

גיאודזיה - מהי?

סא"ל מתי

עם התפתחותן של מערכות-נשק מתוחכמות המגדילות את טווחי-הפעולה הידועים כיום, מתעורר הצורך בניווט מדויק.

הנה, למשל, ציי שתי מעצמות-העל משייטים בים-התיכון (הצי השישי — הכולל נושאות-מטוסים בעלות כוח-המחץ האווירי וצוללות „פולריס“, ולעומתו הצי הסובייטי — הכולל נושאות-מסוקים וספינות-טילים), מפעילים מטוסים, מסוקים וטילים אשר צריכים לפגוע במטרות המצויות בעומק שטחי-אויב בכל עת ובכל מקום. מערכות נשק אלה תלויות במידה מכרעת בניווט מדויק המתחיל מרגע היציאה או השיגור ועד לפגיעה במטרה. המיפוי הגיאודטי והכנת הנתונים למערכות-ניווט משוכללות אלה מעוגנים בתחומי הגיאודזיה והמיפוי.

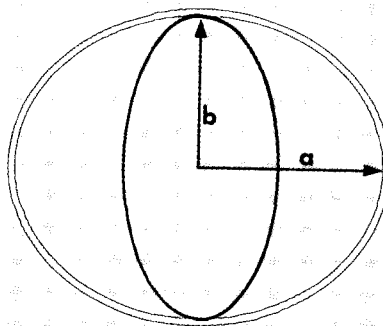
ברשימה זו ננסה להגדיר ולהסביר את עקרונותיהם ושימושיהם.

ה„גיאואיד“

„כדור-הארץ — עליו אנו חיים — אינו לאמיתו של דבר כדור, כי אם גוף בלתי הומוגני, שצורתו קרובה ל אליפסה סיב-בית.

עקב גורמים שונים, כמו אזורים בעלי צפיפות שונה, סיבוב הכדור סביב צירו וגורמים אחרים — מתקבל הגוף הבלתי-סדיר הנקרא בשם „גיאואיד“. לוא ניתן היה לבטל את ההרים והעמקים וליישר את פני כדור-הארץ לגובה פני הים הי-מוצעים — היתה צורה זו, המגדירה את מצבו של הכדור, נקראת „גיאואיד“.

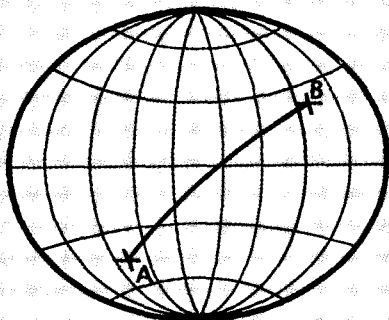
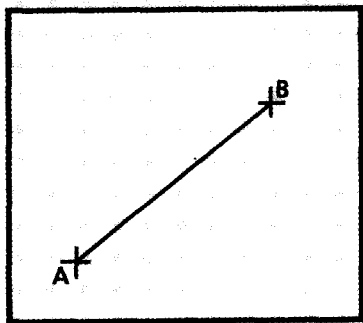
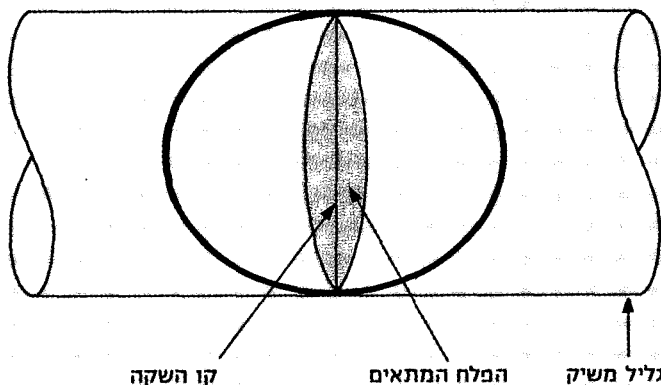
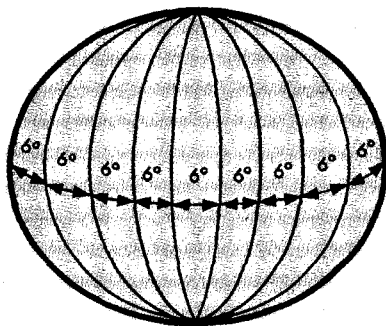
צורתו של ה„גיאואיד“ אינה סדירה ואינה ניתנת לאפיון מתמטי (רדיוס, פחיסות, וכיוצא באלה); לפיכך משתמשים ב-„ספירואיד“ — הוא אליפסה סיבובית —



הקרוב ל„גיאואיד“ בצורתו וניתן להגדרה מתמטית. ה„ספירואיד“ (האליפסואיד) מוגדר על-ידי שני צירים (רדיוס גדול — a ורדיוס קטן — b). קיים מספר רב של „ספירואידים“ והטלים שנקבעו על-ידי אנשי מדע שונים, והבחירה ביניהם תלויה בגורמים שונים, כגון השימוש בכל מקרה — מיפוי איזור מצומצם או מיפוי כללי-עולמי; מידת ההתלכדות בין ה„גיאואיד“ וה„ספירואיד“ המתאים בגורה הנדונה וכיוצא באלה.

רשת U.T.M.

לצורך ההפעלה של כלי-הנשק החדשים לטווחים ארוכים, בחרו האמריקנים ב-„אליפסואיד“ הבין-לאומי של „הייפורד“ כאליפסואיד אופטימלי. על-גבי אליפסואיד זה נבנה היטל U.T.M. (היטל מרק-



טור רוחבי בין-לאומי). על-פי היטל זה מחלקים את כדור-הארץ לפלחים מאורכים ברוחב של 6° אורך גיאוגרפי. כל פלח כזה מועבר על-ידי נוסחאות מתמטיות מתאימות ממצב מרחבי, על-גבי הכדור, למצב מישורי המתאים למפות.

ההעברה נעשית על-ידי השלכת הפלח הכדורי על-גבי גליל המשיק לכדור-הארץ (קרה-השקה הוא קו האורך המרכזי של הפלח). ולאחר מכן יישור הגליל למשטח מישורי.

ההיטל בנוי כך שהעיוותים בין המצב היחסי האמיתי של נקודות על-גבי הכדור לבין מצבן היחסי לאחר ההיטל במישור — יהיו מינימליים.

כל הפלחים מותאמים זה לזה והעיוותים הן במרחקים והן בכיוונים הם מינימליים.

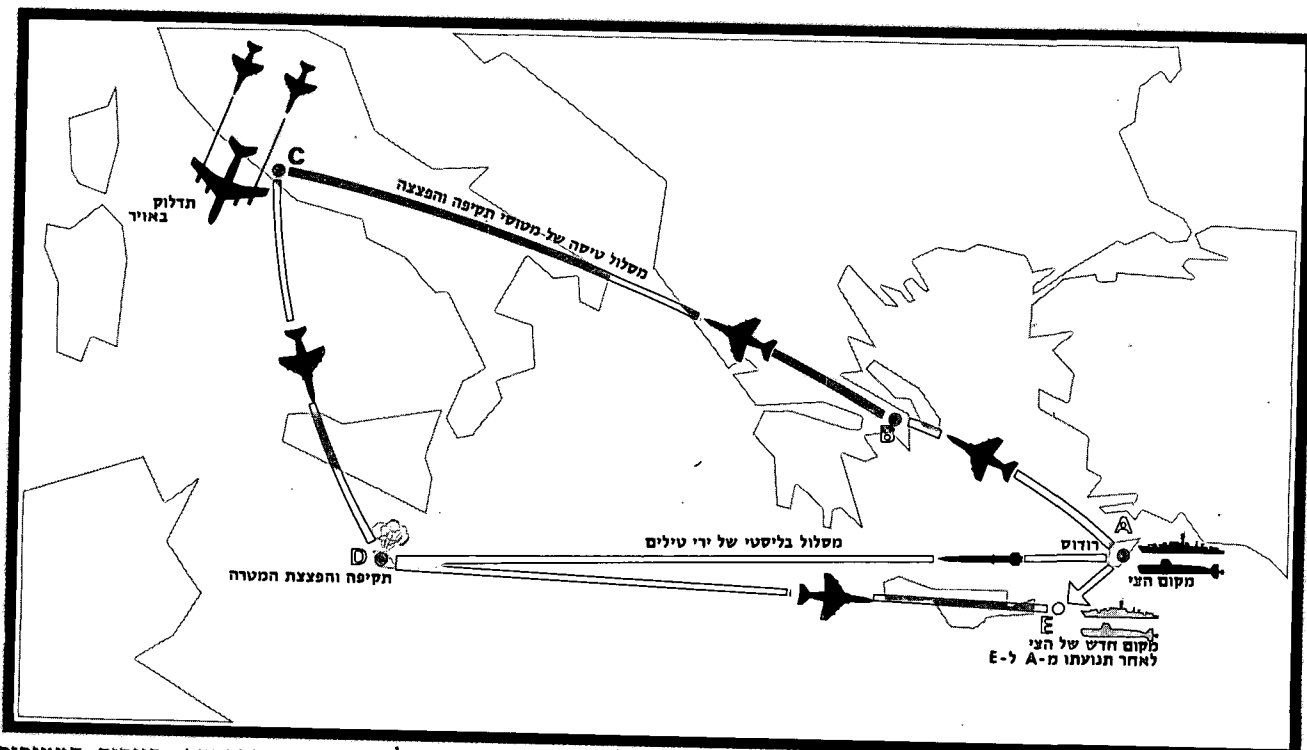
הפעלה מחושבת של כלי-נשק

הפעלה מדויקת של כלי-נשק, מחייבת צורת-הפעלה בחישוב. כל חימוש חייב להגיע מנקודת מוצא לנקודת מטרה, ואין חשיבות אם מדובר במערכות קונבנציונליות כתותחים או במערכות בלתי-קונבנציונליות כטילים.

הפעלה חישובית פירושה, בכל מקרה, קבלת ערכים מתמטיים שיבטיחו כי היחמוש יצא מנקודה A ויגיע לנקודה מבו-קשת B. באזורים קטנים ובמרחקים קצרים מצטמצמת הבעיה בקבלת המרחק המי-שורי בין הנקודות A—B ובקבלת האסי-מות המתאים ביחס לרשת מישורית כל-שהי. העובדה כי כלי-הנשק הולכים ומש-תכללים, וממילא הולכים וגדלים הטווחים, מחייבת לעבור מחישוב מישורי לחישוב המצב המרחבי האמיתי של הנקודות ה-שונות על פני כדור-הארץ. מעבר זה מח-ייב עריכת החישובים הגיאודטיים השר-נים על פני ה"ספירואיד" (הקירוב המת-מטי ל"גיאואיד").

הקו הקצר ביותר בין שתי הנקודות (A ו-B), שהוא בדרך כלל קו הירי או קו הפעולה, הוא קו עקום המבוטא על-ידי נוסחאות מתמטיות. ניתן לערוך חישובים אלה ידנית בצורה מייגעת או (עם הת-פתחות המחשבים) בצורה מהירה ומדויקת במחשב.

להלן דוגמה המבוססת על נתונים גיאודטיים, אשר על פיהם עורכים מחשבי מערכות-הנשק את הגיוס.



לאחר ביצוע ההפצצה, חוזרים המטוסים לנחיתה לנקודה E. לנקודה זו הגיעה נושאת-המטוסים לאחר יציאת המטוסים לתקיפה.

האסימותים משתנים תוך כדי הטיסה; המחשבים במטוסים מבצעים את שינויי האסימות באופן רצוף והטייס מתקן ב- התאם את מסלול הטיסה. התיקון נעשה לפי ההוראות המתקבלות מהמחשב בתוך המטוס.

רמת דיוק הניווט והפגיעה במטרות תלויה ברמת דיוק נקודות-הציון הגיאוגרפיות, וכן בדיוק הנתונים מהפרמטרים הגיאוגרפיים הנוספים, כגון: רדיוסי עקמומיות כדור-הארץ, סטיות האנך ותיאום גיאודטי בין איזור הירי לאיזור המטרה. נתונים אלה מובאים בחישוב הגיאודטי המתואר לעיל, כשהם מחושבים בדרך-כלל במחשב גדול עוד לפני שהם מועברים למערכות נשק.

הטילים הוא $271^{\circ}48'$, לשם ניווט מטוסים בצורה עקיפה, מנושאת-המטוסים אל ה- מטרה (D), מתוכננת גישה עקיפה לטיסה בגובה נמוך — תוך כדי תדלוק המטוסים בנקודה (C).

נתיבי הטיסה, מרחקים ואסימותים

המרחק המחושב מ-A ל-B — 453.9 ק"מ; האסימות ההתחלתי המחושב של יציאת המטוס — $295^{\circ}23'$.

המרחק המחושב מ-B ל-C — $1,059.0$ ק"מ; האסימות ההתחלתי המחושב של יציאת המטוס — $297^{\circ}28'$.

המרחק המחושב מ-C ל-D — 679.3 ק"מ; האסימות ההתחלתי המחושב של יציאת המטוס — $164^{\circ}34'$.

המרחק המחושב מ-D ל-E — $1,127.0$ ק"מ; האסימות ההתחלתי המחושב של יציאת המטוס — $90^{\circ}07'$.

הדוגמה מתארת מטרה הנחקת על-ידי צי. הצי כולל: נושאות-מטוסים, שעל סיפונן מטוסי תקיפה ומטוסי הפצצה, צוללות וספינות נושאות טילים-בליסטיים. בדוגמה זו נבחרו נקודות A-E בעלות נקודות-הציון-הגיאוגרפיות הבאות:

אורך גיאוגרפי	רוחב גיאוגרפי
(A) $\lambda = 28^{\circ}14'$	$\phi = 36^{\circ}22'$
(B) $\lambda = 23^{\circ}45'$	$\phi = 37^{\circ}58'$
(C) $\lambda = 12^{\circ}25'$	$\phi = 41^{\circ}50'$
(D) $\lambda = 14^{\circ}25'$	$\phi = 33^{\circ}55'$
(E) $\lambda = 26^{\circ}50'$	$\phi = 35^{\circ}15'$

לצורך החישוב נבחרו ערכים מקורבים בדיוק של דקות.

לצורך ירי טילים בליסטיים מ-A ל-D, המרחק המחושב, לפי נקודות-הציון-הגיאוגרפיות, הוא $1,243.5$ ק"מ. האסימות ההתחלתי המחושב של כוונת

מגמות דמוגרפיות בישראל/ספרות (סוף מעמוד 35)

- בקי, ערך י. לס, כרך א', ע' 90, הוצאת אקדמון, ירושלים 1967.
13. ר. בקי, האנציקלופדיה העברית, כרך ו' ארץ-ישראל, האוכלוסיה, ע' 666—707.
14. העליה לישראל, הוצאת הלמל"ס, סדרת פרסומים מיוחדת מס. 335, ירושלים 1969.
15. Report of the Commission on the Pales- the Disturbances of August 1929. His Majesty's Stationary Office, pp. 202, London, 1930.

- כזית לסטטיסטיקה, ירושלים.
8. מפקד האוכלוסיה בירדן 1961.
9. יעקב מ. לנדא, הערבים בישראל, הוצאת "מערכות", 1971, ע' 10.
10. ה. מיוס, האנציקלופדיה העברית, כרך מילואים, ארץ-ישראל.
11. גז זילברמן, אנציקלופדיה עברית, כרך מילואים, ע' 421.
12. מבוא לדמוגרפיה, לפי הרצאות פרופ' ר.

4. השנתון הסטטיסטי, 1971, הלשכה המר- כזית לסטטיסטיקה, ירושלים.
5. א. שטנרל, אוכלוסיה, ערביי ישראל (סקירת רקע) חלק א', מחלקת ההדרכה — משרד התיירות, ספטמבר 1968, ע' 4.
6. י. שמעוני, הערבים במדינת ישראל, הר- צאת המכון להשכלה ציונית, ירושלים, 1950, ע' 4.
7. הירחון הסטטיסטי, 1970, הלשכה המר-