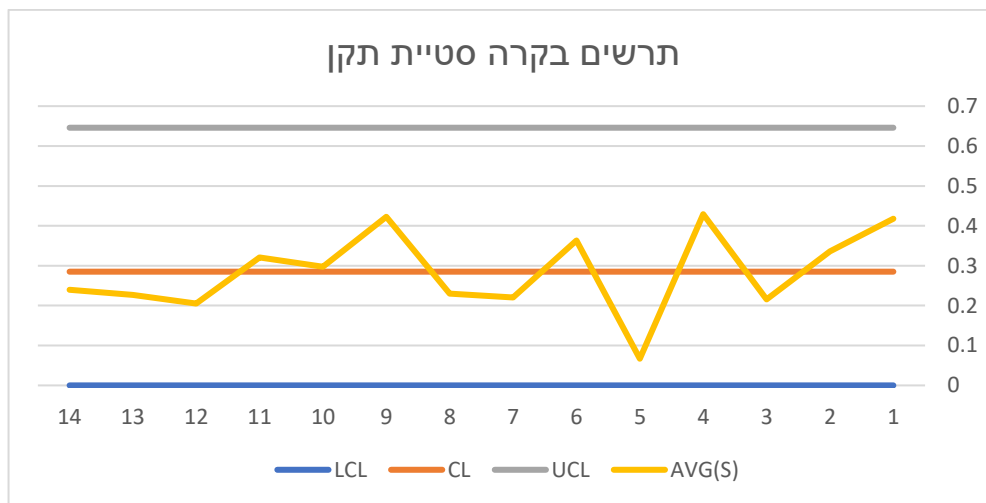
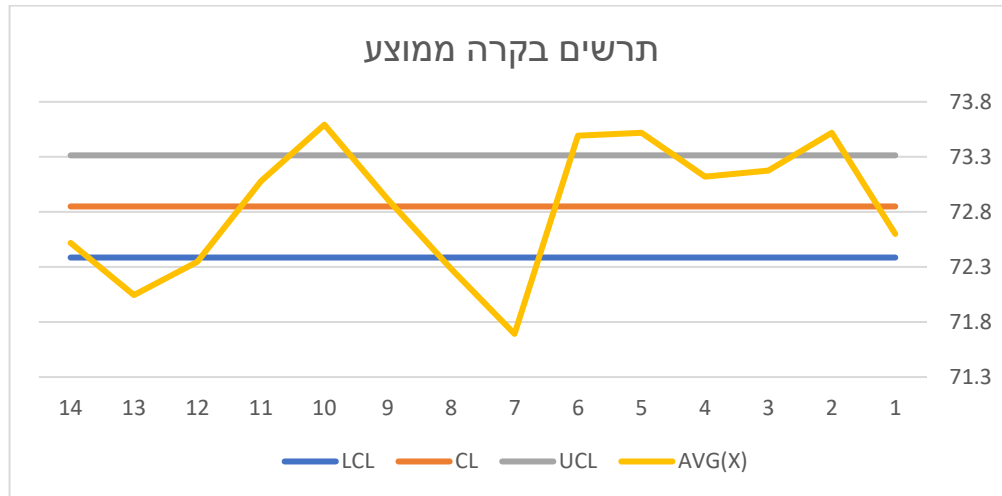
$$UCL = B_4 \bar{s}, \quad CL = \bar{s}, \quad LCL = B_3 \bar{s}$$

ערכי הגבולות שהתקבלו:

תרשים בקרה ממוצע- סטיית תקן		
ממוצע		
LCL	CL	UCL
72.38576	72.85	73.31389

סטיית תקן		
LCL	CL	UCL
0	0.29	0.645928

התרשימים שהתקבלו:



בתרשימי הבקרה לאחר סינון והגדרת ערכי הפרמטרים עבור אחוז השומן והמהירות ניתן לראות שהתקבל משקל ממוצע ליחידה נמוך יותר (לפני השינוי הממוצע היה 74.45 גרם ליחידה ולאחר השינוי הממוצע הינו 72.85 גרם). כלומר, ניתן לראות שהגדרת טווח עבור פרמטרים אלו מקטין את העלות בגין עודף חומר גלם.

בנוסף, ניתן לראות שישנו שיפור ביציבות התהליך ישנן מספר דגימות בודדות שחורגות מגבולות הבקרה והמרחקן מגבולות הבקרה קטן יותר לעומת התוצאות שהתקבלו לפני השינוי.

חלק ב

1. בדיקת יציבות התהליך בנתוני Phase 2 בהתאם לגבולות הבקרה שקיבלנו בסעיף ה' ובחירת מתכונת הדגימה בסעיף א'.
מאחר ובנתוני Phase 2 אין מספיק מדגמים בתוכנית הדגימה שבחרנו בסעיף א', שינינו את תוכנית הדגימה כך שעדיין תתבצע דגימה בכל יום (14-15) בשעות 8,11,14,17,20,23 אך מבחינת דקת הדגימה שינינו במקום בדקה הראשונה

תהיה דגימה בדקה ה-18, במידה ולא הייתה מדידה באותה דקה לקחנו מדידה סמוכה ככל הניתן על מנת לקבל מספר מדידות לצורך חישוב בדיקה האם התהליך יציב. בנוסף על מנת לקבל 10 דגימות הוספנו עוד שתי דגימות בסמוך למועד הדגימה על מנת שנוכל לבנות את תרשים הבקרה. גבולות הבקרה כפי שהתקבלו בסעיף ה':

תרשים בקרה ממוצע-טווח

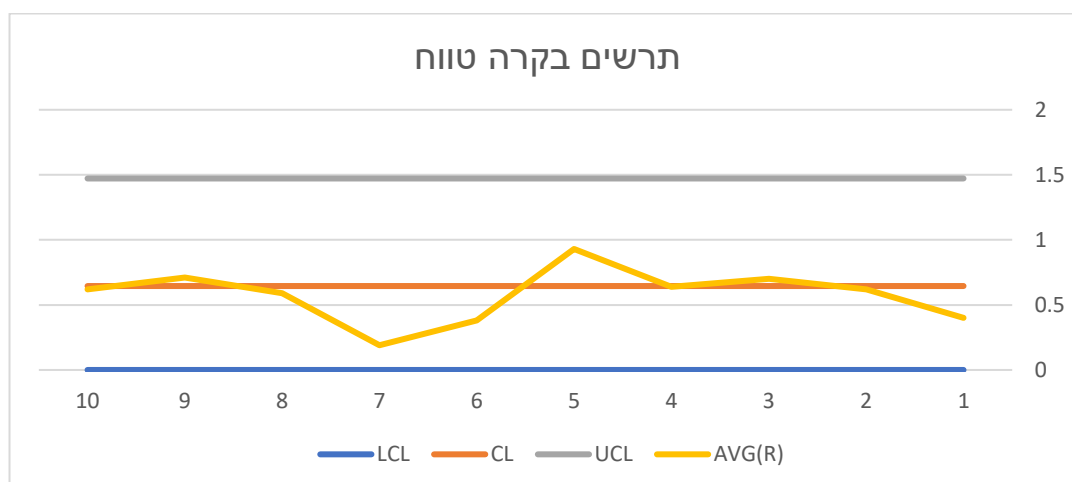
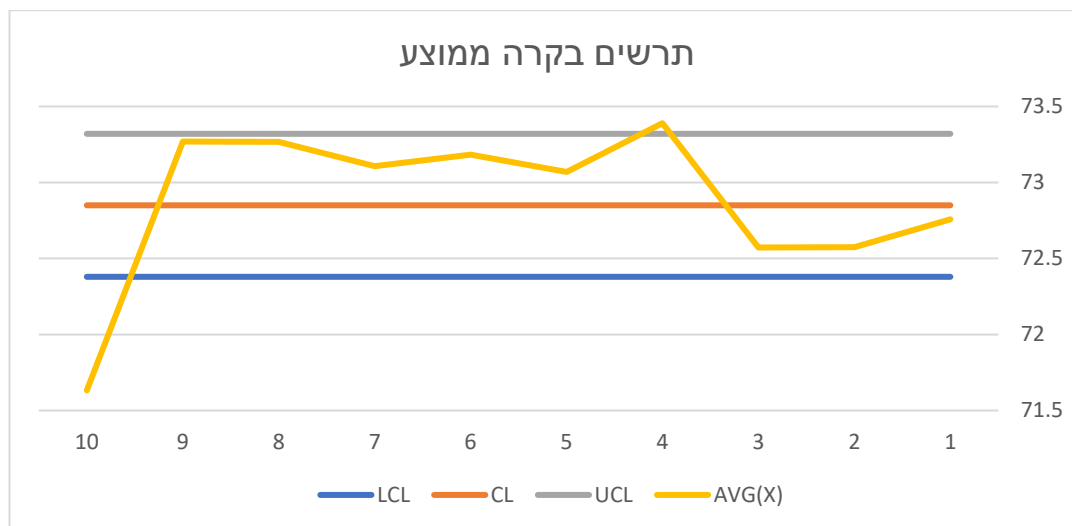
ממוצע

LCL	CL	UCL
72.380	72.850	73.320

טווח

LCL	CL	UCL
0.000	0.645	1.472

התרשימים שהתקבלו עבור המדגם החדש מנתוני Phase 2:



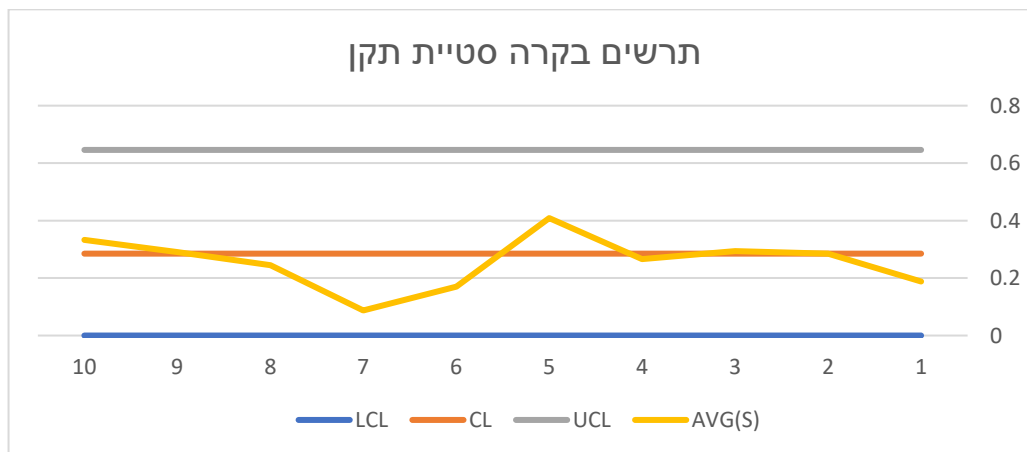
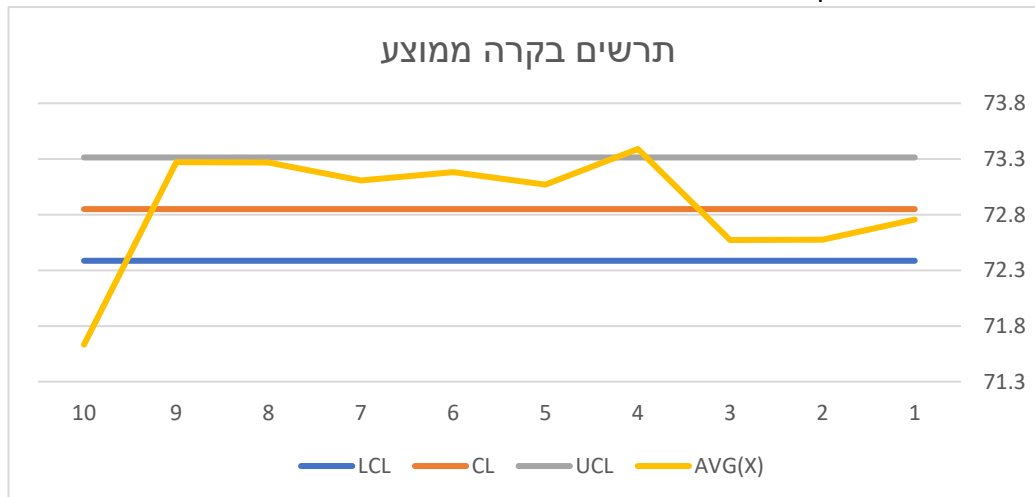
תרשים בקרה ממוצע- סטיית תקן

ממוצע		
LCL	CL	UCL
72.38576	72.85	73.31389

סטיית תקן

LCL	CL	UCL
0	0.29	0.645928

התרשימים שהתקבלו עבור המדגם החדש מנתוני Phase 2:



ניתן לראות במדגם זה שהתהליך כמעט יציב, ישנם שתי דגימות החורגות מגבולות הבקרה בתרשימים הממוצעים. ניתן לשער שהכלל שיתאים למקרה זה הינו ערכים חריגים, מאחר וניתן לראות ערך אחד חריג בצורה משמעותית ואחד שמעט חרג מגבול הבקרה. בנוסף, ניתן להסיק שהגבלת טווח הערכים עבור פרמטרים כמו מהירות ואחוז משקל עשויים לסייע רבות לצורך ייצוב והפקת מוצר באיכות גבוהה יותר וכן חסכון בעלות אי איכות בשל עודף חומר גלם.



ז. מסקנות ותובנות מחלק זה בפרויקט:

בחלק זה ראינו את חשיבות גבולות הבקרה וכיצד ניתן לקבוע האם התהליך יציב או לא. יתרה מזאת ראינו את חשיבות הצגת שני תרשימים ממוצע-סטיית תקן או ממוצע-טווח ושלא מספיק להסתכל רק על תרשים אחד למשל טווח או תרשים סטיית תקן ונדרש להסתכל גם על תרשים ממוצעים על מנת לקבל את התמונה המלאה ולהחליט האם התהליך יציב או לא.

כמו כן, ראינו את חשיבות בדיקת הקשר בין המשקל אותו אנו מודדים לבין פרמטרים שונים בתהליך לדוגמא אחוז השומן והמהירות. לאחר הגדרת טווח או ערך מתאים היה ניתן להבחין בשיפור משמעותי ביציבות המודל וגם בחסכון עלויות בשל עודף משקל. ייתכן וישנם פרמטרים נוספים בתהליך שבדיקת הקשר בינם לבין המשקל היו משפרים בצורה טובה יותר את התהליך ונדרש לבדוק ולבחון פרמטרים נוספים.

מבחינת בחירת תוכנית הדגימה- נרצה לבחור תוכנית דגימה אשר תאפשר לנו לחקור ולבחון את התהליך לכל אורך היום תוך השוואה בין ימי עבודה שונים. לצורך הסקת תובנות על שינוי בתהליך, נשתמש בשני מדגמים. המדגם הראשון עבור בניית גבולות הבקרה ובחינת הפרמטרים וערכיהם. והמדגם השני עבור בדיקה כיצד הגדרת השינוי השפיע על התהליך ותוצאותיו.

