

# העתקת אש ארטיכלרית עם שתי מטרות עזר

הפקולטה לניהול טכנולוגיה-פרויקט גמר 321 - מצגת מספר 2

15/6/20

## מנחה הפרויקט

ד"ר בנדרסקי מיכאל

## חברות הצוות:

מיכל פלאייב,

אדר נובוסלסקי,

אולגה נסגובורוב



# בליסטיקה

■ הגורמים המשפיעים על מעוף המרגמה:

■ מהירות לוע

■ רוח

■ צפיפות אוויר

■ טמפרטורת אוויר

■ זווית כינון התותח

■ כמות אבקת שרפה

■ טמפרטורת הקנה

■ סיבוב כדוה"א

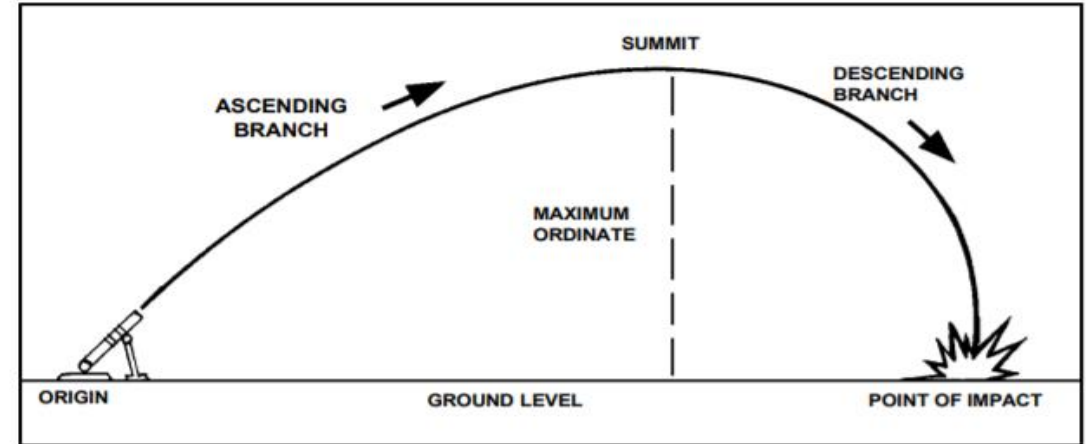
■ סיבוב יציאת הקליע מהקנה

(Field Manual 6-40)



# מרגמה

■ ירי עקיף (Bailey, 1989)



■ זולה

■ כמויות גדולות בידי צה"ל וצבא ארה"ב

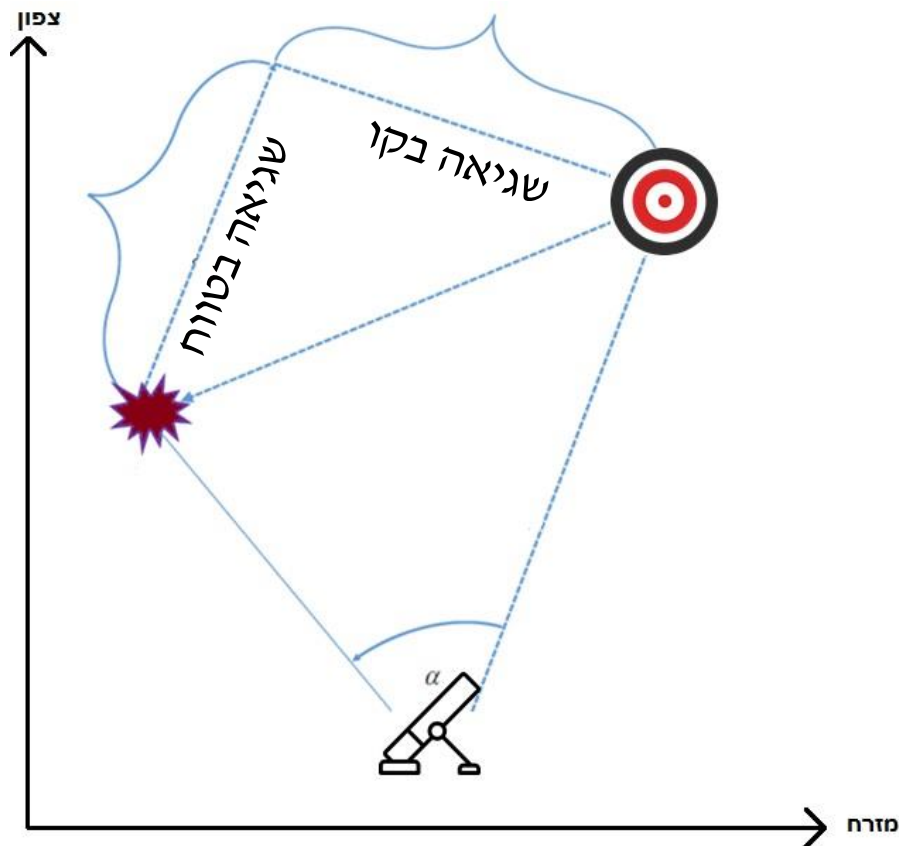
■ דיוק נמוך

# שגיאה בתהליך הירי

■ **שגיאה בקו** (ציר ניצב לציר הירי) - זווית כינון התותח, רוח צד, איכון

■ **שגיאה בטווח** (ציר הירי) - סטיות במהירות לוע, טמפרטורה, איכון, רוח וצפיפות אוויר

(Field Manual 23-91)



# העתקת אש

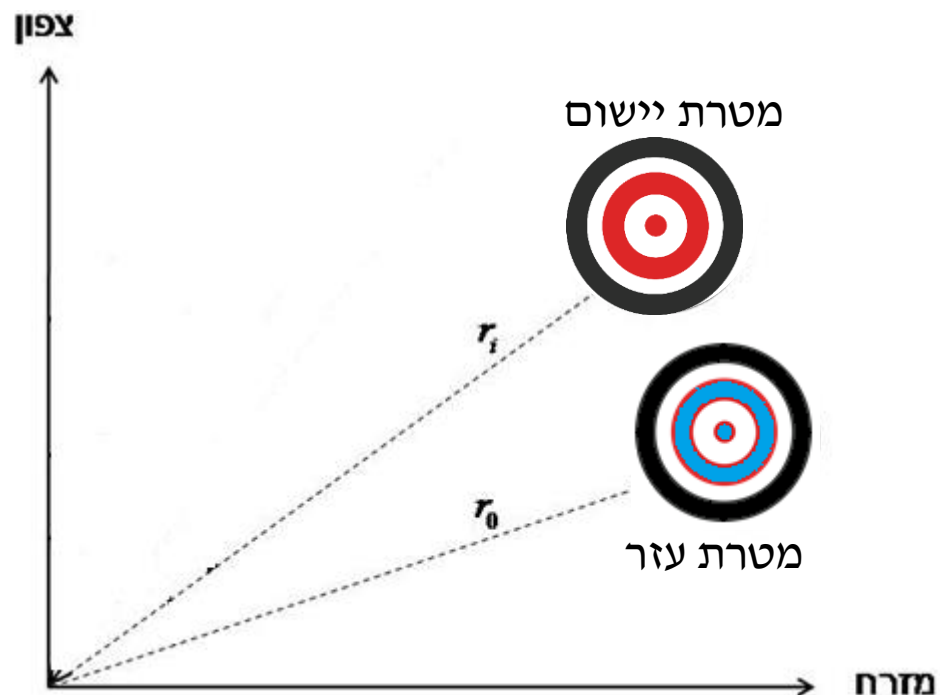
- איסוף נתונים על גורמי השגיאה
- ירי על מטרת עזר

■ חישוב השגיאה לאחר ירי למטרה עזר

■ שכלול השגיאה (על ידי "תיקון")

■ יישום על מטרת אמת

(Bendersky 2019, in prep.)



# הפתרון הקיים - "תיקון נותר" ( MET+VE )

- טיווח « תיקון על סמך שני גורמים » טיווח לאחר תיקון
- התיקון מתבצע על סמך :
  - גורם מהירות הלוע בציר הטווח (ציר הירי)
  - גורם הצידוד (ההסטה הזוויתית של הקנה) בציר הקו(ציר הניצב לציר הירי)

( Field Manual 6-40)

**בעיה! ישנם גורמים רבים אחרים שאינם נלקחים בחשבון!**

**תוצאה-דיוק נמוך!**

# הפתרון המוצע-העתקת אש ארטילרית עם שתי מטרות עזר

- טיווח לשם אימון ולמידה « חישוב תיקון נדרש בהתאם » יישום על מטרת אמת
- שימוש בשתי מדידות או שתי דגימות לטובת מזעור או מדידת שגיאה הוא לא רעיון חדש, למשל :
- תחום הנדסת האיכות, ביצוע חישוב שגיאה באמצעות דגימה כפולה
- כיוול לכלי ניתוח רשת אלקטרונית על ידי חיבור למספר קווי תמסורת **למזעור השפעות השגיאות** הרנדומליות דרך דגימה מרובה של אותו הקו.

(International Standard, 1989)

# תרשים ברמת על- מימוש מודל ב-MATLAB

## החידוש:

- מודל Plug & Play - המימוש אינו דורש שום דבר חוץ מקלט בסיסי מהמשתמש
- שימוש ב-MATLAB למימוש
- הרצה אוטומטית על כל המטרות האופציונליות במרחב
- מבחר פלטים:
  - תרשימי קונטור - פלט ויזואלי
  - קובץ CSV - פלט טבלאי
- קוד גמיש המאפשר לבצע התאמות בקלות יחסית





נניח נתונים  
גורמי השגיאה  
הבאים

$MVerr=5$  [m/s] שגיאה במהירות לוע

$DENSerr=5$  [%] שגיאת צפיפות אויר

$Twerr=1$  [%] זווית הכינן של התותח

$CWerr=20$  [kn] שגיאה ברוח

$WindAz=6,150$  [Mils] אזימוט רוח

$TEMPerr=1$  [%] שגיאת טמפרטורה

$POSerr (X)=10$  [m] שגיאת מיקום התותח בציר הירי

$POSerr (Y)=10$  [m] שגיאת מיקום התותח בציר הניצב לירי





# אש מחושבת-שגיאה ללא תיקון

- פונקציית השגיאה בטווח מושפעת משישה גורמים (מהירות לוע, טמפרטורה, צפיפות האוויר, צידוד ומיקום):

$$F(i) = MVerr + TWerr + TEMPerr + DENSerr + AIMerr + POSerr$$

- פונקציית שגיאה בקו מושפעת משלושה גורמים (שגיאת מיקום, צידוד ורוח):

$$G(i) = CWerr + AIMerr + POSerr$$

- חישוב בעזרת **טבלאות ירי**

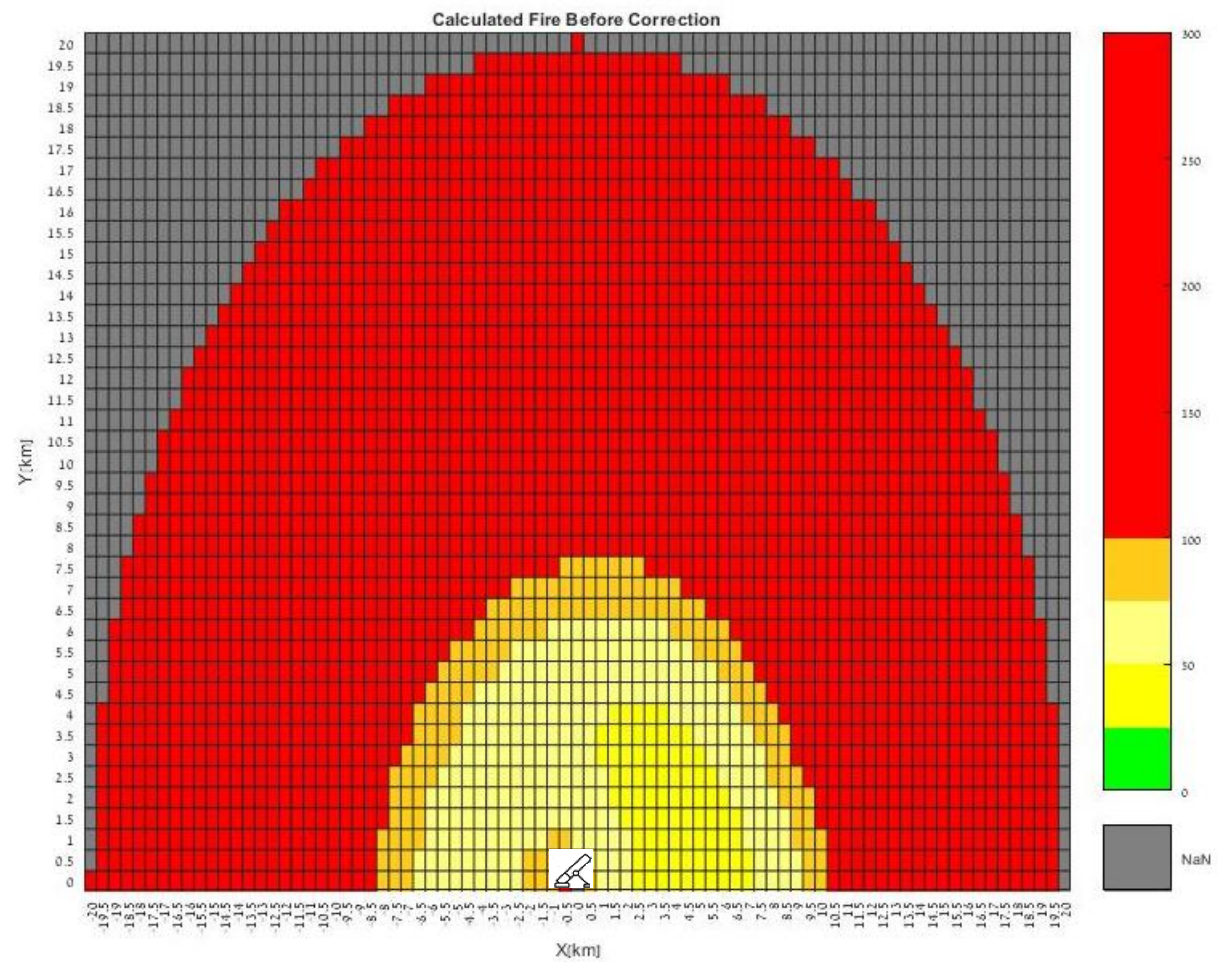
- מבוססות על ניסויי ירי וסימולציות ממוחשבות לכלי נשק מסוים.

- מפצות על שינויי מזג אוויר

- מתייחסות לסטנדרט אטמוספרי ממוצע שנתי

של אזור הצפוני בארצות הברית

טווח	צפיפות בליסטית		רוח בליסטית		מהירות לוע	
	נמוכה	גבוהה	נגדית	אחורית	נמוכה	גבוהה
	מ/שנ 1	מ/שנ 1	קשר 1	קשר 1	מ/שנ 1	מ/שנ 1
מטר	מטר	מטר	מטר	מטר	מטר	מטר
500.00	-1.40	1.40	5.60	-5.60	2.40	-2.40

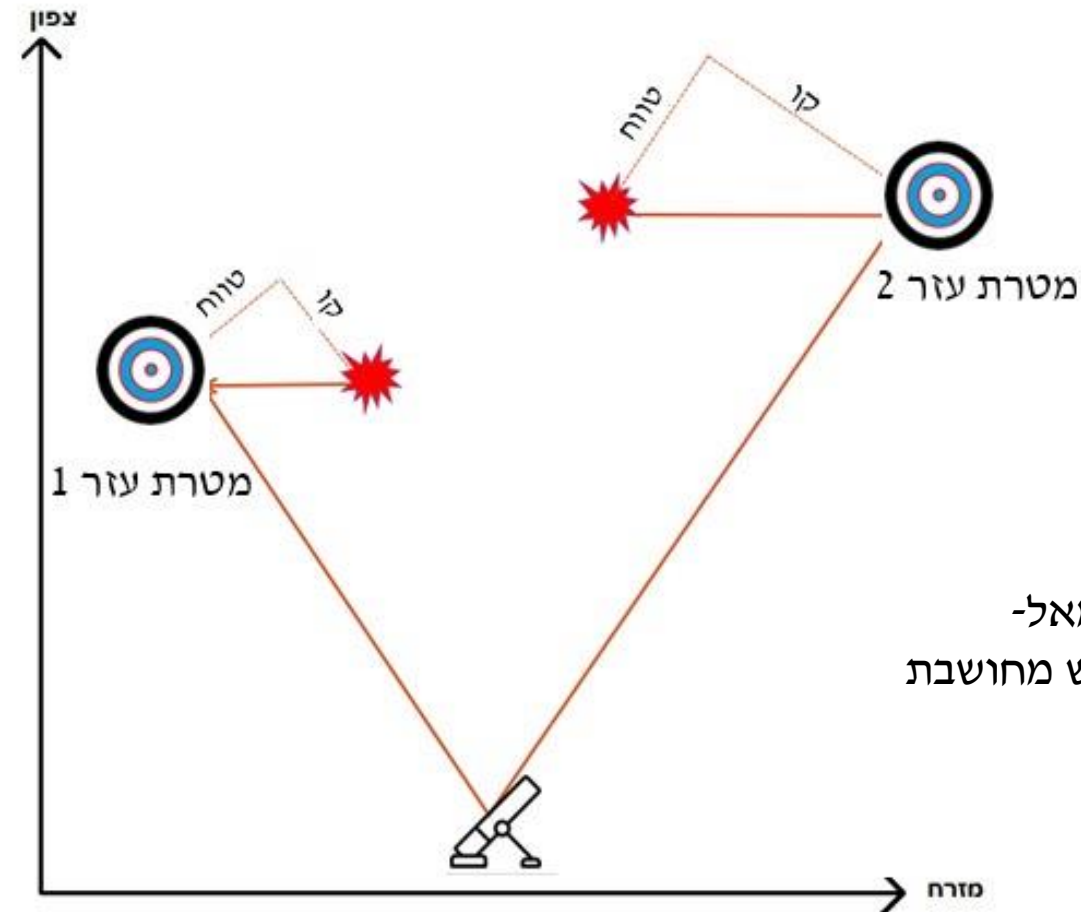


# העתקת אש ארטילרית עם שתי מטרות עזר

■ טיווח לשתי מטרות דמה וביצוע העתקת אש משולבת

■ רישום שתי מטרות עזר סימולטנית מאפשר שימוש נרחב באינפורמציה המתקבלת ובכך מאפשר דיוק מרבי בירי על מטרה אמתית

(Bendersky 2019)



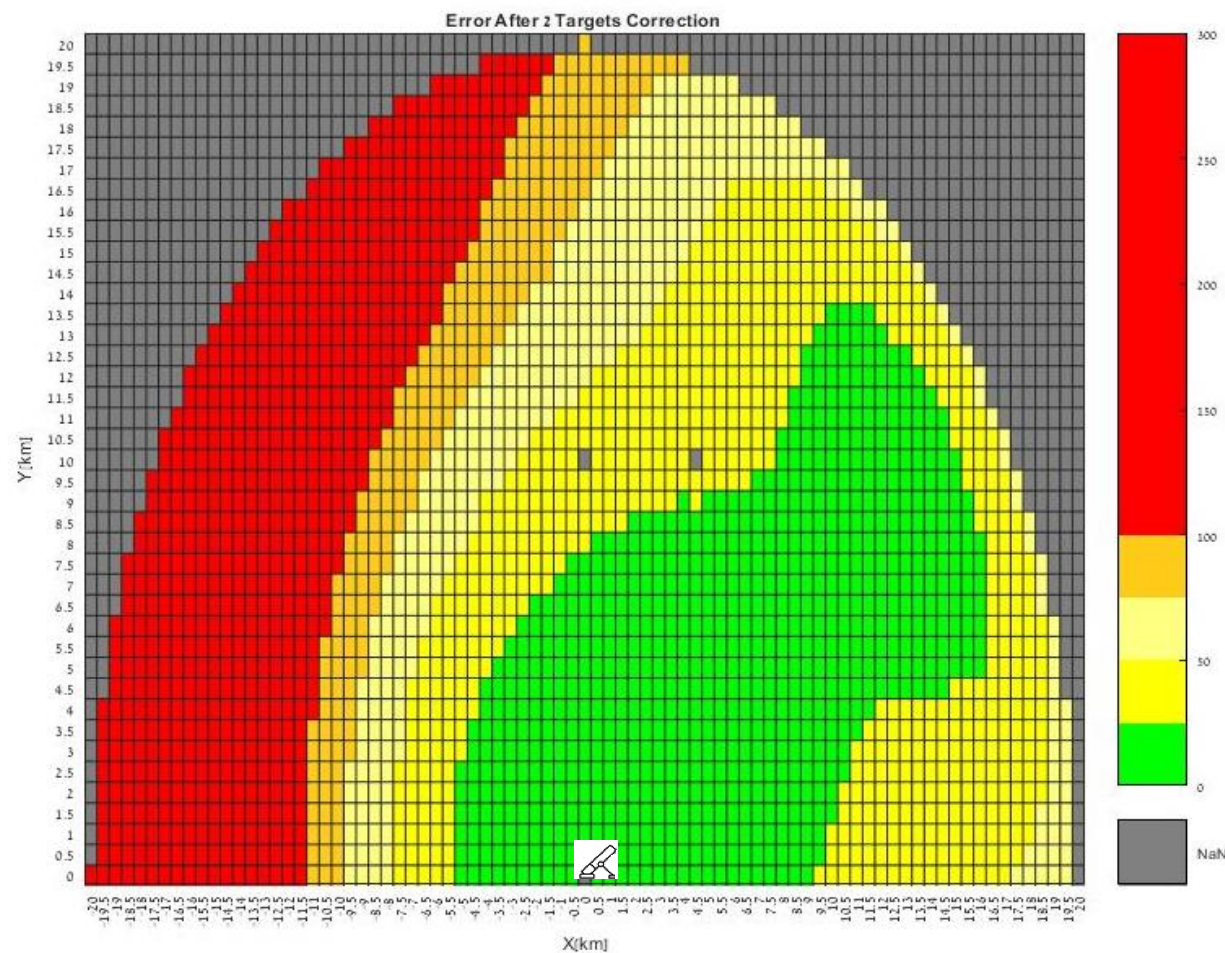
אגף שמאל-  
תוצאה של אש מחושבת

$$F(1) = MVerr + TWerr + DENSerr$$

$$G(1) = Cwerr$$

$$F(2) = MVerr + TWerr + DENSerr$$

$$G(2) = Cwerr$$



# העתקת אש עם שתי מטרות עזר



נתוני מטרות עזר

מטרת עזר 1: טווח 10km , אזימוט 0 (כיוון צפון)

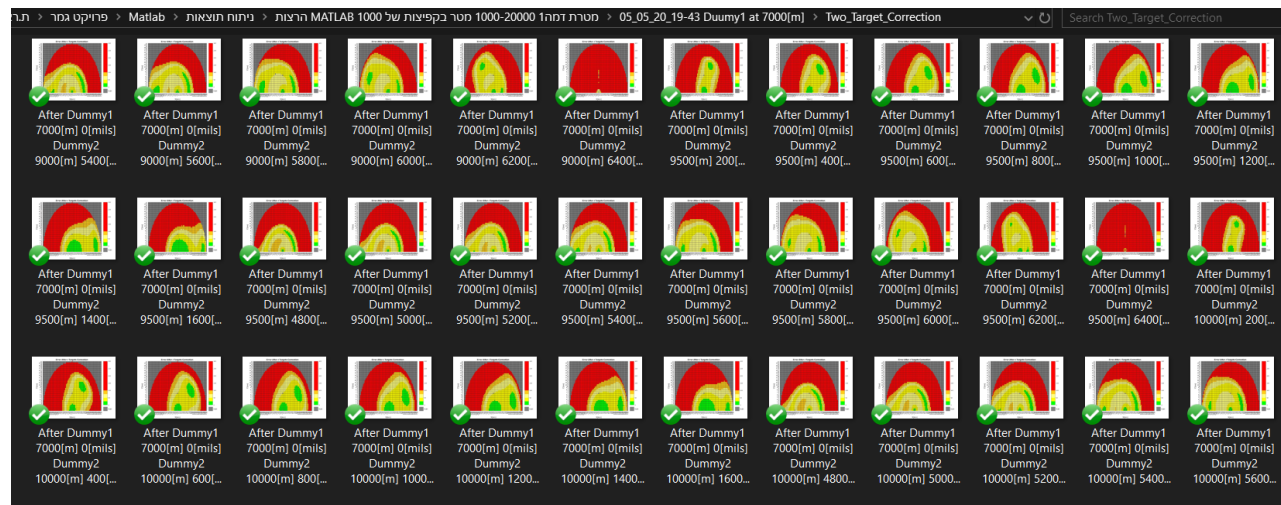
מטרת עזר 2: טווח 11km , אזימוט 400 אלפיות ( 22.5 מעלות עם כיוון השעון)



Name	Date modified	Type	Size
16_05_20_10-41 Duummy1 at 5000[m]	16/05/2020 10:41	File folder	

Name	Date modified	Type	Size
Calculated_Fire	04/05/2020 20:09	File folder	
Two_Target_Correction	04/05/2020 20:09	File folder	
Results	16/05/2020 10:26	Microsoft Excel Co...	88 KB

Range	Du	Az	Dumm	Range	Du	Az	Dumm	MV	X1	Aim_D	X2	Aim_R	X2	Temp	X3	Dens	X4	Wind_D	X	Pos_R	X6	Pos_D	X8	W	Az	X7	Count	Low	Count	Bel	Count	Bel	Count	abs	New	X1	New	X4	New	W	New	W	E	Count	Low	Count	Bel	Count	Bel	Count	above	100
4000	0	500	200	5	1	1	1	1	1	5	20.6	10	10	6150	0	80	224	140	2107	-85.0783	-902.433	-8545.45	44.4704	1	0	2	5	2543																								
4000	0	1000	200	5	1	1	1	1	1	5	20.6	10	10	6150	0	80	224	140	2107	-54.4243	-278.821	-2131.1	44.4704	0	1	8	11	2531																								
4000	0	1500	200	5	1	1	1	1	1	5	20.6	10	10	6150	0	80	224	140	2107	-12.013	-93.0081	-905.094	44.4704	10	7	15	24	2495																								
4000	0	2000	200	5	1	1	1	1	1	5	20.6	10	10	6150	0	80	224	140	2107	-19.7017	-67.9164	-463.17	44.4704	2	23	35	79	2412																								
4000	0	2500	200	5	1	1	1	1	1	5	20.6	10	10	6150	0	80	224	140	2107	-12.6796	-36.4949	-252.763	44.4704	7	45	128	56	2315																								
4000	0	3000	200	5	1	1	1	1	1	5	20.6	10	10	6150	0	80	224	140	2107	-9.9572	-21.2073	-135.302	44.4704	15	77	207	65	2187																								
4000	0	3500	200	5	1	1	1	1	1	5	20.6	10	10	6150	0	80	224	140	2107	-9.85301	-11.8469	-32.4679	44.4704	45	158	181	81	2086																								
4000	0	4000	200	5	1	1	1	1	1	5	20.6	10	10	6150	0	80	224	140	2107	NaN	NaN	NaN	44.4704	0	0	0	0	0																								
4000	0	4500	200	5	1	1	1	1	1	5	20.6	10	10	6150	0	80	224	140	2107	-3.79233	5.23877	35.74972	44.4704	28	102	181	124	2116																								
4000	0	5000	200	5	1	1	1	1	1	5	20.6	10	10	6150	0	80	224	140	2107	-4.19908	6.37793	57.00118	44.4704	21	89	152	99	2190																								
4000	0	5500	200	5	1	1	1	1	1	5	20.6	10	10	6150	0	80	224	140	2107	-3.6387	9.558768	81.40084	44.4704	18	75	132	90	2236																								



# פלטטים - מודל MATLAB

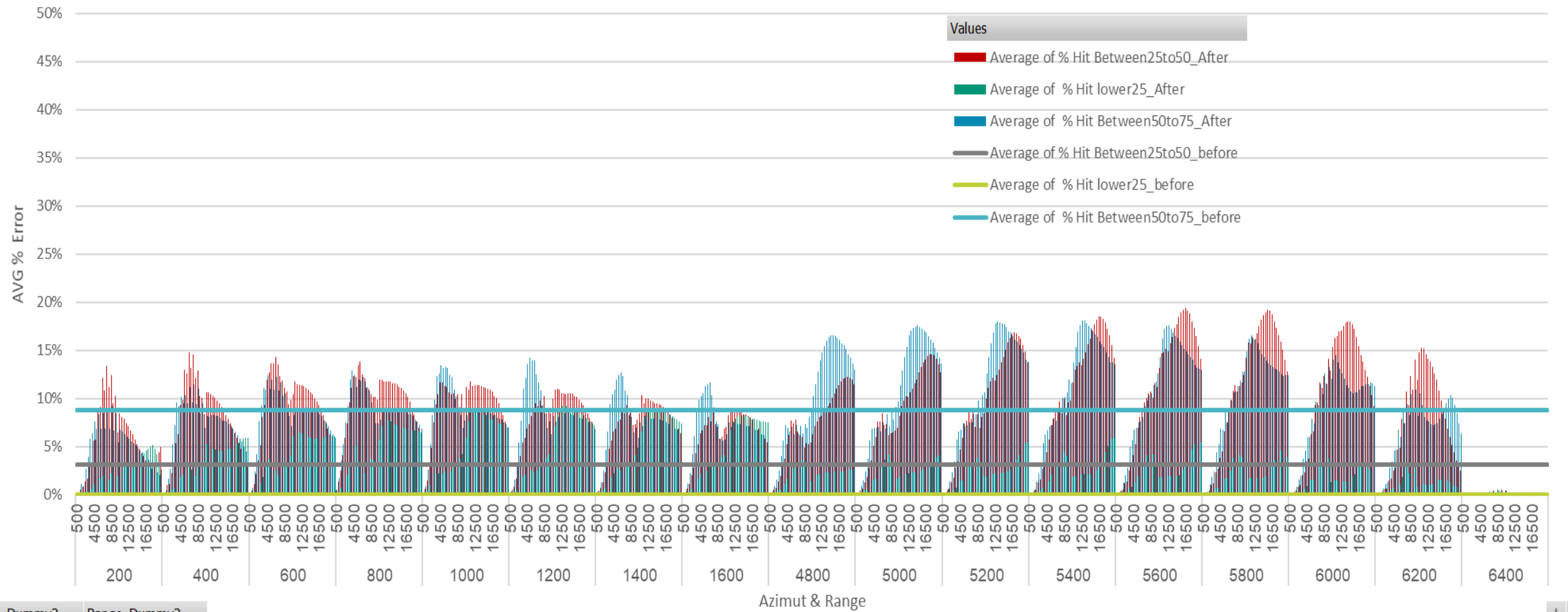
1. תיקיית יעד ראשית- שם בנוי משרשור ערכים : תאריך, שעה וטווח מטרת עזר 1
2. קובץ - Results - מכיל תוצאות ההרצה :
  1. ערכי גורמי השגיאה שנקלטו
  2. ערכי גורמי השגיאה לאחר חישוב מחדש
  3. טווח ואזימוט של מטרת העזר
  4. ספירת תאים לפי קריטריוני שגיאה לפני ואחרי תיקון
3. תת תיקייה Calculated\_Fire - מכילה קונטור אש מחושבת
4. תת תיקייה Two\_Target\_Correction - מכילה קונטורים לאחר תיקון העתקת אש עם שתי מטרת עזר, כל קובץ מקבל שם לפי שרשור : טווח ואזימוט מטרת עזר 1, טווח ואזימוט ממטרת עזר 2



# ניתוח תוצאות

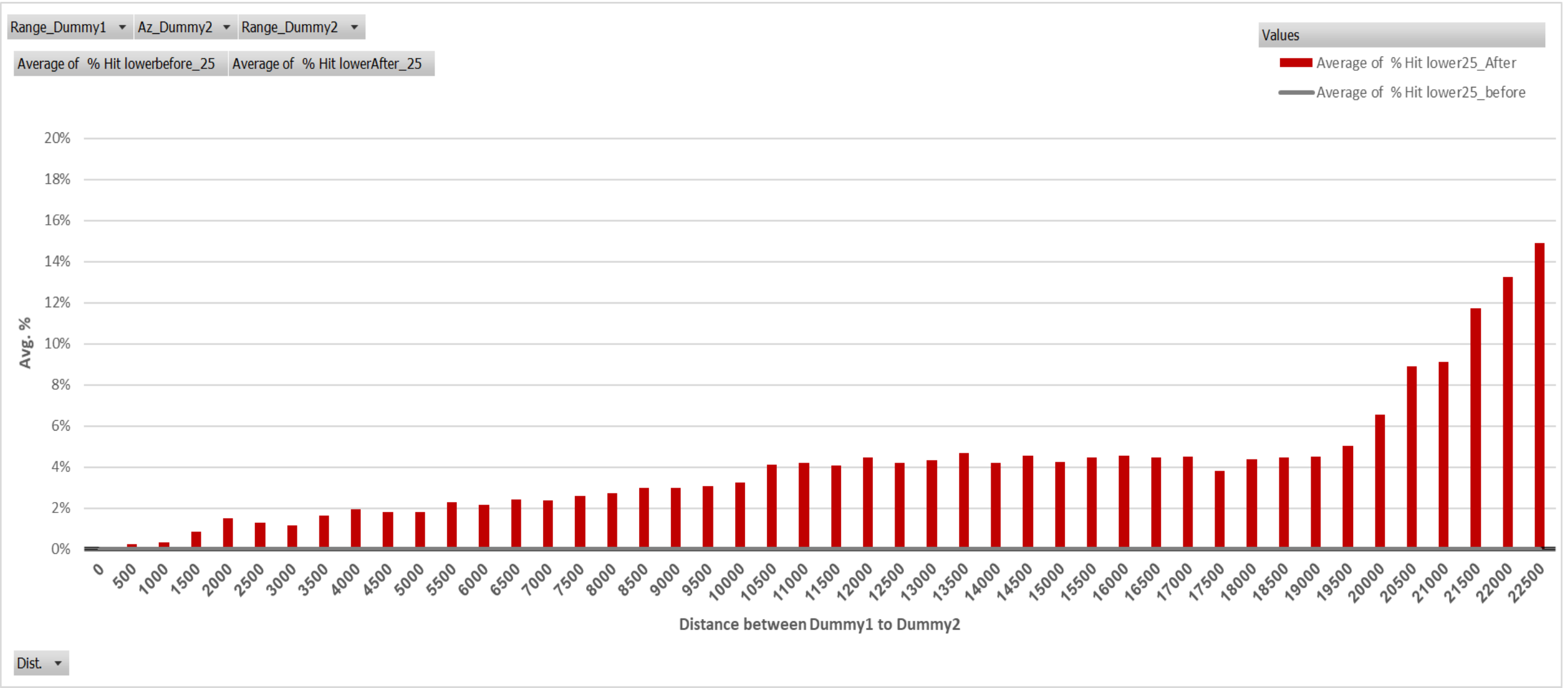
- בוצעו הרצות מודל MATLAB עם קריטריוני שגיאה של הדוגמה הרצה, כאשר :
- מטרת עזר 1 - קיבוע צפונית לתוח, מרחק מהתוחח 1-10km בקפיצות של 1km
- מטרת עזר 2 - ללא קיבוע, מעבר בכלל המרחב, קפיצות באזימוט 200 אלפיות, קפיצות בטווח 500m
- תוצאות אוחדו לקובץ אקסל גנרי

## אחוז תאים ממוצע בקריטריון שגיאה תלוי אדימוט ומרחק(מהתוח) מטרת עזר מספר 2



Az\_Dummy2 Range\_Dummy2

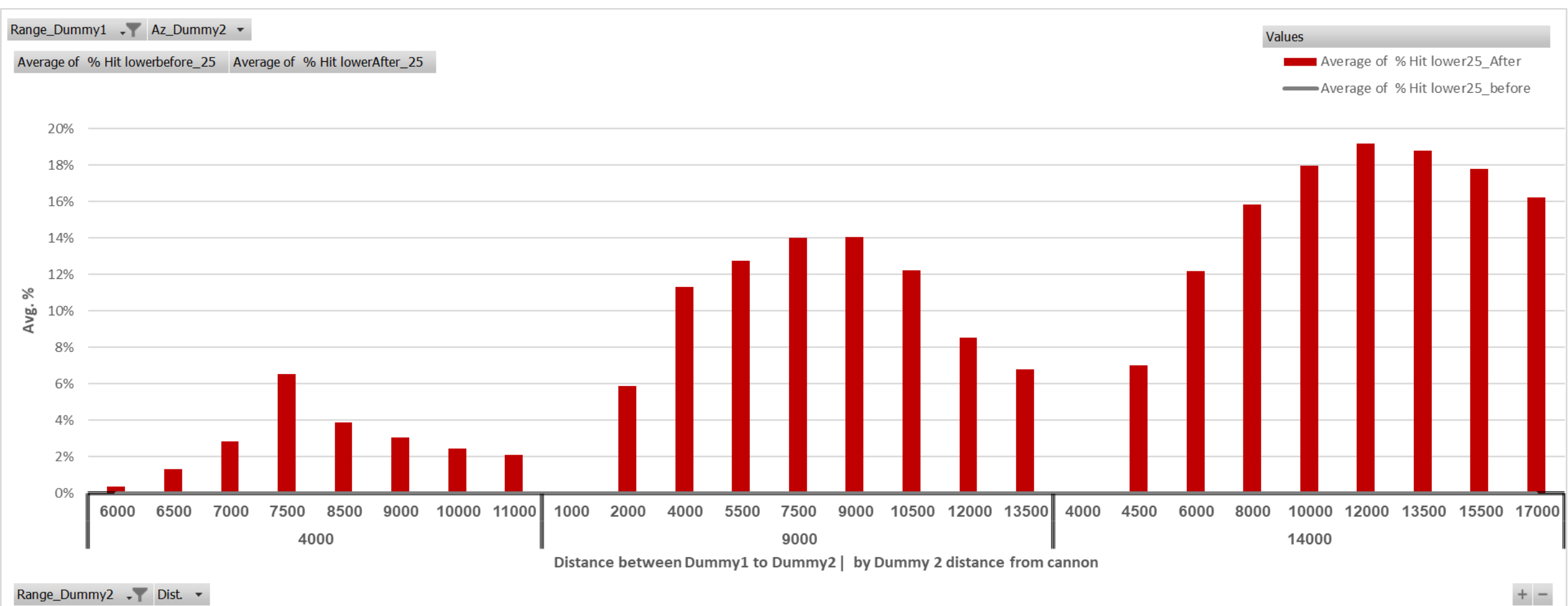
אחוז תאים ממוצע פר קריטריון שגיאה, תלוי אדימוט מטרת עזר 2 ומרחק מטרת עזר 2 מהתוח



קשר בין אחוז פגיעה בתא טווח בקריטריון פגיעה מתחת 25 מטר בתלות במרחק בין שתי מטרות עזר



# בחינת תלות דרך דוגמאות



בחינת קשר בין יעילות מטרת עזר 2 למרחק בין שתי מטרות העזר(במטרים). בגרף: מטרת עזר 1 מקובעת אזימוט 0 טווח 10ק"מ, מטרת עזר 2 מקובעת בטווח בלבד מרחקים 4ק"מ, 9ק"מ, 14ק"מ מהתותח. קריטריון פגיעה-שגיאה מתחת 25ל מטר



רמת שיפור דיוק הירי תלויה  
במרחק בין שתי מטרות העזר

לכל מתווה ירי ישנה נקודת  
אופטימום שונה אשר תביא  
לתוצאות הטובות ביותר

ככל שמטרות העזר קרובות  
זו לזו רמת ה"תרומה"  
לשיפור יורדת



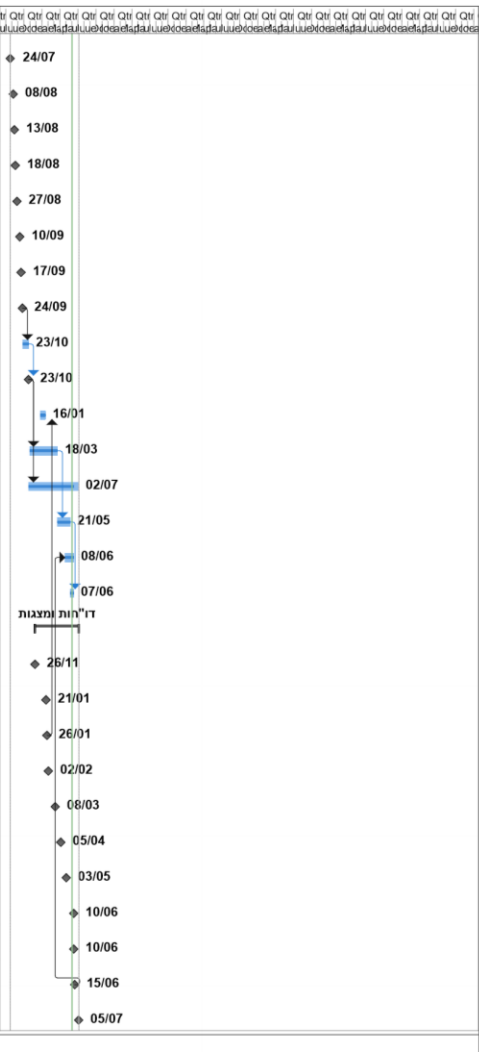
## פן מחקרי

- מעבר למודל סטטיסטי
- ניסוי בשטח - מעבר מחישוב תאורטי ליישומי

## פן מימוש

- הגדלת רזולוציה של הקונטור, הקטנת תא טווח מ500 מטר רבוע לשם דיוק גדול יותר
- הרחבת ושיפור קובץ הפלט האוטומטי של התוצאות כך שיכלול את החישובים הנעשים בקובץ הגנרי ויהיה בפורמט EXCEL ולא CSV

ID	% Complete	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	100%	פגישת התנעה עם המנחה	0 days	Wed 24/07/19	Wed 24/07/19	
2	100%	פגישת התנעה פנימית וכתובת סקירת ספרות ראשונית	0 days	Thu 08/08/19	Thu 08/08/19	
3	100%	פגישת עבודה עם המנחה-נושא אש מחושבת והעתקת אש	0 days	Tue 13/08/19	Tue 13/08/19	
4	100%	פגישת צוות - תחילת פיענוח המודל מתוך המימוש באקסל ובניית טבלת משתנים	0 days	Sun 18/08/19	Sun 18/08/19	
5	100%	פגישת צוות- הרצת דוגמא דינית והשוואה לתוצאות המודל באקסל	0 days	Tue 27/08/19	Tue 27/08/19	
6	100%	פגישת עבודה עם המנחה -מעבר על התוצרים, הנחיות להמשך	0 days	Tue 10/09/19	Tue 10/09/19	
7	100%	פגישת צוות-סיום סקירת ספרות גרסה ראשונה, כתיבת פרק אש מחושבת	0 days	Tue 17/09/19	Tue 17/09/19	
8	100%	הגשת פרק סקירת ספרות ואש מחושבת לבידיקת המנחה-סבב ראשון	0 days	Tue 24/09/19	Tue 24/09/19	
9	100%	ביצוע תיקונים עפ"י הערות מנחה+תקופת חגים	13 days	Tue 24/09/19	Wed 23/10/19	8
10	100%	הגשה של הפרקים לסבב בדיקות שני	0 days	Wed 23/10/19	Wed 23/10/19	9
11	100%	הכנת מצגת מספר 1	4 wks	Sun 22/12/19	Thu 16/01/20	20FS-5 wks
12	100%	מימוש המודל במטלאב	100 days	Thu 31/10/19	Wed 18/03/20	10FS+1 wk
13	90%	המשך עבודה על פרקי ספר הפרויקט	174 days	Thu 24/10/19	Thu 02/07/20	10
14	100%	הרצת המודל וניתוח תוצאות	40 days	Thu 19/03/20	Thu 21/05/20	12
15	100%	הכנת פוסטר	29 days	Sun 26/04/20	Mon 08/06/20	27FS-7 wks
16	100%	הכנת מצגת מספר 2	2 wks	Sun 24/05/20	Sun 07/06/20	14
17	0%	<b>דו"חות ומצגות</b>	<b>151 days</b>	<b>Tue 26/11/19</b>	<b>Sun 05/07/20</b>	
18	100%	הצעה לפרויקט-דו"ח 1	0 days	Tue 26/11/19	Tue 26/11/19	
19	100%	תיאור מצב קיים-דו"ח 2	0 days	Tue 21/01/20	Tue 21/01/20	
20	100%	מצגת מספר 1-בעיה,סקר ספרות ראשוני ושיטה	0 days	Sun 26/01/20	Sun 26/01/20	
21	100%	סקר ספרות מלא-דו"ח 3	0 days	Sun 02/02/20	Sun 02/02/20	
22	100%	התקדמות ות"ע להמשך-דו"ח 4	0 days	Sun 08/03/20	Sun 08/03/20	
23	100%	התקדמות ות"ע להמשך-דו"ח 5	0 days	Sun 05/04/20	Sun 05/04/20	
24	100%	התקדמות ות"ע להמשך-דו"ח 6	0 days	Sun 03/05/20	Sun 03/05/20	
25	100%	תמצית פרויקט, תוצאות ו/או ממצאים-דו"ח 7	0 days	Wed 10/06/20	Wed 10/06/20	
26	100%	הגשת פוסטר- דו"ח 8	0 days	Wed 10/06/20	Wed 10/06/20	
27	100%	מצגת מספר 2-סיכום פרויקט+הצגת פוסטר	0 days	Mon 15/06/20	Mon 15/06/20	
28	0%	<b>הגשת דו"ח סופי</b>	<b>0 days</b>	<b>Sun 05/07/20</b>	<b>Sun 05/07/20</b>	



# תוכנית עבודה

## נכון ל-15.6.20

תודה רבה על ההקשבה, שאלות?

