

הצילום האווירי כסוכנות איסוף מודיעין

סגן שלמה

מאז 1856, עת צולמה לראשונה פאריס מתוך כדור פורח, עבר הצילום האווירי כברת דרך ארוכה. השימוש הצבאי שנעשה בתצ"א, החל ממלחמת האזרחים בארה"ב, הלך ורב, ועמו הלכו והתפתחו אף אמצעים שונים שקידמו את הצילום האווירי, והציבוהו בראש סוכנויות האיסוף, כגורם ביון המעניק מודיעין עדכני מהיר, מדויק ובזמן אמיתי. עניינה של כתבה זו – סקירת ציוני דרך עיקריים בהתפתחות נושא הצילום האווירי בצבאות העולם החל מערב מלחמת העולם הראשונה, הבהרת מושגים הקשורים בצילום ובפענוח תצ"א, וציון ההתפתחויות הצפויות בתחום זה בעתיד.

הצילום האווירי עד תום מלחמת העולם הראשונה

ב־1912, תשע שנים לאחר המצאת המטוס, בוצעה גיחת הצילום המוטסת הראשונה על ידי קצין איטלקי, אשר צילם את מערכי התורכים. עם פרוץ מלחמת העולם הראשונה השתמשו הגרמנים ב"צפלנים" לסיורי צילום. סיורים אלה, אשר בוצעו בגובה שבין 12,000-16,000 רגל (3,500-5,000 מ'), בוטלו עם הגברת כושר היירוט של מטוסי אותה תקופה. באותה עת הצליחו הבריטים לצלם את מערכי הגרמנים אף לעומק שבין 600-1400 מ'. מטוסי הצילום שייטו אז בעיקר בגבהים נמוכים של כ־3,000 רגל (900 מ'), ובצבאות השונים החלו להתארגן טייסות צילום ייעודיות. בשלהי מלחמת העולם הראשונה נעשה השימוש בתצ"א נפוץ ביותר. במרס 1918, לקראת ההתקפה הגרמנית על סום, צילמו בעלות-הברית 10,441 תצלומים בשבוע אחד! לקראת סוף המלחמה היוו מטוסי הצילום כ־35 אחוז מכלל סר"כ המטוסים של הצבאות השונים, ובידי מפקדי הקורפוסים היו צילומי האוויר כשעה לאחר ביצועם! בהיסטוריה הרשמית של מלחמת העולם הראשונה הוכר, שהסיור הצילומי הינו אמצעי ריגול לביטחון בפני הפתעה.

הצילום האווירי במלחמת העולם השנייה

לאחר סיום מלחמת העולם הראשונה, ועל סמך הניסיון הרב שהצטבר במהלכה, החלה התפתחות מהירה בתחום צילומי האוויר. בכל הצבאות המודרניים הוקמו טייסות צילום שהורכבו ממטוסי קרב או מפציצים שהותקנו בהם מצלמות. לקראת מלחמת העולם השנייה בוצע שילוב בין מטוס





הנוסעים "התמים" לבין המצלמה האווירית האוטומטית: בראשית 1934 הציעה חברת "לופטהנזה" הגרמנית לממשלת פולין לפתוח קווי תעופה חדשים בין ערי גרמניה ופולין. הגרמנים ציידו את מטוסיהם בשלוש מצלמות אוויר אוטומטיות, וכך במשך כשנה צולם כל שטח של פולין (ביום על ידי מצלמות רגילות, ובלילה על ידי מצלמות אינפרא-אדום). כולל המחנות, המפעלים והמתקנים החשובים של ארץ זו. הרבר נתגלה ב-1935, אולם אז כבר היה מאוחר, שכן בינתיים עברו הגרמנים לשימוש במטוסי "היינקל" לצילום מגובה 22,000 רגל ללא יכולת הפרעה מצד המטוסים הפולני-ים. אולם נופה של גרמניה "הונצח" אף הוא, הן על ידי הבריטים והן על ידי הצרפתים שצילמו בשיטתיות את הקמת "קו זיגפריד" הגרמני.

בשנת 1939 הייתה ברשות ה-RAF מצלמה שאפשרה כיסוי שטח שרוחבו 16 ק"מ מגובה 20,000 רגל בצילום אחד. באותה שנה הצהיר הגנרל הנאצי, הברון פון-פריטש, כי "במלחמה הבאה ינצח הצבא בעל כושר הסויר הצילומי הרב יותר". תצלומי אוויר גרמניים שנתפסו בפרוץ מלחמת העולם השנייה גילו לבריטים, כי ברשות צוותי המפציצים הגרמניים היה מידע עדכני ביותר על מטרותיהם בבריטניה. המטרות שצוינו כעדיפות היו: מתקני מכ"ם, מברוקים, גשרים, מאגרי דלק וסוללות נ"מ.

פיתוחם של מטוסי צילום אמריקני-ניים והשימוש בהם במלחמת קוריאה

עם סיום מלחמת העולם השנייה, פיתחו האמריקנים מספר מטוסי צילום אסטרטגיים: דגם צילום של המפציץ B-17 המפורסם, אשר ממנו הוסבו 24 מטוסים בלבד; דגם צילום של המפציץ B-29 (מטיל הפצצה האטומית), אשר שימש במלחמת קוריאה כמטוס צילום וכמפציץ כאחת; דגם צילום של מפציץ הענק B-36, שנשא בתוכו מטוס צילום טקטי RF-84 כמטוס "טפיל". מעל למטרה היה על מטוס הצילום להגיח מקרבי המפציץ לביצוע המשימה ולאחר ביצועה להאסף ל"מטוס-האם" בטכניקה מיוחדת. (מערכת זו לא נכנסה לשימוש מבצעי). ה-B-36 עצמו נשא 14 מצלמות, אחת מהן באורך מוקד 48 אינץש.

מלחמת קוריאה הוכיחה עד כמה חיוני לכוחות כיסוי מהימן ועדכני של השטח. באותה עת החלו בהתאמת מטוסי קרב סילוניים חדשים לביצוע משימות צילום, במקום מטוסי הצילום המגושמים והאיטיים, אולם המצלמות המיושנות התאימו למטוסי בוכנה בלבד. השימוש הבולט בצילום במלחמת קוריאה היה לפני הנחיתה באינציון: בעזרת תצלומי אוויר נקבע מועד הנחיתה ומקום ביצועה, וכך התאפשר שחרור סיאול ללא קשיים כעבור ימים ספורים.

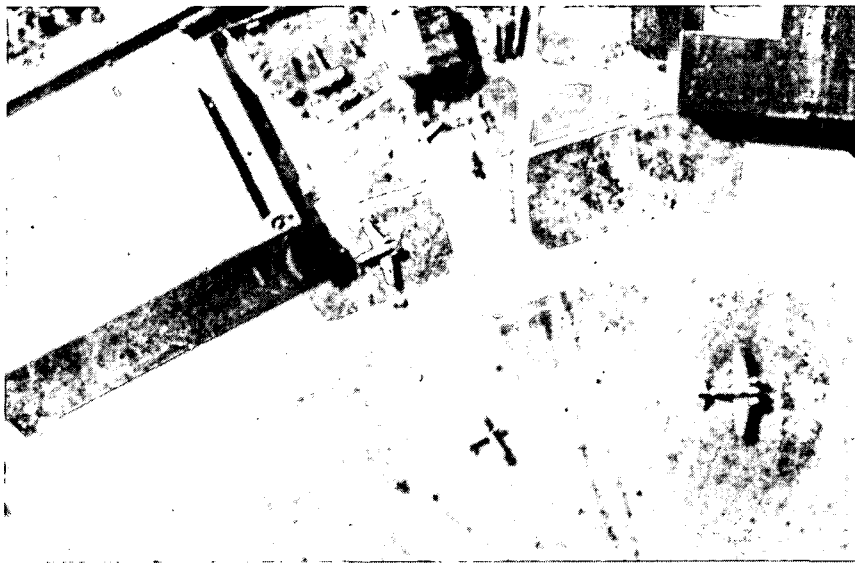
מגמת "השמים הפתוחים" וסיכולה

בעקבות דאגה לשלום העולם לאחר מלחמת העולם השנייה, משבר ברלין, מלחמת קוריאה, והחשש מהפצת נשק אטומי ומהתקפות פתע בחלקי עולם שונים החלו ב-1955 שיחות שמטרתן יצירת מצב חדש - שמים פתוחים. בוועידת גינבה קבע

הנוסעים "התמים" לבין המצלמה האווירית האוטומטית: בראשית 1934 הציעה חברת "לופטהנזה" הגרמנית לממשלת פולין לפתוח קווי תעופה חדשים בין ערי גרמניה ופולין. הגרמנים ציידו את מטוסיהם בשלוש מצלמות אוויר אוטומטיות, וכך במשך כשנה צולם כל שטח של פולין (ביום על ידי מצלמות רגילות, ובלילה על ידי מצלמות אינפרא-אדום). כולל המחנות, המפעלים והמתקנים החשובים של ארץ זו. הרבר נתגלה ב-1935, אולם אז כבר היה מאוחר, שכן בינתיים עברו הגרמנים לשימוש במטוסי "היינקל" לצילום מגובה 22,000 רגל ללא יכולת הפרעה מצד המטוסים הפולני-ים. אולם נופה של גרמניה "הונצח" אף הוא, הן על ידי הבריטים והן על ידי הצרפתים שצילמו בשיטתיות את הקמת "קו זיגפריד" הגרמני.

בשנת 1939 הייתה ברשות ה-RAF מצלמה שאפשרה כיסוי שטח שרוחבו 16 ק"מ מגובה 20,000 רגל בצילום אחד. באותה שנה הצהיר הגנרל הנאצי, הברון פון-פריטש, כי "במלחמה הבאה ינצח הצבא בעל כושר הסויר הצילומי הרב יותר". תצלומי אוויר גרמניים שנתפסו בפרוץ מלחמת העולם השנייה גילו לבריטים, כי ברשות צוותי המפציצים הגרמניים היה מידע עדכני ביותר על מטרותיהם בבריטניה. המטרות שצוינו כעדיפות היו: מתקני מכ"ם, מברוקים, גשרים, מאגרי דלק וסוללות נ"מ.

הבריטים, לעומת הגרמנים, מיעטו בצילומי אוויר, וניסיונותיהם הצטמצמו בהתקנת מצלמות (לצילום אנכי ואלכסוני) בערב-רב של מטוסים. תפיסה בריטית בסיסית להפעלת מטוסי צילום טרם גובשה אז, ומכאן מספרם המועט של המפציצים המנוסים באותה עת. גישתם של הבריטים לפענוח תצ"א השתנתה, לאחר שרבים ממטוסיהם הופלו על ידי מטוסי קרב גרמניים שהונחו למטרותיהם על ידי מכ"ם קרקעי. בסוף 1940 גילה מפענח בריטי בתצ"א (שצולם על ידי "ספיטפייר") שני מעגלים המשורטטים על פני שטח חקלאי בצרפת, אולם לא היה ביכולתו לזהות ממצאים אלה. שלושה חודשים לאחר מכן הסתבר (בתצ"א עדכני), כי במעגלים הוטמנו מכשירי מכ"ם גרמניים חדישים. גילוי זה ואחרים הביאו להגברת האימון בצילומי אוויר. באותה עת הסתבר לבריטים שלמרות שברשותם מטוסי קרב היכולים לנסוק לגבהים מרשימים (33,000 רגל), אין ברשותם מצלמות בעלות אורך-מוקד גדול, ולכן יכולתם להשיג קנה-מידה סביר לפענוח הינה מוגבלת. בפרק זמן זה אף הומצא סטראוסקופ המראות הראשון (על ידי מפענחת בריטית בשם אן קאופר). ומטוסי "ספיטפייר" החלו לצלם בצורה סדירה את המטרות המופצצות. בששת החודשים הראשונים למלחמת העולם השנייה צילמו הבריטים כ-2,500 מיל מרובעים בשטח האויב, ואיבדו תוך כדי כך 40 מטוסים;



צילום אווירי בריטי ובו איתור מתקנים באזור פינמונדה

לברה"מ. די היה בדקות אחדות של טיסה נמוכה מעל אתרי הטילים כדי להוכיח לאמריקנים, כי הרוסים אכן עמדו בהבטח-תם, והמשבר אכן יושב.

המשך פיתוחם של אמצעי צילום ומטוסים והשימוש בהם במלחמת ויאטנאם

בפברואר 1964 הודיע הנשיא ג'ונסון, כי ברשות ארה"ב מטוס בעל יכולת טיסה במהירות 3,200 קמ"ש בגובה 70,000 רגל. ביולי של אותה שנה גילה הנשיא, כי לארה"ב מטוס צילום אסטרטגי לטווח ארוך ביותר. הצילומים שפורסמו העידו, כי אין מטוס זה, (אשר כונה "SR-71") אלא דגם של המטוס "A-11", המסוגל לכסות שטח של 155,400 קמ"ר בשעת טיסה אחת ברום 80,000 רגל.⁴

מלחמת ויאטנאם הביאה לתנופה מחודשת בהתפתחות הסיור הצילומי. מקום מרכזי מילא במלחמה זו מטוסי "פאנטום" בדגמי הצילום שלהם. מטוס ה"ווייגילנט" נשא מערך מודיעיני שלם: מצלמות אנכיות ואלכסוניות, מכשירי חישה אלקטרוניים (אלינט), מכשירי ל"א ומכ"ס-צר. בסיסים של טילי קרקע-אוויר ושרות תעופה צפוניים צולמו כל העת. הצפון-ויאטנאמים דאגו לתקן את הנזקים שנגרמו להם במהירות רבה, רבר שחייב מעקב אמריקני צמוד. שיירות צפוניות אותרו ביום ובלילה על ידי מטוסי "מוהוק" ("OV-1") בעלי מכ"ס צד (SLAR) והותקפו בו-זמנית על ידי מטוסי

ממטוסים אלה, כתוצאה מתאונה או חבלה, ולאחר שהנמיך טוס הופל על ידי טיל "SA-2" וטייסו נשבה.⁵ כתוצאה ממשבר שפרץ בעקבות זאת הודיעה ארה"ב על הפסקת הטיסות בשמי ברה"מ.

משבר קובה

טיסות מעל ארצות קומוניסטיות אחרות המשיכו, לעומת זאת, כסדרן. מבסיסים בטקסס המריאו מטוסי "U-2" למשימות צילום שגרתיות בשמי קובה. באחת מטיסות אלה, שנערכה ב-29 באוגוסט 1962, גילו האמריקנים בסיסים לטילי קרקע-אוויר, ומאוחר יותר אף אותרו שדות תעופה ובהם מטוסי מיג. כחודש לאחר מכן הבחין מפענח אמריקני כי מערך טילי קרקע-אוויר בקרבת העיר הקובנית "סאן-קריסטובל" זהה למערך טילי קרקע-אוויר שאותר בקרבת בסיס שיגור טילים בינבשתיים בברה"מ. תמונה ברורה ביחס למספר האתרים הנוספים שהוקמו, כמות הטילים שהוצבו וסוגם יכלה להינתן במהירות רק באמצעות תצ"א. בעקבות זאת צילמו מטוסי צילום אמריקניים משך ימים ולילות את כל שטחה של קובה, כאשר ברום גבוה טסו מטוסי "U-2", ואילו ברום נמוך – מטוסי "וודו" ו"קרוסייר" (בדגמי הצילום שלהם). ב-14 באוקטובר אותרו בסיסים של טילי קרקע-קרקע, ובסך-הכל אותרו שישה בסיסי טילים. הנשיא קנדי נעזר בתצלומי אוויר על מנת להבהיר לקברניטי ארצות המערב (צרפת, אנגליה וגרמניה) עד כמה גדולה הסכנה. ב-27 באוקטובר, עם הפלת "U-2" אמריקני בשמי קובה על ידי טיל קרקע-אוויר גברה המתיחות עוד יותר, ופיקוד האוויר האסטרטגי האמריקני הועמד בכוננות עליונה. בראותם כי ארה"ב מוכנה לעימות, הודיעו הרוסים על החזרת הטילים

אייזנהאואר את עיקרה של מדיניות זו: "לאפשר לכל אחד מהצדדים השגת תצ"א של מוסדות ומתקנים צבאיים בכל קצוות הארץ... ללא הגבלה על בחירת האזורים ומקום פענוחם". אייזנהאואר שצפה שה-סובייטים לא יקבלו הצעה זו, הציע הצעה מוגבלת יותר, לפיה יותר צילום הרדי של אתרים כנמלים, שדות תעופה, תחנות רכבת ומתקנים צבאיים לא מסווגים, אולם אף הצעה זו לא התקבלה. הסובייטים טענו, כי ארצות אחרות בהן ניתן לרכז צבאות אינן "מכוסות" בתצ"א, וכי בארה"ב ובברה"מ גופן מצויים שטחים נרחבים שבהם ניתן להסתיר אמצעי לחימה וכוחות ללא יכולת לאתרם.⁶

פיתוח ה-"U-2" והשימוש בו

במקביל לשיחות האמורות פיתחו האמריקנים בסתר את מטוס ה-"U-2", אשר שינה את כל המושגים בתחום הסיור הצילומי. ה-"U-2" לא פותח מלכתחילה כמטוס צילום, אלא נבנה כדאון ממונע (בעל מוטת כנפיים של 25 מ') לבדיקת נתונים שונים למטוס הקרב "F-104 סטרפיטר" שפותח אז. הצעתו של ראש צוות התכנון להפכו למטוס צילום נדחתה ב-1954. המטוס שימש בתחילה לביצוע מחקרים ליועדה לאנרגיה אטומית". אולם יכולתו לשייט במשך שעות בגובה 70,000-100,000 רגל, במהירות 800 קמ"ש, והצורך המבצעי במטוס צילום משוכלל, הצביעו על התאמתו של המטוס למטרה חשובה זו.

עם הורדתה של מדיניות ה"שמים הפתוחים" מן הפרק, החלו האמריקנים בפיתוח אינטנסיבי של מטוס זה כמטוס ריגול, המאפשר ביצוע טיסות צילום בגובה רב בלא סיכון חיי הטייס ובלא סיכון פוליטי. במטוס הותקנו שבעה אשנבים למצלמות בעלות זווית רחבה ואורך מוקד גדול, המאפשרות להקיף בצילום אחד שטח שרוחבו 200 ק"מ. (בצילום שהתפרסם ניתן היה לזהות כדור-גולף בעת משחק מגובה 55,000 רגל). נוסף לכך צויד המטוס באמצעי "אלינט" לאיסוף מידע אלקטרוני על מכשירי מכ"ס. החל מ-1956 טסו מטוסי "U-2" בשמי ברה"מ בנתיבים ארוכים, בתחילה באופן המשיק לגבול ואחר כך תוך כדי חדירה. במאי 1960 ככה מנועו של אחד

1. בספר "חיל האוויר 1" (כינוי מטוסו של נשיא ארה"ב) מסופר, כי מטוסו של הנשיא אייזנהאואר צויד ללא ידיעתו במצלמות ריגול אשר סולקו רק עם כניסת הנשיא קנדי לתפקידו.

2. למעשה היו ברשות הרוסים צילומים קרקעיים של אתרים רבים בארה"ב, שסופקו להם על ידי סוכניהם הרבים, בעוד שפעולות הריגול האמריקניות בברה"מ היו קשות הרבה יותר.

3. באותה עת הופלו על ידי הסינים אף שלושה מתוך שישה מטוסי "U-2" שסיפקה ארה"ב לטייאוואן. בסך הכל הופלו מבצעים ובאימונים 19 מטוסי "U-2" מתוך 55 שנבנו.

4. מהטייסים שנבחרו להטיסו נדרש ניסיון טיסה בן 1500 שעות, גיל שאינו עולה על 35 שנה וכושר גופני מעולה. בפועל התברר, כי מרבית טייסיו היו סגני אלופים בני 35, בעלי זמן טיסה של 3800 שעות במפציצי "B-52", "B-58" ומטוסי "U-2".

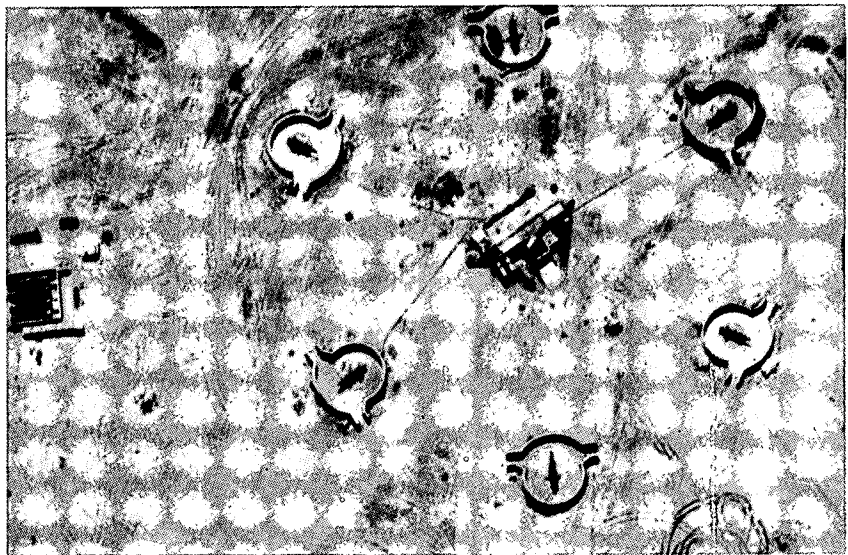
באותם ימים. באותה תקופה צולמו אזורים שונים לראשונה. מבין טיסות אלה התפרסם מה טיסתו של שלמה להט (לימים מנכ"ל "אל-על") שטס בשנת 1953 משך מספר שעות מעל קהיר ואלכסנדריה. סביר להניח שגם בתקופת מבצע קדש בוצעו טיסות צילום. בשנת 1958 רכש חיל האוויר הישראלי מטוס צילום מסוג "וטר-B", אשר בו מקום לנווט היושב כחרטום מוזג. בנייתו של הכור האטומי בדימונה לוותה בטיסות סיוור אמריקניות בשמי ישראל. במרס 1958 הוזנקו מטוסי "מיסטר" ו"סופר מיסטר" ליירוט מטוס בלתי מזוהה שטס בגובה רב בשמי הנגב. המטוס לא יורט, אולם הסתבר שהיה זה ה"U-2" במשימת צילום. באותה עת ביצעו משימות סיוור בשמי ישראל גם דגמי הצילום של מפציצים אמריקניים מסוג "RB-47".

חיל האוויר הישראלי החל בפרק זמן זה בכיסוי צילומי של מצרים, במטרה לאתר בסיסים של טילי קרקע-אוויר. שני "וטר-רים" שחדרו דרך סיני לשטח מצרים, על-מנת לצלם את אזוירי חילואן והדלתא, איתרו לראשונה בסיס טילים ובו סוללת SA-2. זמן-מה לאחר מכן נתגלו בצילום אווירי עמדות טילים נוספות על ידי שני מירוים שטסו מאלכסנדריה לכיוון קהיר ובכביש סואץ-קהיר. בשני המקרים איתרו המצרים את החדירות, אך לא הצליחו ליירט את המטוסים.

בתקופת מלחמת ששת הימים בוצעו מספר טיסות צילום שחלק מצילומיהן הותר לפרסום. ב-1 ביולי 1969 צילמו מטוסים ישראליים עמודי מתח גבוה בקו אסואן-ק-היר, באזור סואץ, מקום בו פשטה יחידת צה"ל בצילומים, אשר הותרו לפרסום, ראו פועלים מצריים המשקמים עמודי מתח גבוה. תמונות אלה הזימו את טענת המצרים, לפיה צה"ל לא פשט כלל ועיקר באזור, ולימדו על יכולת הצילום של חיל האוויר הישראלי.

בתקופת מלחמת ההתשה רבו משימות הצילום. בין היתר עקבו מטוסי צילום אחר קידום מערך סוללות טילי קרקע-אוויר המצריות. באמצעות צילומים של הקברים החדשים בבית הקברות המצרי ניתן היה אף לקבוע את מספר האבדות המצריות במלחמת ההתשה.

ב-10 באוקטובר 1971 ביצעו שני מטוסי "מיג 25" טיסת סיוור במרחק 30 ק"מ מחוף מדינת ישראל. ביכולת מטוס זה לשאת מכ"ם-צד או מצלמות לצילום אלכסוני. הגובה הרב בו טס המטוס מאפשר כיסוי שטחים נרחבים ביותר. ב-6 בנובמבר 1971 טסו בשמי סיני שני מטוסי "מיג 25". חוסר האונים של מטוסי ישראל ליירט מטוסים אלה הגדיל את ה"תאבון" הרוסי-מצרי, וב-10 במרס טסו שני מטוסי "מיג 25" נוספים מאיסמעליה בצפון ועד לשארם א-שייך בדרום, במהירות 2.5 מאך ובגובה 80 אלף רגל (24,400 מ'). הנתיבים השונים (לאורך חוף הים, מאזור



סוללת טילים ס.א. 2 בג'מיל שממערב לפורט-סעיד בצילום חיל האוויר הישראלי (סוללת הטילים הראשונה שנפגעה במהלך מלחמת ההתשה ב-20 ביולי 1969)

הצילום) ומטוסי "וודו" מיושנים יותר. הצילום האסטרטגי מבוצע על ידי שתי כנפות בפיקוד חיל האוויר האסטרטגי: כנף צילום 100 המפעילה מטוסי "U-2", וכנף צילום 9 המפעילה מטוסי "SR-71". הצילומים מתבצעים מגובה רב ואף בעומק שטח האויב. צילומים אסטרטגיים נוספים מגיעים באמצעות לויני הצילום. פענוח התצלומים והסקת המסקנות ופיתוח המודרי-עין האסטרטגי או הטקטי של המטרות ושל מערכי האויב נעשים בכנף 544, כנף ללא מטוסים או טילים. חשיבות רבה מוקנית להעברת המודיעין לצרכנים. מידע טקטי המופק מצילום אסטרטגי מועבר לזרוע הטקטית ולהפך.

הצילום האווירי במזרח התיכון מאז 1948

גם במזרח התיכון שימשו מטוסי הצילום כאמצעי איסוף מודיעין ראשון במעלה. בנובמבר 1948 ביצע עזר ויצמן (במטוס "ספיטפייר" שנבנה מגרוטאות) משימת צילום בנתיב רמת-דוד - שדה-תעופה אל-מזה (שליד דמשק), ושדה תעופה נוסף בציר בירות-דמי-שק. הטיסה בוצעה בגובה 12,000 רגל ובמהלכה שהה המטוס בשטח סוריה כשעה ורבע. דגש מיוחד על ביצוע סיורי צילום הושם בעת כהונתו של חיים לסקוב כמפקד חיל האוויר. (בתקופת כהונתו כרמטכ"ל היה מוכן זה אף לקצץ ברכש מטוסי יירוט חדישים לצורך רכישת מטוסי צילום).⁵ בתחילת שנות החמישים שימשו כמטוסי צילום מטוסי "מוסקיטו" מעורפי מלחמת העולם השנייה. מטוסים קלי משקל אלה (שנבנו מכד ועץ) הגביהו ל-30,000 רגל, מעבר ליכולת מטוסי היירוט של צבאות ערב

6. ראה: זאב שיף, "כנפיים מעל לטואץ" עמ' 78.

קרב והפצצה. מטוסי "U-2" שימשו לטיסות בין ומיפוי. באותה עת החלו האמריקנים בהפעלת מל"טים שחלקם הופל בידי הסינים. הבעיות המבצעיות הביאו לפיתוח התצלומים בעת הטיסה, ולהטלת מקלי הסרטים לכוחות האמריקנים פעלו ביום ובלילה, ביום צולמו המרחבים ובלילות הטילו "פנטומים" אמריקניים חישנים לגילוי תנועות בצידי צירי התנועה שכן צפון ויאטנאם לדרומה.⁵

מלבד ה"וויגילנט" וה"RF-4C" שימשו כמטוסי צילום ה"RB-66" (מפציץ דו-סילוני) וה"RF-101" (מטוס קרב מוסב לצילום). האחרון שימש בעיקר לצילום יום, ואילו הראשון בעיקר לצילום לילה, בגבהים שבין 1500-35,000 רגל. ה"RB-66" נשא שתי מערכות צילום, האחת לגובה נמוך והשנייה לגובה רב, כאשר כל מערכת כוללת שתי מצלמות אנכיות. כמו-כן נשא המטוס פצצות הבזקה. מטוסי ה"RF-4C" ("פנטום") נשאו מצלמות ה"K-72" ו"KA-55" (כאשר האחרונה משמשת לצי-לום מגובה רב). מערכת ה"SLAR" אשר ב"פנטום" אפשרה זיהוי מטרות נעות. כמו כן נשא ה"פנטום" מערכת גילוי אינפרא-אדום מסוג "צופה קדימה". במהלך המלחמה שימשו למטרות צילום אף מטוסי "SR-71".

כיום מבוצע בארה"ב הצילום הטקטי על ידי מטוסי חיל האוויר (הטקטי). אלה צילומים המתבצעים בדרך כלל מגובה נמוך ועל מספר מועט של מטרות. המטוסים המשמ-שים לצורך זה הינם מטוסי "פנטום" (מדרג

5. בהקשר זה יש לציין, כי אחד התנאים הראשונים של ממשלת צפון-ויאטנאם להשתתפותה בכיחות השלום בפאריס ב-1968 היה - הפסקת טיסות הצילום האמריקניות בשמיה.

ברוויל לראס-טורר, ומאסמעליה לשארם
א-שייך) הצביעו כי בכונת הרוסים היה
לכסות את מרב שטח חצי האי.

ב-4 באוקטובר 1973 אישרו גיחות צילום כי
ההיערכות המצרית הינה התקפית ולא
לצורכי תרגיל, כפי שסברו קודם לכן.
במלחמת יום הכיפורים טס מעל אזורנו
מטוס צילום אמריקני מדגם SR-71:
במהירות של שלושה מאך חלף המטוס
בשמי סוריה, ישראל (כולל סיני) ומצרים
(כולל קהיר וסכר אסואן). ניסיונות חילות
האוויר השונים לירטו עלו בתוהו.⁷ מטוסי
צילום אמריקניים צילמו באוגוסט 1970
בסיסים מצריים של טילי קרקע-אוויר,
שקודמו לאחר הפסקת האש; ומאז 1976
מופקדים האמריקנים על ביצוע גיחות
קבועות לכדיקת ביצוע הסכם ההפרדה.

למרות שמועטים האירועים עליהם ניתן
לדווח תוך ציון חלקם של צילומי האוויר
בהתהוותם, ברור כי גם באזורנו משמשים
צילומי האוויר כאמצעי איסוף חשוב, מקום
המדינה ועד עצם היום הזה. יש לציין, כי
ברישות הרכש המצרית מארה"ב, אשר
נערכו לאחרונה, הועלו בין השאר בקשות
לאספקת מל"טים וציוד לצילום אווירי
משוכלל.

התפתחות מטוסי הצילום

המטוסים הצבאיים הראשונים שימשו
רוקא לסיוור ולצילום, ומהם פותחו לאחר
מכן מטוסי הקרב והמפציצים. בתקופת
מלחמת העולם השנייה הוחתמו מטוסי קרב
ומפציצים לביצוע צילומים בגבהים שונים
ולטווחים שונים. מגמה זו נמשכת עד היום,
כאשר אנו מבחינים בין שני סוגי מטוסים
עיקריים: אלה הנבנים מראש למשימות
צילום, ועל כן תכונותיהם לביצוע משימות
אלה הינן אופטימליות (לדוגמה: "U-2" ר
"SR-71"), ואלה הנבנים לצד מטוסי קרב
כדגם מיוחד לצילום אווירי. מרבית החילות
מצוידים במטוסי צילום המוסכים ממטוסי
יירוט ותקיפה. (ראה טבלה בעמוד זה).

התקנת המצלמות במטוסים

המצלמות נישאות על ידי המטוסים בשתי
צורות התקנה: בגוף המטוס או מחוצה לו.
באמצעות התקנה בגוף המטוס (בחרטום או
בתא הגחון) מושגת יעילות אירודינמית
רבה, אולם השיפור בביצוע הינו על חשבון
גודל המצלמה וסוגה (אורך המוקד מוגבל,
ומותנה בממדי החרטום). באמצעות התקנה
מחוץ למטוס (במקלים בכנפיים או בגחון),
ניתן להגדיל במידה רבה את אורך המוקד
(קרי: גודל המצלמה), אולם בעקבות זאת
גדל ה"גרר", וחלה הפחתה בביצועי המטוס.
לנשיאת מצלמות במקלים מחוץ לגוף
יתרונות נוספים — הימנעות מהצורך
להקצות מטוסים לצילום בלבד, וניצול

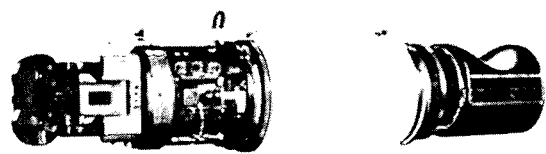
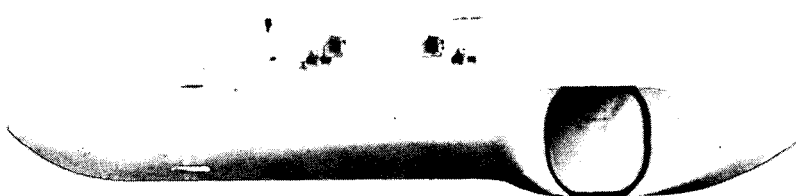
מטוסים המהווים ציון דרך בהתפתחות מטוסי הצילום מהום מלחמת העולם השנייה:					
המטוס	אב הטיפוס ארץ ושנת ייצור	כיצועים	מצלמות	ארצות שירות	הערות
RF-84 "תנדרפלש"	F-84 "תנדרטריק" ארצה: 1954	מהירות — 0.92 מאך טווח — 3,500 ק"מ גובה — 46,000 רגל	7 מצלמות אנכיות ואלכסוניות. בשיטת "מנפיה" לצילום מגובה נמוך.	ארצה: ב. ארצות נאט"ו. צרפת וטיאואן.	מטוס צילום עיקרי בשנות ה'50 וה'60. נבנו 716 מטוסים
"קנברה" PR-9	"קנברה" BMK-8 אנגליה 1953	מהירות — 0.94 מאך טווח — 6,000 ק"מ גובה — 48,000 רגל	7 מצלמות. לצילום מגובה רב.	רוסיה, הודו, ונצואלה, רוא"פ, פרו ובריטניה.	דגמים מתקדמים טסו בגובה 60,000 רגל ושימשו לצילום אסטרטגי. בשירות עד היום הזה.
RB-57	"הקנברה" הבריטי ארצה: 1964	מהירות — טווח — 6,000 ק"מ גובה — 100,000 רגל	מצלמות אנכיות ואלכסוניות. לצילום מגובה רב מאוד. וכן חישנים שונים.	ארצה: ב. דגמים לצילום מגובה בינוני שירותו כדרום ויאטנאם. פקיסטן וטיאואן.	עיי הכפלת מוטת הכנפיים מ'22 מ' ל'45 מ' הושג גובה מבצעיה והיה לה של ה"U-2".
"קרטיידר" RF-8	מטוס קרב F-8 "קרטיידר" ארצה: 1956	מהירות — 1.6 מאך טווח — 2,000 ק"מ גובה — 58,000 רגל	6 מצלמות לצילום אנכי. אלכסוני ואלכסוני-קדמי	ארצה: ב.	לשירות מעל גבי נשאות מטוסים. סה"כ נבנו 144 מטוסים.
"יוודי" RF-101	מטוס קרב F-101 "יוודי" ארצה: 1956	מהירות — 1.7 מאך טווח — 2,000 ק"מ גובה — 50,000 רגל	לצילום מגובה בינוני ונמוך.	ארצה: ב. טיאואן וקנדה.	שופר מספר פעמים. בשירות "המשמר הלאומי האמריקני"
"פנטום" RF-4	מטוס קרב F-4 "פנטום" ארצה: 1963	מהירות — 2.2 מאך טווח — 4,000 ק"מ גובה — 62,000 רגל	לצילום מגובה בינוני ונמוך. נושא חישנים ומכ"ם צד.	מטוסי RF-4B לצי. מטוסי RF-4C לחיל האוויר האמריקני גרמניה, אירן, יוון, יפן, תורכיה.	מטוס צילום עיקרי בחילות האוויר של ארצה: ב. וחלק ממדינות נאט"ו.
"וינגילנט" RA-5C	מטוס תקיפה A-5 ארצה: 1962	מהירות — 2.1 מאך טווח — 4,800 ק"מ גובה — 67,000 רגל	"מערכת מוריען משולבת" הנושאת מצלמות. מכשירי אלינט ומכ"ם צד. לצילום מגובה בינוני ונמוך.	ארצה: ב. — 107 מטוסים. (כל מטוסי התקיפה הוסבו לדגם הצילום).	המטוסים המסוגלים ביותר ביצי האמריקני. שירת במלחמת ויאטנאם. מתופעל אף מנשאות מטוסים.
"מירדו" III-R	מירדו III צרפת 1961	מהירות — 2.1 מאך רדיוס — 700 ק"מ גובה — 60,000 רגל	9 מצלמות "אומרה" לצילום מגובה בינוני ונמוך.	צרפת, פקיסטן, שווייץ, רוא"פ, לוב ומדינות נוספות.	נועד לרשת את ה"RF-84" בארצות נאט"ו.
"יאק" 25-28	מפציץ "יאק" 25-28 בריה"מ סוף שנות ה'50	מהירות — 0.95 מאך רדיוס — 800 ק"מ גובה — 50,000 רגל		בריה"מ	
"יאק" מנדרייק	מפציץ "יאק" 25- בריה"מ 1957	מהירות — 0.9 מאך טווח — 4,000 ק"מ גובה — 70,000 רגל	לצילום מגובה רב מאוד.	בריה"מ	ה"חשבה" הרוסית ל"U-2". מפציץ "יאק" 25 שכנפו שונו לכנפי דאון כדומה ל"U-2".
"סיני-25"	מטוס יירוט מיג-25 בריה"מ	מהירות — 2.6 מאך טווח — 2,000 ק"מ גובה — 72,000 רגל	לצילום מגובה רב מאוד (דגם B) וצילום מכ"ם (דגם C).	בריה"מ. בעיתונות נכתב על הימצאותו בשירות לוב.	פותח ממטוסי היירוט מיג-25.

סדר"כ מטוסי צילום

- אירופה — צרפת: 60 "מירדו" III-R
גרמניה: 80 "פנטום" RF-4E
איטליה: 100 "פיאט" G-91R, 30 "סטרפיטר" RF-104G
בריה"מ: "מיג" 21, "מיג" 25, "יאק" 25, "יאק" 30.
שוודיה: 50 "דרקון", 30 "ויגן".
בריטניה: 30 "קנברה", מפציצי "ויקטור".
— מזה"ת — מצרים: "סוחוי" 7 ר"מיג" 21.
ישראל: "מירדו" III-R
אירן: 25 "פנטום" RF-4E, 12 מטוסי RF-5E "טיגר-2".
— אסיה — יפן: 12 מטוסי "פנטום" RF-4F.
— ארצה: ב — בחיל האוויר: "SR-71", "U-2", RC-130 ("הרקולס"), RB-57 ("קנברה"), RF-101 ("יוודי"), RF-4 ("פנטום").
בצי: RC-130 ("הרקולס"), RF-8 100 ("קרטיידר"), RF-4 ("פנטום"), RA-5C (וינגילנט), RA-3 (דגם הצי של ה"RB-66").



מטוס סיור וצילום אסטרטגי SR-71-A מתוצרת פרט-אנדר-ווייטני ארה"ב



מצלמה אווירית לטווח רחוק אייטק KA-102-A הממוחנת במיכל נישא חיצוני

מספר מרבי של מטוסים כמטוסי צילום (תוך מתקונם המזערי), נוסף לכך, בעת חידוש מצלמות או החלפתן, אין צורך לבצע שינויים גדולים במטוס עצמו, דבר המפחית במידה רבה את הוצאות ההתקנה ומזרז את הפיתוח.

המכלים המותקנים כיום במטוסים הינם מכלים משולבים: מיכל "וינטן", לדוגמה, נישא בחילות האוויר של מדינות נאט"ו על ידי מטוסי "F-104 סטרפיטר" ומטוסי "פנטום". מיכל כזה מכיל מצלמות באורכי מוקד שונים, אשר חלקן פועל בתחום האינפרא-אדום. במיכל הנישא על ידי מטוס "ויג'ילנט" נמצאת אף מצלמת מכ"ם המאפשרת בדיקת כל הנתונים המתקבלים במערכת והשוואתם.

במטוסים בהם מותקנות המצלמות בגוף המטוס ממוקמות הן בקצה החרטום, כאשר יעדן צילום קדמי. כשיעדן הינו צילום אנכי מוצבות הן כשעדשותיהן מכוונות ב-90° בניצב לציר הטיסה. מצלמות הנועדות לצילום אלכסוני מוצבות, לעומת זאת, באופן שעדשותיהן מכוונות לציר המטוס. לחיל האוויר האמריקני טייסת "בואינג" RC-135, אשר במטוסייה מכוונות המצלמות כלפי מעלה, לשם צילום לוינים רוסיים החוזרים לכדור הארץ.

הכיסוי המוגבל של כל מצלמה מבחינת זווית צילום הביא לשיטת התקנה המכונה "מניפה": מספר מצלמות מותקנות באופן שהן מכסות בחפיפה שטח מרבי. שיטה זו תופסת הן במצלמות המוצבות בגוף המטוס והן במצלמות המוצבות במכלים חיצוניים.

התפתחות המצלמות

בראשית התפתחות הצילום האווירי שימשו כמצלמות אוויריות מצלמות רגילות בעלות ביצועים משופרים מעט מהמקובל. נערכו צילומים בודדים על פי בחירת הטייס או המפעיל, אך לא היתה אז יכולת לצלם ברצף ובחפיפה, שכן לא פותחה עדיין המצלמה האוטומטית. בתקופת מלחמת העולם הראשונה פיתחו הגרמנים את המצלמות האוטומטיות, ועם סיומה היו כבר ברשותם כ-100 מצלמות מסוג זה. (הפסיפטים שהתקבלו מהצילומים החופפים, שימשו כתחליף למפות באזורים שלא מופו עדיין).

ב-1923 פיתח הבריטי סום את המצלמה האווירית לצילום רצוף, אשר אפשרה השגת צילום פנורמי רצוף של כל נתיב הטיסה על גבי רצועת פילם, אשר נעה לפני פתח הערשה במהירות המתאימה ליחס שבין מהירות המטוס לגובה הטיסה.

למעשה נמצאת המצלמה כל העת בתהליך בלתי פוסק של שכלול, בהתאם להתפתחות האלקטרוניקה והאופטיקה. להלן ייסקרו סוגי המצלמות העיקריים הנמצאים עתה בשימוש בעולם:

• **מצלמות לצילום אנכי:** קיימים סוגים שונים, בהתאם לגובה הטיסה. לחלק

צמחייה "חיה" (והמקנה לה את צבעה הירוק) מופיע בצילום אינפרא-אדום כצבע אדום, בעוד שצמחייה "מתה", המשמשת להסוואה, מופיעה ככתם שחור. צילום אינפרא-אדום מאפשר צילום תרמי בשחור-לבן בלילה. הוא מגלה מקורות המפיקים חום גבוה (כמו מטוסים בשדות תעופה או מפעלים), וזאת בהסתמך על הברלי הטמפרטורות בין העצמים המפיקים חום לסביבתם.

• **מצלמות לצילום בלילה:** בדרך כלל מצלמות אופטיות רגילות, כאשר המטוס הנושא אותן נושא ציוד הבזקה, הכולל פצצת מגנזיום, מנורת בוק מיוחדת או נורים. פצצת המגנזיום מאפשרת צילום לילי מגובה רב ובשטח נרחב ביותר, אולם משקלה רב, ומספר התמונות שניתן לצלם בעזרתה מוגבל. מנורת הבזקה מכוונת כלפי מטה ומאפשרת צילומים רבים, אך השימוש בה מחייב טיסה בגובה נמוך (800 מ').

• **מצלמת מיפוי:** צילום אנכי של שטח רחב ללא עיוותים, לשם הפיכת הצילומים למפות, או עירכונן מפות קיימות.

המצלמות האופטיות המקובלות נעזרות במערכת בקרה, שמטרתה לאפשר צילום במהירויות ובגבהים שונים, תוך הקטנת

מהמצלמות כושר לצלם צילומים בודדים ו/או רצף צילומים חופפים, ולחלק כושר לצלם צילום אווירי רצוף של נתיב הטיסה.

• **מצלמות לצילום אלכסוני:** ככל שגדל אורך המוקד של מצלמות אלה, כן יכולים המטוסים לטוס מרחק רב יותר משטח האויב ולהשיג קנה-מידה טוב יותר.

• **מצלמות לצילום פנורמי:** מבוססות על פריסמה המסתובבת וסורקת את השטח מאופק לאופק, כך שחלק מהשטח נקלט כאילו צולם במצלמה אנכית, וחלקו נקלט כבצילום אלכסוני. בצילום מסוג זה העיוותים הולכים ורבים ככל שמתרחקים מציר טיסת המטוס. יתרונה הגדול של שיטת צילום זו הינו בכיסוי שטח רב ביותר משני צידי המטוס. קיימות מצלמות שביכולתן לצלם בזווית צילום של 180°.

• **מצלמות לצילום רצועה מתמשכת:** צילום נתיב הטיסה נעשה בדרך כלל מגובה נמוך ובמהירות גבוהה, כאשר מהירות תנועת הפילם מותאמת אוטומטית למהירות המטוס וגובה הטיסה.

• **מצלמות לצילום אינפרא-אדום:** מאפי- שרות צילום שטחים בהם הוסוו עצמים שונים, שלא ניתן לזהותם בצילום אופטי רגיל. הדוגמא המקובלת הינה של עצמים המוסווים בצמחייה: הכלורופיל המאפיין

מושגי יסוד בצילום

צילום טקטי וצילום אסטרטגי: הקביעה המקובלת, שמודיעין אסטרטגי נועד לאפשר קבלת החלטות אסטרטגיות, ומודיעין טקטי נועד לאפשר קבלת החלטות טקטיות אינה חופפת לנעשה כיום בנושא הסיוור הצילומי. יש וצילום מטרה בעומק האויב לצורך משימה מיוחדת יכונה "צילום אסטרטגי", למרות שנועד להביא לקבלת מידע טקטי; ולעומת זאת יכונה "צילום טקטי" צילום תחנת כוח או סכר בקרבת הגבול, למרות שהריסת המתקן הינה פעולה אסטרטגית. ההבדל בין צילום טקטי לצילום אסטרטגי אינו תלוי אפוא בגובה המטוס המצלם.

המצלמה או שיטת הצילום, אלא בסוג המידע המופק וברמת קבלת החלטות אשר אליה נועד מידע זה.

צילום אנכי וצילום אלכסוני: בצילום אנכי נרשמים פרטי הנוף כפי שהם נראים מלמעלה במאונך בכמפה. לתצלום קנה-מידה מסוים המאפשר מדידת מרחקים מדויקת, ולעתים אף מדידת כיוונים. אין בתצלום זה שטחים "מתים", והוא מאפשר להסיק מסקנות ברורות על תבליט השטח. עם זאת תובע הצילום האנכי הפעלת דמיון נרחבת מצד המפענח, עקב זווית הראייה הבלתי שגרית של העצמים.

בצילום האלכסוני מותקנת המצלמה במטוס באופן המאפשר צילום בקו אלכסוני של עצמים הנמצאים במרחק. בתצלום זה הולך ומשתנה קנה-המידה ככל שמתרחקים מקו הצילום, לכן לא ניתן למדוד מרחקים במדויק, וכמוכן שלא ניתן למדוד כיוונים. בצילום האלכסוני מרובים אמנם השטחים המתים, אך בדרך כלל ניתן לכסות באמצעותו שטח רב יותר מאשר בצילום האנכי, ובלא צורך לעבור מעליו (עקב מגבלות טיסה באזור המוגן בטילי קרקע-אוויר או בשל מגבלה מדינית).

נוספים, שאינם מאפיינים הפלתם של מטוסים רגילים. נוסף לכל האמור יש לציין, כי המל"ט הינו אמצעי זול ביותר, ולכן אפשרית הפעלת מל"טים בכמות גדולה, תוך התאמה למגוון משימות גדול. מקובל להבחין בין שני סוגי מטוסים ללא טייס: ה"דרון" הינו מטוס בלתי מאויש, שלאחר שיגורו טס בנתיב קבוע מראש (מתוכנת), תוך שמירת נתיב הטיסה על ידי טייס אוטומטי. ב"דרון" ניתן לבצע שינויים מעטים בלבד בכל הקשור לנתיב הטיסה, הפסקת פעולת המנוע, נחיתה והשמדה עצמית.

המל"ט ה"טהור" מופעל ונשלט מרחוק על ידי טייס, והוא מאופיין ביכולת רבה של שינוי פרופיל וביצועים בדומה למטוס מאויש. בין המטוס לטייס ה"קרקעי" קיימת תקשורת בתג"מ, גורם המחייב קוראיה או שימוש כמטוס תובלה כמטוס ממסר. בחילות האוויר השונים הוחל בפיתוח מל"טים בצורה מסיבית כבר בראשית שנות החמישים. באוסטרליה פותח ה"דרון" הסילוני "זינרוביק" (הנמצא עד היום בשימוש בריטניה); איטליה פיתחה "דרון" נים" ממונעי מרחף; ובארה"ב פיתחו

מל"טים של צה"ל הופלו בחזית הדרום. כבר ב-1971 פרסמו עיתוני תעופה, כי ארה"ב מכרה לישראל 30 מל"טים מסוג "צ'אקר" (המשמשים גם כמטוסי מטרה) ו-12 מל"טים מסוג "ראיין 147 פיירביי". פרטים אלה הסבו את תשומת הלב למל"טים ולשימושם במלחמה. אולם למעשה המל"טים הינם רעיון "ותיק", שרק בעשור האחרון קנה את מקומו הראוי.

מטוס צילום המבצע טיסת צילום עושה זאת כמעט תמיד תוך שמירת גובה ונתיב טיסה ישרים. אילוצים אלה מקלים על כינון נשק נ"מ לעברו, ועל-כן רבה פגיעותם של מטוסי הצילום. עקב השאיפה לחסוך בחיי אדם והודות להתפתחות התעופה והמזעור האלקטרוני, נתאפשרה בנייתם של מטוסים קטנים יחסית, שאינם מופעלים על ידי טייס היושב בתוכם, אלא מונחים מרחוק. יתרונו המרכזי של אמצעי זה הינו הצלת חי אדם, וביצוע משימות שנחשבו קודם לכן כ"משימות התאבדות". נוסף לכך יש לציין, כי גודלו של המל"ט קטן יותר, ועל כן צללית המכ"ם שלו קטנה יותר, גורם המקטין את סיכויי גילוי. הפלתו של מל"ט על ידי מטוס קרב או באמצעי נ"מ כרוכה אפוא בקשיים

העיוותים. במערכת מתקן המורד את היחס בין מהירות המטוס וגובהו מעל פני הקרקע. הפילם נע במחסנית במהירות התואמת יחס זה, וכך נמנע טשטוש. מערכת זו אף "מפצה" את המצלמה בעקבות תנועת התקדמות המטוס בזמן ביצוע הצילום, על ידי נסיגת המצלמה לאחור. על-מנת להשיג את החפץ פה המקובלת (60 אחוז), ולאפשר ראייה סטראוסקופית, יש כמובן להבטיח תיאום ברציפות הפעלת המצלמה (מחזוריות).

• **צילום מכ"ם:** מערכת זו מכונה "מערכת מכ"ם מוטס צופה-צד" (SLAR — Side Looking Airborne Radar) והיא מאפשרת הרמיית פני השטח, וכן גילוי מטרות נעות על פני הקרקע או כים, בכל שעות היממה ובכל מזג-אוויר.⁸ המכ"ם מורכב במטוס המצלם באופן המאפשר פליטת קרינה בניצב לציר טיסת המטוס (מעין צילום אלכסוני), וביכולת המקלט לסנן את המטרות הנעות מבין הנייחות. כשיטת ה"סלאר" נעשה שימוש רב. במלחמת ויאטנאם הותקנו מתקני שידור ופענוח במטוסי "מוהוק" (של הצבא) שפעלו במסגרת דיביוזינית ובמטוסי "פנטום" של חיל האוויר. המטוסים טסו בכל שעות היממה, וקיימו מעקב צמוד על צירי התנועה של האויב.

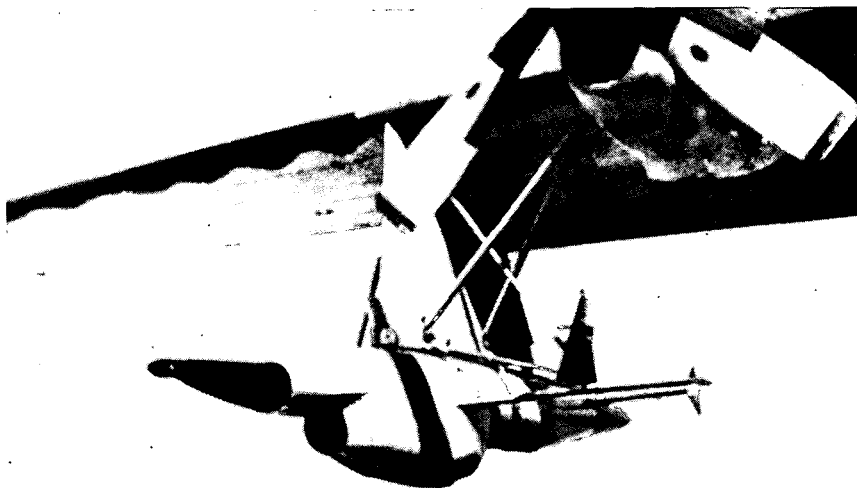
במספר חילות אוויר (באירופה ובארה"ב) משתמשים במצלמות מכ"ם במשולב עם מצלמות אופטיות רגילות, תוך ניצול היתרונות של כל אחת מהמערכות והשוואת הממצאים. לברה"מ דגמים מיוחדים של מטוסי "מיג" 25 (MIG-25A) ו"אליושין" 38 (מטוס הלוחמה בצוללות) הנושאים ציוד "סלאר".

מל"טים ומזל"טים

בדצמבר 73, פרסם דובר צה"ל כי חיל האוויר מפעיל מטוסים ללא טייס (מל"טים) במשימות צילום אווירי. היה זה לאחר ששני

8. בצילום האופטי הרגיל משמשים השמש כיום ואמצעי ההבוקה בלילה כמקור אור. את הרמיית המכ"ם משמשת קרן המשוגרת מהמטוס, ולכן אין שיטה זו מוגבלת לשעות אור ולמזג אוויר נוח.

מטוס זעיר ללא טייס RPV-154 מתחת לכנפי מטוס האם DC-130-A



יכולת תפעול בגבהים ובטווחים גדולים, ויכולת נשיאת מספר מגוון של מצלמות וחיישנים. בעתיד צפויה הופעת דגם צילום של מטוס "F-15" ודגם צילום של מטוס "מירז" 2000.

• שימוש במל"טים ומזל"טים: בעזרת שימוש הולך וגובר באמצעים אלה יקטן הסיכוי לאבדן חיי אדם, ותובטח יעילות רבה בהתאמה למשימות. מל"טים ישמשו לצילום בגבהים שונים, ואף ברום של 70,000 רגל ויותר, וישאו חיישנים מסוגים שונים.

• העברת תמונות ב"זמן אמיתי": כיום ננקטת השיטה בעיקר במזל"טים ובצילום מכ"ם (סלאר) במטוסים. סביר שבעתיד יפותח ציוד לשידור ב"זמן אמיתי" גם לצילום אופטי רגיל, דבר שיביא למהפכה בכל הקשור לעדכניות התצ"א, וליכולת להסיק מסקנות ולדווח במהירות.

• פענוח אוטומטי: העובדה שמצלמים אף שטחים רבים אשר אין בהם כוחות והצורך בכוח אדם רב, מגבירים את המגמה לפיתוח ציוד לפענוח אוטומטי. סביר שבשלבם הראשונים יפותח ציוד זה לפענוח צילומי מכ"ם, אשר בהם אין מופיעה דמות אמיתית אלא "חתימת-מכ"ם" של העצם.

• פיתוח הסרט באוויר: מגמה שהחלה בשלהי מלחמת ויאטנאם. השיטה יעילה להצנחת הסרט לכוחות לאחר פיתוחו, אולם יש לבצע את הפענוח כרגיל.

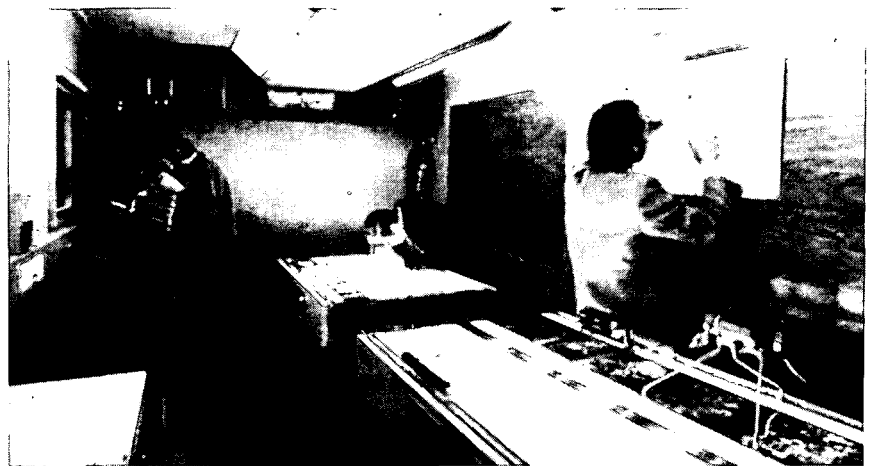
• הגברת השימוש בצילום מכ"ם: מגמה זו נועדת לפתח את מערכת הניווט של טילי השייט השונים וטילי ה"פרשינג-2". הנחיי תם של אלה מבוססת על צילום מכ"ם מקדים של התוואי המתוכנן לטיל, הזנתו למחשב מערכת הניווט, והשוואתו למידע מקביל המופק תוך כדי שיוט הטיל, המתקן את הסטיות שבין הנתיב המתוכנן לנתיב המבוצע.

סיכום

כנגד חסרונות השימוש בתצ"א בתנאי מזג אוויר מסוימים, פגיעותם של מטוסי הצילום לאש נ"מ וחשיפת הכוונות בביצוע טיסות צילום, עומדים יתרונותיו הרבים של התצ"א, המתמצים בנושאים הבאים:

- ראייה בלתי אמצעית של כוחות וצורות היערכות.
- יכולת השוואה למצבים בעבר, ואפשרות להפקת מידע התרעתי.
- איסוף מידע מכוון ולא מקרי (כבהאונה).
- השגת מידע סקטי ואסטרטגי במקביל.
- הכרת אמל"ח חדש.
- דיוק מכסימלי בקביעת מקום הממצא (בנ"צ).
- אמינות חוקר התצ"א מול חוסר הבהירות בהפעלת סוכנים.

התמעטות התעבורה האלחוטית והצפנתה, והמעבר לשימוש בסוגי תקשורת קוויים מוצפנים יחייבו שימוש הולך וגובר בצורות השונות של הסיור הצילומי.



עיצובו הפנימי של קרון פענוח נייד הכולל שני מכשירי פענוח (וויאר), מפות וצילומי עור

אוויר, גורם שמנע טיסות צילום מאוישות, בשל הסיכון הרב שהיה כרוך בכך.

כיום נמצא בפיתוח דור חדש של מל"טים המכונה מול"טים - מטוסים זעירים ללא טייס, מהם מתכלים ומהם לשימוש רב פעמי, משקלם של אלה כ-100 ק"ג, והם מונעים באמצעות מנועי בוכנה זעירים. המזל"טים נועדו לפעולה מגובה נמוך וכמהירות נמוכה, והם משוגרים בדרך כלל מהקרקע בעזרת מעוט או רקטות; האצה, כאשר ככן שיגור משמשים משאית או קרון נגרר. לצורך הפעלתם התקינה נזקקים המזל"טים לתקשורת יעילה וחסונה מחסיר מה. למזל"ט טייס אוטומטי ומערכת בקרת טיסה וחיישנים המופעלים על ידי שולחיהם בסיוע מחשב, לעיתים נושא המזל"ט מצלמת טלביזיה המשגרת את צילומיה לקרקע. המזל"טים נמצאים כיום בראשית דרכם, ובמאמצים לפיתוח נוטלות חלק מדינות רבות. בהתפתחותם מוטלות אף מצלמות בעלות איכות גבוהה, גורם העשוי לייעל את מערכת הביון במידה רבה.

מגמות בפיתוח ציוד הצילום והפענוח

מגמות הפיתוח של אמצעי הצילום והפענוח מתרכזות כיום בעיקר בנושאים הבאים: שיפור המצלמות, שיפור המטוסים, שימוש במזל"טים ומזל"טים, העברת תמונות ב"זמן אמיתי", פענוח אוטומטי, פיתוח הסרט באוויר והגברת השימוש בצילום מכ"ם.

• שיפור המצלמות: ניתן להיעשות באמצע עים הבאים: הגדלת אורך המוקד, שיפור העדרשות והרכבת מסננים שונים, ייצוב המצלמות והגברת מהירות החלפתן, והתאמת המצלמות לתפעול במהירות על ותת קולית. הודות לשיפור המצלמות יתקבלו צילומים חדים יותר, שיבוצעו מגובה רב יותר וממרחק רב יותר, תוך מניעת ריבוי סיכונים של המטוס וצוותו.

• שיפור המטוסים: ייעשה על ידי התאמתם המרבית לביצוע משימות צילום. התאמה זו אמורה לכלול מתקן יציב של המצלמות,

מטרות מעופפות רבות, אשר בסוף שנות החמישים ובתחילת שנות השישים הוסבו למטוסי ביון. ההצלחה הייתה רק חלקית, עקב רמה נמוכה של המצלמות שניתן היה להרכיב במל"טים וכן בעיות בתקשורת ארוכת-טווח.

הצורך המידי בהפעלת מל"טים בתנאי קרב נתבקש במלחמת ויאטנאם לנוכח מערך הנ"מ הצפוף שהוקם בצפון-ויאטנאם. תחילה הוסבו מטרות מעופפות למשימות ביון, אולם השליטה בהן הייתה מוגבלת. להצלחה מרבית זכה ה"פיירבי" מתוצרת חברת "טלדין-ראיין" שטס כבר שנים רבות קודם לכן. דגמיו השונים, שהוטסו בגובה רב, שוגרו מהקרקע או ממטוסי-אם DC-130 הרקולט והונחו על ידי טייס אוטומטי. חלקם הופלו בשמי סין וצפון ויאטנאם, אך רובם הביאו צילומים רבים באיכות טובה, בעלות נמוכה וללא סיכון חיי אדם. תוך הפעלה מבצעית הושגו בביצועי המל"טים שיפורים, ואלה הופנו אף למשימות נוספות.⁹

המל"טים המיועדים לצילום נושאים מצל-מות שונות (בהתאם לייעוד וגובה הטיסה), ומסוגלים לטוס במשך זמן רב מעל לשטח האויב, ולהעביר את המידע המושג בזמן אמיתי לקרקע (בעזרת שידור טלביזיה). טווח המל"ט מדגם "צ'אקר" הינו 420 ק"מ, גובה טיסה יעיל שלו הינו שישה ק"מ, וניתן להקנות לו עד 12 פקודות ניהוג בטיסה אחת (שינוי גובה, כיוון, מהירות, פניות וכו').

למל"ט מסוג "פיירבי" טווח טיסה של 1,000 ק"מ בגובה נמוך, ו-2,000 ק"מ בגובה רב. עד למלחמת יום הכיפורים ביצעו המל"טים שברשות צה"ל טיסות צילום של קו התעלה, שכן מרחב זה היה "רווי" בטיילי קרקע-

9. להלן סוגי המל"טים העיקריים, הנמצאים עתה בפיתוח: מל"טים לתקיפה, מל"טים לירות, מל"טים לביון אלקטרוני ולחסימת מכ"מים, מל"טים לסימק מטרות, מל"טים לפטרולים ימים ולמלחמה בצוללות ומל"טים למשימות אורחיות (כגון: גילוי אוצרות טבע ושימורם).