



שכניהות חדשות

בשימוש צבאי



ז' פרז'ן, צרפת

טלביזיה

השימוש המעשי בטלביזיה הצבאית החל בשנת 1954, בה הופעל מכשיר זה באחד התמרונים הגדולים של צבא-היבשה של ארה"ב. בעזרתה של הטלביזיה יכול היה מפקד הארמיה לעקוב מעל גבי משקף במפקדה הקדמית אחר פעולותיה של חטיבה משוריינת אשר פעלה במרחק ניכר ממנו. שימוש זה הוכיח מייד ובעליל את ערכה של הטלביזיה למעקב ול-פיקוח אחר ביצוע הפקודות ולתיאום האש. השימוש בטלביזיה ברמות הגבוהות הפך שגרתי, והוא מתבצע אף באמצעות לויני-המודיעין השונים, כגון ה-Samos האמריקאי המסוגל לפעול מגובה של 1,000 ק"מ, וכן באמצעות מספר רב של כלים (בדרך כלל לויני-תצפית שונים), המעבירים נתונים שנאספו על-ידיהם.

בכל הצבאות הוחל בפיתוחים ובניסויים בתחום הטלביזיה; הדרישות המבצעיות תבעו ציוד קל ועמיד. הניסיון הוכיח כי הדרך היעילה ביותר לניצולה המעשי של הטלביזיה היא השימוש במסוק, המסוגל להתרומם בקלות לגובה הרצוי ול-

תקופתנו מתאפיינת בהופעתן המתמדת של טכניקות חדשות; בתקופת-מלחמה מקדים, אמנם, שימושן הצבאי של הטכניקות הללו את שימושן בסקטור האזרחי — כפי שאירע, למשל, בתחום ביקוע החומר, עם פיתוח הפצצה האטומית. אולם בשעת רגיעה מופיעות הטכניקות החדשות לראשונה דווקא בתע-סיה האזרחית, ורק לאחר זמן מתכננים הצבאות דגמים שונים המתבססים עליהן — לשימושים שלהם. דגמים אלה הם, לרוב, פשוטים וחזקים יותר מן המקור, כיוון שעליהם לעמוד בטלטולים קשים, ועם זאת — להיות קלים ביותר, דווקא מחמת טל-טולים אלה ומחמת צורכי הניידות.

הפער בלוח-הזמנים שבין השימושים הצבאיים וה-אזרחיים הוא לרוב גדול למדי — חמש שנים אם לא למעלה מזה. היו אמנם מקרים בהם הוחל בשי-מוש בטכניקה מסוימת בסקטור הצבאי בעת-ובעו-נה אחת עם שימושה בסקטור האזרחי, למשל — השימוש באור תת-אדום. ברור, מכל מקום, כי התחום המדעי והתעשייתי הוא הקובע; הפיתוח הצבאי בא לאחר מכן, אך מקנה לציוד אפשרויות נוספות, ולרוב במגמה לעשותו נייד וקל יותר במש-קלו.

בתצלום שבכותרת: מעקב אחר תנועת גייסות באמצעות טלביזיה. החייל האמריקאי, היושב בקרון, מסמן על המפה שלפניו את התנועות, המועברות למשקף הטלביזיה שבקרון. באמצעות מצ-למות טלביזיה, המותקנות במטוס.

המחקרים לפיתוחה של מערכת אשר מגבירה את האור הטבעי באמצעות שפופרת המכונה "Orthicon"; תפ" עולה נעשה על-ידי הקרנת התמונה על לוח רגיש בו מתפרקת היא לנקודות באמצעות אלומה אלקטרונית המגדילה כל נקודה בנפרד.

הפתרון הלילי השני התבסס על תאורה תת-אדומה, ובשימוש — שתי שיטות: בשיטה האחת יש להשתמש בזרקור המאיר את האובייקט בתאורה תת-אדומה, ומשום כך קיימת סכנת גילוי עצמי. בשיטה השנייה קיים תהליך מסובך של "טאטוא" אלקטרוני, המסתייע בפעולותיהן של מראות מס' טובבות. כל נקודה נבחנת באמצעות מגלה, המסתייע במגבר. תהליך זה מאפשר לקבל מעין "מפת-טמפרטורות" של איזור מסויים או גזרה מסויימת, בה ניתנים העצמים לאיכון ול- הבחנה באמצעות הבדלי הטמפרטורות של כל אחד מהם.

התת-אדום

לקרן התת-אדומה (אינפרא-אדום) רגישות גבוהה ביותר לכל מקור חום. כבר צויינה לעיל האפשרות להשתמש בה לשם מיפוי טמפרטורות-הקרקע, דבר המסייע להבלטת כל העצמים בשטח על-ידי הפרשי-הטמפרטורות הזעירים שביניהם.

כל עצם קולט בשעות היום קרינה, המוחזרת בחלקה עם השיכת בצורת קרניים תת-אדומות. למשל: גוף האדם, שחומו הטבעי מגיע ל- 37° מעלות צלסיוס, מקרין בתחום התת-אדום אורך-גל של כ-10 מיקרון; כך מצטיירים העצמים השונים



משקפת
לראיית
לילה
בצבא
ארה"ב

זכות בשדה-ראיה נרחב ביותר. אם יש עניין מיוחד בגזרה הנצפית, יכול המסוק לחלוף על פניה בטיסה אטית — ואף להתעכב ו"לרחף" מעל נקודה מסויימת. את המצלמה ניתן לקבוע בזווית-הטיה מסויימת בתוך המסוק או לכוונה — על-ידי מפעיל — בהתאם לאובייקטים מעוררי-העניין. הטווחים היעילים של השימוש בטלביזיה הצבאית מגיעים כבר ל-50 ק"מ, ויוסיפו ודאי לגדול. עם זאת הוחל גם בפיתוח ציוד חדש לשימושן של יחידות-שדה קטנות יותר, שתהיינה מסוג גלות לקבל באמצעות הטלביזיה נתונים על המתרחש בגזרה מצומצמת יחסית. הטלביזיה הצבאית היא דוגמה לאמצעי ששימושו בצבא שונה לחלוטין משימושו בסקטור האזרחי; הנורמות הנתבעות ממנה שונות. היא חייבת להיות מותאמת לנסיבות הפעלתה בשדה-הקרב — ולהבטיח את אטימות הציוד ואת הפעלתו ללא תלות ברשת-החשמל. לאיכות התמונה, לעומת זאת, נודעת חשיבות משנית בלבד; אין כל צורך שדמות הסנק בתמונה תהא מושלמת, אך הכרח לעקוב אחר כל תנועותיו ואחר התקדמותו.

הטלביזיה הצבאית היא העומדת על הפרק בשוק האזרחי — אך חשיבותה הצבאית פחותה, שכן יידרש לה ציוד מסובך ועדין הרבה יותר, דבר שיכביד על ניידותה. בתחום הצבאי מנסים, על-כן, לפתח דגם טלביזיה דו-גוונית. אף-כי גם הטלביזיה בשחור-לבן מספקת כדי לאכזר את תנועות האויב, יאפשר ניגוד הצבעים בטלביזיה הדו-גוונית לגלות בקלות רבה יותר פרטים מסויימים (כגון פרטי היערכות על המוצב). לשם כך יידרש, כמובן, צוות-פענוח מאומן מאוד. בצרפת קיים כבר דגם טלביזיה דו-גוונית משפיע רצון, העומד להי-כנס לייצור.

לטלביזיה שימושים צבאיים רבים. בעזרתה ניתן יהיה לאכן את פעילותו הכללית של האויב, והיא תשמש אמצעי-מודי-עניי חשוב ביותר למפקדות, בתחומי ההתקפה וההגנה כאחת. מלבד המסוק, אשר השימוש בו כמרכב-הטלביזיה יהיה — כנראה — שכיח ושגורתי, תישלח, במקרים מסויימים, רקטה המצוידת במצלמת-טלביזיה. הרקטה תהא מסוגלת "לבקר" בגזרה שאין אפשרות להגיע אליה ואשר המצב בה אינו ברור די צורכו. בתחום ההגנה ניתן "לקבוע" מצלמות-טלביזיה במעברים (כגון במעברים הכרחיים לשריון), והן תופעלנה באמצעות שלט-רחוק, כדי שניתן יהיה לקבוע כרצוננו את משך-הפעולה ולחסוך בשימוש הסוללות. מדובר גם על קביעת תרנים גבוהים שיוצבו במקומות מוסתרים אך בעלי שדה-ראיה רחב, ובראשם תותקן מצלמת-טלביזיה המסוגלת לצפות לטווחים רחוקים.

שימוש צבאי נוסף של הטלביזיה, שיחייב מחקרים מתקדמים יותר מאזה שנערכו עד כה בסקטור האזרחי, הוא הטלביזיה הלילית, אשר תסתפק בתאורה חלשה מאוד, ועיקרה — ניצול הקרניים התת-אדומות.

טלביזיה בתאורה נמוכה מעוררת קשיים-לא-מעטים. פעולות הצבא אינן נפסקות כידוע, עם רדת הלילה, וחיוני איפוא למצוא אפשרות לאיכונו של האויב גם בחשיכה. שני פתרונות לכך: מצלמת-טלביזיה שתהא רגישה לתאורה רגילה של הירח, הכוכבים וזוהר האטמוספירה או מצלמת-טלביזיה שתהא רגישה לתאורה תת-אדומה. בפתרון הראשון כווננו



משקפת תת-אדומה לנהיגה

הרחקתם של היורים הגרועים במיוחד, מתקבלות תוצאות טובות, עד כדי ממוצע של 3 כדורים מתוך 5 במטרה. אין להניח כי אמצעי זה יהפוך תקני בכל פעולות חיל-הרגלים, אך נראה כי הוא עשוי לשמש במצבים מיוחדים, כגון במארבים, במלחמת-עמדות וכן בתחילתה של פעולת-לילה. אך ישנם שימושים אחרים, אותם ניתן לנצל באורח מקיף יותר. כך, למשל, ניתן להפוך את התאורה התת-אדומה לחלק תקני בצידוד של הטנק. בטנקים הצרפתיים „אמקס-13” ו-„אמקס-30” קיימת מערכת בעלת זרקור בקוטר 464 מ"מ; טווחו מגיע עד 1,000 מטרים. הסוללה נתונה בתוך קופסת-מתכת, המונחת על הטנק. הזרקור קבוע על הצריח, ומאופס לטלסקופ ולתותח. באניות הצי, כולל כלי-השיט של משמר-החופים, הותקנו מכשירים גדולים עוד יותר. קוטר הזרקורים הוא 120 ס"מ, והמשקפות מאפשרות הגדלה פי 12. טווח-המערכת מגיע ל-8 ק"מ, ומאפשר תצפית חודרת ומספקת לשם הבחנה במטרות ימיות.

שימוש נוסף בתאורה תת-אדומה הוא בתחום הנהיגה בלילה. הדבר נעשה על-ידי כיסוי פנסי המכונית במסנן, המאפשר את מעברן של הקרניים התת-אדומות בלבד. הנהג מצוייד במשקפת המחוברת לכובעו או הקבועה על גבי השמשה הקדמית של המכונית. תאורה זו מגיעה לטווח של כ-50 מטרים, ומהירות הנסיעה קרובה לזו המושגת בתנועת מכר-נית בלילה לאור פנסים רגילים.

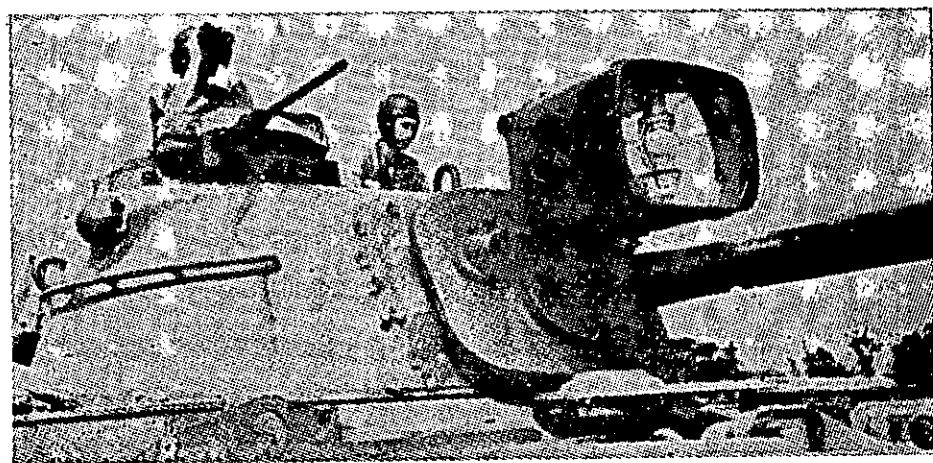
לאיכון בטווחים ארוכים באמצעות תאורה תת-אדומה נעשה תחיי-לה שימוש בטלסקופים המצויידים במרכזם ב-Thermocouple, המסוגל לאכזן — על-ידי שינויים קלים בזרם חשמלי — את חדירתו של כל גוף מקרין לתוך שדה-הראיה שלו. ה-Thermocouple מפעיל מערכת אופטית, וזו מעבירה כל נקודה בנפרד על גבי סרט-צילום רגיל. בדרך זו מתורגמת כל נקודה חמה לכתם לבן וכל נקודה קרה לכתם שחור; צירוף הנקודות מגבש את צורתו של העצם. מערכת זו איפ-שרה איכונם של כלי-שיט גדולים מטווחים של 25 עד 30 ק"מ. פתח-הנמלים ושפכי-הנהרות צויידו במערכת, המורכב בת מאלומה צרה של קרניים אשר מוקרנת ממסדר למקלט ומוחזרת פעמים אחדות על-ידי מראות — כדי להשלים את חסימתם המלאה של הפתח או השפך. בחצות גוף כלשהו את הקרן — מופעל סימן-אזהרה.

מבחינה צבאית אין אפשרות להסתיר את כל מקורות התאורה התת-אדומה הניתנים לאיכון, כגון חומם של צינורות-הפלי-

על-פי ההבדלים בעוצמת-החום שלהם. מובן מאליו כי עצמים מסויימים מקרינים חום גבוה במיוחד; כאלה הם צינורות-הפליטה של כלי-הרכב הממונעים (ובמיוחד רכב משוריין). הקטרים, ארובות בתי-החרושת, התנורים וכיוצא בהם. ההקרנות הנקלטות והנפלטות יוצרות, בכללותן, מעין מיפוי של כל המצוי על פני הקרקע.

בקרון תת-אדומה לא ניתן להבחין בעין בלתי-מזויינת, כשם שצלילים מסויימים אינם ניתנים לקליטה באוזנו של האדם. לשם תצפית דרושה מערכת בה נכללים זרקור — המאיר את האובייקט אליו הוא מכוון, והניזון ממקור-כוח חשמלי כלשהו; ומשקפת — המאפשרת להבחין בקרן אשר משתקפת מן האר-בייקטים המוארים. אולם, באמצעות מכשירים מתאימים ניתן להבחין בכל קרן מלאכותית של אור תת-אדום, ולפיכך יש להיזהר לערוך תצפיות כאלה באורח מקוטע ובלתי-סדיר, לבל יוכל האויב לאכזן את מקור התצפית.

קיימים אף מכשירים המותאמים לשימוש בנשק קל — רובים, מקלעונים ומקלעים. קרבינה אמריקאית, אשר משקלה 3.3 ק"ג, מצוידת במכשיר לראיית-לילה שמשקלו 10.2 ק"ג — כלומר פי 3 ומעלה ממשקלה-שלה. המשקל הרב נובע מכובד מקור-הכוח. טווחו המעשי של ההתקן הוא כמאה מטרים. הצבא הצרפתי פיתח ציוד מיוחד משלו לרובה האוטומטי-למחצה שבשירותו. הוא מורכב מפנס בעל עוצמה קטנה ומשקפת אלקטרונית הנושאת גרעין-שעורה זוהר; בכוונת הקדמית נתונות 2 עדשות זוהרות. משקלה של המערכת כ-10 ק"ג, ואילו משקל הסוללה — 4 ק"ג. הסוללה, המחוברת למערכת, מועמסת על הגב, ובידית-האחיזה מצוי מפסק



זרקור-כיוון תת-אדום לתחת-טנק

המאפשר סגירת המעגל. טווח המערכת מגיע ל-250 מטרים, כאשר קוטר הפנס — 160 מ"מ. בשלבי תכנון מצויה עתה מערכת נוספת, המיועדת לנשק אוטומטי קל ובינוני.

לפעולה בתאורה תת-אדומה יש צורך לאמן את החיילים במיוחד. תאורה זו היא בעלת גוון ירקרק מיוחד, ובו אלמנ-טים צהובים-זהובים. גוון זה אינו קיים בטבע, והוא מכונה בשם צבע „בר-מינן”. הירי בנשק האוטומטי בעזרת מערכת תת-אדומה חייב להיעשות בצורות קצרים, כיוון שהבהק-ירי מפריעים למפעיל; הלה טובל כולו בתאורה מוזרה זו — שכן העצמים מאבדים את צורתם בעיניו, אם אין תאורה תת-אדומה מרוכזת עליהם. האימון בירי זה אינו פשוט כלל ועיקר, ויש לקיים תרגילי-ירי רבים מאוד כדי להגיע להישג-גים. בצרפת מאמנים בירי-הלילה על-ידי החזקת הרובה בין מרכזי החזה לכתף, כלומר — בקו אנכי מתחת לעין. לאחר

טה ברכב-ממונע. הדרך היחידה לאמנעה היא דרך ההטעיה, כלומר — הצבת מקורות-חום פיקטיביים נוספים כדי לשבש את מערכת-הגילוי של האויב. גם לתנאי מזג-האוויר נודעת השפעה ניכרת על אפשרויות הלחימה בלילה, אף אם נשתמש בתאורה תת-אדומה. אפילו שינויים קלים (כגון ערפילים) משפיעים על הראיה. בהיות מזג-האוויר נאה, תהיינה טיפות-המים דקיקות מאוד (בקוטר של 0.1 מיקרון); במקרה של ערפל מגיעות טיפות-המים עד לקוטר של 100 מיקרון, ואז אין הקרינה התת-אדומה מיטיבה להתפשט.

אפשרויות התאורה התת-אדומה רבות עוד יותר מחוץ לאטר-מוספירה. מנועו של מטוס החולף בגובה 6,000 מטרים ניתן לאיכון בטווח של 20 קילומטרים, ותכונה זו נוצלה לשימושי-רבים. כך, למשל, מתבייתים טילים מסויימים על-פי עקרון הקרינה התת-אדומה; הם מאכנים את המטרה (מטוס או טיל) ועוקבים אחריה, ובפגעם — מתפוצצים הם במפלט הטיל או המטוס. קשה מאוד לפתח אמצעי-נגד בתחום זה.

בסופו של פרק זה מן הראוי להזכיר את ההצלחות הגדולות שהושגו בתחום הלויינים. הלויינים בשימוש צבאי מסוגלים לאכן מגובה 1,000 ק"מ מקורות-חום גדולים על הקרקע ול-הבחין בשיגורם של טילים גדולים, בפיצוצים גרעיניים או אפילו בקיומם של ריכוזי-תעשייה גדולים; ואילו לוייני מזג-אוויר מסוגלים למדוד באורח מדויק את הטמפרטורות בשכ-בות האטמוספירות השונות, ולהסיק מכך מסקנות רבות-ערך בדבר התהוותן של סופות וסערות גדולות.

ה"לייזר"

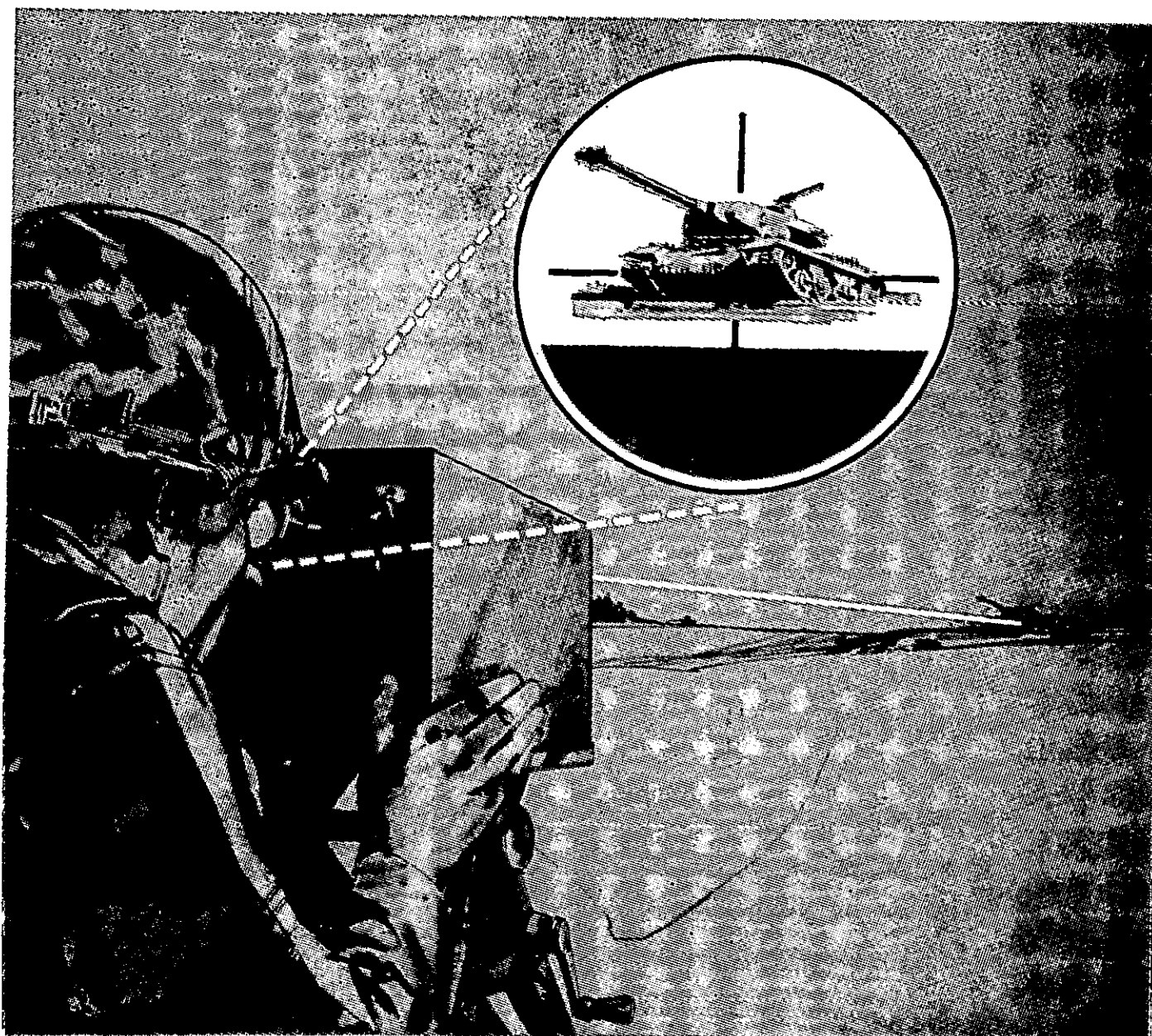
יסודה של שיטת ה"לייזר", כשל קודמותיה, הוא השימוש באור, ובמיוחד — באחד מצבעי הספק-טרום. זוהי טכניקה חדישה, שנתי-גלתה ב-1960, ולה שימושים מע-שיים אחדים. מרבית המחקרים שנערכו עד כה בתחום זה היו בבחינת גישושים בלבד, בהם נב-דקו האפשרויות המעשיות לני-צול הטכניקה — אך לא הוחל עדיין בפיתוח מערכות, שכן יש עדיין קשיים בקבלת אלומה חדה מאוד ופיזור טוב של הקרן עצמה. מחמת תנאים אטמוספריים הממס-כים את הקרן התת-אדומה.

קשה להסביר טכניקה חדשה זו להדיוטות; ייאמר רק כי האור בטבע הוא "בלתי-קוהרנטי", הג-לים מתפזרים ללא כל סדר ומש-טר וללא כל קשר ותלות זה בזה בזמן ובמרחב. ואולם, על-ידי תהליך הנקרא "שאיבה" מקב-לים האלקטרונים תוספת אנרגיה, וזו ניטלת מהם שוב לאחר מכן. על-ידי כך מובאים הם לכלל "עבודת-צוות" — כפי שמכונה

הדבר בפי הטכנאים — וניתן למצאם באורך-גל זהה. באופן זה נוצרת אלומת-אור מושלמת, "מבוייתת" — יצירת האדם — אשר אין למצוא כדוגמתה בטבע.

קיימים עתה שלושה סוגי "לייזר": הסוג הראשון הוא ה"לייזר" הגבישי, שהשימוש בו הוא הנרחב ביותר. האלקטרונים בקרן זו מואצים באמצעות שפופרת-ברקים, המנצלת את אטומי-הכרום. הסוג השני של ה"לייזר" — מושתת על גז; חימומו מועט יותר ולכן מסוגל הוא לפעול באורח רצוף, בניגוד לקודמו. הסוג השלישי הוא ה"לייזר" החשמלי, הנתון עדיין בשלבי-פיתוח. הקרן בסוג זה של ה"לייזר" נוצרת בתוך שפופרת, בה מוחזר האור על-ידי הדפנות; רק אותו חלק מן האור המקביל בדיוק לציר-השפופרת מסוגל להיפלט החוצה. לפיכך צורתה של האלומה היא זו של גליל מושלם, וזוית פריסתה — אפסית (0.018°). חדותה של האלומה הופכת אותה למעין כבל, דבר המקנה ל"לייזר" את תכונתו האופיינית, המיוחדת במינה. האפשרויות הנובעות מתכונה זו משתרעות על-פני טווחים אסטרונומיים — 25 מיליון קילומטר. קרן "לייזר" המכוונת לירח מציירת בו, לאחר שעברה 380,000 קילומטר, כתם שכל קוטרו אינו עולה על 3 קילומטר. הקרן מתפשטת אמנם במהירות האור, אך שידוריה קצרים מאוד, 10 עד 25 ננו-שניה (החלק הביליוני של השניה) — והיא ניתנת להכוונה מושלמת. בשימושיה השונים — אלה שכבר פותחו ואלה החזויים — אפשרויות רבות להליכים הקשורים בטלקומוני-קציה על כל סוגיה. למרות שידוריה הקצרים של הקרן, מסו-

מד-טווח "לייזר". המפעיל רואה את המטרה ואת ציון הטווח דרך וועדשה, אשר בתוך מד-הטווח



מהירותו תקנה לו יתרון ברור על הטילים הבליסטיים, הנעים מחוץ לאטמוספירה במהירויות שאינן עולות על 28,000 קמ"ש, כלומר — כעשירית בלבד ממהירות קרן ה"לייזר", הנעה, כאמור לעיל, במהירות האור. בארה"ב הוחל כבר בייצורה של מערכת-נשק הנעזרת בקרן ה"לייזר". נמסר, כי מערכת זו משלחת קרן זוהרת היעילה עד טווח של 1,500 מטרים, ואף כי אינה גורמת לפצעים חמורים, מכל מקום מסוגלת היא להצית דליקות ממרחק רב.

סיכום

הטכניקות החדשות שתוארו כאן קשורות כולן אהדדי במידה זו או אחרת. הן פותחות פתח לשיפורים ניכרים, אשר יאפשרו ללוחמים להיטיב ראות בלילה — מבלי שייראו, ולהשיג ידיעות — מבלי שיתגלו, וכן יספקו לגורמים השונים בשדה-הקרב ומחוצה לו קומוניקציה טובה יותר; והרי אלה הם התחומים שעל שיפורם נותן הפיקוד את דעתו.

גלת היא לשאת עשרות רבות של אפיקים, ולהעביר בעת-ובעונה אחת לא פחות מאלף שידורים, על-ידי "מודולציות" (יש אומרים כי המספרים גדולים בהרבה); ואולם, הקשיים והמכשולים בתחום זה טרם סולקו. עקב חדותה של הקרן ודיוקה הרב, עתיד ה"לייזר" לספק שירותים מצויינים בתחום הטלמטריה. טנקים וכלי-שיט יצויידו במדי-טווח מסוג "לייזר", אשר יעניקו לכלים אלה יתרון חשוב, שכן עקב משכם הקצר של השידורים ודקותה של הקרן — לא יוכל האויב לאכנה. מדובר גם בהעברת אנרגיה על-ידי הקרן, וגם כאן הושגו הישגים אחדים. "הקרן הירוקה" עשויה להשיג כושר-חדירה לתוך המים — למשל, כדי לקיים קשר עם צוללת שקועה. הודות לדקות הקרן, מסוגל ה"לייזר" להשיג ריכוז גבוה ביותר של אנרגיה. לוחמתכת נוקב על-ידי שידור "לייזר" בן חצי אלפית שניה. האם זוהי תחילת פיתוחה של קרן-המוות המפורסמת מספרי המדע הדמיוני — העשויה להפוך למציאות? שימוש נוסף של קרן-ה"לייזר" — הצפוי בעתיד רחוק יותר — הוא כנשק נגד-טילי, בעיקר נגד טילים גדולים.