

לשם מה מטאורולוגיה לארטיילריה?

סרן מ' רביע

פינת התותחן

השפעת הגורמים המטאורולוגיים

על הקלע

על מנת לקבוע את הדרכים להבאתם של התנאים המטאורולוגיים בכלל חישובי הירי, נבדוק תחילה כיצד משפיעים הם על מסלול הקלע. שלושת הגורמים המשפיעים על מסלול הקלע הם:

- צפיפות האוויר
- אלסטיות האוויר
- הרוח

צפיפות האוויר

השינוי בצפיפות האוויר משפיע על מעוף הקלע בכך שהוא משנה את התנגדות האוויר, כך שכל שגדלה הצפיפות, גדלה התנגדות האוויר.

צפיפות האוויר מושפעת על-ידי שלושה גורמים — טמפרטורת האוויר, הלחץ ברומטרי והלחות היחסית. הטמפרטורה והלחות משפיעות על הצפיפות ביחס הפוך — הצפיפות קטנה כאשר הם גדלים, ואילו הלחץ משפיע ביחס ישר — הצפיפות גדלה כאשר הוא גדל.

אלסטיות האוויר

התנגדות האוויר, המושפעת על-ידי שינויי הצפיפות, תלויה גם ביחס בין מהירות הקלע באוויר לבין מהירות הקול באוויר באותה סביבה. תכונה זו קרויה אלסטיות האוויר. מהירות הקול באוויר תלויה בטמפרטורה ובלחות היחסית — ואינה תלויה בלחץ. השפעת הלחות היחסית קטנה עד כדי כך שניתן להזניחה. מכאן נובע, כי אלסטיות האוויר, שהיא פונקציה של מהירות הקול, תלויה אך ורק בטמפרטורת האוויר.

הטמפרטורה היא, על כן, גורם המשפיע גם על הצפיפות וגם על אלסטיות האוויר.

רוח

הרוח משפיעה על-ידי שני גורמים — גורם מקביל למסלול התעופה, וגורם ניצב לו. השפעת הגורם המקביל היא בשינוי מהירות הקלע על-ידי הוספת דחף או השחיה, וכן בשינוי התנגדות האוויר. הש-

פעת הגורם הניצב, לעומת זאת, היא בסחיפת הקלע הצדה. מידת הסחיפה תלויה בעוצמת הרוח ובמקדם ההתנגדות של הקלע לגבי זרימת אויר הצדה.

אטמוספירה תקנית

לוח-הטווחים מראה לנו, באילו נתונים עלינו לכוון את התותח, על מנת לפגוע בכל מטרה. אך כיוון שתנאי-האטמוספירה המציאותיים משתנים מיום ליום, אי אפשר לבנות את לוח-הטווחים לתנאי-אטמוספירה שונים, ולפיכך בונים אותו לפי תנאים מטאורולוגיים ממוצעים, ולגביהם מתקנים את כיוון התותח (כולל הגבהה), כאשר התנאים שונים מאלה שהוגדרו. תנאים מטאורולוגיים ממוצעים אלה שלפיהם בנוי לוח-הטווחים, ואשר אינם בהכרח מציאותיים, קרויים אטמוספירה תקנית.

להגדרת אטמוספירה תקנית דרושים הנתונים הבאים:

- צפיפות האוויר • טמפרטורת האוויר
- כיוון הרוח ומהירותה — כולם בגובה פני-הים • צורת שינוי של צפיפות האוויר ושל טמפרטורת האוויר עם הגובה • כיוון הרוח — ומהירותה — בכל גובה. הואיל ואת הצפיפות ניתן לחשב לפי טמפרטורת האוויר, הלחץ ברומטרי והלחות היחסית, אפשר להגדיר את האטמוספירה התקנית לפי הנתונים הבאים, או בכל צורה אחרת שתגדיר את כל התנאים הדרושים:

- טמפרטורת האוויר • לחץ ברומטרי • לחות יחסית • כיוון הרוח ומהירותה בגובה פני-הים • צורת שינויה של טמפרטורת האוויר • שינוי הלחץ ברומטרי והלחות היחסית עם הגובה • כיוון הרוח ומהירותה בכל גובה.

בגלל שינויי גישה בארצות שונות, לא נקבעה אטמוספירה תקנית אחידה; להלן נסקור אטמוספירה תקנית אחת הנהוגה בכל ארצות נאט"ו, והמכונה אטמוספירת I.C.A.O.*

* I. C. A. O. = International Civil Aviation Organization.

מבוא

במאמר „מערך ארטיילרי“* צויין, כי אחד הנתונים העיקריים הדרושים להעסקת מטרת ללא תצפית הוא ידיעת התנאים המטאורולוגיים השוררים בעת הירי. זהו רק אחד הנימוקים להכרח שב-ידיעת התנאים המטאורולוגיים בכל מערך לחישוב נתוני-ירי בעזרת מחשב — בארטיילריית-שדה ובארטיילריה נ"מ כ-אחת. אי התחשבות בתנאים המטאורולוגיים בארטיילריית-שדה עלול לגרום לסטיות של מאות מטרים, ושגיאה דומה בארטיילריה נ"מ עלולה לגרום לסטייה הגדולה מאורכו של מטוס.

* „מערכות ר"א, עמוד 27.

- טמפרטורה בגובה פניהם — 15 מעלות צלזיוס.
- לחץ ברומטרי בגובה פניהם — 1013.25 מיליבר (= 760 מ"מ כספית).
- לחות יחסית בגובה פניהם — 0%.
- רוח בגובה פניהם — אין (0).
- שינוי הטמפרטורה עם הגובה — הטמפרטורה קטנה באורח קבוע ב-6.5 מעלות צלזיוס מדי 1,000 מ', עד גובה 11,000 מ' (שבו היא מגיעה ל-56.5- מעלות צלזיוס), ונותרת קבועה עד גובה 25,000 מ' (ראה שרטוט).
- שינויים בלחץ ובצפיפות הנגרמים עם שינוי הגובה, נקבעים על-פי הטמפרטורה.

מדידת הנתונים

לאחר הגדרת האטמוספירה התקנית, עלינו למדוד את הנתונים המטאורולוגיים המציאותיים, ולראות מה הם השינויים מן האטמוספירה התקנית. הנתונים שעינינו למדוד הם אלה הקובעים את האטמוספירה התקנית, כלומר: טמפרטורת האויר, הלחץ הברומטרי, הלחות היחסית, הרוח — כולם בכל גובה.

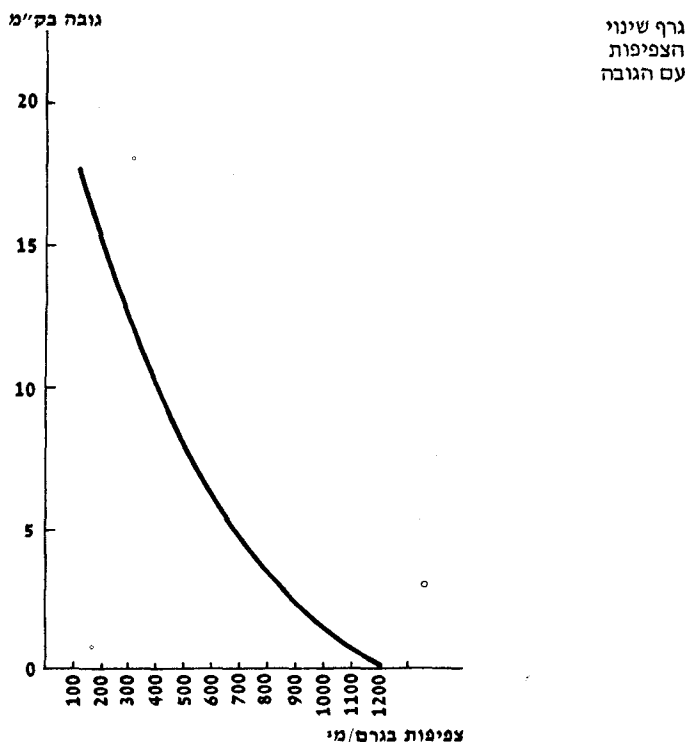
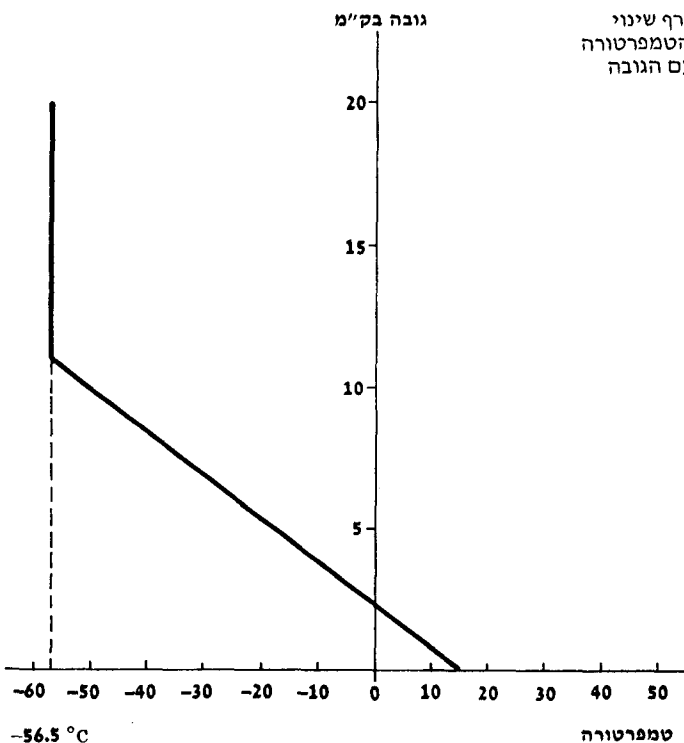
לצורך מדידתה של מהירות הרוח מפרייחים בלון הממולא בגז (בדרך כלל — מימן), ועוקבים אחרי תנועתו בגלל הרוח. על סמך נתוני העקיבה יכולים אנו לחשב את מהירות הרוח בכל גובה.

שלושת הנתונים הראשונים — טמפרטורת האויר, הלחץ הברומטרי, הלחות היחסית, — נמדדים בעזרת רדיוסונדה, המופרחת לגובה על-ידי בלון גדול ממולא מימן. הרדיוסונדה היא למעשה קופסה, ובה הגורמים הבאים:

- תרמומטר — המודד את טמפרטורת האויר
- היגרומטר — המודד את הלחות היחסית
- ברומטר — המודד את הלחץ הברומטרי
- משדר — המשדר את הנתונים הנמדדים

ישנן רדיוסונדות המשדרות גם אותות כדי לאפשר לעקוב אחריהן בעזרת רדיו-תאודוליט. ישנן רדיוסונדות רבות אך כולן בנויות ופועלות באורח דומה, וההבדל ביניהן הוא במבנה הפנימי, בתדירות השידור ובמכשירי המדידה.

הרדיוסונדה המופרחת לגבהים בעזרת בלון משדרת מדי שניות אחדות את המ-



דידות של שלושת הגדלים — טמפרטורה, לחץ ולחות יחסית — בנקודה בה היא מצויה באותו רגע. נתונים אלה נקלטים על הקרקע בעזרת מכשיר קשר ונרשמים. במקביל לקליטת השידורים עוקבים אחרי הרדיוסונדה בעזרת מכשירי עקיבה, ול- פיהם אפשר לדעת באיזה גובה נמדדו הנתונים שמסדרת הרדיוסונדה. כך מקב- לים את הנתונים הדרושים בכל גובה. תוך כדי העקיבה אחר תנועת הרדיוסונ- דה, ניתן להשיג גם את מהירות הרוח, ואין צורך בהפרחת בלון נפרד. לשם עקיבה אחרי הרדיוסונדה מצויים מכשירי עקיבה שונים, ואלה נחלקים ל- שני סוגים עיקריים: אלה המודדים גם טווח, נוסף לאסימות ולזווית הגובה לרדיוסונדה מעל האופק — ואלה שאינם מודדים טווח, אלא אסימות וזווית גובה.

בלבד.

במכשירים מן הסוג הראשון מתקבל גובה הרדיוסונדה לפי הזווית והטווח, ואילו במכשירים מן הסוג השני מתקבל הגובה על סמך הקשר הקבוע, בקירוב, בין הלחץ לבין הגובה.

עיבוד הנתונים

כאמור, עלינו להגדיר את השינויים המט- אורולוגיים שמדדנו לגבי האטמוספירה התקנית. שינויים אלה אינם זהים בכל גובה, כך שעקרונית יש להגדיר את גדל השינוי בצורה רציפה עם הגובה. על מנת לפשט את קביעת השינויים, ואפשרויות השימוש בהם, נמצאה שיטה לקביעת נתון מטאורולוגי מסוים, אשר שינויו קבועים יחסית לאטמוספירה התקנית, והשפעתו הכללית זהה להשפעת התנאים

המטאורולוגיים האמיתיים. נתון מטאורור- לוגי זה קרוי ערך בליסטי, ואז מדברים אנו על שלושה גורמים — צפיפות בליס- טית, טמפרטורה בליסטית ורוח בליסטית. אי אפשר לדבר על ערך בליסטי בצורה כללית, כיוון שלגבי כל סוג של קלע וכן לגבי אותו קלע בשני מסלולים שו- נים — נודעת לשינויים השפעה שונה, ולכן יש להגדיר כל ערך בליסטי בצמוד לקלע מסוים ומסלול מסוים. בבדיקות רבות הוכח, כי בארטילריית שדה (ללא הבדל בסוג התותח) הערך הבליסטי ה- מטאורולוגי בכל הקלעים בעלי שיא של מסלול-תעופה מסוים — זהה; הוא הדין בכל הארטילריה נ"מ או הארטילריה הטילית. אך גם במצב זה עדיין יש מספר אינסופי של מסלול-תעופה. לפיכך, חילקו את האטמוספירה כולה לשכבות בעו- ביים שונים, ובהן הוברר, מתוך סטטיס- טיקה, כי השינויים קטנים ביותר.

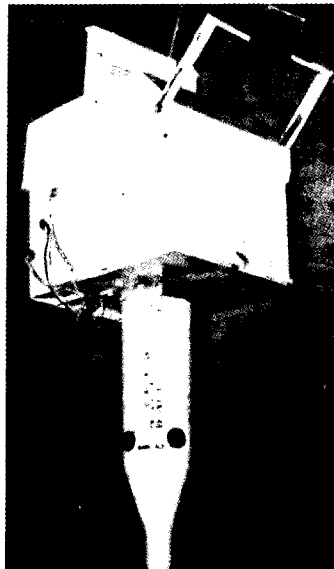
משצימצמנו כאמור את מספר הערכים הבליסטיים להם אנו זקוקים נעשה עיבוד הנתונים פשוט יחסית. לפי המדידות ש- נעשו, נקבעו הערכים המטאורולוגיים הממוצעים בכל שכבה, ומהם נערך ממוצע משוקלל — עד לשכבה בה מושג שיא מסלול התעופה.

כאשר יחידות הארטילריה פועלות בעזרת מחשב ארטילרי, אך היחידות המטאורור- לוגיות עורכות את החישוב באורח ידני, אין מזינים את המחשב בערך בליסטי, כי אם בנתונים הממוצעים של כל שכבה — והמחשב עורך את החישוב המדויק.

בעיות שטרם מצאו את פתרונן

● ביחידות ארטילריה הפועלות בעזרת מחשב ארטילרי, עדיין אין אפשרות לה- זין את המחשב ישירות בנתוני הרדיוסונ- דה, אלא רק לאחר עיבודם. כיום מנסים להזין את המחשב ישירות בנתונים אלה, כדי לחסוך זמן ולמנוע טעויות.

● מעת הפרחת הרדיוסונדה עד סיום ההפרחה עוברת למעלה ממחצית השעה, בעוד שהנתונים שנמדדו בראשונה הם דווקא נתוני השכבות הנמוכות המשתנים לעתים קרובות יותר. אחד הפתרונות לבעיה זו שנמצאים בשלבי ניסוי כיום הוא יריית הרדיוסונדה לגובה הדרוש, שחרורה והצנחתה, כך שתחילה יתקבלו הנתונים שבגובה רב, ורק לאחר מכן — אלה שבגובה נמוך.



רדיוסונדה
אמריקאית
AN/AMT-4

