

הזירו

הטרופוספירי

בקשר הצבאי



מהנדס מ' שניר

קשר הזירו הטרופוספירי (Tropospheric Scatter Communication) הוא שיטת תקשורת שבה משודרת אנרגיה אלקטרו-מגנטית, בתחום הגלים הדצימטריים והסנטימטריים, בין תחנות המרוחקות זו מזו מ-100 ק"מ עד 1,000 ק"מ, כשהשכבות האטמוספיריות הנמוכות ביותר (שכבות הטרופוספירה) משמשות להן כעין „תחנת-ביניים“. שיטה זו באה למלא את החלל הקיים בין שיטות-התקשורת המקובלות בתחומי גלים אלה, המכסים טווחים קצרים בלבד (עד 100 ק"מ) לבין שיטות-התקשורת ארוכות-הטווח (אלפי ק"מ), ששימושן אפשרי בתחומי הגלים הארוכים יותר.

על חשיבותה הצבאית של שיטת-תקשורת זו לטווחים ארוכים — אין כיום עוררין. עובדה היא, כי מאז שנת 1955 עד עתה הוקמו בעולם כולו כ-150 מערכות-קשר נייחות, וכן מספר גדול של מערכות ניידות, הפועלות בשיטת הזירו הטרופוספירי (בקיזור: מערכות-טרופו); למעלה מ-70 מהן משמשות את גורמי הביטחון של המדינות השונות. יתר על כן: בשנים האחרונות חדרה שיטה זו גם לתחום הקשר הטקטי, ובוֹיֵאט־נֶאם מופעלות כיום מערכות-טרופו ניידות אחדות, שניתן להעבירן ממקום למקום במשאיות ואף במסוקים. כל הסימנים מצביעים על כך, שהתפתחות ההתקנים האלקטרוניים תאפשר בעתיד בנייתן של תחנות-קצה קטנות יותר, אשר תוכלנה למלא תפקיד מכריע בקשר הטקטי-המבצעי. מטרת מאמר זה היא להציג בפני קוראי „מערכות“ את מבנה של מערכת-הטרופו, להסביר את תכונותיהן ואופן פעולתן, לנתח את הגורמים המשפיעים על ההחלטה להקמתן — ולהצביע על ההתפתחויות החזויות לעתיד.

הזירוי הטרופוספירי - כהו?

אף כי המחקר הראשון בתחום הזירוי נערך עוד בשנת 1932 על-ידי הממציא האיטלקי מרקוני, היתה זו מלחמת-העולם השניה שהביאה להתפתחות ממשית בתחום זה, בעקבות המאמצים הניכרים שהושקעו במהלכה בפיתוח המכ"מ; בפיתוח זה נוצרו שפופרות-רדיו בעלות עוצמה רבה ביותר, ובשידורים רבים מכל הסוגים (מכ"מ, טלוויזיה, אפנון-תדר וכיוצא באלה) הושגו באמצעותן טווחים שאי אפשר היה להסבירם על-פי תיאוריות-ההתפשטות המקובלות. בשנות ה-50 המוקדמות נערכו מחקרים נוספים, בניסיון לגלות את המנגנון ה"מסחורי" הפועל בשידורים אלה, אל מעבר לאופק; עיקר העבודה נעשה על-ידי חברת "בל" בארה"ב, בתמיכה פעילה של חיל-האוויר האמריקני. ואכן, ב-15 השנים האחרונות הצטבר ידע רב ביותר, שעיקרו - נתונים ניסיוניים. מערכת-הטרופו הראשונה הופעלה ב-1955 בקנדה, וכללה 9 עורקים שחוברו בטור והעבירו בעת ובעונה אחת 36 אפיקי-דיבור לטווח כולל של כ-2,500 ק"מ.

מבנהו של מנגנון הזירוי אינו ידוע בוודאות עד עצם היום הזה אולם על-פי נתוני המחקרים פותחו תיאוריות אחדות להסברת התופעה. לפי התיאוריה המקובלת ביותר, קיימות באטמוספירה, "התפרעויות" (Turbulences), היוצרות "כתמים" שמקדם-השבירה בתוכם שונה באופן חד מזה

השואה בין צורות שונות של התפשטות גלים בתקשורת הצבאית

שבאטמוספירה מסביב. "כתמים" אלה מחזירים את גלי-הרדיו הפוגעים בהם, או - ליתר דיוק - מפזרים אותם ("זורים" אותם) לכל הכיוונים. חלק מן האנרגיה מושלך קדימה - ומגיע למקלט. התהליך כולו מתחולל, כנראה, באיזור שבין הסטרטוספירה לכדור-הארץ, המכונה "טרופוספירה". אף כי תיאוריה זו לא הוכחה עדיין מבחינה מדעית, מכל מקום שימשה בסיס לשיטת-חיווי שזוכה על-ידי מכוני-התקנים האמריקני, לפיה אפשר לאמוד מראש את ביצועיה של מערכת-טרופו מתוכננת. שיטה זו זכתה לשימוש נרחב, והתקבלה על-ידי כל הגורמים המפעילים מערכות-קשר מסוג זה.

מרשם מס' 1 מציג חלק מן הגורמים הרבים שבהם יש להתחשב בשיטת האומדן. נציין כאן רק כי טיב הקשר המושג הוא פונקציה של המרחק הזויתי שבין המשדר למקלט. פרמטר זה מושפע - בין היתר - מעקמומיות כדור-הארץ, במבנה פני-הקרקע ובתנאי האקלים; ובמרבית המקרים הוא יחסי לטווח הליניארי בין התחנות (d) ולזווית-הזירוי (θ). (θ)

נובנה העורך וביצועיו

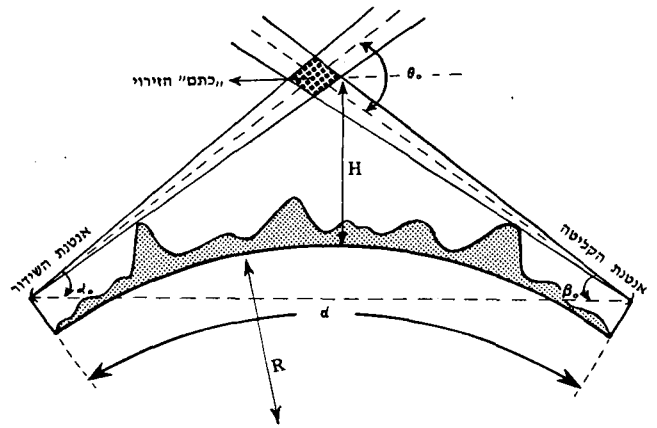
השיקולים העיקריים המשפיעים על מבנהו של עורך-טרופו הם אלה הנובעים מאופייניה של שיטת ההתפשטות. כפי שהוסבר לעיל, מתבססת צורת ההתפשטות על פיזור

השיטה	תיאור עקרוני	תחום תדרים (מגה-רץ)	הטווח (ק"מ)	הספק השידור (וואט)	סוגי האנטנות	הגורם המשפיע על הטווח
התפשטות בלי-קרקע (תדר נבוח): מתפשט בסמוך לפני הקרקע ובמק"מ ביל להם, עוקף את כל המכשולים ומושפע מן התכונות הפיסיקליות של פני הקרקע - ולכן הוא נחלש במהירות.		2 - 30	עד 100	10 - 100	"שוט" אנכית או אופקית	הספק המשדר
התפשטות בלי-קרקע (תדר נבוח): גלי-הרדיו מתפשט כלפי מעלה, ומוחזר זר לכדור-הארץ על-ידי אחת משכבות היונסטפירה.		2 - 30	מ-150 ומעלה (עד לאלפי ק"מ)	10 - 100	אופקית	תדר השידור
התפשטות בקראינה (תדרים נבוחים מאוד ואולטרה-נבוחים): גלי-הרדיו מתפשט בקו ישר מן האנטנה המ"שדרת אל האנטנה הקולטת (כלומר, ניתן לשדר עד קרה-אופק).		30 - 3,000	עד 60	1 - 10	"שוט" או צלחת פרבולית בקוטר עד 3 מטרים	נובנה האנטנות
התפשטות על-ידי עקיפה, מעבר למכשול הנמצא בדרכם של גלי-הרדיו (תדרים נבוחים מאוד ואולטרה-נבוחים).		30 - 3,000	50 - 120	1 - 100	צלחת פרבולית בקוטר עד 10 מטרים	נובנה והמבנה הטופוגרפי
התפשטות על-ידי זווית טרופוספירי (תדרים אולטרה-נבוחים): האנרגיה המוקרת מפורת ע"י "כתם" בטור מסיפירה, וחלקה מגיע למקלט		300 - 6,000	100 - 1,000	1,000 - 100,000	צלחת פרבולית בקוטר עד 40 מטרים	המרחק הזויתי בין המשדר למקלט

הוא 33 ס"מ (900 מה"צ), כלומר — היחס הוא כ-100:1.
 ● מקלטים רגישים ביותר, שיוכלו להפיק תועלת אף מן האותות החלשים ביותר המגיעים אליהם בלא שיושפעו מן הרעש, הנלווה — בדרך כלל — לאותות אלה, והמתוסף לרעש שבמקלט עצמו.

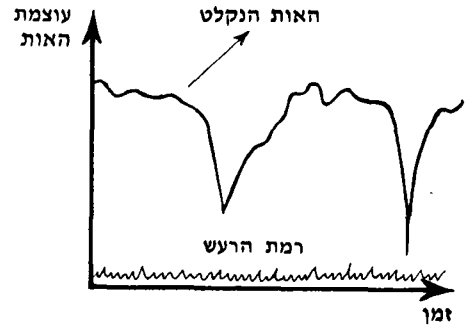
● שימוש בקליטת-שוני (Diversity Reception):
 בדרך כלל אין מסתפקים באות-נקלט יחיד, כי אם משתדלים לשדר אל המקלט אותות אחדים בזמן אחד. דבר זה מושג על-ידי שיזור בתדרים שונים (שוני-התדר), או על-ידי שימוש באנטנות אחדות ליד המקלט, הקולטות אותות שעברו דרך נתיבים השונים באורכם זה מזה (שוני-המרחב). הואיל והדעיכה אינה משפיעה במידה שווה על אותות בעלי תדר שונה או על אותות שעברו נתיבים שונים, מסוגל המקלט לברור לעצמו בכל עת את האות החזק ביותר באותו מועד. (עיקרון זה מודגם במרשם מס' 3, בו מוצגים 3 אותות, שדעיכתם חלה במועדים שונים. המקלט מנצל בכל עת את האות החזק ביותר, כמודגם על-ידי הקו העבה המרוסק).

● שימוש באפנון-תדר (FM), שלו יתרונות מסוריימים בשיטת-התפשטות זו, לעומת אפנון-התנופה והחד-פס. כל האמור לעיל מכתוב לתחנות-הקצה של העורק מבנה מסויים, הגורם לנפח ולמשקל ניכרים. אין צורך להרחיב את הדיבור על משקלה של אנטנה מתכתית, שקוטרה 40 מטרים; משדר שתפוקתו 100 קילוואט אף הוא בעל נפח ומשקל ניכרים; ולבסוף — השימוש בקליטת-שוני מחייב קיומן של מערכות כפולות — שני משדרים, שני מקלטים ושתי אנטנות



מרשם מס' 1

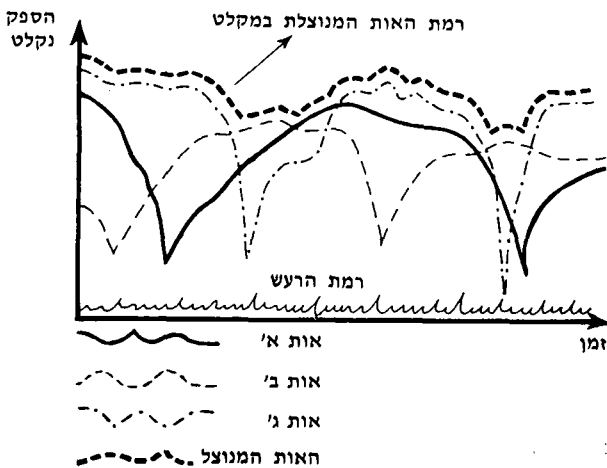
- α° זווית השידור
- β° זווית הקליטה
- R זווית הזירוי
- H רדיוס כדור הארץ
- d גבה ממוצע של שכבת הזירוי
- $\beta^\circ + \alpha^\circ = \theta^\circ$ טווח בין תחנות



מרשם מס' 2

של האנרגיה האלקטרו-מגנטית על-ידי ה"כתם" הטרופוספירי — לכל הכיוונים; ורק חלק קטן ממנה, כאמור, מגיע למקלט. מבחינה כמותית ניתן להדגים בעיה זו על-ידי העובדה, שבטווח של 150 ק"מ מגיע למקלט רק החלק המיליוני של ההספק ששודר ע"י המשדר, ואם נגדיל את הטווח ל-300 ק"מ, יגיע למקלט רק החלק המאה-מיליוני. עוצמת האות הנקלט משתנה עם הזמן, בגבולות ניכרים, עקב תנאי-ההתפשטות המיוחדים. במרשם מס' 2 מודגם תהליך זה, המשפיע ישירות על טיב-הקשר. שינויים אלה הלים הן בזמן קצר (דקות ספורות) והן בזמן ממושך יותר (חודשים או אף עונות-שנה). קיים גבול עליון מעשי לדיוח-הפס (למספר אפיקי-הדיבור) שניתן לשדרו בעורק-טרופו, ואם נעבור גבול זה תהא הקליטה מעוותת, ולעתים אף בלתי-אפשרית. לאור האופיינים האלה של צורת ההתפשטות, חייב כל עורק-טרופו להיבנות לפי העקרונות הבאים:

- משדרים רבי-עוצמה: בין 150 מערכות-הטרופו שהוקמו עד כה, אין ולא משדר אחד, שהספקו נמוך מקילו-וואט אחד, ומשדרים רבים מגיעים אף ל-100 קילו-וואט.
- אנטנות כיווניות: כדי למנוע הפסדי-ההספק מיותרים, יש להשתדל לרכוז את האנרגיה המשודרת באלומה צרה ככל האפשר; דבר זה ניתן להשיג באמצעות אנטנות שצורתן צלחת פרבולית, וממדיהן גדולים לעומת אורך-גל-הרדיו. לכן מגיע קוטר הצלחות עד ל-40 מטרים, בעוד שאורך-הגל



מרשם מס' 3

(עובדה אחרונה זו מוסיפה למערכת גם יתרון מסויים, בהבטיחה את הקשר מפני תקלות בצידוד; גם אם ניזוק חלק מסויים מן המערכת, קיים עדיין חלק רזרבי, המאפשר המשך קיומו של הקשר עד לתיקון התקלה).

אם ברצוננו לעמוד על ביצועיה של מערכת-הטרופו, עלינו לבדוק בעיקר שתי תכונות חשובות: איכותם של אפיקי-התקשורת, והאמינות שבה מושגת איכות זו. בקשר-דיבור מודדים את איכות האפיק באמצעות היחס בין האות לרעש (כלומר, באיזו מידה חזק האות הרצוי מהרעש הנלווה אליו); בקשר טלפרינטר או בתמסורות-נתונים (Data Transmission) מודדים אותה באמצעות שיעור השגיאות.

מסויימים, המגבילים את מספר האפיקים שאותם ניתן לשדר באמצעותו, ואת הטווח שאליו ניתן להשיג קשר. קיים טווח מקסימלי, שמעבר לו לא יתקבל אות חזק די הצורך לאפשר קשר יעיל. גם רוחב הפס המקסימלי מוגבל, והסיבות לכך עדיין אינן ידועות די צורכך. ידוע רק, כי אי אפשר לעלות על קיבולת של כ-300 אפיקי-דיבור.

מגבלה חמורה פחות היא העובדה, שלא תמיד ניתן להשתמש בתדר הטוב ביותר, בשל בעיות של הקצבת תדרים, והתוצאה היא הקטנת עוצמתו של האות הנקלט, שפירושה — הקטנת עומס התעבורה אשר ניתן להעבירו בטיב הנקוב.

בנוסף למגבלות טכניות אלה, קיימות גם המגבלות האחרות, בתחומי הנפח והמשקל. הגודל הפיסי של המערכת יגביל אותנו, בדרך כלל, רק בהיותו נוגד את ייעודה של המערכת. במלים אחרות, הגבלות-הנפח אינן קיימות כאשר המדובר במערכת ניידת, ואולם כאשר על המערכת להיות ניידת — ברורות הגבלות. לרוב תקבענה דרישות הניידות את הספקו המקסימלי של המשדר בו ניתן להשתמש, את הגודל המקסימלי של האנטנות ואת סוג קליטת-השוני, כאשר דרושה ניידות טקטית (כגון אפשרות העברה באמצעות מסוק), תהיה לגודל ולמשקל חשיבות עליונה. כל הנאמר לעיל פוסל — לכאורה — ניידות מסוג זה, אך על אף זאת פותח ציוד נייד, כגון המכשיר AN/TRC-105 מתוצרת "מטורולה" (ראה תמונה מס' 4), הפועל בסדר גודל של 5,000 מה"צ, והמסוגל להעביר 12 אפיקי-דיבור לטווח של כ-150 ק"מ, משקלו של הציוד כולו (כולל האנטנה בקוטר של 2.5 מטרים) — הוא 240 ק"ג בלבד. דוגמה נוספת של ציוד בעל ניידות טקטית הוא המכשיר של IIT, המוצג בתמונה מס' 5.

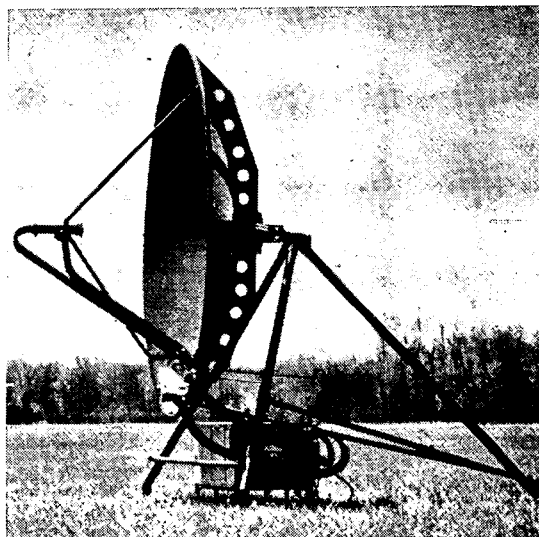
לבסוף, קיימת כמובן גם מגבלת המחיר. לכאורה מתקבל הרושם כי מערכת-טרופו יקרה מכל המערכות האחרות; אך הנחה זו טעונה בדיקה מדוקדקת. נכון כי השימוש במשדרים הביצועי, במקלטים רגישים ביותר, ובאנטנות גדולות ביחס (הבא לקו את ההפסדים העצומים בנתיב) גורם לכך שההוצאה הכספית הראשונית (זו המיועדת לרכישת הציוד) — גדולה למדי. אך אם נבדוק את המחיר לאפיק ולקילומטר, עשויים אנו להגיע למסקנה, כי בסופו של דבר זולה מערכת זו ממערכות אחרות, די אם נביא כאן דוגמה פשוטה. מחירו של עורק-טרופו נייד, לטווח 300 ק"מ, מגיע כיום לכדי מיליון ל"י, אם נרצה לפעול לטווח זהה בשיטת-הקשר של קו-הראיה, נצטרך להקים לאותו עורק 7 תחנות-מסר, כלומר — יהיה עלינו לרכוש ציוד ל-9 תחנות (במקום ל-2). אם נוסיף לכך את ההוצאות הנוספות הכרוכות בהפעלת הציוד ובראשיתן, יתכן שיעלה המחיר הכללי על זה הדרוש לעורק-הטרופו.

בכל השוואת-מחירים בין מערכות-קשר שונות, יש להתחשב בגורמים רבים:

- המחיר ההתחלתי של ציוד-התקשורת ומחיר התקנתו.
- מחיר הקרקע הדרוש להקמת תחנות-הקצה (והמסרים — בשיטות אחרות).
- מחיר בנייתם של הבניינים הדרושים, כבישי-הגישה, מגדלי-האנטנות וסידורי-האבטחה.

בשני המקרים, קנה-המידה הסופי הוא המובנות (Intelligibility), המכונה לעתים גם בשם טיב-השירות. מבחינה סטטיסטית, לא יתכן כי רמה מוחלטת של טיב-שירות תתקיים במשך כל העת; כלומר, עלינו לבדוק תמיד במשך כמה זמן ניתן להשיג רמה נקובה של טיב-שירות, והאמינות היא, אם כן, אחוז הזמן בו ניתן להשיג רמה נקובה של טיב-שירות. במסגרת מושג זה נכללת אמינות הציוד, המבוטאת בזמן הממוצע שבין התקלות. כאן יש להדגיש, כי על אף העובדה שכל מערכת-טרופו קשורה בציוד רב ומסובך, מסוגלת להתפתחות הטכנולוגית כיום לספק לה אמינות גבוהה למדי.

קיים קשר-גומלין הדוק בין קיבולת-העורק (מספר האפיקים), האמינות וטווח-הקשר. ככל שקטן הטווח, ניתן לספק קיבולת גדולה יותר באמינות גדולה יותר; ולהיפך — בטווח המכסימלי יורדות הקיבולת והאמינות עד למינימום. בטווח נתון, ניתן להגדיל את הקיבולת על-ידי ויתור על האמינות — וכן להיפך.

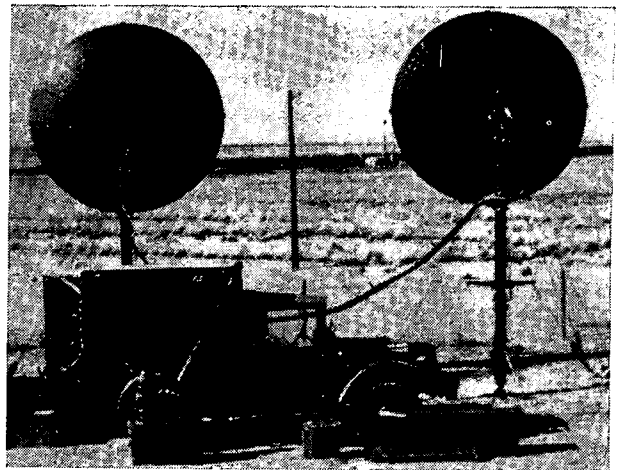


תמונה מס' 4 — מכשיר קשר AN/TRC-105

כדאיותה של המערכת

- כאן המקום לבדוק את יתרונות מערכת-הטרופו, שהם:
- אספקת קשר רב-אפיקים בעל טיב מעולה, לטווחים של עד 1,000 ק"מ, בעורק ישיר (ללא ממסרים).
 - אספקת מעגלים בעלי אמינות גבוהה, העולה בהרבה על אמינותם של עורקי-הקשר שבתחום התדר הגבוה והתדר-הגבוה-מאוד;
 - אפשרות לשימוש בשטחים קשים, שבהם אין אפשרות מעשית לנצל שיטות-קשר אחרות.
 - ניצול יעיל ביותר של ספקטרום התדרים, בעוד שבעיית ההפרעות בין העורקים השונים מוקטנת למינימום.
 - מידת ביטחון-הקשר — בהשוואה לשיטות-קשר אחרות — גבוהה; ההפרעות ההדדיות מינימליות, וגם הפגיעה הפיזית בתחנות, המפורזות בטווחים עצומים, קשה למדי. ככלל שיטת-תקשורת, כן אף לקשר-הטרופו חסרונות

הלוינים — יוכל קשר הטרופו להשלים אותו. מדינות אחדות אינן ממהרות כיום (בעיקר — מסיבות כלכליות) לממש את זכויותיהן להשתתפות בקשר-הלוינים; וגם אם תר-קמנה תחנות-קרקע (לקשר-לוינים) במדינות השונות, תהיינה אלה זקוקות למעגלים שיקשרו אותן למערכת-התקשורת הארצית. מעגלים אלה עשויים לפעול בשיטות-קשר שונות, אך גם קשר-הטרופו יהיה, במקרים רבים, שימושי למטרה זו. בשימוש הצבאי במערכות-הטרופו מושם כיום הדגש על פיתוחו וייצורו של ציוד טקטי קל לפריסה מהירה, ללא תלות בתחנות בניינים, שישמש ללוחמת-גרילה, לוחמת-ג'ונגל או לוחמה אמפיבית, וכן על תוספות אחדות שיאפשרו שימוש בציוד זה גם במערכות אסטרטגיות.



תמונה מס' 5 — מכשיר קשר AN/TRC-142

מאמצי הפיתוח ירוכזו בעתיד בכיוונים הבאים:

1. מעברו של ציוד-הטרופו משפופרות להתקני-המצב-המוצק (טרנסיסטורים), כדי לאפשר הקטנת גודלו ומשקלו.
2. פיתוחן של אנטנות זולות וקלות יותר — במיוחד לציוד-הטרופו הטקטי הנייד.
3. ההתקדמות במודולריזציה של הציוד — כולל השימוש במעגלים משולבים (Integrated Circuits) — כדי להקטין את הממדים והמשקל, ולאפשר גישה לכל מעגל.
4. פיתוחה של תחנת-קצה קלה וניידת, בהתאם לדרישותיו הטקטיות של הצבא, ואשר אפשר יהיה להתקינה בשדה ולהפעילה בזמן מינימלי; על תחנה זו לאפשר העברה באמצעות כל סוגי המסוקים.

- הוצאות האחזקה: חלקי-חילוף, דלק, תיקונים, בדיקות, ביקורת, הובלה וכו'.
 - בעיות הביטחון — האזנה, הפרעות, פגיעה במתקנים.
- בדרך כלל לא ניתן לקבוע מראש באורח חד-משמעי מהו היחס לטווח ארוך, בין מחירה של מערכת-טרופו למחירה של מערכת-תקשורת אחרת כלשהי. קביעה זו תלויה בתנאים המיוחדים, המשתנים מעורק לעורק — ובעיקר תנאי הבניה ובעיות הלוגיסטיקה. ברור, כי כאשר מכתוב מבוהר הטרופו

תכונות מערכות-הטרופו הניידות

המתקן	קוטר האנטנה (מטרים)	שיטת האפנון	טווח (ק"מ)	מספר אפיקי-הדיבור	הספק שידור (וואט)	תחום תדרים (מה"צ)	המערכת
תיבת קשר גדולה	2.5	אפנון-תדר	150	24	1,000	5,400 — 4,700	RCA (AN/TRC-97A)
תיבת קשר קטנה	3	אפנון-תדר	130	12	200	4,990 — 4,400	TEXTRON (AN/TRC-104)
תיבת-קשר קטנה (משקל הציוד כ-240 ק"ג)	2.5	אפנון-תדר	130	12	200	4,990 — 4,400	(MOTOROLA) AN/TRC-105*
תיבת-קשר גדולה	3	אפנון-תדר	150	24	1,000	5,400 — 4,700	(COLLINS) AN/TRC-129
תיבת-קשר גדולה (משקל הציוד כ-400 ק"ג)	3	אפנון-תדר	150	24 או 12	1,000	5,000 — 4,400	(ITT) AN/TRC-142

5. מחקרים נוספים במנגנון הזירווי הטרופוספירי, כדי לגלות את טבעו המדויק, ולהביא על-ידי כך לפיתוחו של ציוד בעל קיבולת-אפיקים רבה יותר.

אין ספק, כי קשר-הטרופו רכש את מקומו המכובד בין שיטות-הקשר המקובלות בעולם, ובמיוחד בתחום הקשר הצבאי. בתנאים מסויימים יש הכרח בשימוש בו, כאשר כל השיטות האחרות אינן יעילות. 15 שנותיו הראשונות היו מרשימות ופוריות — והתפתחותו בעתיד תלויה במאמציהם ובדמיונם של מהנדסי-התקשורת.

גרפי של השטח את השימוש בעורק-טרופו (הואיל ושום מערכת אחרת כלשהי לא תשיג קשר) — אין כל טעם לדון במחיר. אך מאידך גיסא, כאשר דרוש קשר רב-אפיקים לטווח ארוך על פני שטח שאין בו צורך בהשמטת האפיקים — יתכן כי מערכת-הטרופו תהא הפתרון הולם ביותר.

ההתפתחויות בעתיד

אחדים יטענו כי לקשר-הטרופו אין עתיד, עקב התפתחותו של קשר-הלוינים. אך יש להניח, כי במקום להתחרות בקשר- בשלבי פיתוח.

מכתב למערכת

מערכת נכבדה,

1. בגליון קצ"ה, בעמ' 60, נאמר כי הטיל "אינדיגו" הוא שווייצרי; ואילו ב"ידען הנשק בעולם" (הוצאת "מערכות") נאמר בעמ' 169, כי "אינדיגו" הוא טיל איטלקי.
2. באותה חוברת, בעמ' 59, נאמר כי "קרוטאל" הוא טיל נ"מ, ואכן מסווג הוא בקבוצת טילי נ"מ. לעומת זאת בכותרת התמונה התחתונה בצד ימין, כתוב: "טיל נ"ט "קרוטאל". אודה לכם על תשובתכם.

ש. דנציגר

תל-אביב, 10.11.68

תשובת המערכת:

1. "ידען הנשק בעולם" לא הוצא לאור על ידי "מערכות", ולכן אין המערכת אחראית לתוכנו.
2. באשר לטיל "אינדיגו": חברת "קונטרברס" קיימת הן באיטליה והן בשווייץ צריה, ודבר זה גרם לאי-בהירות במקורות הלועזיים באשר למקור הטיל. המאמר שהופיע ב"מערכות", גיליון קצ"ה, מבוסס על מקור אמריקני ("Ordnance", מארס-אפריל 1968) בו נאמר כי הטיל הוא מתוצרת שווייצרית.
- לעומת זאת קיימת גרסה שנייה, זו של "Jane's" משנת 1967—1968, לפיה הטיל הוא מתוצרת איטליה.
- ניסינו לברר איזו מן הגרסות היא הנכונה, אך הדבר לא עלה בידינו.
3. אנו מודים לך על הסבת תשומת-לבנו לטעות-הדפוס שנפלה בהסבר לתמונה שבעמ' 59 באותה חוברת — טיל "קרוטאל" הוא טיל נ"מ, ככתוב בגוף המאמר, ולא טיל נ"ט.
4. בהזדמנות זו ברצוננו לתקן טעות נוספת שנפלה בתמונות שבעמ' 60: התמונה מימין היא תמונת הטיל נ"מ "ראפיה" — ולא "רולנד", ואילו התמונה משמאל היא של הטיל נ"מ "קרוטאל" בירי-ניסוי; ועם הקוראים הסליחה.

המערכת