

**בנין מודלים מתמטיים - פרויקט סיום
מודל מתמטי שפותר בעיות השמנת היתר אצל
ילדים**

שרה חמוד: 323045583

אמאל נסראלדין: 212716104

ספטמבר 2022

תוכן עניינים:

1. חלק 1 :	
3-7	מבוא והגדרת הבעיה
2. חלק 2 :	
7-10	הגדרת המודל המתמטי
3. חלק 3	
10-16	הערכת המודל ודוגמאות
17	מסקנות
18	נספח

חלק 1 - מבוא והגדרת הבעייה

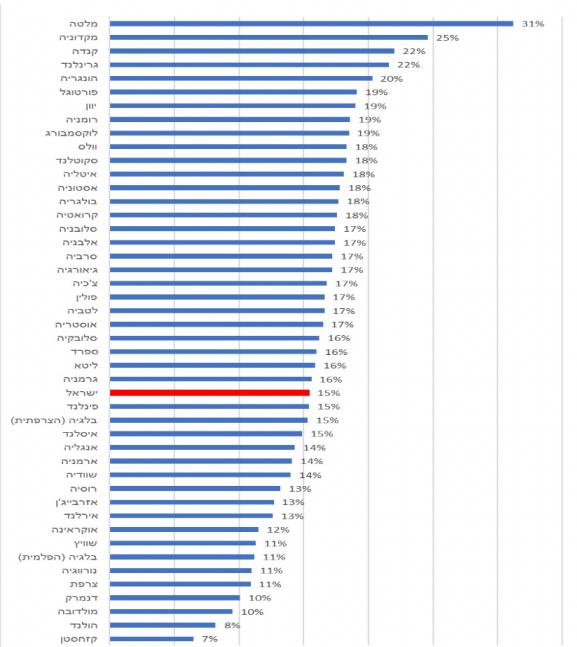
השמנה יתר של ילדים הגיעה לממדים של מגפה עולמית והיא מחלת כרונית השכיחה בעולם. היא נמצאת בעלייה מתמדת כך שבשנתים האחרונים מاز מגפת הקורונה, חלה עליה נספת במעטמת השמנת יתר בקרב ילדים, המחלת גם משפיעה על בריאותם ותפקודם של ילדים בחני היום יום בטוח הקצר והארוך. אז מהם הגורמים להשמנה בילדים? במה השמנת יתר עלולה לפגוע? וכייז ניתן למנוע/להפחית השמנת יתר בילדים?

השמנת יתר נובעת מחוסר בפעילות גופנית, אכילה מוחז לבית, גורמים גנטיים, הפרעות אנדוקריניות והמצב הנפשי. השמנת יתר מעלה סיכון למחלות כרוניות כגון סוכרת, מחלות לב, דלקות פרקים ולכך חשוב למצוא פתרון למחלת זו. (1)

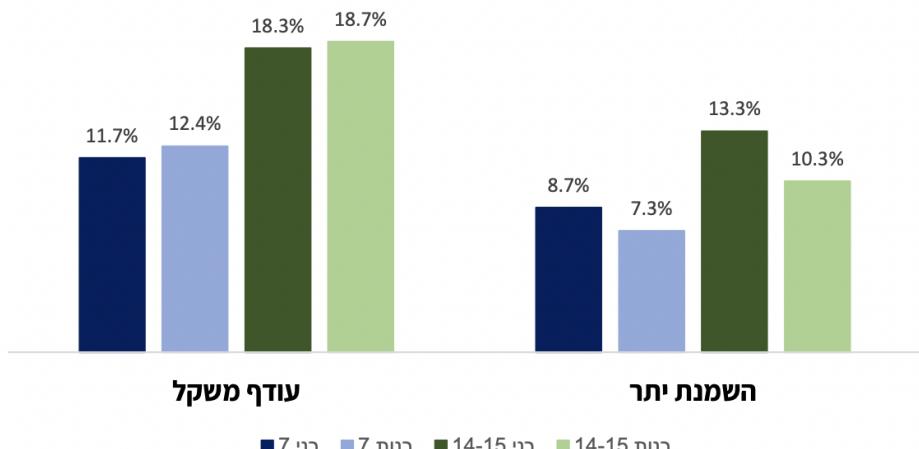
סטטיסטיקות :

על פי מחקרים שנערכו בשנת 2016 בישראל, 34% מהילדים בישראל בגילאים 10-18 היו עם עודף משקל ו 10% מהילדים בגילאים אלו היו עם השמנת יתר. מבין 46 מדינות, ישראל נמצאת במקום החמישי עם שכיחות עודף משקל והשמנת יתר הגבוהה לעומת המדינות האחרות.

במחקר שבוצע על ידי צוות HBSC מאוניברסיטת בר אילן בשיתוף עם משרד הבריאות עולה כי בשנת 2018/2019, 15% מהילדים בישראל בגילאים 11, 13 ו- 15 היו עם עודף משקל. עוד עולה כי, ישראל ממוקמת במקום ה- 28 מתוך 46 מדינות שנבדקו, עם שכיחות עודף משקל קרובה לממוצע. (2)



ועוד תוכאה של מחקר נוסף על שיעור הימצאות עודף משקל והשמנת יתר בקרב ילדים ובני נוער לפי מין : 2021 :



מהנתונים מסיקים כי שיעורי עודף משקל והשמנת יתר בקרב בניים ובנות בגיל 7 נוכחים יותר מאשר בקרב בניים ובנות בני 14-15.

שיעוריו עוד משקל דומים בין בניו לבנות בשתי קבוצות הגיל, למעט שיעורי השמנת יתר בסביבה בניי ובנות 14-15. (2)

כעת נגיד'ר כמה מושגים חשובים שנשתמש בהם:

BMI - כיצד מודדים השמנת יתר אצל ילדים?

השמנת יתר נמדדת ע"י מזדד מקובל שהינו מזדד ה- BMI או מזדד מסת הגוף אשר מחושב כמשקל בק"ג חלקי הגובה במטרים בריבוע. מקובל לחלק את תוצאות ה-BMI לארבע קטגוריות:

תת משקל- BMI קטן מ-18.5
משקל תקין- BMI נע בין 18.5 ל-25
עודף משקל - BMI נע בין 25 ל-30
השמנת יתר- BMI גדול מ-30

RMR : קובעת בעצם כמה קלוריות אדם "שורף" בכל יום, מבליל לבצע פעילות כלשהי בלבד תהילכית בסיסיים שהגוף חייב לבצע לצורך קיומו, כולל במנוחה מוחלטת. הביטוי שהתקבל ממדיית ה-RMR לבנים הוא:

$$RMR = 1287 + 28.6 * w + 23.6 * h - 69.1 * a \text{ (KJ)}$$

לבנות :

$$RMR = 1552 + 35.8 * w + 15.6 * h - 36.3 * a \text{ (KJ)}$$

נזכיר כי קלוריאול (KJ) שווה ל 0.24 קילו קלוריה ולכן נקבל את הביטוי של ה-RMR ביחידות קלוריות :
לבנים :

$$RMR = (1287 + 28.6 * w + 23.6 * h - 69.1 * a) * 0.24 \text{ (Kalorie)}$$

לבנות :

$$RMR = 1552 + 35.8 * w + 15.6 * h - 36.3 * a * 0.24 \text{ (Kalorie)}$$

כאשר א' מצין את המשקל בק"ג , h - גובה בס"מ , a - גיל בשנים .(6)

להוצאה האנרגטית במנוחה (RMR) חשיבות רבה בהוצאה הקלורית היומית, והיא מהוות 70%-30% ממנה. חשוב לדעת מהי ההוצאה האנרגטית במנוחה, ברמת הדיקוק הגבוה ביותר שנitin להגעה אליה, על מנת לחשב כמה נצטרך לאכול בכל יום, כדי להשיג את מטרתנו. (7)
לפי מחקר שנערך נמצא כי כצב חילוף החומרים במנוחה לק"ג משקל גוף היה נמוך יותר בקרב הסובלים מהשמנת יתר מאשר לאנשים בעלי משקל תקין. (8)

קצת רקע על החשיבות של הערכים התזונתיים:

פחמייה : הפקיד העיקרי של הערכות הוא לספק אנרגיה לכל התאים בגוף. אחרי שהסוכר גליקוז נכנס לתוך התאים הוא עובר תהליכי כימיים שבו משתחררת אנרגיה. הנחיות התזונה ממליצות לצריך 45 עד 65 אחוז ממכמות הקלוריות היוםיות.(5)

חלבונים : חלבונים מהווים אבני הבניין לבניית שריריהם, בנוסף לתרומתו של החלבון לבניית מסת הגוף, הוא גם משתף במנוגון תהליכי כימיים בתא ובגרעין התא. המלצת הכללית היא שילד קיבל כ-10% עד 15% מהצריכה הקלורית היומיית שלו מחלבון.(4)

שומנים : השומן הוא מרכיב חיוני בתזונה, מכיוון שהוא מספק חומצות שומן חיוניות וועזר בספיגות ויטמינים שונים, תמוססים בו וועוררים אליו דרך המעי הדק על פי הנחיות התזונאיים, שומנים צרייכים להוות 35%-20% משך צריכת הקלוריות היומיית שלנו. עבור אלה שמנטים להויריד שומן בגוף, יש לצריך 0.5-1 גרם/ק"ג שומן ליום כדי למנוע מחסור בחומצות שומן חיוניות.(3)

סידן : הסידן מהוות כ-1.5% עד 2% ממשקל הגוף הכולל, כך שהיא המינרל השכיח ביותר בגוף, הסידן חשוב לתפקוד תקין של תא עצב, להתקচות שריריים, לויסות קצב הלב ולקרישת הדם עצמים. כמוות הסידן היומיית הנדרשת 1300 מ"ג ליום

ברזל: מינרל חשוב בשלבי ההפתחות של ילדים האחראי על חזק שריריהם וייצור הדם. ילדים זוקקים ל-8 מ"ג ברזל ביום.

סיבים תזונתיים: הם פחמיימות מורכבות, שמקורן בצמחים בלבד ומהווים חלקים בצמח שהגוף לא יכול לעכל או לספג. מאחר שהם לא מתעללים במערכת העיכול, אין להם ערך קלורי והם מקנים תחושת שובע. בגילאי 13-9 המלצת היא לצריך: בנות- 26 גרם, בניים- 31 גרם.

קולסטROL: הוא חומר חיוני שמשמש בתפקידים שונים בגוף, ביניהם הוא מהוות שלד לייצור הורמוניים שונים המעבירים מידע בגוף. רמה גבוהה של כולסטרול בדם מהוות גורם סיכון להתקפות של מחלות לב וכלי דם ולכך מומלץ להויריד את רמת הקולסטROL בدم אם היא גבוהה על ידי דיאטה דלת שומן מבعلي חיים ולעתים, על ידי תרופות. הקולסטROL מיוצר רק על ידי בעלי חיים ואינו קיים במזון שמקורו בצומח. קריך להגביל את כמות הקולסטROL לרמה של 200 מ"ג ליום בהתאם להמלצות.

натר : נתרן (Sodium) הוא יסוד מתקתי ומינרל הכרחי לתפקוד הגוף, המקור המרכזי לכ-90% מהнатרן שנצרך בתזונה הוא מלח. צריכה גבוהה מדי של נתרן נקשרת במחקריהם לעלייה בלחץ הדם ולסיבוכים נוספים. לילדים מומלץ לצריך עד 1000 מ"ג נתרן ביום. (6)

ויטמין C : לויטמין C, יש תפקיד שימושתי רפואי פצעים. וויטמין C משפר ספיגה של ברזל ובכך מסייע במניעת אנמיה, גם מסייע לשמר על תפקוד תקין של מערכת החיסון. ילדים בגילאי 13-9 שנים: 45 מיליגרם.

ויטמין E: ויטמין E שייך למשפחת הוויטמינים המיסיסים בשומנים. תפקידו העיקרי בגוף הוא אנטיאוקסידנט, היינו מנטרל פעילות של רדייקלים חופשיים, אולם מעבר לכך הוא גם מוצא תפקיד בטהיליך ייצור כדוריות הדם האדומות.ILDIM BAGILAI 13-9 SHNIM: 16.4 MILIGRAMS.

מגנזיום: הוא מינרל חיוני לגוף שלנו שתורם, בין היתר, לבריאות הלב, העצמות ומערכות החיסון. כמות המגנזיום המומלצת לצריך היא:

גיל	מ"ג ליום
ליידה עד 6 חודשים	30
7-12 חודשים	75
1-3 שנים	80
4-8 שנים	130
9-13 שנים	240
14-18 שנים	410

הגדרת הבעיה בצורה מילולית:

דן ילד בן 10 שנה סובל מהשמנת יתר, דן בעל גובה 1.35 מטר ומשקל 57 ק"ג והוא מעוניין להפחית משקלו הנוכחי. ה-BMI הנוכחי שלו הינו 31.27 והוא מעוניין להפחיתו ל-22. כלומר למשקל של 40.

אז השאלות הנשאלות הם:

- מהי כמות הקולוריוט שצריך אותה הילד?
- איזה ויטמינים נדרשים?
- האם ניתן לעצב תוכנית/תפריט תזונה מתאימה לתקופת הפחתת משקל באמצעות מזון זמין מקומי? אם זה אפשרי, מהי כמות הקולוריוט הנמוכה ביותר המקיים את הדרישות?

חלק 2 - הגדרת המודל המתמטי:

בעיית תכנון לינארי היא בעית אופטימיזציה של ביטוי לינארי תחת אילוצים לינאריים. ככלומר, בהינתן משתנים במערכת של אי-שוויונות בין משווה לינארית על הערכים לבין קבוע, למצוא את הערך המקסימלי או המינימלי שפונקציה לינארית יכולה לקבל. ומכיוון שהמטרה שלנו היא למצוא פתרון להשמנת יתר אצל ילדים כלומר במקרים אחרים علينا למצוא כמות הקולוריוט המינימלית שהילד רוצה תחת אילוצים שהם הערכים התזונתיים הדרושים לילדים, וכן בעית הדיאטה היא אחת מביעות האופטימיזציה הראשונות שנחקרו עוד בשנות ה-30 וה-40. במקרה זה אנו פותרים בעית תזונה אשר מטרתה היא למצוא את מספר הקולוריוט האופטימלי של מזונות המוצעים בתנאי שמצד אחד הם מספקות את כל הוויטמינים והמינרלים לגוף הילד ומצד שני הם מפחיתים את המשקל של הילד. (10)

קודם כל, עלינו לבחור רשימת מאכלים ליד בתקופת הדיאטה. הבחירה שלנו נקבעת על ידי מאכלים שלילדים אוחבים לאכול כלומר שהילדים לא יסבו לאכול אותם, ומצד שני שרוב המאכלים ברשימה יהיו בריאים ועשיריהם בויטמינים ומינרלים

רשימת המאכלים (משתני ההחלטה) :

1. תירס
2. חזיה עוף
3. בשר עגל
4. גבינה צהובה % 5
5. שוקולד מריר קל % 15
6. חלבשקידים
7. פסתה
8. לחם שחור
9. מלפפונים
10. עגבניות
11. אורז
12. נקניקיות
13. משקה תות בננה
14. אבוקדו
15. תפוח אדמה
16. תות
17. אבטיח
18. שוקו
19. קורנפלקס - תלמה
20. ביצה קשה

רשימת הערכאים התזונתיים (הפרמטרים) :

1. חלבוניים
2. פחמיימות
3. שומניים
4. סיבים תזונתיים
5. כולסטרול
6. נתרן
7. ברזל
8. מגנזיום
9. סיידן
10. ויטמין C
11. ויטמין E

נסמן את המאכלים ברשימה ב 1 עד 20 בהתאם ואת הערכאים התזונתיים ב 1 עד 11 בהתאם _

בניה את רשימת המאכלים והערכאים התזונתיים שלהם ב-100 גרם:

סוג מזון	תות בננה	שוקל	ט	עגבניות	מלפפון	תירס	קורנפלקס - תלמה	לחם שחור	פסטה	אוזן	שוקו	גבינה	אבוקדו	נקניקיות	בשר עגל	חוּר עוף	בייצה קשה	סימונו	ס
a11	a10	a9	a8	a7	a6	a5	a4	a3	a2	a1	K	סימונו							
1.03	0	50	12	1.19	124	373	0	10.61	1.12	12.5 8	155	בייצה קשה	x1						
0.27	0	15	29	1.04	74	85	0	3.57	0	31.0 2	165	חוּר עוף	x2						
0.47	0	11. 9	0.019	0.77	456	107	0	6.4	1.5	20	160	בשר עגל	x3						
0	0	24	13	0	750	75	0.5	15	5	11	200	נקניקיות ות	x4						
0	7.9	11	39	1	10	0	2.1	15.3	7.4	2	161	אבוקדו 1	x5						
0.04	0	950	28.25	0.27	580	15	0	5	0.2	33	178	גבינה	x6						
1.8	0	120	0	0	40	0	0.5	2.1	3.5	1	38	חלב שקדים	x7						
0.03	0.6	16	8	0	45	7	1	1.5	7.2	3.1	53	שוקו	x8						
0	0	0.01	0.01	0	1.8	0	3	0.6	78.6	6.9	336	אוזן	x9						
0	0	0	18	1.1	6	33	3.5	1.5	71	11	349	פסטה	x10						
0	0	46	65.2	2.49	340	0	9.1	2.6	37	11	234	לחם שחור	x11						
0.4	0	7.3	14.9	6.7	375	0	3	0.9	83.3	7	375	קורנפלקס - תלמה	x12						
0.09	6.2	2	32	0.61	17	0	2.7	1.28	25.11	3.32	108	תירס	x13						
0.01	7.4	8	20	0.31	5	0	1.8	0.1	20.01	1.71	86	תפוח אדמה	x14						
0.03	2.8	16	13	0.28	2	0	0.5	0.11	3.63	0.65	15	מלפפון	x15						
0.54	12.7	10	11	0.27	5	0	1.2	0.2	3.923	0.88	18	עגבניות ט	x16						
0	0	514	0	0	201	1	14	27	60	6	370	שוקל ט	x17						
0	0.3	1.94	0.6	0	6	0	0	0	10.1	0	41	תות בננה	x18						

0.29	58.8	16	13	0.4 1	1	0	2	0.3	7.68	0.67	32	תות	x19
0.05	8.1	7	10	0.24	1	0	0.4	0.15	7.55	0.61	30	ابتיה	x20

חלק 3 - הרצת המודל ודוגמאות:

כדי לדעת את כמות האוכל הדרישה מכל מאכל שבחרנו על מנת לרזת במשקל, השתמשנו בבעית אופטימיציה בעזרת excel כך שמצאנו את כמות הקלוריות הכלולות(בעיית מינימום) המינימלית כדי לרזת במשקל וגם כמות של כל מאכל שבחרנו בבעית האופטימיציה צריך להגיד:

- 1) משתני החלטה: כמות האוכל בגרמיים מכל סוג שהוא (x1...x20)
- 2) הפרמטרים: הערכים התזונתיים (a1....a11)

3) פונקציית המטריה: מספר הקלוריות הכלול שצרכי לאכול שהוא:

$$\begin{aligned} \text{min: } K_{\text{al}} = & 155 \cdot x_1 + 165 \cdot x_2 + 160 \cdot x_3 + 200 \cdot x_4 + 161 \cdot x_5 + 178 \cdot x_6 \\ & x_7 + 53 \cdot x_8 + 336 \cdot x_9 + 349 \cdot x_{10} + 234 \cdot x_{11} + 375 \cdot x_{12} + 108 \cdot x_{13} + 38 \cdot x_{14} + 15 \cdot x_{15} + 18 \cdot x_{16} + 370 \cdot x_{17} + 0.3 \cdot x_{18} + 32 \cdot x_{19} + 30 \cdot x_{20} + 86 \end{aligned}$$

4) האילוצים:
לפי המידע שסמננו לעיל התברר שהחלבון, פחミינה וושומן חייבים להיות בטוח זה

$$0.1 * K \leq a_1 \leq 0.15 * K$$

$$0.45 * K \leq a_2 \leq 0.65 * K$$

$$0.20 * K \leq a_3 \leq 0.35 * K$$

לגביו המשוואות הבאות, ערך תזוני בכל מאכל שווה לכמות המאכל בתפריט (x_i כאשר i) כפול הערך התזוני שנמצא במאכל ב 100 גרים חלקי 100 סה"כ ערך תזוני במאכל מסוים שווה לסכום של ערך תזוני זה בכל המאכלים.

$$a1 = (12.58 * x1 + 31.02 * x2 + 20 * x3 + 11 * x4 + 2 * x5 + 33 * x6 + x7 + 3.1 * x8 + 6.9 * x9 + 11 * x10 + 11 * x11 + 7 * x12 + 3.32 * x13 + 1.71 * x14 + 0.65 * x15 + 0.88 * x16 + 6 * x17 + 0.67 * x19 + 0.61 * x20)/100$$

$$a2 = (1.12 * x1 + 1.5 * x3 + 5 * x4 + 7.4 * x5 + 0.2 * x6 + 3.5 * x7 + 7.2 * x8 + 78.6 * x9 + 71 * x10 + 37 * x11 + 83.3 * x12 + 25.11 * x13 + 20.01 * x14 + 3.63 * x15 + 3.923 * x16 + 60 * x17 + 10.01 * x18 + 7.68 * x19 + 7.55 * x20)/100$$

$$a3 = (10.61 * x1 + 3.75 * x2 + 6.4 * x3 + 15 * x4 + 15.3 * x5 + 5 * x6 + 2.1 * x7 + 1.5 * x8 + 0.6 * x9 + 1.5 * x10 + 2.6 * x11 + 0.9 * x12 + 1.28 * x13 + 0.1 * x14 + 0.11 * x15 + 0.2 * x16 + 27 * x17 + 0.3 * x19 + 0.15 * x20)/100$$

$$a4 = (0.5 * x4 + 2.1 * x5 + 0.5 * x7 + x8 + 3 * x9 + 1.5 * x10 + 9.1 * x11 + 3 * x12 + 2.7 * x13 + 1.8 * x14 + 0.5 * x15 + 1.2 * x16 + 14 * x17 + 2 * x19 + 0.4 * x20)/100$$

$$a5 = (373 * x1 + 85 * x2 + 107 * x3 + 75 * x4 + 15 * x6 + 7 * x8 + 33 * x10 + x17)/100$$

$$a6 = (124 * x1 + 74 * x2 + x3 * 456 + 750 * x4 + 10 * x5 + 580 * x6 + 40 * x7 + 45 * x8 + 1.8 * x9 + 6 * x10 + 340 * x11 + 375 * x12 + 17 * x13 + 5 * x14 + 2 * x15 + 5 * x16 + 201 * x17 + 5 * x18 + x19 + x20)/100$$

$$a7 = (1.19 * x1 + 1.04 * x2 + 0.77 * x3 + x5 + 0.27 * x6 + 1.1 * x10 + 2.49 * x11 + 6.7 * x12 + 0.61 * x13 + 0.31 * x14 + 0.28 * x15 + 0.27 * x16 + 0.41 * x19 + 0.24 * x20)/100$$

$$a8 = (12 * x1 + 29 * x2 + 0.019 * x3 + 13 * x4 + 39 * x5 + 28.25 * x6 + 8 * x8 + 0.01 * x9 + 18 * x10 + 65.2 * x11 + 14.9 * x12 + 32 * x13 + 20 * x14 + 13 * x15 + 11 * x16 + 13 * x19 + 10 * x20)/100$$

$$a9 = (50 * x1 + 15 * x2 + 11.9 * x3 + 24 * x4 + 11 * x5 + 950 * x6 + 120 * x7 + 16 * x8 + 0.01 * x9 + 46 * x11 + 7.3 * x12 + 2 * x13 + 8 * x14 + 16 * x15 + 10 * x16 + 514 * x17 + 16 * x19 + 7 * x20)/100$$

$$a10 = (7.9 * x5 + 0.6 * x8 + 6.2 * x13 + 7.4 * x14 + 2.8 * x15 + 12.7 * x16 + 58.5 * x19 + 8.1 * x19) / 100$$

$$a11 = (x1 * 1.03 + 0.27 * x2 + 0.47 * x3 + 0.04 * x6 + 1.8 * x7 + 0.03 * x8 + 0.4 * x12 + 0.09 * x13 + 0.01 * x14 + 0.03 * x15 + 0.04 * x16 + 0.29 * x19 + 0.05 * x20)/100$$

נניח כי צריכת הקלוריות היומיות היא K קלוריות ליום, אז מהנותנים על צריכת הערכאים התזונתיים היומיות הדורשוה בגרמים:

$$0.1 * K \leq a1 \leq 0.15 * K$$

$$0.45 * K \leq a2 \leq 0.65 * K$$

$$0.20 * K \leq a3 \leq 0.35 * K$$

$$a4 = 31$$

$$a_5 = 200$$

$$a_6 = 1000$$

$$a7 = 10$$

$$a_8 = 240$$

$$a_9 = 1300$$

$$a_{10} = 45$$

$$a_{11} = 16.4$$

קודם העתקנו את טבלת הנתונים של הערכאים התזונתיים לExcel, לאחר מכן השתמשנו בפונקציה solver שקוראים לה solver על מנת לפתור את בעיית האופטימיזציה, ולש machתינו מצאנו את פתרון לעביהה שלנו :

The screenshot shows the Microsoft Excel Solver dialog box and a portion of the worksheet.

Solver Dialog Box:

- Set Objective:** \$M\$23
- Value Of:** 0
- Max** (radio button selected)
- To:** \$M\$23:\$N\$22
- By Changing Variable Cells:** \$N\$3:\$N\$22
- Subject to the Constraints:**
 - \$B23 <= 0.15*\$M23/45
 - \$B23 >= 0.1*\$M23/45
 - \$C23 <= 0.65*\$M23/45
 - \$C23 >= 0.45*\$M23/45
 - \$D23 <= 0.3*\$M23/95
 - \$D23 >= 0.2*\$M23/95
 - E23 = 315
 - F23 <= 2005
 - G22 = 1000
 - H22 = 108
 - I23 <= 2405
 - J23 = 13005
- Unconstrained Variables Non-Negative** (checkbox checked)
- Options:** Simplex LP
- Solving Method:** GRG Nonlinear

Worksheet Data:

	P	O	N	M	L	a11	K	J	I	a8	H	a7	G	F	E	a4	D	C	B	A
						53.5149	155	1.03	0	50	12	1.19	124	373	0	10.61	1.12	12.58		1
						0	165	0.27	0	15	29	1.04	74	85	0	3.57	0	31.02		2
						0	160	0.47	0	119	0.019	0.77	456	107	0	6.4	1.5	20	בראש גולן	3
						0	200	0	0	24	13	0	750	75	0.5	15	5	11	התקנות	4
						55.2113	161	0	7.9	11	39	1	10	0	2.1	16.3	7.4	2	7	אפקט
						0	178	0.04	0	950	2825	0.27	580	15	0	5	0.2	33	בניה	8
						818.81	38	1.8	0	120	0	0	40	0	0.5	2.1	3.5	1	אפקט	9
						0	53	0.03	0.6	16	8	0	45	7	1	1.5	7.2	3.1	אפקט	10
						0	336	0	0	0.01	0.01	0	1.8	0	3	0.6	78.6	6.9	אפקט	11
						0	349	0	0	0	18	1.1	6	33	3.5	1.5	71	11	אפקט	12
						66.0546	234	0	0	46	65.2	2.49	340	0	9.1	2.6	37	11	לחתום	13
						59.6387	375	0.4	0	7.3	14.9	6.7	375	0	3	0.9	83.3	7	התקנות	14
						386.086	108	0.09	6.2	2	32	0.61	17	0	2.7	1.28	25.11	3.32	תיתן	15
						0	86	0.01	7.4	8	20	0.31	5	0	1.8	0.1	20.01	1.71	אפקט	16
						208.79	15	0.03	2.8	16	13	0.28	2	0	0.5	0.11	3.63	0.65	התקנות	17
						85.4713	18	0.54	12.7	10	11	0.27	5	0	1.2	0.2	3.923	0.88	אפקט	18
						38.9461	370	0	0	514	0	0	201	1	14	27	60	6	אפקט	19
						0	41	0	0.3	1.94	0.6	0	6	0	0	0	10.1	0	אפקט	20
						0	32	0.29	58.6	16	13	0.41	1	0	2	0.3	7.68	0.67	אפקט	21
						0	30	0.05	8.1	7	10	0.24	1	0	0.4	0.15	7.55	0.61	אפקט	22
						1772.5232	1468.9757	16.4	45	1300	240	10	1000	200	31	49.4324	238.70855	44.729316	התקנות	23
						-		16.4	45	1300	240	10	1000	200	31	293.7951	661.0391	148.8976	התקנות	24
						-		16.4	45	1300	240	10	1000	200	31	514.1415	954.8342	220.1364	התקנות	25
						-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	התקנות	26	
						-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	התקנות	27	

O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A		
			a11	a10	a9	a8	a7	a6	a5	a4	a3	a2	a1		1	
	כמות	קלוריית	E	C	ויטמין	סידן	מגניזום	ברזל	נתרן	סיבים תזונתיים	colesterol	שומן	פחמימה	חלבון	סוג מזון	
53.5149	155	1.03	0	50	12	1.19	124	373	0	10.61	1.12	12.58		ביצה	2	
0	165	0.27	0	15	29	1.04	74	85	0	3.57	0	31.02		קשה	3	
0	160	0.47	0	11.9	0.019	0.77	456	107	0	6.4	1.5	20		בשר עוף	4	
0	200	0	0	24	13	0	750	75	0.5	15	5	11		בשר עגל	5	
55.2113	161	0	7.9	11	39	1	10	0	2.1	15.3	7.4	2		נקניקיות	6	
0	178	0.04	0	950	28.25	0.27	580	15	0	5	0.2	33		אבקץ	7	
														בנייה	8	
818.81	38	1.8	0	120	0	0	40	0	0.5	2.1	3.5	1		חלב	9	
0	53	0.03	0.6	16	8	0	45	7	1	1.5	7.2	3.1		שקיידם	10	
0	336	0	0	0.01	0.01	0	1.8	0	3	0.6	78.6	6.9		שווין	11	
0	349	0	0	0	18	1.1	6	33	3.5	1.5	71	11		אורן	12	
66.0546	234	0	0	46	65.2	2.49	340	0	9.1	2.6	37	11		פוסטה	13	
59.6387	375	0.4	0	7.3	14.9	6.7	375	0	3	0.9	83.3	7		לחם שחור	14	
386.086	108	0.09	6.2	2	32	0.61	17	0	2.7	1.28	25.11	3.32		קורגולקוט - מלמה	15	
0	86	0.01	7.4	8	20	0.31	5	0	1.8	0.1	20.01	1.71		תירס	16	
208.79	15	0.03	2.8	16	13	0.28	2	0	0.5	0.11	3.63	0.65		אדמה	17	
85.4713	18	0.54	12.7	10	11	0.27	5	0	1.2	0.2	3.923	0.88		מלפפון	18	
38.9461	370	0	0	514	0	0	201	1	14	27	60	6		שבניות	19	
0	41	0	0.3	1.94	0.6	0	6	0	0	0	10.1	0		שוקולד	20	
0	32	0.29	58.8	16	13	0.41	1	0	2	0.3	7.68	0.67		חתה	21	
0	30	0.05	8.1	7	10	0.24	1	0	0.4	0.15	7.55	0.61		אבטיח	22	
1772.5232	1468.9757	16.4	45	1300	240	10	1000	200	31	49.4324	238.70855	44.729316		סה"כ	23	
															24	
.		16.4	45	1300	240		10	1000	200		31	293.7951	661.0391	146.8976	ערך מחזון	25
.		16.4	45	1300	240		10	1000	200		31	514.1415	954.8342	220.3464	ערך עליון	26
															27	
															28	

הצלחנו למצוא פתרון מדויק עבור האילוצים לעיל, כמות הקלוריות היומית של הילד היא 1468 . כמות האוכל שקיבלנו מכל סוג נמצאת בעמודה האחרונה. אבל יש כל מני בעיות בפתרון זה :

כמויות האוכל שקיבלנו לא הגיונית למשל קיבלנו שמדובר ה cholesterol ביום הוא 818 מ"ל שהוא כמעט חלב ביום שיש חיסית כמות זו היא גדולה מדי , ומצד שני קיבלנו הרבה אפסים שזה מוריד לידי כל מני סוגי של אוכל , ואז לא יהיה מגוון רחב של אוכל ביום . דבר זה מוריד מרמת הייעילות של תפריט האוכל של הילד.

ולכן רוצים לשים טווח מסוימים על הערכים התזונתיים שהם הפרמטרים a11,...,a4, כלומר, לשנות את הערכים המדויקים לטווחים קרוביים לערכים אלה . דבר זה עשוי לשפר לנו את הפתרון : האילוצים החדשניים שלנו כתה הם :

$$\begin{aligned}
 0.1 * K &\leq a1 \leq 0.15 * K \\
 0.45 * K &\leq a2 \leq 0.65 * K \\
 0.20 * K &\leq a3 \leq 0.35 * K \\
 18 &\leq a4 \leq 45 \\
 170 &\leq a5 \leq 215 \\
 980 &\leq a6 \leq 1010 \\
 6 &\leq a7 \leq 12 \\
 215 &\leq a8 \leq 245 \\
 1280 &\leq a9 \leq 1308
 \end{aligned}$$

$$36 \leq a10 \leq 52$$

$$13 \leq a11 \leq 20$$

פתרון בעיית האופטימיזציה המשופרת ב excel :

		a11	a10	a9	a8	a7	a6	a5	a4	a3	a2	a1		1		
	כמות	קלוריות	kal	ויטמין E	ויטמין C	סידן	מגניזום	ברזל	נתרן	קולטטורי	שומן	פחמייה	חלבון	2		
20	155	1.03	0	50	12	1.19	124	373	0	10.61	1.12	12.58	ביצה	3		
30	165	0.27	0	15	29	1.04	74	85	0	3.57	0	31.02	קשה עוף	4		
32	160	0.47	0	11.9	0.019	0.77	456	107	0	6.4	1.5	20	בשר עגל	5		
25.6098	200	0	0	24	13	0	750	75	0.5	15	5	11	נקניקיות	6		
50	161	0	7.9	11	39	1	10	0	2.1	15.3	7.4	2	אבוקדו	7		
2	178	0.04	0	950	28.25	0.27	580	15	0	5	0.2	33	גבינה	8		
200	38	1.8	0	120	0	0	40	0	0.5	2.1	3.5	1	חלב	9		
50	53	0.03	0.6	16	8	0	45	7	1	1.5	7.2	3.1	שלאדים	10		
30	336	0	0	0.01	0.01	0	1.8	0	3	0.6	78.6	6.9	שיוקו	11		
35	349	0	0	0	18	1.1	6	33	3.5	1.5	71	11	אוורז	12		
45	234	0	0	46	65.2	2.49	340	0	9.1	2.6	37	11	פסטה	13		
73	375	0.4	0	7.3	14.9	6.7	375	0	3	0.9	83.3	7	לחם שחור	14		
45	108	0.09	6.2	2	32	0.61	17	0	2.7	1.28	25.11	3.32	הווניליקוט – תרמלה	15		
97.3328	86	0.01	7.4	8	20	0.31	5	0	1.8	0.1	20.01	1.71	תפוח	16		
50	15	0.03	2.8	16	13	0.28	2	0	0.5	0.11	3.63	0.65	אדמה	17		
30	18	0.54	12.7	10	11	0.27	5	0	1.2	0.2	3.923	0.88	מליפון	18		
25	370	0	0	514	0	0	201	1	14	27	60	6	עגבניות	19		
120	41	0	0.3	1.94	0.6	0	6	0	0	0	10.1	0	שואקולד	20		
25	32	0.29	58.8	16	13	0.41	1	0	2	0.3	7.68	0.67	מתה בנהנה	21		
30	30	0.05	8.1	7	10	0.24	1	0	0.4	0.15	7.55	0.61	מתה אבטיח	22		
1014.9425	1275.3857	4.6599333	36.942625	479.60096	135.6569	8.6700316	1006.4998	169.14732	18.785039	31.972796	207.25017	47.826963	מה"כ	23		
														24		
		13	36	1280	215		6.980	170		18	255.0771	573.9236	127.5386	ערוך תחoten	25	
			20	52	1308	245		12.1010	215		45	446.385	829.0007	191.3079	ערוך עליין	26
														27		

בחרכנו להוריד את האילוצים על תוספי התזונה בפונקציית solver להשאיר רק את אילוצים על השומן, פחמיימה וחלבון כי מספר הקלוריות תלוי בשלושת הרכיבים האלה, ולשים אילוצים על כמותיות האוכל כדי לספק ליד מגוון רחב של אוכל.

כפי שראויים בטבלה (בשוררה הצהובה), כל האילוצים התקיימו בעיית האופטימיזציה חוץ מ 3 ערכים תזונתיים שהם : מגניזום, סידן וויטמין E. שערכיהם אלה ניתן להשלים אותן באמצעות תוספי תזונה.

קיבלונו פתרון חדש בעיית האופטימיזציה, מספר הקלוריות החדש הוא 1275 שזה פחות מהפתרונות הקודם ששווה ל 1468.9.

ברור כי פתרון זה יותר טוב מהקודם מכיוון שהוא עונה על כל האילוצים (חוץ מל אלה שרוצים להשלים אותן באמצעות תוספי תזונה), ובנוסף כמותיות האכל בתפריט החדש הוויגוניות וסבירות לידי, וגם יש מגוון רחב יותר של מאכלים מהຕפריט הקודם.

excel רואים כי רוב האילוצים מתקיים. יש לשים בתוכנית האוכל של הילד תוספי התזונה : מגניזום, סידן, וויטמין E.

כעת נבנה תוכנית אוכל **לשבוע לפי הנקודות שקיבלונו מ-excel השנה:**

קלוריות	כמות אוכל	סוג אוכל
$140 * 155/100 = 217$	$20 * 7 = 140$ גרם	ביצה קשה
$210 * 165/100 = 346.5$	$30 * 7 = 210$ גרם	חזה עוף
$224 * 160/100 = 358.4$	$32 * 7 = 224$ גרם	בשר עגל
$179.2 * 200/100 = 358.4$	$25.6 * 7 = 179.2$ גרם	נקניקיות
$350 * 161/100 = 563.5$	$50 * 7 = 350$ גרם	אבוקדו
$1400 * 38/100 = 532$	$200 * 7 = 1400$ מל	חלב שקדים
$350 * 53/100 = 185.5$	$50 * 7 = 350$ מל	שוקו
$315 * 234/100 = 737.1$	$45 * 7 = 315$ גרם	לחם שחור
$210 * 30/100 = 63$	$30 * 7 = 210$ גרם	ابتיה
$315 * 108/100 = 340.2$	$45 * 7 = 315$ גרם	תירס
$681.1 * 86/100 = 585.7$	$97.3 * 7 = 681.1$ גרם	תפוח אדמה
$175 * 370/100 = 647.5$	$25 * 7 = 175$ גרם	שוקולדולד
$350 * 15/100 = 52.5$	$50 * 7 = 350$ גרם	מלפפון
$210 * 18/100 = 37.8$	$30 * 7 = 210$ גרם	עגבניות
$840 * 41/100 = 344.4$	$120 * 7 = 840$ מיל	תות בננה
$625 * 32/100 = 200$	$25 * 7 = 625$ גרם	תות
$14 * 178/100 = 24.9$	$2 * 7 = 14$ גרם	גבינה
$511 * 375/100 = 1916.2$	$73 * 7 = 511$ גרם	קורונפלקס תלמה
$210 * 336/100 = 705.6$	$30 * 7 = 210$ גרם	אורז
$245 * 349/100 = 855$	$35 * 7 = 245$ גרם	פסטה

עבור תפריט האוכל לעיל, דין יורד למשקל 40 תוך 75 שבועות ללא פעילות גופנית
במידה ודין עושה בין 3-1 פעילות בשבוע, הוא יורד למשקל שרוצה תוך 40 שבועות .

יש לחת דין לאכול 100 מ"ג מגנזיום , 800 מ"ג סידן, 10 מ"ג ויטמין E ביום.

: exel- קישור ל-

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/18jv3kF-L6YDf0gt320rhAYomdqahQN7AtUq-Xc8rJjQ/edit#gid=783175158>

דוגמה לתוכנית אוכל ליום:

ארוחה בוקר:

- 1 ביצה קשה 70 גרם, 107 קלוריות
- 50 גרם אבוקדו, 51.2 קלוריות
- 1 פרוסות לחם שחור 30 גרם, 70.2 קלוריות
- 1 מלפפון בינוני 25 גרם, 3.75 קלוריות
- 1 כוס חלב שקדים, 220 מל, 76 קלוריות

ארוחת ביניים:

- 25 גרם שוקולד, 92.5 קלוריות
- 1 כוס תות בננה, 220 מל, 90.2 קלוריות

ארוחת צהרים:

- 100 גרם חזיה עוף, 165 קלוריות
- 100 גרם אוז, 336 קלוריות
- 60 גרם תירס, 64.8 קלוריות

ארוחת ביניים:

- 50 גרם אבטיחה, 15 קלוריות
- 3 יחידות תות, 25 גרם, 8 קלוריות

ארוחת ערב:

- 1 פרוסות לחם שחור 30 גרם, 70.2 קלוריות
- 1 יחידת נקניק 33 גרם, 66 קלוריות
- 70 גרם תפוח אדמה, 60.2 קלוריות

סה"כ קלוריות: **1,275**

חלק 4 - מסקנות:

במהלך העבודה שלנו, פיתחנו מודל מתמטי אשר מוצא את כמות הקלוריות המינימלית של יילד כך שבאמצעותה ישמר על המינרלים והויטמינים שגוףו צריך ומצד שני ירד במשקל שהוא רוצה. וכן רשנו את האילוצים שמייצגים את הערכים התזונתיים של הילד בצורה מתמטית והפכנו את בעיית המודל לבעיה באופטימיזציה. בניסוי הראשון השתמשנו בתוכנת excel למציאת הפתרון הטוב ביותר לבעיית האופטימיזציה של המודל כאשר האילוצים היו הערכים התזונתיים. בניסוי השני שמוות לכל ערך תזוני, האילוצים היו על חלק מהערכים התזונתיים ועל כמות האוכל, ובנוסף דגנו שרוב הערכיהם האילוצים יהיו בטוח שהגדרנו.

לאחר שמצאנו את כמות הקלוריות הדרישה לילד ביום, עשינו שתי תוכניות אוכל גמישות, ככלומר, מצד אחד הוא יסתדר אליה בקלות ומצד שני תעזר לו להפחית את משקלו. כמסקנה מהתוכניות מצאנו כי ככל שהוא יגביר את מספר ה פעילותות הגוףינו שעושה בשבוע, יקח לו פחות זמן כדי להשיג את המטרה שלו. על מנת לשמר על משקלו של הילד לאחר תקופת הדיאטה, מומלץ להכנס לגוף מספר קלוריות של אוכל שווה למספר הקלוריות שモציא ביום. לחקירה עתידית אפשר למצוא קשר בין כמות ה פעילות הגוףינו בשבוע לבין קצב הירידה במשקל, השפעת מחלה (למשל סוכרת או מחלה קרונית) על קצב הירידה / עלייה במשקל.

נספח:

- (1) <https://www.altman.co.il/article/children/multi-vitamins/childern-obesity/>
- (2) https://fs.knesset.gov.il/globaldocs/MMM/684bbcd7-49a5-ed11-8157-005056aa4246_2_684bbcd7-49a5-ed11-8157-005056aa4246_11_19991.pdf
- (3) <https://nody.co.il/%D7%9B%D7%9E%D7%94-%D7%A9%D7%95%D7%9E%D7%9F-%D7%A6%D7%A8%D7%99%D7%9A-%D7%9C%D7%90%D7%9B%D7%95%D7%9C-%D7%91%D7%99%D7%95%D7%9D/>
- (4) <https://drkids.co.il/%D7%AA%D7%96%D7%95%D7%A0%D7%AA-%D7%AA%D7%99%D7%A0%D7%95%D7%A7%D7%95%D7%AA/%D7%97%D7%9C%D7%91%D7%95%D7%9F/>
- (5) <https://nody.co.il/%D7%9B%D7%9E%D7%94-%D7%A4%D7%97%D7%9E%D7%99%D7%9E%D7%95%D7%AA-%D7%A6%D7%A8%D7%99%D7%9A-%D7%9C%D7%90%D7%9B%D7%95%D7%9C-%D7%91%D7%99%D7%95%D7%9D/>
- (6) <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8463900/>
- (7) <https://www.israelbody.org/articles/resting-metabolic-rate>
- (8) <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/528122/#:~:text=The%20population%20was%20divided%20into,for%20the%20normal%2Dweight%20group.>
- (9) <https://www.camoni.co.il/%D7%A0%D7%AA%D7%A8%D7%9F--%D7%9E%D7%9C%D7%97--%E2%80%93-%D7%9E%D7%94-%D7%A9%D7%A6%D7%A8%D7%99%D7%9A-%D7%9C%D7%93%D7%A2%D7%AA>
- (10) https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%AA%D7%9B%D7%A0%D7%95%D7%9F_%D7%9C%D7%99%D7%A0%D7%99%D7%90%D7%A8%D7%99