



חיל האוויר

הנדסה. עיצוב. אמנות.
هندسة. تصميم. فن.
ENGINEERING. DESIGN. ART.

שנקר
شنكار
SHENKAR



בית הספר להנדסת תעשייה וניהול

פרויקט גמר

מוגש כחלק מהדרישות לקבלת תואר בוגר במדעים B.Sc.

בהנדסת תעשייה וניהול

נושא הפרויקט:

אופטימיזציה בניהול משאבים מבצעיים

בטייסות חיל האוויר בשגרה וחירום

אוגוסט 2025

מנחה

מר רואי זרחיה

מגישים

נדב פיירמן שטרן – 207018250

איליה יעקובלב – 321829855

פלג קרן – 311130389



תוכן עניינים

עמוד	פרק
1	תקציר מנהלים
3	1. רקע, סקירת הארגון והגדרת מטרת הפרויקט
3	1.1. תיאור הארגון
4	1.2. מבנה ארגוני
4	1.3. ניתוח ארגוני
5	1.4. רקע ומטרת הפרויקט
5	1.4.1. ריכוז פערים ובעיות במצב הקיים
5	1.4.2. בעלי התפקידים ושיטת העבודה
7	1.4.3. הגדרות ומטרות המערכת החדשה
8	1.4.4. תקציב וכוח אדם לפרויקט
8	1.5. זיקת הסטודנטים לפרויקט
9	2. סקירת הספרות
9	2.1. הקדמה
9	2.2. כטמ"מים ושימושם בזירה הצבאית
11	2.3. היבטי כוח אדם בתכנון שגרת פעילות בטיסות
13	2.4. בעיות אופטימיזציה ותכנון ליניארי
13	2.4.1. רקע
13	2.4.2. סקירה היסטורית תכנון ליניארי
13	2.4.3. תכנון ליניארי בניהול כוח אדם בטייסת כטמ"מ
13	2.4.4. אילוצי תכנון
14	2.4.5. דוגמאות ליישום אופטימיזציה בניהול משאבי כוח אדם
14	2.4.6. סיכום והמלצות להמשך יישום
15	2.5. שימוש במערכות תומכות החלטה
15	2.5.1. רקע
15	2.5.2. עקרונות ה DSS
15	2.5.3. השפעת ה DSS
16	2.5.4. יתרונות ה-DSS בניהול כוח אדם מבצעי
16	2.5.5. DSS בתכנון כוח אדם בין שגרה לחירום
16	2.5.6. סיכום התאמת מערכות DSS
17	2.6. אתגרים עתידיים בניהול כוח אדם במערכי כטמ"מים
17	2.6.1. השפעת האוטומציה והבינה המלאכותית על תפקיד המפעיל
17	2.6.2. שחיקה של צוותים ושימור כשירות ארוכת טווח
18	2.6.3. איומי סייבר ולוחמה אלקטרונית – השפעה על כוח האדם
19	2.6.4. סיכום הפרק והקשרו לפרויקט



פרק	עמוד
3. מתודולוגיה	20
3.1. הקדמה	20
3.2. איסוף נתונים	20
3.3. בניית תבנית גנרית לניהול משאבי כוח אדם	21
3.3.1. עקרונות התבנית	21
3.3.2. פרמטרים מרכזיים	22
3.3.3. מבנה התבנית	22
3.3.4. גמישות והתאמת התבנית	22
3.4. פיתוח כלי אופטימיזציה	22
3.4.1. רקע לכלי אופטימיזציה	22
3.4.2. עקרון הפעולה	23
3.4.3. פונקציית המטרה	23
3.4.4. מצבי הפעלה	23
3.4.5. תהליך העבודה	23
3.4.6. אינטגרציה עם התבנית הגנרית	23
3.5. תיקוף והערכת התבנית והכלים	24
3.5.1. שלב 1 : השוואה לנתוני עבר	24
3.5.2. שלב 2 : התייעצות עם בעלי תפקידים	24
3.5.3. קריטריונים להצלחה	24
4. סיכום תוצאות וממצאי החומר הנאסף	25
4.1. תהליך איסוף ועיבוד הנתונים	25
4.1.1. מקורות איכותניים	25
4.1.2. מקורות כמותיים	26
4.2. ניתוח ממצאים איכותניים	27
4.2.1. תובנות מרכזיות שעלו מן הראיונות והתחקירים	27
4.2.2. ממצאים סותרים וחריגים	30
4.2.3. השוואות רוחביות	31
4.2.4. תרומת הממצאים האיכותניים להבנת הבעיה המחקרית	33
4.2.5. סיכום ממצאים איכותניים	35



עמוד	פרק
36	4.3. ניתוח ממצאים כמותיים
36	4.3.1. ניתוח סיכום שבועי והיקפי המשימות
37	4.3.2. ניתוח מגמות שבועיות ואיתור חריגות לאורך ציר הזמן
38	4.3.3. ניתוח מגמות חודשי
39	4.3.4. מגמות חודשיות בכשלים ובחריגות בשיבוץ (כשירות וזמינות)
40	4.3.5. התפלגות סוגי כשלים
41	4.3.6. ניתוח משכי משימות
42	4.3.7. שונות בעומסי שיבוץ בין אנשי צוות
42	4.3.8. בחינת מתאם בין הפרמטרים שנבחנו
44	4.3.9. השוואת דפוסי שגרה לעומת חירום
45	4.3.10. חריגות, הטיות ומגבלות בנתונים
46	4.4. Benchmark עם מחקרים דומים אחרים
46	4.4.1. גישות מחקר ומתודולוגיה
46	4.4.2. השוואת ממצאים עיקריים
48	4.4.3. מסקנות והשפעות יישומיות
48	4.5. סיכום ודיון בממצאים
49	5. תובנות מחקריות
49	5.1. מסקנות מניתוח הנתונים והצלבה מול הספרות התיאורטית
50	5.2. פיתוח מודל יישומי
53	5.3. זיהוי אתגרים, סיכונים ודרכי התגברות
53	5.4. סיכום תובנות והמלצות
55	6. מסקנות והמלצות
55	6.1. סיכום ממצאים ומסקנות
56	6.2. המלצות לטווח הקצר
58	6.3. המלצות לטווח הבינוני והארוך
59	6.4. תכנון משאבים ולוח זמנים
61	6.5. כיווני מחקר עתידיים
62	רפלקציה
65	ביבליוגרפיה
68	נספחים
126	Executive Summary



רשימת נספחים

עמוד	נספח
68	1. בעלי תפקידים בטייסת כטמ"מ
70	2. פירוט ניתוח SWOT
72	3. ניתוח הבעיות המרכזיות במצב הקיים
73	4. השוואת מאפייני פעילות טייסת כטמ"מ במצבי פעילות שונים
74	5. דוגמא לשיבוץ משימות במצב הקיים
75	6. ניהול התיקיות והקבצים
76	7. תהליך השיבוץ הקיים
78	8. בעלי התפקידים בצוות טיסת כטמ"מ
79	9. כשירויות
80	10. מגבלות ואילוצים לפתרון המוצע
81	11. מילון מונחים
82	12. שאלון ראיונות
84	13. סיכומי הראיונות
93	14. סיכום לקחים מתחקירים מבצעיים
95	15. סיכום נתונים כמותיים
96	16. עקרונות שיבוץ
99	17. תהליך השיבוץ המוצע
101	18. תיאור מערכת
112	19. תיאור אלגוריתם השיבוץ
117	20. התייחסות למודל היישומי ותכנון הפרויקט
121	21. הערכת המענה לפי הקריטריונים להצלחה
123	22. תיעדוף יוזמות Impact \ Effort
125	23. ניהול סיכונים כללי



רשימת טבלאות

עמוד	טבלה
4	1. עיקרי ניתוח ה SWOT
36	2. מדדים סטטיסטיים
38	3. מגמות חודשיות
60	4. ניתוח סיכונים ברמת משימה
72	5. ניתוח הבעיות המרכזיות במצב הקיים
73	6. השוואת מאפייני פעילות טייסת כטמ"מ במצבי פעילות שונים
78	7. בעלי תפקידים בצוות טיסת כטמ"מ
81	8. מילון מונחים
95	9. נתוני טיסות שבועיים שנת 2024
121	10. קריטריונים להצלחה
123	11. Effort Impact
125	12. ניהול סיכונים כללי

רשימת תרשימים

עמוד	תרשים
4	1. מבנה ארגוני טייסת כטמ"מ
37	2. פ"מ לפי שבועות
37	3. שיבוצים לפי שבועות
38	4. ממוצע שיבוצים חודשי
39	5. ממוצעי טעויות וחריגות חודשי
40	6. פילוח שיבוצים שגויים
40	7. סטטוס שיבוצים
41	8. זמן ממוצע של פ"מ אל מול פריט
42	9. הבדלי מינימום לעומת מקסימום חודשי
43	10. מפת חוס לבחינת קורלציה בין הפרמטרים שנבחנו
44	11. קורלציה בין טעויות לשיבוצים
56	12. תלויות בין רכיבי הפיתוח
59	13. גאנט
76	14. תהליך השיבוץ הקיים
99	15. תהליך השיבוץ המוצע
123	16. Effort Impact Matrix



תקציר מנהלים

מערך הכטמ"מ (כלי טיס מאויש מרחוק) של חיל האוויר הישראלי הוא מרכיב מרכזי בפעילות המבצעית של צה"ל בשגרה ובחירום. בזמן חירום המערך נדרש להרחיב את פעילותו באופן משמעותי, לאורך זמן, לעבוד מסביב לשעון ולהיערך למשימות תוך זמן קצר. לכן בזמן חירום, הצורך בהפעלת כוח אדם מיומן עולה משמעותית לטובת שמירה על כשירות מבצעית לאורך זמן. כיום, שיבוץ צוותי האוויר מבוצע באופן ידני, מצב שגורם לחוסר איזון בעומס המוטל על חלק מאנשי הצוות ולכשלים תפעוליים והתוצאה הינה שחיקת כוח האדם, חוסר ניצול מיטבי של המשאב האנושי ולעיתים אף לפגיעה ברציפות המבצעית. ניהול אופטימלי של כוח האדם הכרחי להבטחת מענה מהיר ויעיל לכל דרישה מבצעית.

הפרויקט מבוסס על ניתוח נתוני הטייסת מתקופת מלחמת "חרבות ברזל" ובחינת עומסי עבודה, פערים בכשירות הצוותים וכשלים תפעוליים.

הפרויקט מתמקד בפיתוח מערכת הוליסטית לניהול שיבוץ כוח האדם בטייסות כטמ"מ, שתאפשר שיבוץ חכם, מבוסס מודל אופטימיזציה, תאזן עומסי עבודה ותייעל את זמינות הצוותים, תוך התחשבות בפרמטרים כמו מגבלות כשירות, זמני מנוחה והתאמות אישיות כגון אילוצי זמינות של אנשי הצוות.

בבסיס הפרויקט יצירת מאגר מידע כולל של אנשי צוות. כל פרופיל אישי ירכז את כלל נתוני הכשירות, הזמינות, המגבלות והאילוצים שלו. כמו כן ירוכזו כלל המשימות, תוך התחשבות במגבלות והדרישות השונות של כל משימה. לאחר מכן, יופעל מודל השיבוץ, שימומש ככלי תומך החלטה למפקדים, באמצעות מתן המלצת שיבוץ, שתדרוש בקרה ואישור ידניים ותאפשר קבלת המלצה מתוקנת במידה של שינוי בזמן אמת.

השימוש במערכת ממוחשבת ובמודל מתמטי חכם מבוסס אלגוריתם מעולמות חקר הביצועים, יאפשר להפחית את עומסי היתר על חברי הצוות, לצמצם טעויות אנוש בשיבוץ הצוותים, לשפר את סטטוס הכשירות, למנוע פערים וכשלים לא מתוכננים ולייעל את המענה המבצעי. מנגנוני הבקרה, הצפת החריגות בזמן אמת ולוחות הבקרה שיציגו תמונת מצב עדכנית ומתעדכנת יאפשרו לשפר את קבלת ההחלטות הפיקודיות בזמן אמת.

המערכת תהיה מודולרית וניתנת להרחבה, גם עבור ניהול משאבים נוספים בטייסות כגון טכנאים מסוגים שונים, הכשרות, כונניות (כוח אדם שאינו משוייך למשימה אך נמצא בהערכות מוקדמת שמאפשרת מוכנות מבצעית תוך זמן קצר מקבלת פקודה), מטוסים, קרונות (מתקנים ניידים המשתמשים לשליטה ובקרה על כטמ"מים), חימושים ועוד. כמו כן ניתן יהיה להרחיב את



השימוש במערכת במימד נוסף, באמצעות התאמתה ושילובה ביחידות נוספות בחיל האוויר ולשפר משמעותית את ניהול כוח האדם המבצעי בו. בהמשך, ניתן יהיה להתאים את המערכת גם ליחידות נוספות בצה"ל הזקוקות לשיבוץ יעיל של כוח אדם תחת אילוצים מבצעיים משתנים. יישום המערכת צפוי לתרום לשיפור משמעותי ביכולת הטייסות להתמודד עם עומסים ולספק מענה טוב יותר לצרכים המבצעיים.

הפרויקט מציע פתרון חדשני לניהול כוח האדם בטייסות כטמ"מ תוך שילוב אקדמיה, טכנולוגיה וצרכים מבצעיים, לטובת יצירת סטנדרט חדש לניהול כוח אדם מבצעי בשדה הקרב המודרני.



1. רקע, סקירת הארגון והגדרת מטרת הפרויקט

1.1. תיאור הארגון

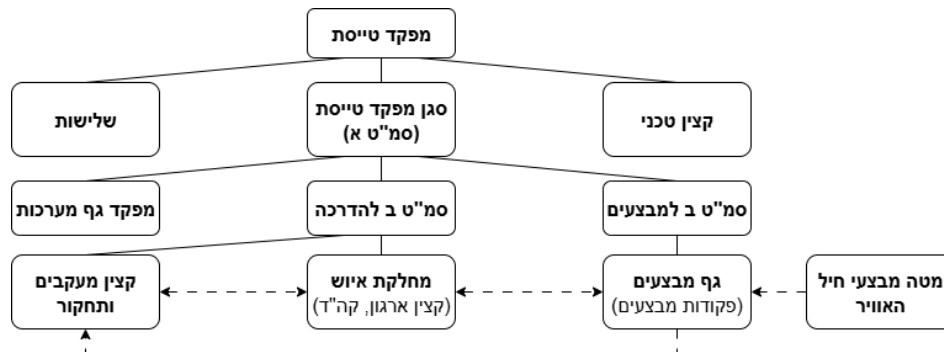
מערך כלי הטיס המאוישים מרחוק הינו מערך אווירי שנמצא במרכז העשייה המבצעית של צה"ל בשגרה ובחירום. משימות מערך הכטמ"מ מגוונות וכוללות, בין היתר, איסוף מודיעין באמצעות סנסורים שונים, משימות הגנה ותקיפה בתוך מדינת ישראל, גבולותיה ומעבר להן.

מערך זה הוקם כחלק מלקחי מלחמת יום הכיפורים (1973) במטרה לשפר את יכולות המודיעין הישראלי ולתמרן את האויב, לאחר שישראל הופתעה בתקיפה משולבת של הכוחות המצריים והסוריים. כבר בשלהי שנות השמונים נכנסו לשימוש בצה"ל שני כלי טיס מאוישים מרחוק, אחד מהם פותח על ידי התעשייה האווירית והשני על ידי תדיראן מערכות. מטוסים אלו הביאו לישראל יתרון צבאי משמעותי במלחמת לבנון הראשונה (1982) ומאז נמצאים בתהליך פיתוח מתמיד ובשימוש נרחב בפעילות המבצעית של צה"ל. המערך בנוי ממטוסים ללא טייס, תחנות שליטה קרקעיות ותקשורת רדיו המאפשרת את השליטה במטוסים מהתחנות הקרקעיות על ידי מפעילי כטמ"מ אשר מטיסים ומפעילים את המטוס מרחוק. המערך עובד מסביב לשעון במדרגות הפעלה שונות בשגרה ובחירום. המערך לוקח חלק מרכזי במלחמת "חרבות ברזל" החל ממשימות איסוף מודיעין ומעקב, חיסולים ממוקדים וסיוע לכוחות המתמרנים. אופן הפעלת מערך הכטמ"מ בשגרה הינו בהתאם לפקודה סדורה שעוברת מהמטה המבצעי לטייסות בחיל האוויר כשבוע מראש. כך בעצם לכל טייסת יש את היכולת והזמן להיערך ולתכנן את לוח הטיסות שלה בהתאם לדרישה המבצעית. בתהליך תכנון הטיסות נלקחים בחשבון מספר מימדים, לדוגמה: זמני מסלול בשדה התעופה, זמני תעבורה, סוגים שונים של מערכות מבצעיות על המטוסים אשר נדרשות לביצוע המשימות השונות, פעולות אחזקה למטוסים. כמו כן, שיבוץ כוח אדם בעל כשירות ומיומנות שונה בין בעלי התפקידים, נהלי מנוחה בין טיסות ומגבלות אינטרוול שמירת כשירות. בעת מבצע צבאי או מלחמה, המערך נדרש להרחיב את היקף הפעילות באופן משמעותי ובקבועי זמן קצרים. שיטת ההפעלה בעתות חירום היא שמירת רצף אווירי של מטוסים על מנת לתת מענה למספר גזרות, בכל אחת כמות שונה של מטוסים הנושאים מערכות מבצעיות וחימושים שונים, בהתאם לצורך המבצע.



1.2. מבנה ארגוני

כ 11 טייסות כטמ"מ פזורות כיום בבסיסי חיל האוויר השונים בארץ, משיקולי יעילות, משימות, שרידות, ניהול עומסי מסלולי המראה ונחיתה, מרחב אווירי וקשב פיקודי. במבנה ארגוני סטנדרטי של טייסת כטמ"מ ניתן למצוא כ-100 צוותי אוויר שמורכבים מאנשי חובה, קבע ומילואים. בנוסף בכל טייסת קיים מערך אחזקה טכני שכולל עוד כ 100 טכנאים מכל הסוגים.



תרשים 1 – מבנה ארגוני טייסת כטמ"מ

פירוט בעלי תפקידים בטייסת כטמ"מ בנספח 1

1.3. ניתוח ארגוני

לצורך ניתוח סביבתי של הפרויקט, נבחר ניתוח SWOT, המאפשר לאפיין בצורה ממוקדת את החוזקות, החולשות, ההזדמנויות והאיומים הקיימים במאפייני ההפעלה והניהול של טייסות הכטמ"מ. מכיוון שהפרויקט אינו מתבצע מול חברה מסחרית אלא במסגרת צה"ל, ניתוחים כגון PESTLE (המתמקד בסביבה פוליטית-כלכלית-חוקית) או PORTER (המתאים לשוק תחרותי וצרכני) פחות רלוונטיים, לכן לא בוצעו.

Threats איומים	Opportunities הזדמנויות	Weaknesses חולשות	Strengths חוזקות
<ul style="list-style-type: none"> • תחרות על כוח אדם איכותי • איומי סייבר על המערכות • התפתחות טכנולוגיות נגד לחץ פוליטי ורגולציה • תלות בספקים חיצוניים 	<ul style="list-style-type: none"> • פיתוח והרחבת הכשרות • שיפור תנאי שירות • שימוש בבינה מלאכותית ואוטומציה • שיתוף פעולה עם התעשיות הביטחוניות • שיפור תדמית התפקיד 	<ul style="list-style-type: none"> • עומס מבצעי גבוה • מחסור בכוח אדם מיומן • תלות בטכנולוגיה • שחיקה מנטלית • הערכת חסר לתפקיד 	<ul style="list-style-type: none"> • מקצועיות והתמקצעות גבוהה • רציפות תפקודית • שימור ידע וניסיון • יכולת הסתגלות וגמישות מבצעית • שיתוף פעולה בין זרועי

טבלה 1 – עיקרי ניתוח ה SWOT

פירוט מלא של ניתוח ה SWOT בנספח 2



1.4. רקע ומטרת הפרויקט

בשנים האחרונות מערך הכטמ"מ בחיל האוויר התפתח וגדל בצורה אקספוננציאלית ואיתו כמות שעות הטיסה, המטוסים וכוח האדם (צוותי הטיסה) אותם נדרש לנהל ביעילות מירבית למשימות השונות של חיל האוויר.

1.4.1. ריכוז פערים ובעיות במצב הקיים

כיום קיימים פערים ובעיות רבים בתכנון ושיבוץ כוח אדם למשימות השונות בתחום הכטמ"מ. התהליך מסורבל ולא יעיל, המידע לא עדכני ולא נגיש, אין גמישות והתאמה לשינויים ואילוצים ואין תיאום מספק בין דרגי התכנון לדרגי הביצוע. כתוצאה מכך ניצול המשאבים אינו מיטבי, יש שיבוצים שגויים, נדרש מענה לבעיות בזמן אמת ובמקרים חריגים אף עלולה להגרם פגיעה מבצעית. לצורך הבנת בעיות השורש בוצע מיפוי שיטתי של תהליך השיבוץ הקיים, בהתבסס על תצפיות, ראיונות עם בעלי תפקידים וניתוח מסמכים תפעוליים ותחקירים מהשנתיים האחרונות. המסמכים המלאים מסווגים ולכן לא צורפו. **רוכוז הבעיות המרכזיות, כל בעיה דורגה לפי חומרה ותדירות.**

פירוט ניתוח הבעיות המרכזיות במצב הקיים בנספח 3

מלחמת 'חרבות הברזל' הדגישה את הפערים אלו ואת הצורך במתן מענה מיידי על מנת להגדיל את התפוקה המבצעית, ולייעל את ניהול כוח האדם, הכלים והאמל"ח (אמצעי לחימה) בטייסות בצורה מאוזנת, חסכונית ויעילה.

השוואת מאפייני פעילות טייסת כטמ"מ במצבי פעילות שונים בנספח 4

1.4.2. בעלי התפקידים ושיטת העבודה

בעלי התפקידים ושיטת העבודה שונה מאוד בין שגרה לחירום, בדומה לתפיסה בחיל האוויר אנו נתמקד בשיטת העבודה בחירום מאחר וזהו התרחיש המחמיר אליו נדרש לבנות את הסד"כ (סדרי הכוחות) והמערכות המבצעיות. אנו בחרנו להתמקד במשאב מפעילי הכטמ"מים אך ניתן עם שינויים כאלה ואחרים להתאים את זה לכל משאבי כוח האדם (כגון טכנאים) או משאב מבצעי אחר (תחנות, מטוסים, חימושים).

מכלול איוש - מונה בין שתיים לארבע קה"דיות (קצינות הדרכה) אשר אחראיות על רצף איוש צוותי הטיסה לכל המשימות של הטייסת. הקה"דיות עובדות כיום בצורה



פשוטה וכמעט ידנית, משבצות כל איש צוות על קובץ Excel ללא חישובים, אינטגרציה או אוטומציה, ללא כל התחשבות באילוצים, אינטרוולים או הגבלות. גם אם העבודה שלהן טובה, היא פשוט אינה יעילה, אינה מבוקרת וחשופה להמון טעויות אנוש.

דוגמא לשיבוץ משימות במצב הקיים **בנספח 5**

מבנה סכמתי של אופן ניהול התיקיות והקבצים **בנספח 6**

פירוט תהליך השיבוץ הקיים **בנספח 7**

פירוט בעלי התפקידים בצוות טיסת כטמ"מ **בנספח 8**

הסבר לגבי הכשירויות **בנספח 9**

הטבלה איתה עובדות הקה"דיות מציגה חלונות זמנים בהם נדרש לאיש איש צוות למשימה כלשהי. בדרך זו, ניתן לראות עבור כל מוקד משימתי את "סידור העבודה" של כל צוותי הטיסה לאורך היום על פי פריטים (משך טיסה) וכיסא בו הוא משובץ (מפקד/מפעיל/מטיס).

ייתכן מצב בו משבצים את אותו איש צוות פעמיים בזמנים חופפים או צמודים ומגלים זאת רק בזמן אמת, כאשר איש הצוות לא מגיע לאחת המשימות. כמו כן לעתים מאיישים איש צוות שאינו בעל הכשירות המתאימה למשימה (לדוגמא משהו שאינו בכשירות מפקד משובץ כמפקד מטוס). על פי נהלי חיל האוויר לצוותי טיסה יש מגבלות מנוחה בין טיסות עליהן נדרש להקפיד (משיקולי ערנות, חדות, בטיחות), אך בשיטת העבודה הנוכחית אין כל בקרה על כך, מלבד המפקד שמאשר את הלוח הסופי, וניתן לאיש איש צוות 24/7. במצב הנוכחי אין כל התייחסויות לאילוצים של צוותי הטיסה (לדוגמא: אם משהו חולה/בחופש/לא פנוי/בדיון) והלוח נבנה מתוך נקודת הנחה שהמשאב (איש הצוות) פנוי כל הזמן. בנהלי חיל האוויר לכל כשירות/משימה יש הגדרות של פרקי זמן, ביניהם חייב אותו איש צוות לעשות טיסה מבצעית/אימון על מנת לא לרדת מכשירות, בכל ירידה מכשירות נדרש לעבור סדרת אימונים עם מדריך טיסה כדי לחזור לכשירות. בנהלי חיל האוויר יש גם הגדרות לכשירות רפואית אותם נדרשים לעבור כל אנשי הצוות מדי תקופה, ובמקרה בו איש הצוות לא ביצע את הבדיקות וקיבל אישור הוא אינו כשיר לטוס. אנו יודעים כי "כל תכנון הוא בסיס טוב לשינויים" ולכן הנחת העבודה שלוח הטיסות לא בהכרח יוצא לפועל כמו שתוכנן, מה שאומר שיש הרבה שינויים שקורים בזמן אמת, ללא כל יכולת בקרה על ההשפעה על עדכון התכנון להמשך, מה



שמייצר טעויות ו"חורים" בלוח שמתגלים רק בזמן אמת. פערים אלה בולטים במיוחד בחוסר היכולת לבקר אותם כיום על ידי המפקדים. נדרשת מערכת תכנון משאבים אוטומטית שתאפשר לבחור את יכולת מיצוי כוח אדם (שחיקה), תאפשר לשים מגבלות ואילוצים ותבצע את תהליך השיבוץ והאינטגרציה בצורה אוטומטית ובכך להגדיל ולמצות את כמות המשימות שהטייסת מסוגלת לעשות עם המשאבים העומדים לרשותה.

מטרת העל של הפרויקט – ייעול תהליך התכנון והביצוע של ניהול משאב כוח

האדם. מדובר בתחום רחב היקף, בעל היסטוריה מפוארת של חיבור לעולם הבטחוני. עם זאת, המודל אותו אנו נדרשים לממש אופייני לצה"ל ולחיל האוויר הישראלי ועל כן עלינו לפתח אותו באופן שיתאים להם תוך שילוב הידע האקדמי.

1.4.3. הגדרות ומטרות המערכת החדשה

- מערכת המכילה מאגר מידע אישי לכל איש צוות אוויר הכולל את הכשירות המקצועית, הכשירות הרפואית, מעקב הטיסות, מנוחה נדרשת בין טיסות, אילוצים ומגבלות, סטטוס שירות (מילואים לעומת סדיר), העדפות אישיות, זמינות, רמת העומס ומדדים פסיכולוגיים (למניעת שחיקה).
- יכולת המלצה אוטומטית (מבוססת AI) לשיבוץ של צוותי הטיסה תוך התאמה בין מאפייני המשימות הנדרשות לבין מאפייני כוח האדם הזמין בכל יום עבודה ברמת הטייסת, בהתחשב במגבלות חוקיות ופיקודיות. לפחות בשלב הראשון, המלצה זו תדרוש אישור/תיקוף של גורם אנושי (קה"דיות).
- יכולת רה-תכנון אוטומטית בזמן אמת כתוצאה משינויים ובלת"מים (בלתי מתוכננים) בזמן אמת.
- יצירת כלי תומך החלטה למפקדים.
- יכולת הצגת פערים ודפ"אות (דרכי פעולה אפשריות) למפקדים כך שיוכלו לבצע תהליך מקיף של קבלת החלטות על בסיס נתונים עדכניים ותכליתיים.
- בניית מודל מתמטי לתכנון רצף איוש המשימות השונות כבעיית תכנון ליניארי.
- הכללת כלל השיקולים (כשירות, מגבלות, שחיקה) במסגרת של מודל מתמטי המכיל פונקציית מטרה ואילוצים מתחום חקר הביצועים.



- הוכחת יכולת של תכנון אוטומטי ובניית כלי לתכנון אוטומטי שיאפשר צמצום החשיפה לטעויות אנוש באמצעות אוטומציה של התהליך.

1.4.4. תקציב כוח אדם לפרויקט

- עלות הקמה מקסימלית (כולל תשתיות) – 1,000,000 ₪.
 - הפיתוח עצמו יעשה על ידי יחידת אופק של חיל האוויר והנחת העבודה כי היא תקבל את הקצאת הזמן הדרושה לשם כך.
 - עלות שנתית תחזוקה שוטפת - עד 20% מההקמה.
- פירוט המגבלות והאילוצים לפתרון המוצע בנספח 10

1.5. זיקת הסטודנטים לפרויקט

שני סטודנטים מצוות הפרויקט הם קצינים בחיל האוויר הממלאים תפקידים פיקודיים בשדה, בתחומי הכטמ"מ והבקרה האווירית. מתפקידם הנוכחי ותפקידים קודמים הם מכירים את האתגרים בתחום מקרוב. במהלך מלחמת 'חרבות ברזל' הפער בניהול לא יעיל בלט מאוד והשפיע על כל אחד מהלוחמים בקצה ומשם נולד הרעיון. להערכתנו, ביצוע אופטימיזציה לתכנון הרצף האווירי בלחימה תוך שילוב ידע אקדמי ומודלים מתקדמים יביא להתייעלות משמעותית ושימוש נכון במשאבי כוח אדם בטייסות. התייעלות זו תביא בסופו של דבר למענה צבאי בטחוני רחב יותר בעת חירום. בעבודה זו נוכל לממש את הידע אותו רכשנו במהלך התואר ובתחום חקר הביצועים בפרט. היכולת לממש את הידע האקדמי בתחום העיסוק הבטחוני בו אנו עוסקים הוא עבורנו משמעותי ביותר.



2. סקירת הספרות

2.1. הקדמה

בפרק זה נסקור את הספרות האקדמית הרלוונטית לניהול אופטימלי של כוח האדם בטייסות כטמ"מ (כלי טיס מאוישים מרחוק), תוך התמקדות במגוון ההיבטים התפעוליים, הארגוניים והטכנולוגיים הקשורים לכך. מטרת הפרק היא לבסס תשתית תיאורטית לפיתוח מודל לניהול מיטבי של משאבי כוח האדם בטייסות, בדגש על חירום ולחימה בגזרות שונות.

תחילה, נבחן את השימוש בכטמ"מים לאורך ההיסטוריה, תוך התמקדות בזירה הצבאית, ונדגיש את הקשר הישיר בין התפתחות הטכנולוגיה לבין הדרישות מכוח האדם המפעיל. נעמוד על היתרונות והחסרונות של הפעלת כטמ"מים, במיוחד בהיבט האנושי – כשירות, הכשרה והתמודדות עם עומסי עבודה.

שנית, נסקור היבטים מרכזיים התומכים בתכנון מיטבי של כוח האדם המפעיל, בהם תכנון חלוקת משימות, ניהול כשירות מבצעית, שימור ידע ארגוני והתמודדות עם עומסי עבודה משתנים בין שגרה לחירום. לאחר מכן, נבחן את התפתחותן של שיטות אופטימיזציה להקצאת כוח אדם, כולל מודלים של תכנון ליניארי ותכנון דינמי, המאפשרים ניהול אפקטיבי של כוח האדם בהתאם לצרכים המבצעיים המשתנים.

בהמשך, נעמוד על השימוש בפתרון בעיות אלו במסגרת תכנון כוח האדם ביחידות מבצעיות, תוך בחינת האפשרות לפתח מודל מתמטי אשר יאפשר לבטא את האילוצים והצרכים המבצעיים המורכבים עימם מתמודדות טייסות הכטמ"מ. לבסוף, נדון בשימוש במערכות תומכות החלטה (DSS) לניהול כוח אדם במערכת הצבאית, ובצורך להציג נתוני כשירות, זמינות ומיומנויות עדכניים בזמן אמת כבסיס לקבלת החלטות מיטביות, תוך התחשבות במספר רב של שיקולים מבצעיים ואנושיים.

2.2. כטמ"מים ושימושם בזירה הצבאית

לכלי טיס מאוישים מרחוק (כטמ"מים) היסטוריה עשירה המשתרעת על פני יותר ממאה שנה (Królikowski, 2022) [6]. הדגמים הראשונים של כטמ"מים פותחו למטרות צבאיות, כאשר השימוש המתועד הראשון בהם היה במהלך מלחמת העולם הראשונה. בתקופה זו, הצבא האוסטרו-הונגרי הפעיל בלונים בלתי מאוישים שנשלטו באמצעות תקשורת רדיו ושימשו להפצצת ערים איטלקיות. מאז ועד היום, הכטמ"מים עברו



התפתחויות משמעותיות ושימוש למגוון רחב של משימות אזרחיות וצבאיות ברחבי העולם.

בתחילת שנות ה-2000 חל שינוי משמעותי בשימוש הצבאי בכטמ"מים, עם עלייה ניכרת בהפעלתם במסגרת המלחמה הגלובלית בטרור. דגמים כגון ה-"Predator" צברו שעות טיסה רבות במשימות מעקב ותקיפה באפגניסטן ובעיראק. כיום, הכטמ"מים הפכו לנגישים יותר, והשימוש בהם התרחב משמעותית הן לתחומים אזרחיים והן לשימושים צבאיים ברחבי העולם (Królikowski, 2022). מגמה זו לא רק הגדילה את התלות בטכנולוגיה, אלא גם הדגישה את החשיבות של הכשרת כוח האדם המפעיל ואת הצורך בתהליכי תכנון והקצאה אופטימליים למשאבי האנוש הקשורים בהפעלת כטמ"מים (Fernando et al., 2020).

בעשור האחרון, טכנולוגיית הכטמ"מים המשיכה להתפתח בקצב מואץ, תוך שילוב חיישנים מתקדמים, מערכות מודיעין, אמצעי לחימה ויכולות תקשורת משופרות (Królikowski, 2022). התקדמות זו הובילה לפיתוח תפיסות מבצעיות חדשות, כמו הפעלת כטמ"מים בלהקות להשגת מטרות משותפות, אך גם יצרה אתגר ניכר של ניהול ותיאום בין כלל בעלי התפקידים השותפים למשימה – מפעילים, מתכננים, גורמי שליטה וטכנאים (Liu et al., 2023). ישראל היא אחת המדינות המובילות בתחום פיתוח והפעלת כטמ"מים, וצה"ל עושה בהם שימוש יומיומי לצורכי ביטחון (Królikowski, 2022).

כדי להבין טוב יותר את חשיבותם של הכטמ"מים בשדה הקרב, יש לעמוד על היתרונות והחסרונות הכרוכים בשימוש בהם. בין היתרונות הבולטים ניתן למנות את היכולת לספק מודעות מצבית בזמן אמת, תוך שימוש באמצעי איסוף מודיעין מתקדמים. כך, הכוחות הצבאיים ושדרת הפיקוד יכולים לקבל תמונת מצב עדכנית ומדויקת על שדה הקרב, לזהות איומים ולהגיב בהתאם (Liu et al., 2023).

יתרון משמעותי נוסף הוא הפחתת הסיכון לחיי אדם. במקום לשלוח חיילים או מטוסים מאוישים למשימות סיור ותצפית מעבר לקווי האויב, ניתן להפעיל כטמ"מים ולהקטין משמעותית את רמת הסיכון לכוחות הצבאיים. בנוסף, כטמ"מים מצטיינים ביכולת שהייה ממושכת באוויר ובכיסוי שטחים נרחבים, מה שמגדיל את היעילות המבצעית שלהם. גם מבחינת עלות, הכטמ"מים משתלמים יחסית, כאשר עלות הרכישה והתחזוקה שלהם נמוכה באופן משמעותי בהשוואה לכלי טיס מאוישים, מה שהופך אותם לנגישים עבור צבאות וארגונים ביטחוניים (Królikowski, 2022).



עם זאת, לצד היתרונות קיימים גם חסרונות משמעותיים הקשורים באופן ישיר לכוח האדם המפעיל את הכלים. החיסרון הראשון טמון בתלות הרבה במפעילים, אשר נדרשים לרמה גבוהה של מיומנות, ריכוז ועמידה בלחצים לאורך זמן. מחקרים מצביעים על כך שהפעלת כטמ"מ היא תהליך מורכב, הדורש תיאום בין מספר בעלי תפקידים – מפעילים, מתכננים, קציני שליטה, גורמי מודיעין ואחזקה – כאשר כל חוליה בשרשרת זו משפיעה באופן ישיר על הצלחת המשימה (Albrecht et al., 2018 [1]).

עומסי עבודה גבוהים, חוסר בכוח אדם מיומן או שחיקה מצטברת עלולים לפגוע באיכות קבלת ההחלטות, בדיוק ההפעלה וביכולת התגובה בזמן אמת. ככל שהסביבה המבצעית נעשית מורכבת ודינאמית יותר, כך הצורך במערכות תומכות החלטה ובמודלים מתקדמים לניהול כוח אדם בזמן אמת מתחדד (López-Pintado et al., 2024 [9]).

בנוסף, בשל המורכבות המבצעית, כל תקלה או אירוע בלתי צפוי מחייבים מענה מהיר המשלב תחקור, קבלת החלטות והפעלת שיקול דעת אנושי תחת לחץ – יכולות שלא תמיד ניתן להבטיח כאשר קיים מחסור בכוח אדם מיומן או כאשר הידע הקריטי לא הועבר בעת החלפת האיוש (Sanders et al., 2024 [13]).

חיסרון נוסף נוגע לאתגרי הכשירות וההכשרה המתמשכת. שימור רמת מקצועיות גבוהה לאורך זמן מחייב השקעה משמעותית בהדרכות, תרגולים ותחקור אירועים, במיוחד במצבי חירום בהם עקומת הלמידה תלולה והלחץ התפעולי גבוה (Li et al., 2019 [7]; Sanders et al., 2024 [13]). מגבלות אלו נלקחו בחשבון במסגרת הפרויקט, אשר שואף לפתח מודל ייעודי לניהול ותכנון מיטבי של כוח האדם במערך הכטמ"מ, תוך שילוב תובנות מהספרות האקדמית וממחקרים עדכניים.

מילון מונחים נספח 11

2.3. היבטי כוח אדם בתכנון שגרת פעילות בטיחות

גורמים רבים משפיעים על תכנון כוח האדם המפעיל את מערך הכטמ"מ, כאשר התאמה בין הכשירות המבצעית לצורכי המשימה היא המפתח להבטחת ביצועים מיטביים לאורך זמן (Li et al., 2019 [7]). היבט מרכזי בתכנון זה הוא חלוקת עבודה אופטימלית, אשר שומרת על רמה גבוהה של כשירות ומקצועיות מחד, ומצמצמת שחיקה מצטברת מאידך. תכנון אפקטיבי מחייב שקלול פרמטרים כגון: רמת הכשירות העדכנית של כל מפעיל, היקף שעות הפעילות הרצופות, מאפייני המשימה (סיוור, תקיפה,



איסוף מודיעין), רמות הכוננות הנדרשות, וכן עמידה באילוצי רגולציה צבאית, לרבות הנחיות הפיקוד לגבי זמני מנוחה והתאוששות (Fernando et al., 2020 [4]).

אחת השיטות המתקדמות ביותר לניהול מיטבי של כוח האדם במערכים מבצעיים היא שימוש במערכות אופטימיזציה להקצאת כוח אדם, המאפשרות להגדיר סידור עבודה גמיש ודינאמי, בהתאם לשילוב של כישורים נדרשים, זמינות כוח האדם בפועל, מגבלות בריאותיות וניסיון קודם במשימות דומות. מודלים מתחום Workforce Scheduling מאפשרים בניית סידורי עבודה מותאמים, תוך התחשבות באיזון עומסי עבודה בין פרטים, שימור מומחיות בצוותים, והבטחת כשירות כוללת ביחידה לאורך זמן (Allu et al., 2024 [2]).

בנוסף, בתנאי לחימה דינמיים, בהם קצב המשימות והאיומים משתנה במהירות, תכנון כוח האדם חייב להיות גמיש ולכלול יכולת לבצע התאמות מהירות בזמן אמת. מצבים אלה דורשים מנגנון מתמשך לניטור עומסי העבודה, מעקב אחר רמות הכשירות ויכולת להגיב בזמן אמת על-ידי התאמה מיידית של שיבוצי הצוותים בהתאם לצרכים המשתנים (Liu et al., 2023 [8]). מערכת כזו מאפשרת צמצום עומס יתר על בעלי תפקידים ספציפיים, תוך שמירה על כשירות כללית מיטבית בכל רגע נתון.

היבט נוסף בעל השפעה קריטית הוא שימור הידע והכשרות שוטפות. תכנון פעילות כוח האדם אינו יכול להסתפק רק במענה למשימות השוטפות, אלא חייב לכלול גם תוכניות הכשרה ועדכון מקצועי שוטפות, כדי להבטיח שהצוותים יישארו כשירים להתמודד עם תרחישים בלתי צפויים ושינויים טכנולוגיים לאורך זמן (Li et al., 2019 [7]). מחקרים מראים כי יחידות המשלבות מערכות מידע לניהול כשירות ואחזקת ידע ארגוני, תוך התבססות על תחקור שוטף והפקת לקחים מכל משימה, נהנות מרציפות תפקודית גבוהה יותר ומיכולת הסתגלות טובה יותר לשינויים (López-Pintado et al., 2024 [9]).

שילוב כלים אלו במסגרת ניהול המשאב האנושי במערך הכטמ"מים, מאפשר יצירת תמונת מצב עדכנית, שבה כל מפקד יכול לראות בזמן אמת את כשירות הצוותים, פערי המיומנויות והעמסות הנוכחיות, ובכך לקבל החלטות מבוססות נתונים לגבי תכנון השיבוץ והקצאת המשאבים האנושיים.



2.4. בעיות אופטימיזציה ותכנון ליניארי

2.4.1. רקע

הצורך באופטימיזציה בניהול משאבי כוח האדם בטייסות כטמ"מ נובע ממורכבות התפעול המבצעי, הדורש תכנון קפדני של הקצאת משימות, איזון עומסי עבודה ושימור כשירות מבצעית. תחום תכנון ליניארי ואופטימיזציה מספק כלים מדעיים המאפשרים תכנון אופטימלי של הקצאת כוח האדם, תוך התחשבות באילוצים מבצעיים והומאניים כאחד.

2.4.2. סקירה היסטורית תכנון ליניארי

אופטימיזציה של תהליכים צבאיים החלה כאשר גורמים צבאיים החלו להשתמש בשיטות מתמטיות לניהול משאבים, תכנון משימות וחלוקת כוח אדם (Allu et al., 2024 [2]). מאז, תחום זה התרחב משמעותית והוא מהווה כיום כלי מרכזי בניהול משאבים מורכבים, כולל ניהול כוח אדם במערכות תעופה צבאיות ואזרחיות (Allu et al., 2024 [2]).

2.4.3. תכנון ליניארי בניהול כוח אדם בטייסת כטמ"מ

תכנון ליניארי (Linear Programming - LP) מאפשר גישה כמותית לפתרון בעיות הקצאת משאבים, בהן יש צורך למקסם או למזער פונקציה אובייקטיבית תחת אילוצים מסוימים (Li et al., 2019 [7]). בטייסות כטמ"מ, פונקציית המטרה עשויה להיות:

- מקסום רמת הכשירות הכוללת של הצוותים המבצעיים.
- מינימיזציה של שחיקה ועייפות מצטברת בקרב המפעילים.
- צמצום שעות השבתה עקב מחסור בכוח אדם מיומן.

2.4.4. אילוצי תכנון

האילוצים בתכנון זה עשויים לכלול

- זמינות כוח אדם – כמה מפעילים זמינים בכל יום.
- כשירות מבצעית – התאמת רמות ההכשרה של המפעילים למשימות.
- מגבלות רגולטוריות – כללי הפיקוד בנוגע לזמני מנוחה ומקסימום שעות טיסה רצופות.



שימוש באלגוריתם SIMPLEX, למשל, יכול לספק פתרונות מיטביים לסידור כוח האדם על פי פרמטרים אלה (Li et al., 2019 [7]; Allu et al., 2024 [2]; López-Pintado et al., 2024 [9]).

2.4.5. דוגמאות ליישום אופטימיזציה בניהול משאבי כוח אדם

- תכנון עבודה דינמי: מודלים של Workforce Scheduling מאפשרים יצירת סידור עבודה דינמי המתחשב ברמות כשירות המפעילים, בעומסי העבודה ובתנאי הלחימה המשתנים (Fernando et al., 2020 [4]).
- אופטימיזציה של הכשרת מפעילים: שימוש בתכנון ליניארי לקביעת לוחות זמני הכשרה המאזנים בין הצורך במבצעים שוטפת לבין שימור רמת מקצועיות גבוהה לאורך זמן (Li et al., 2019 [7]).
- התמודדות עם שיבושים בזמן אמת: טייסות כטמ"מים פועלות בסביבה משתנה במהירות, מה שמחייב מודלים של אופטימיזציה אדפטיבית לניהול כוח אדם, המשלבים שיטות תכנון ליניארי דינמי להסתגלות לשינויים בלתי צפויים (Evler et al., 2021 [3]; Liu et al., 2023 [8]).

2.4.6. סיכום והמלצות להמשך יישום

אופטימיזציה של ניהול כוח האדם בטייסות כטמ"מ היא תחום חיוני לשיפור היעילות המבצעית ולמניעת שחיקת כוח האדם. השימוש במודלים של תכנון ליניארי, יחד עם שילוב מערכות תומכות החלטה (DSS), יכול לשפר משמעותית את תהליך קבלת ההחלטות ביחידות מבצעות. בפרויקט זה, נבחן יישום גישות מתקדמות לאופטימיזציה של שיבוץ כוח אדם, בהתבסס על מודלים מתמטיים קיימים, תוך התאמה לצרכים הייחודיים של טייסות כטמ"מ.



2.5. שימוש במערכות תומכות החלטה

2.5.1. רקע

מערכת תומכת החלטה (Decision Support System - DSS) היא מערכת מידע ממוחשבת המסייעת בתהליכי קבלת החלטות בארגונים הפועלים בסביבות דינאמיות ומורכבות, המאופיינות ברמות גבוהות של אי-ודאות (Li et al., 2019 [7]; López-Pintado et al., 2024 [9]). מאז שנות השבעים, עם התפתחות הטכנולוגיה וכניסת מערכות מידע מתקדמות, השימוש ב-DSS הפך לנפוץ במגוון תחומים, כולל מערכות צבאיות לניהול משאבים בזמן אמת. בשנות השמונים התחום צבר תאוצה והפך לנושא מחקר עצמאי, תוך שימת דגש על שילוב ניתוחי נתונים, סימולציות ואלגוריתמים תומכי החלטה וכן קליטת נתוני IoT מחיישנים (RFID/WSN) (Li et al., 2019 [7]; Pan & Liu, 2021 [12]).

2.5.2. עקרונות ה DSS

בהתבסס על הספרות העדכנית, מערכות DSS איכותיות נדרשות לעמוד בשני עקרונות מרכזיים:

- תמיכה בהחלטות ללא הפיכתן לאוטונומיות – המערכת מספקת למקבלי ההחלטות מידע מעובד ותובנות, אך אינה מחליפה את שיקול הדעת האנושי.
- יכולת הסתגלות לשינויים בזמן אמת – DSS אפקטיבית מסוגלת להתאים את המלצותיה לתנאים משתנים במהירות, תוך התאמה מתמשכת של המידע והניתוחים המוצגים (López-Pintado et al., 2024 [9]).

2.5.3. השפעת ה DSS

DSS לניהול כוח אדם ומשימות הכטמ"מים, שבו זמינות כוח האדם וכשירותו משפיעות באופן ישיר על הצלחת המשימה, קיים צורך קריטי במערכת DSS המספקת תמונה מלאה בזמן אמת. מערכות ניהול קיימות בצה"ל מתמקדות בעיקר בהיבטים מבצעיים של המשימה, אך אינן מעניקות פתרון כוללני לניהול כוח האדם מבחינת זמינות, עומס ושחיקה מצטברת (López-Pintado et al., 2024 [9]). שילוב DSS מתקדם יאפשר תכנון מיטבי של חלוקת העבודה, תוך איזון בין יעילות מבצעית לשימור כשירות לאורך זמן (Li et al., 2019 [7]; Sanders et al., 2024 [13]).



2.5.4. יתרונות ה-DSS בניהול כוח אדם מבצעי

- ניתוח רב-ממדי של נתוני כוח אדם, אילוצים תפעוליים וצרכים מבצעיים.
- אינטגרציה בין מקורות מידע שונים – נתוני כשירות פרטנית, עומס מצטבר, מגבלות רפואיות ודרישות מבצעיות (Pan & Liu, 2021 [12]).
- זיהוי מוקדם של מחסור בכוח אדם – חיזוי מגמות והמלצות פרואקטיביות לשיבוץ אופטימלי.
- קיצור זמני קבלת החלטות במצבי חירום – הצגת תרחישים והמלצות תפעוליות מבוססות נתונים.
- שיפור היכולת לתכנן ולנהל כוח אדם לטווח הארוך – צמצום שחיקה ושיפור מוכנות מבצעית (Li et al., 2019 [7]; López-Pintado et al., 2024 [9]).

2.5.5. DSS בתכנון כוח אדם בין שגרה לחירום

בתנאי שגרה, המערכת יכולה לנהל את תהליך השיבוץ תוך אופטימיזציה של הקצאת כוח האדם ושילוב בין פעילות מבצעית, הכשרות וזמני התאוששות. עם זאת, בעת חירום או במצב לחימה, הדרישה לכוח אדם מיומן עולה בחדות, וה-DSS נדרש להציע פתרונות מהירים לחלוקה מחדש של כוח האדם, תוך התחשבות במגבלות הפיזיות והמנטליות של המפעילים (Fernando et al., 2020 [4]).

2.5.6. סיכום התאמת מערכות DSS

צה"ל, וחיל האוויר בפרט, מתמודדים עם אתגר מתמשך של שמירה על איזון בין ביצוע משימות מבצעיות קריטיות לבין שימור כשירות הצוותים לאורך זמן. מערכת DSS ייעודית, המספקת תמונת מצב אינטגרטיבית בזמן אמת, היא כלי חיוני לקבלת החלטות אפקטיביות תחת לחץ. מערכת כזו יכולה לתרום לא רק לשיפור היעילות המבצעית, אלא גם למניעת שחיקה מואצת של כוח האדם ולשימור מוכנות מבצעית לטווח הארוך (Allu et al., 2024 [2]).



2.6. אתגרים עתידיים בניהול כוח אדם במערכי כטמ"מים

2.6.1. השפעת האוטומציה והבינה המלאכותית על תפקיד המפעיל

התקדמות טכנולוגית מהירה משנה את אופי עבודתו של כוח האדם במערכי כטמ"מים. השימוש הגובר במערכות אוטונומיות מבוססות בינה מלאכותית מפחית את הצורך בשליטה אנושית ישירה ומעביר את המפעילים לתפקידים של ניהול, תכנון ופיקוח על מערכות חכמות (López-Pintado et al., 2024) [9]. לשינוי זה יש השפעה ישירה על מבנה כוח האדם:

- שינוי בפרופיל ההכשרה – מפעילים יידרשו לא רק לשליטה טכנית בתפעול הכטמ"מ, אלא גם ביכולת לפקח על מערכות חכמות ולקבל החלטות בתנאים משתנים (Li et al., 2019) [7].
 - אתגרי שילוב בין דורות של מפעילים – עם הכנסת טכנולוגיות AI מתקדמות, קיים פער ידע בין מפעילים ותיקים, הרגילים לשליטה ידנית, לבין הדור החדש של מפעילים המורגלים בממשקים אוטונומיים (Fernando et al., 2020) [4].
 - השפעה על קבלת החלטות בזמן אמת – היכולת להסתמך על אלגוריתמים לצורך קבלת החלטות דורשת איזון בין שימוש בטכנולוגיה לבין שמירה על שליטה אנושית במצבי חירום (Sanders et al., 2024) [13].
- ככל שהאוטומציה תמשיך להתפתח, יהיה צורך במערכות ניהול כוח אדם המשלבות נתוני בינה מלאכותית עם הערכות אנושיות על כשירות הצוותים ורמת המיומנות שלהם.

2.6.2. שחיקה של צוותים ושימור כשירות ארוכת טווח

- מפעילי כטמ"מים נדרשים לתפקד בסביבה תפעולית אינטנסיבית, הדורשת ריכוז גבוה לאורך זמן. מחקרים מצביעים על כך שעומסי עבודה כבדים, יחד עם מחסור בכוח אדם מקצועי, גורמים לשחיקה מקצועית משמעותית, שמשפיעה על כשירות מבצעית לטווח הארוך (Sanders et al., 2024) [13].
- הגורמים המרכזיים לשחיקה כוללים:
- שעות פעילות ארוכות בתנאי לחץ – מפעילים עובדים שעות ארוכות, בתנאי דריכות גבוהים, מה שעלול לפגוע בקבלת החלטות ובביצועים לאורך זמן (Albrecht et al., 2018) [1].



- מחסור בכוח אדם מיומן – ההכשרה המורכבת של מפעילי כטמ"מ גורמת למחסור מתמיד במומחים, מה שמגדיל את העומס על כוח האדם הקיים (Fernando et al., 2020 [4]).
 - השלכות של חלוקת עבודה לא אופטימלית – חלוקה לא יעילה של עומסי עבודה גורמת לעייפות מצטברת ולירידה בביצועים, במיוחד בתרחישי חירום (Allu et al., 2024 [2]).
 - כדי להתמודד עם אתגרים אלה, מערכות חכמות לניהול כוח אדם מתחילות להיכנס לשימוש, ומאפשרות תכנון עבודה מבוסס נתונים תוך התאמה אישית לכל מפעיל.
 - מחקרים מראים כי שימוש באלגוריתמים של Machine Learning לניהול עומסי עבודה משפר את היכולת לצפות שחיקה ולהתאים משימות בהתאם לרמות הכשירות של הצוותים (Herekoğlu & Kabak, 2024 [5]).
- 2.6.3. איומי סייבר ולוחמה אלקטרונית – השפעה על כוח האדם
- כטמ"מים נשענים על מערכות שליטה ובקרה מבוססות תקשורת לוויינית, ולכן הם פגיעים למתקפות סייבר ולוחמה אלקטרונית (Królikowski, 2022 [6]). ככל שהאיומים בתחום זה מתפתחים, הדרישות מכוח האדם משתנות:
- צורך בהכשרות בתחום הסייבר – מפעילים צריכים לקבל הכשרות ייעודיות לזיהוי ניסיונות חדירה ולתגובה לאיומים בזמן אמת (Sanders et al., 2024 [13]).
 - ניהול כשירות מבצעית לאיומים אלקטרוניים – מערכות DSS מתקדמות מאפשרות תכנון עבודה בהתאם לרמת הכשירות של הצוותים בהתמודדות עם תקיפות סייבר (Li et al., 2019 [7]; López-Pintado et al., 2024 [9]).
 - שיטות הגנה נגד שיבוש (Jamming) והתחזות (Spoofing) – מפעילים צריכים להיות מסוגלים לזהות ניסיונות שיבוש תקשורת ולפעול בהתאם לפרוטוקולים מתקדמים (Fernando et al., 2020 [4]).
- בהתאם לכך, יהיה צורך בפיתוח מערכות ניהול כוח אדם שיוזעות לשקלל לא רק כשירות טיסה, אלא גם מיומנויות הגנה בסייבר והיערכות לתרחישי תקיפה אלקטרונית.



2.6.4. סיכום הפרק והקשרו לפרויקט

בפרק זה ניתחנו שלושה אתגרים מרכזיים הצפויים להשפיע על ניהול כוח האדם במערכי כטמ"מ בעתיד : השפעת הבינה המלאכותית על תפקידי המפעילים, הצורך בניהול נכון של עומסי עבודה ומניעת שחיקה, והשפעת איומי סייבר ולוחמה אלקטרונית על ההכשרות והדרישות מכוח האדם.

פרויקט זה, אשר מתמקד **בתכנון** מערכת אופטימיזציה לניהול כוח אדם במערך הכטמ"מ של חיל האוויר הישראלי, חייב לקחת בחשבון אתגרים אלו. המודל שיפותח יצטרך להיות גמיש מספיק כדי להשתלב עם מערכות AI, להתמודד עם שחיקה מבצעית של מפעילים, ולשקלל את הצורך במיומנויות סייבר במסגרת ניהול הכשירות וחלוקת העבודה (Allu et al., 2024).



3. מתודולוגיה

3.1. הקדמה

שיטת המחקר שנבחרה לפרויקט זה היא שיטה משולבת (Mixed Methods), המשלבת בין שיטות כמותיות לניתוח נתונים היסטוריים מהטייסת, לבין שיטות איכותניות הכוללות ראיונות עומק עם בעלי תפקידים מרכזיים. שילוב זה נבחר כדי לספק מענה מקיף לשאלת המחקר, העוסקת בפיתוח תבנית גנרית לניהול אופטימלי של משאבי כוח אדם בטייסת כטמ"מ. הגישה המשולבת מאפשרת:

- להבין דפוסים אובייקטיביים בניהול חלוקת העבודה והכשירות (שיטה כמותית).
- לחשוף שיקולים לא-פורמליים ואילוצים מבצעיים כפי שמשתקפים בשטח (שיטה איכותנית).
- לזהות פערים בין הנוהל הרשמי לבין תהליכי קבלת ההחלטות בפועל. שילוב שיטות זה מבטיח שהתבנית והכלי שיפותחו יענו הן על דרישות מבצעיות והן על אילוצי כוח האדם, תוך התבססות על נתוני אמת ותובנות מהשטח.

3.2. איסוף נתונים

איסוף הנתונים בפרויקט יכלול שילוב של נתונים כמותיים מתוך דוחות שיבוץ, לצד נתונים איכותניים שיתקבלו מתחקירים רשמיים של הטייסת ומראיונות עומק עם גורמי מפתח בטייסת. שילוב זה נועד לספק תמונה מקיפה של תהליכי ניהול ושיבוץ כוח האדם, הן ברמה הפורמלית והן ברמה הלא-פורמלית. ככלל, השאיפה הינה לתת מענה לכלל מצבי הפעולה של הטייסת (שגרה וחירום). עם זאת, בשנה ו-8 החודשים האחרונים הטייסת פועלת באופן רציף במצב חירום, ואפילו בעצמות גבוהה ממה שהיה מקובל בעבר. היות שמצב זה הינו מצב קצה, שמענה לצרכיו ייתן בהכרח מענה גם ליתר המצבים, במסגרת ניתוח הנתונים נתייחס בעיקר אליו. איסוף נתונים כמותיים –

- דוחות שיבוץ וכשירות של השנה האחרונה.
- נתוני שעות טיסה בפועל לפי משימות של השנה האחרונה.



איסוף הנתונים האיכותניים -

- תחקירים מבצעיים המתעדים אירועים חריגים הקשורים לשיבוץ וכשירות. הנתונים ינותחו לזיהוי מגמות, חריגות, עומסי יתר והשפעת השיבוץ על רציפות מבצעית.
- יערכו ראיונות עומק חצי-מובנים עם שישה בעלי תפקידים:
 - מפקד הטייסת
 - סמ"ט ב' להדרכה
 - סמ"ט ב' למבצעים
 - שתי קה"דיות
 - שני מפעילי כטמ"מ בכירים (סדיר + מיל')
 - נציג מטה מבצעי.
- הראיונות יתמקדו בהבנת שיקולי השיבוץ בפועל, איזון בין כשירות לשחיקה, התמודדות עם אילוצי כוונות, והפערים בין נהלים למציאות המבצעית.
- הצלבת מידע - בסיום תהליך האיסוף, יוצלבו הנתונים הכמותיים והאיכותניים, לצורך:
 - זיהוי פערים בין תכנון פורמלי לשיבוץ בפועל.
 - זיהוי כשלים חוזרים בתהליכי התכנון.
 - הפקת לקחים תומכי פיתוח התבנית והכלי.
- שילוב שתי שיטות האיסוף ייצר בסיס ידע רחב, עדכני ומהימן, עליו התבסס פיתוח התבנית וכלי האופטימיזציה.

3.3. בניית תבנית גנרית לניהול משאבי כוח אדם

3.3.1. עקרונות התבנית

התבנית תפותח בהתאם למספר עקרונות:

- שימור כשירות מקצועית – התאמה בין כישורי המפעיל לדרישות.
- איזון עומסים – חלוקת עבודה שוויונית ככל האפשר.
- שימור צוותים קבועים – ככל שמתאפשר, כדי לשמר רציפות תפקודית.
- זיהוי עומס יתר – התבנית תכלול התראות על חריגה משעות פעילות רצופות או מצטברות.



3.3.2. פרמטרים מרכזיים

התבנית תשאב מידע רציף על:

- כשירות עדכנית – הסמכות, הכשרות ייעודיות ורענונים.
- היסטוריית שיבוצים ושעות טיסה.
- נתוני עומס מצטבר – שעות פעילות שבועיות וחודשיות.
- מגבלות רפואיות וזמינות אישית.
- אילוצים מבצעיים – רמת כוננות, סוגי משימות ודחיפות.

3.3.3. מבנה התבנית

- מאגר נתונים דינמי – לכל מפעיל פרופיל כשירות מתעדכן.
- טבלת משימות גמישה – מתאימה לשגרה וחירום.
- מנגנון ניקוד אופטימלי – לכל שיבוץ משוקלל ציון התאמה.
- מנגנון התרעות – לאיתור כשלים כמו עומסי יתר או חוסר כשירות קריטי.

3.3.4. גמישות והתאמת התבנית

מבנה התבנית תאפשר התאמה מהירה ליחידות אחרות במערך הכטמ"מ בצה"ל, תוך התאמת משקלות הפרמטרים והאילוצים בהתאם לצרכים הספציפיים של כל יחידה.

3.4. פיתוח כלי אופטימיזציה

3.4.1. רקע לכלי אופטימיזציה

בהתבסס על התבנית הגנרית, יפותח כלי אופטימיזציה ייעודי שמטרתו להפיק הצעות שיבוץ אופטימליות לכוח האדם בטייסת כטמ"מ. הכלי נועד לפעול בסביבת שגרה, כוננות וחירום, תוך איזון בין כשירות מבצעית, שחיקת מפעילים ושימור צוותים מנוסים.



3.4.2. עקרון הפעולה

הכלי מבוסס על מודל אופטימיזציה ליניארי רב-פרמטרי, המשקלל:

- היסטוריית שיבוצים ושעות טיסה.
- כשירות פרטנית ועדכנית.
- מגבלות רפואיות.
- אילוצי זמינות, זמני מנוחה וצרכים מבצעיים.

3.4.3. פונקציית המטרה

- מזעור עומסי יתר ושחיקה מצטברת.
- שמירה על רציפות צוותית ככל האפשר.
- מקסום כשירות כלל-טייסתית.
- מענה גמיש לשינויים מבצעיים מהירים.

3.4.4. מצבי הפעלה

הכלי יכול שני מצבי עבודה עיקריים:

- שגרה: מקסימום איזון בין עומס, כשירות ושימור צוותים קבועים.
- חירום: מתעדף זמינות מיידית, תוך ויתור חלקי על שיקולי רציפות ושחיקה.

3.4.5. תהליך העבודה

- הזנת נתוני כשירות ועדכוני זמינות שוטפים.
- הצגת התרעות על עומס יתר או כשירות גבולית.
- דוחות שבועיים המציגים מגמות עומס וכשירות.

3.4.6. אינטגרציה עם התבנית הגנרית

הכלי ישען על אותם פרמטרים שהוגדרו בתבנית הגנרית, כך שניתן להפעיל אותו באופן רציף כחלק מתהליך ניהול תהליך השיבוץ השגרתי של הטייסת.



3.5. תיקוף והערכת התבנית והכלים

לאחר תכנון התבנית הגנרית וכלי האופטימיזציה, יבוצע תהליך תיקוף והערכה שנועד לבדוק את רמת הדיוק וההתאמה המוערכים של הכלי לצרכים המבצעיים של הטייסת.

3.5.1. שלב 1 : השוואה לנתוני עבר

הכלי יופעל באופן רטרואקטיבי על נתוני שיבוץ היסטוריים מהשנה האחרונה. הצעות השיבוץ שעל פי התכנון יופקו באמצעות הכלי יושוּו לשיבוצים שבוצעו בפועל בטייסת, תוך בחינת מדדים כגון :

- רמת הכשירות הממוצעת.
- איזון עומסי עבודה בין מפעילים.
- איתור עומסי יתר ושחיקה מצטברת.
- עמידה בדרישות הכשירות המבצעיות.

3.5.2. שלב 2 : התייעצות עם בעלי תפקידים

הצעות השיבוץ הצפויות מהכלי יוצגו לבעלי תפקידים (קה"דיות, קציני תכנון) ומפקדים (סמ"טי ב', סגן ומפקד טייסת). בעלי התפקידים יתבקשו להעריך את איכות השיבוצים, רמת ההתאמה לצורכי המשימה בפועל, ואת תרומת הכלי לשיפור תהליך קבלת ההחלטות.

3.5.3. קריטריונים להצלחה

- שיפור באיזון עומסים ביחס לשיבוץ ידני.
- מניעת שיבוצים לא כשירים.
- שיפור המהירות והגמישות בתגובה לשינויים מבצעיים.
- שביעות רצון של בעלי התפקידים מהשימושיות והפשטות של הכלי.



4. סיכום תוצאות וממצאי החומר הנאסף

4.1. תהליך איסוף ועיבוד הנתונים

פרק זה מציג את סיכום, עיבוד וניתוח הנתונים שנאספו. במסגרת תהליך זה בוצע ניתוח הן עבור הנתונים הכמותיים והן עבור הנתונים האיכותניים שנאספו. ממצאי ניתוח זה מהווים בסיס קריטי הן עבור פיתוח הפתרון היישומי שיוצג בפרק 5 והן לגיבוש תכנון הפרויקט בפרק 6. איסוף הנתונים בוצע בהתאם למתודולוגיה שתוארה בפרק 3. על מנת לעמוד במגבלות ב"מ (ביטחון מידע), כלל הנתונים הנדרשים נחשפו רק לחבר הצוות שהינו בעל סיווג מתאים (סגן מפקד טייסת), שביצע עיבוד וסיכום ראשוניים. לצוות המחקר הועברו רק הסיכומים מסוננים, ללא מידע מסווג או תכנים רגישים. פרטים מזהים שנדרשים לטובת ההבנה הומרו לפרטים פיקטיביים.

4.1.1. מקורות איכותניים

- **סיכומי ראיונות** - בוצעו 8 ראיונות עומק חצי מובנים עם בעלי תפקידים מרכזיים בטייסת. הראיונות התבססו על שאלון חצי מובנה, שכלל שאלות קבועות מראש, אך בהתאם לבעל התפקיד ולתשובות שהתקבלו, השאיר מקום לגמישות והעמקה, כך ששולבו אחידות מתודולוגית עם תובנות ייחודיות. הראיונות התמקדו בפערים בין הנחיות למציאות, עומסים, כשירות ושחיקה.

שאלון הראיונות המלא מצורף בנספח 12

בעלי התפקידים שרואיינו הם

- מפקד הטייסת
- סמ"ט ב' להדרכה
- סמ"ט ב' למבצעים
- קה"דית
- מפעיל כטמ"מ בכיר בקבע
- מפעיל כטמ"מ בכיר במילואים
- נציג המטה המבצעי
- פקמ"צית



חבר הצוות בעל הסיווג (שכאמור הינו גם סמ"ט א' בטייסת) ביצע את הראיונות בפועל וסיכם אותם לתקצירים מסוננים ללא מידע מסווג, באופן שיכללו את המידע הרלוונטי הנדרש לטובת המחקר. הראיונות הביאו להבנה טובה יותר של הצרכים, תהליך השיבוץ, בעלי התפקידים ומאפייניהם, הבעיות במצב הקיים, הציפיות וכן הציפו תובנות קריטיות להמשך הניתוח בפרק זה.

פירוט סיכומי הראיונות **בנספח 13**

- **סיכום לקחים מתחקירים מבצעיים** - לאורך הזמן התקיימו תחקירים מבצעיים, בנושא תכנון וניהול כ"א בטייסת ח"א בשגרה ובחירום, שחלקם עסק, בין היתר בכשלים תפעוליים בתהליך השיבוץ והשלכותיהם. גם כאן, התחקירים המלאים הינם מסווגים. חבר הצוות שנחשף אליהם ריכז את עיקרי המסקנות, הנוגעות לתהליך השיבוץ, בהתאם למתודולוגיה שגובשה.

סיכום לקחים מתחקירים מבצעיים **בנספח 14**

4.1.2. מקורות כמותיים

סיכום נתוני טיסות שנתיות - לצד המקורות האיכותניים שמספקים תמונות מצב על התהליך והבעיות, נדרשים גם נתונים כמותיים המאפשרים מדידה ובקרה ובהמשך יהיו בסיס להשוואה של המצב הקיים מול התהליך החדש שיגובש. בהיעדר מערכות לביצוע ותיעוד תהליך השיבוץ, תוצרי התהליך הידני הקיים, נשמרים בקבצי Excel, כאשר כל יום בקובץ נפרד, תחת תיקיות חודשיות ושנתיות.

דוגמא לשיבוץ משימות במצב הקיים **בנספח 5**

הנתונים מתבססים על כלל המשימות שהתבצעו במהלך שנת 2024 בטייסת. היות ופירוט המשימות והשיבוצים הינם מסווגים, הוחלט על הפרמטרים החשובים ביותר הנדרשים לטובת הניתוח וחבר הצוות שנחשף אליהם סיכם את הפרמטרים האלו ברמה שבועית. יצוין כי פורמט הנתונים הקיים לא אפשר קבלת הנתונים או הסיכומים באופן המצופה ונדרשה השקעה של עבודה סיוזיפית בייצור הסיכומים. התוצר הינו נתונים מסוכמים ברמה שבועית, על פני שנה (52 שבועות).

סיכום הנתונים הכמותיים **בנספח 15**

שילוב בין מקורות אלה איפשר קבלת תמונת מצב עשירה ורב ממדית של תהליכי השיבוץ במצב הקיים.



4.2. ניתוח ממצאים איכותניים

4.2.1. תובנות מרכזיות שעלו מן הראיונות והתחקירים

- **עומסים ושחיקה תפעולית:** אחד הממצאים הבולטים הוא העומס הרב המוטל על בעלי התפקידים והצוותים, המוביל לשחיקה רחבה. מרואיינים רבים תיארו עומסי עבודה חריגים במיוחד בתקופות אינטנסיביות, מה שגרם לירידה בערנות ובמורל. לדוגמה, הקה"דית ציינה כי "אין שום מנגנון ניהול עומסים – הרבה פעמים אותם אנשים נשחקים שוב ושוב כי 'עליהם אפשר לסמוך'... אך אין שום מדידה שיטתית של מי טס כמה ואז נוצר חוסר איזון" (נספח 13). עדויות כאלה ממחישות כיצד היעדר בקרה על חלוקת עומס משימות מוביל לכך שחלק מהאנשים "נטחנים" במשימות ללא הפסקה. גם התחקירים המבצעיים איששו ממצאים אלו: הוצג בהם הצורך במנגנון איזון עומסים ובבקרה שתבטיח חלוקה שוויונית של משימות, כדי למנוע מצב של ניצול יתר של אנשי צוות מסוימים לעומת אחרים (נספח 14). לסיכום, עומס תפעולי בלתי מבוקר מזוהה כתמה מרכזית הפוגעת בכשירות ובשביעות רצון הצוותים.
- **פערי כשירויות והדרכה:** תמה נוספת הינה שמירת כשירות מקצועית של הצוותים והיכולת לשמור על רצף אימונים והכשרות. המרואיינים תיארו פערי תכנון מול ביצוע של תוכניות ההדרכה והאימונים עקב פעילות מבצעית מתפרצת, הדוחקת את עולם ההדרכה וההכשרה. "תוכניות הכשרה והדרכה נדחקות לשוליים מול עומסים מבצעיים" סיפר סמ"ט ב' להדרכה, והדגיש שהיעדר זמן לאימונים פוגע בכשירות ארוכת הטווח של המפעילים (נספח 13). במקרים מסוימים, חוסר ההקפדה על כשירויות הוביל לכך שאנשי צוות שובצו למשימות בלי שריענו מיומנויות כנדרש. אחד מאנשי המילואים תיאר במפורש "נדרשתי לפקד על משימה בכשירות שלא תרגלתי מעל חצי שנה" (נדרש תרגול אחת לחודשיים לכל היותר) – מצב המעיד על סיכון מבצעי שנובע מפערי אימון (נספח 13). בתחקירי הביצוע שלאחר מכן עלה הצורך להיצמד לדרישות כשירות אפילו בלחץ מבצעי, כדי למנוע כשלים הנובעים מצוות לא מיומן דיו (נספח 14). הפערים הנ"ל, מדגישים את חשיבות התכנון הקפדני הלוקח מקדמי בטיחות, מאפשר שילוב בין עמידה במשימות לבין שימור והעלאת רמת המיומנות של הצוותים לאורך זמן.



- **תיאום לקוי בין בעלי תפקידים:** מהנתונים האיכותניים עולה שקיים חוסר סנכרון מובנה בין גורמים שונים בתהליך השיבוץ בטייסת. למרות חלוקת אחריות ברורה בנהלים (קה"דית, סמ"טים, שלישות וכו'), בפועל התקשורת והתיאום ביניהם לוקים בחסר, במיוחד בעת שינויים בלתי צפויים. מפקד הטייסת ציין כי בשגרה "חלוקת האחריות ברורה... אך התיאום ביניהם אינו תמיד רציף, במיוחד בעת שינויים פתאומיים או אילוצים תפעוליים" (נספח 13). הקה"דית חידדה נקודה זו כשסיפרה שכל שינוי בלוח הטיסות מחייב תיאום בין לפחות 3–4 גורמים שונים, "מה שמוביל לטעויות, אי דיוקים ולפספוס מידע בתהליך" (נספח 13). בעיניה, ריבוי הממשקים הידיניים (טלפונים, Excel נפרדים) גורם לכך שמידע קריטי על כשירויות, אילוצים ועדכונים "נופל בין הכיסאות" ולא מגיע בזמן לכל הנוגעים בדבר. גם הלקחים מהתחקירים מצביעים על הצורך במנגנון ניהול ותיאום ברור בין הגורמים האחראיים על תכנון, אישור וביצוע השיבוץ, כדי למנוע כפילויות ופערי תקשורת (נספח 14). במילים אחרות, תיאום לקוי מבטא בעיה מערכתית באופן העברת המידע והאחריות בין בעלי התפקידים השונים, ומשפיע לרעה על איכות השיבוץ.
- **טיפול בחריגות:** נהלים מול אלתור בשגרה ובחירום: תמה מרכזית נוספת עוסקת באופן ההתמודדות עם מצבים בלתי צפויים והאיזון בין ציות לנהלים לבין אלתור וגמישות. מהראיונות עולה שבמצבי שגרה, בדרך כלל, פועלים לפי שגרות ונהלים סדורים, אך בעת חירום הכללים משתנים. רבים מהמשתתפים תיארו שכאשר פורצת לחימה או עומס מבצעי קיצוני, תהליך השיבוץ עובר ל"מצב כיבוי שריפות" עם הסתמכות מוגברת על פתרונות אד הוק. הפקמ"צית ביטאה זאת בתיאור תחושת הכאוס ששררה בתקופות חירום: "בלחימה... התחושה שנוצרת אצל צוותי הטיסה דומה ל'רולטה יומית' – כל יום ממציא את עצמו מחדש" (נספח 13). במצב כזה, שיקול הדעת האישי והאלתורים של בעלי התפקיד הפכו לכלי המרכזי בניהול השוטף, במקום תכנון מסודר או נהלים שהוכנו מראש. דוגמה לכך היא קיצור הליכי הכשרה ודילוג על סימולטורים במהלך מלחמה, כפי שדיווחו כמה מרואיינים, מתוך אילוף להגביר מיידית את זמינות הצוותים למשימות. למרות שגמישות זו אפשרה



עמידה במשימות הדחופות, היא באה על חשבון סדרי העבודה התקינים ורציפות ההכשרה. התחקירים מציגים את שתי פניה של תמה זו: מחד, הם מכירים בכך שבחרום היה צורך לחרוג מנהלים פורמליים כדי להגיב בזמן אמת, אך מאידך מומלץ בהם לחזור בהקדם האפשרי לשגרה מובנית גם בעת לחימה. בין היתר הודגש שיש "לעבור במהירות מרענון ספורדי לשגרה מסודרת" ולהגדיר זמני מנוחה וקביעות מסוימת בלוח הטיסות, בכדי למתן את האלתור הבלתי פוסק (נספח 14).

- **שונות בין סוגי שירות (סדיר, קבע, מילואים):** הממצאים מצביעים גם על הבדלים ניכרים בין קבוצות שירות שונות בכל הנוגע לתפיסת עומס וניהול כוח אדם. אנשי הקבע – שהם לרוב הגורם היציב והמנוסה בטייסת – חווים עצמם כנושאי הנטל העיקרי. מפעיל כטמ"מ ותיק בשירות קבע שיתף שדווקא הקצינים והחיילים הוותיקים "נשחקים ראשונים, כי הם בעלי הכשירויות וההסמכות המתקדמות שלרוב בחוסר" (נספח 13). כלומר, אותם אנשי קבע מיומנים מוצאים עצמם שוב ושוב ממלאים משימות נוספות בשל מחסור בכוח אדם בעל כשירות דומה, מה שמגביר אצלם את השחיקה והתסכול. לעומת זאת, אנשי המילואים הדגישו בעיות אחרות הנובעות מאופי שירותם: חוסר יציבות וחוסר ודאות בתיאום השירות. אחד ממפעילי המילואים תיאר תחושה של אי צדק בחלוקת העומס, באומרו ש"לא הגיוני שהעומס לא מתפלג בצורה שווה בין כולם", ושברגע שמפעילים את מערך המילואים בהיקף רחב ללא תכנון מוקדם, "פשוט לא ניתן לתפקד כך לאורך זמן" (נספח 13). המילואימנים ציינו שהוזעקו בהתראה קצרה שוב ושוב, נדרשו לשהות בבסיס לתקופות בלתי ידועות, ולעיתים שובצו למשימות מורכבות בלי הכנה מספקת – כל זאת תוך פגיעה בשגרת חייהם האזרחית. מנגד, חיילי החובה (שירות סדיר) כמעט שלא הוזכרו במפורש כגורם בעייתי בראיונות, כנראה משום שתפקידיהם במערך מוגבלים יותר בזמן ובסמכות. עם זאת, ניתן להסיק כי המגבלות על חיילי חובה (תקופת שירות קצרה, פחות ניסיון) גורמות לכך שעיקר העומס נופל על אנשי קבע ומילואים וותיקים. שונות זו בין סוגי השירות מחדדת שתהליך ניהול כוח האדם צריך להתחשב בהבדלי הזמינות,



הניסיון והמוטיבציה של כל קבוצה : מה מצופה מכל קבוצה לתרום למערך ומאידך מה גבולות היכולת שלה בלי לפגוע בכשירות ובמחויבות לאורך זמן.

4.2.2. ממצאים סותרים וחריגים

בניתוח הנתונים האיכותניים זוהו גם עמדות מנוגדות בין המרואיינים, וכן מקרים חריגים ודילמות ייחודיות. להלן מספר נקודות שבהן עלו סתירות או חריגות :

- **שיטת השיבוץ :** בעיה מהותית או ביצועית? חלק מהמשתתפים ראו את שיטת

ניהול השיבוץ הקיימת כבלתי מספקת מיסודה, בעוד אחרים סברו שהשיטה עקרונית תקינה והבעיה היא באופן היישום שלה. למשל, הפקמ"צית טענה כי "לא קיימת בעיה עקרונית בשיטה הנוכחית" וכי הקשיים בשטח נובעים בעיקר "מחוסר סנכרון, תאום ואחריות של הגורמים השונים בתהליך" (נספח 13). מנגד, מרואיינים אחרים מתחו ביקורת על עצם גישת השיבוץ הנהוגה

כיום. מפעיל כטמ"מ ותיק תיאר את תהליך השיבוץ הקיים כ"תגובתי, תוצאתי ולא מתוכנן – אין קשר בין התכנון לביצוע בפועל, הלוח השבועי משתנה כל הזמן" (נספח 13). דבריו משקפים עמדה שלפיה השיטה הנוכחית כשלה ליצור תכנון יציב ומובנה. הפער בין התפיסות הללו – "בעיה בשיטה" מול "בעיה בביצוע ובתיאום" – הוא סתירה מעניינת, המצביעה על כך שיש בתהליך גם ליקויים מערכתיים אך גם קשיים במימוש ובהקפדה על הנהלים הקיימים.

- **דגש על פתרון טכנולוגי מול שינוי תרבותי :** כמעט כל המרואיינים הציעו פתרונות לשיפור המצב, אך ניכר הבדל בהשקפות לגבי אופי הפתרון. רבים הדגישו את הצורך בכלי טכנולוגי ממוכן לשיבוץ אופטימלי, שישלב נתונים על כשירויות, זמינות ועומסים וייתן התרעות בזמן אמת. המלצה זו חזרה בפי מפקדים וזוטרים כאחד, שגרסו שהמערכת הנוכחית (Excel ידני) מיושנת ואינה מתאימה לעומס הנתונים המודרני (נספח 13). לעומת זאת, בלט קול שונה מצד הפקמ"צית, שסברה כי "הפתרון אינו רק טכנולוגי אלא בעיקר ארגוני-תרבותי" (נספח 13). היא הדגישה ששינוי מהותי מחייב גם התאמות בהתנהלות, בסנכרון ובשקיפות בין האנשים, ולא רק הטמעת תוכנה חדשה. עמדה חריגה זו מאתגרת את ההנחה שפיתוח מערכת שיבוץ אוטומטית לבדה יפתור את הבעיות, ומדגישה את החשיבות של שינוי תפיסה ותרבות ארגונית במקביל.



• **דילמות בחירות :** כשירות ובטיחות מול מיצוי כוח אדם באירועי לחימה וחירום

הציפו דילמה ייחודית שעמדה בפני המפקדים והצוותים : עד כמה ניתן להתפשר על נהלי כשירות ומנוחה לשם עמידה במשימות דחופות? במספר ראיונות תוארו מצבים חריגים שבהם אילוצי השעה גברו על הכללים הרגילים. לדוגמה, מפעילי מילואים וגפי הדרכה ציינו שבמהלך הלחימה לעיתים אוישו משימות בצוותים שלא היו בכשירות הנדרשת, או שאנשי צוות טסו שעות חריגות ללא מנוחה מספקת, דבר שאינו מקובל בשגרה. מנגד, בתחקירים שלאחר מעשה עלו קולות חד משמעיים שהזהירו מפני המחיר של ויתור על סטנדרטים מקצועיים : הומלץ שלא לזנוח את דרישות הכשירות גם בתקופות לחוצות, "גם במחיר של צמצום הצוותים הכשירים למשימה כזאת או אחרת", כדי למנוע כשלים קריטיים (נספח 14). דילמה זו שבין מיצוי מירבי ומהיר של כוח האדם לצורך מבצעי מיידי, לבין שמירה על כשירות ובטיחות לאורך זמן, הייתה מוחשית מאוד בתקופת החירום. היא מייצגת מקרה חריג בו נדרשו המפקדים לחרוג מהתורה שבעל פה כדי "לשרוד" את היום, אך בדיעבד הכירה המערכת בצורך לאזן ולשקול בזהירות כל חריגה מנהלים.

4.2.3. השוואות רוחביות

• **השוואות לפי תפקיד ודרג :** בניתוח רוחבי של הממצאים לפי תפקידי המרואיינים, ניתן להבחין בדגשים שונים בין הדרגים. בעלי תפקיד פיקודיים בכירים (כמו מפקד הטייסת והסמ"טים) נטו להתמקד בתמונה המערכתית הרחבה, הם הצביעו על היעדר כלים טכנולוגיים, מחסור במידע משולב ועל פערים בין תכנון מטה לביצוע בשטח. למשל, המפקד וסמ"ט ב' למבצעים הדגישו את הקושי לגשר בין תוכנית המשימות המבצעית לבין כשירות וזמינות הצוותים בפועל, בהיעדר מערכת אינטגרטיבית לניהול המידע (נספח 13). נקודה נוספת הגיעה מגורם מטה מבצעי (רמ"א), שהביא ראייה מערכתית-חיצונית : הוא הצביע על היעדר סטנדרטיזציה בין טייסות שונות בניהול כשירויות ושיבוץ, מה שמקשה על המטה לתאם ציפיות ומשימות מול היחידות (נספח 13). בעלי תפקיד בדרגי התכנון (כגון הקה"דית והפקמ"צית) הדגישו את קשיי היום-יום בניהול השיבוץ : הם תיארו עבודה ידנית סיוזיפית תחת שינויים בלתי פוסקים, תלות בהרבה גורמים מתערבים וקושי לשמור על תמונת מצב עדכנית.



כך, הקה"דית סיפרה על עבודה תחת לחץ מתמיד של שינויים, ביטולים והיעדרויות בלתי צפויות (נספח 13), והפקמ"צית התייחסה להעדר קריטריונים ברורים בעיני הצוותים, מה שמוביל למרמור בשטח. מפעילי הכסמ"מ עצמם (הן בקבע והן במילואים) הביאו נקודת מבט אחרת: הם התמקדו בהשפעה האישית של התהליך עליהם. חוסר שקיפות וחוסר מידע לגבי השיבוץ שלהם, תחושה שאין להם קול בהחלטות, והשלכות שליליות כגון שחיקה ופגיעה באיזון בין השירות לחיים הפרטיים. לסיכום, ההשוואה לפי תפקיד חושפת נקודות מבט שונות, החל מאחידות ומערכות, דרך בעיות התפעול היומיומיות, ועד לתוצאות ברמה האישית. כל הדרגים מזהים את בעיית העומס וחוסר היעילות, אך כל אחד מדגיש היבט שונה שלה בהתאם לתפקידו.

- **השוואות לפי סוג שירות:** הבדלים משמעותיים עולים גם כאשר משווים בין סוגי משרתים – חובה, קבע ומילואים. כפי שתואר בהרחבה בתמות המרכזיות, אנשי הקבע חווים עומס רב כיוון שהם נחשבים ל"כוח הליבה" המיומן ולכן הם מוצבים שוב ושוב למשימות קריטיות והם הראשונים שחווים שחיקה (נספח 13). אנשי המילואים, לעומתם, חווים את בעיות הניהול מכיוון אחר: היעדר תכנון מוקדם, החלטות שמתקבלות בהתראה קצרה מאוד, ללא יכולת שלהם להשפיע או להיערך, גורמים לפגיעה בחייהם האזרחיים. כפי שצוין, חיילי החובה לא הציפו פערים משמעותיים, אם משום שלא רואיינו באופן ממוקד, או שתפקידם בהיבט השיבוץ פחות מרכזי. עם זאת, בהשוואה בין הקבוצות ניתן לשער שחיילי החובה, המשרתים תקופה קצרה וקצובה, אינם בעלי כשירויות מתקדמות ולכן העומס עליהם מתון יותר. בהיבט רוחבי, ארגון התהליך חייב אם כן לתת מענה שונה ומותאם לכל סוג שירות: לדאוג שאנשי הקבע לא יישחקו עקב עומס מתמשך, לאפשר לאנשי המילואים התרעה מספקת והוגנות בחלוקת הנטל, ולמקסם את התרומה של חיילי החובה.

- **השוואה בין הראיונות לתחקירים:** שילוב המקורות האיכותניים – ראיונות עומק עם בעלי תפקידים (נספח 13) ותחקירים מבצעיים שנערכו לאורך הזמן (נספח 14) – מספק תמונה משלימה ורחבה יותר. באופן כללי, קיימת הלימה גבוהה בין התמות המרכזיות שעלו בראיונות לבין הממצאים מהתחקירים. בעיות כמו מחסור במערכת ממוחשבת, עומס רב על צוותים, פערי כשירות



והדרכה וליקויי תיאום הופיעו הן בעדויות האישיות של המרואיינים והן כנקודות לשיפור בדו"חות התחקיר. למשל, כמעט כל מרואיין הזכיר את הצורך בכלי ממוכן לשיבוץ ובתחקירים מופיעה במפורש המלצה לפתח "מערכת ניהול כוח אדם בזמן אמת, שתאפשר זיהוי מהיר של פערים באיוש משימות" (נספח 14). דוגמה נוספת: מרואיינים התלוננו על שחיקה ועומס מצטבר על אותם אנשים, ובהתאם עלה בתחקיר הצורך במנגנון "בקרה שיוודא חלוקה מאוזנת של משימות לפי נתוני עומס מצטבר" (נספח 14). יחד עם זאת, ישנם דגשים ייחודיים בכל מקור. הראיונות, מטבעם, שיקפו את תחושות הפרט ואת החוויות הסובייקטיביות של בעלי התפקידים בזמן אמת, לעיתים תוך אמירות אמוציונליות (למשל תסכול מהמינהל הלא-שקוף או מהעומס "שוחק העצמות"). לעומת זאת, התחקירים נערכו לאחר מעשה ובאופן יותר אובייקטיבי ומובנה, והם מנסחים את הבעיות בצורה קרה ותכליתית יותר. התחקירים גם הציעו פתרונות מערכתיים מפורטים שלא בהכרח עלו בשיחה האישית עם המרואיינים. למשל, בנספח 14 מופיעות המלצות פרקטיות כמו "מנגנון הרשמה קדימה" שבו אנשי הצוות יוכלו לסמן זמינות והעדפות מראש, או התאמת אורך ה"שיבוץ" (פריטי המשימה) לסוג המשימה כדי למנוע שחיקה. לסיכום, הממצאים משני המקורות מחזקים זה את זה בתיאור הבעיות המרכזיות, אך כל מקור תרם רובד שונה להבנה: הראיונות העניקו עומק, דוגמאות סובייקטיביות חיות וראיית מבפנים, בעוד שהתחקירים תרמו ראייה רוחבית, אישוש אובייקטיבי לתלונות וטיפים יישומיים לשינוי.

4.2.4. תרומת הממצאים האיכותניים להבנת הבעיה המחקרית

הממצאים האיכותניים שהוצגו לעיל מספקים תובנות משמעותיות המסייעות לאשש ואף לחדד את הבנת בעיית המחקר בתחום אופטימיזציית ניהול כוח האדם בטייסות כטמ"מ, הן בשגרה והן בחירום. ראשית, הממצאים מחזקים את ההנחות הבסיסיות שביסוד הפרויקט: הם מצביעים בבירור על כך שהתהליך הנוכחי של שיבוץ כוח אדם בטייסות אינו אופטימלי וסובל מליקויים רבים, כפי שהוערך בתחילת המחקר. העדויות מהשטח אישרו, למשל, שקיימת בעיית איוש לא מיטבי הגורמת לעומסים ולשחיקה, שאין מערכת מסודרת התומכת בקבלת ההחלטות, ושפערי המידע והתיאום מובילים לטעויות ולבזבוז משאבי אנוש.



בכך, הממצאים מאשרים את הצורך בפתרון משופר לניהול המשאבים המבצעים, ומבססים את הלגיטימציה של מאמצי האופטימיזציה הנבחנים בפרויקט. למעשה, הקולות מהשטח סיפקו המחשה חיה לבעיות שאובחנו: עומס חריג ובלתי מאוזן, ביטול הכשרות, ומנגנונים ידניים שאינם עומדים בקצב השינויים. כל אלו תופעות שאותרו באינטואיציה ובסקירת הספרות, וכעת קיבלו אישוש איכותני ברור. בנוסף, הניתוח האיכותני לא רק שאשר את דבר קיומן של הבעיות, אלא גם העשיר את ההבנה אודותיהן וחשף ניואנסים שלא היו מובנים מאליהם. כך לדוגמה, בעוד שההנחה הראשונית יכלה להיות שהתמודדות עם עומסים תיפתר ע"י כלי שיבוץ אוטומטי, מהראינו את עלה שהנושא מורכב יותר: יש גם היבטים תרבותיים וארגוניים עמוקים המשפיעים על הצלחת התהליך (כמו חוסר שקיפות, חוסר תיאום, ותפיסת הוגנות של הצוותים). המרואיינים הדגישו שלצד פיתוח כלי אופטימיזציה, יש לבחון גם שינויים בתרבות הניהול – מסר שמאתגר את הפרויקט להתייחס לממד האנושי-ארגוני בהמלצותיו, ולא רק לממד הטכני. בכך, הממצאים האיכותניים מאתגרים חלקית הנחות אפשריות שהפתרון הוא טכנולוגי גרידא, ומדגישים שהפתרון האופטימלי צריך להיות משולב: טכנולוגיה לצד תהליכים ונהלים משופרים. יתר על כן, הנתונים שזוהו משרטטים כיווני עומק להמשך הניתוח: למשל, על בסיס העדויות ניתן כעת למקד את הניתוח הכמותי (בפרק 4.3) במדדים ספציפיים של בעיות שהוגדרו – מדדים של עומס (כגון שעות טיסה לאיש צוות, מספר משימות רצופות בלי מנוחה), מדדים של כשירות, ומדדי תיאום (כגון כמות השינויים בלוחות בזמן אמת ואחוז הטעויות שהתגלו טרם המראה). הנקודות שהעלו המרואיינים והתחקירים למעשה מנחות את המחקר הכמותי היכן לחפש את נקודות הכשל וכיצד למדוד את השיפור הפוטנציאלי. יתרה מכך, הממצאים האיכותניים סייעו באיתור צרכים מערכתיים קונקרטיים, אשר מהווים יעד לפתרון המוצע בפרויקט. צרכים אלו כוללים, בין השאר: פיתוח מערכת מידע אחודה לשיבוץ כוח אדם, שתספק תמונת מצב עדכנית על כלל הכשירויות, האילוצים והזמינות בטייסת; הטמעת מנגנוני איזון עומס ושמירה על כללי מנוחה וכשירות; יצירת סטנדרטיזציה בין הטייסות בנוגע לניהול כשירויות ושיבוץ, כדי לשפר את התיאום גם מול דרגי המטה; וכן קידום שקיפות ושיתוף אנשי הצוות בתהליך (למשל באמצעות כלי המאפשר לאנשי מילואים להזין זמינות והעדפות, כפי שהוצע בתחקיר בנספח 14). זיהוי צרכים אלו תורם ישירות לגיבוש



הדרישות לפתרונות הטכנולוגיים והתהליכיים שיפותחו בהמשך הפרויקט. למעשה, הממצאים האיכותניים מתווים רשימת דרישות וקריטריונים שהפתרון האופטימלי אמור לספק, ובכך הם מלכדים את התובנות מהשטח לכדי מצפן ברור להמשך העבודה: על המערכת העתידית לתת מענה הן לקשיים הטכניים (נתונים מבוזרים, היעדר התרעות, תכנון לקוי) והן לקשיים האנושיים (חוסר שקיפות, תחושת אי-צדק, חלוקת נטל), כפי שעלו כאן. במבט כולל, הניתוח האיכותני העמיק את הבנת הבעיה המחקרית בכך שהוא אישש את קיומה, חשף את שורשיה הרב-ממדיים, והצביע על כיוונים פרגמטיים לטיפול – תובנות שיילקחו ישירות בחשבון בניתוח הכמותי ובהצעת הפתרון המערכתי בפרקים הבאים.

4.2.5. סיכום ממצאים איכותניים

לסיכום, פרק הניתוח האיכותני הציג תמונה מקיפה של האתגרים בניהול כוח האדם בטייסות כטמ"מ, כפי שעלו משמונה ראיונות עומק (נספח 13) וסיכום לקחים מתחקירים מבצעיים (נספח 14). חמישה נושאים מרכזיים זוהו כתמות חוזרות: (1) עומסים תפעוליים כבדים ושחיקה גוברת של אנשי הצוות בשל שיטות השיבוץ הקיימות; (2) פערי כשירויות והדרכה, כאשר אימונים והכשרות נדחקים אל מול משימות מבצעיות תוך סיכון כושר הביצוע לטווח ארוך; (3) תיאום לקוי בין גורמים ובעלי תפקידים בטייסת, שמוביל לטעויות ולנפילת מידע בין הכיסאות; (4) מתח בין נהלים לאלתור – במיוחד בעתות חירום, שבהן הסטייה מהשגרה חושפת דילמות בין עמידה במשימה לבין שימור סטנדרטים; (5) הבדלים בין סוגי שירות (חובה, קבע, מילואים) באופן שבו כל קבוצה נפגעת מתהליך השיבוץ הנוכחי ובצרכים הייחודיים לה. הממצאים האיכותניים האלו, מאששים את ההשערות שהמערכת הנוכחית אינה אופטימלית, ובה בעת מדגישים שיש לטפל בבעיה בגישה רב-מערכתית – טכנולוגית וארגונית גם יחד. תובנות הפרק שופכות אור על שורשי הבעיות ומגדירות מטרות ברורות לשיפור, ובכך מכינות את הקרקע לתת הפרק הבא (4.3) שבו ינותחו הנתונים הכמותיים. בניתוח הכמותי יתאפשר לאמוד באופן מדויק את היקף וחומרת הליקויים שזוהו, לבחון מגמות כמותיות של עומסים וכשירות, ולבדוק כיצד יישום פתרונות אופטימיזציה עשוי לתת מענה מושכל ומדיד לאותם אתגרים מרכזיים שעלו מתוך הקולות בשטח.



4.3. ניתוח ממצאים כמותיים

4.3.1. ניתוח סיכום שבועי והיקפי המשימות

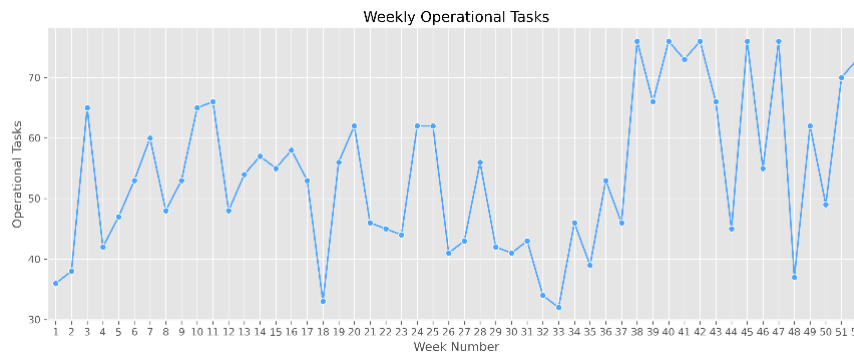
	כמות פ"מים	כמות שיבוצים	כמות אנשי צוות ששובצו	כמות אנשי צוות שלא שובצו בכלל	מינימום משימות לאיש צוות (ששובצו)	מקס משימות לאיש צוות	זמן מוצא של פ"מ	משך מוצא לפירט	כמות שיבוצים שנויים (כשירות)	כמות שיבוצים שנויים (זמנית)	כמות שינוי שיבוץ שנבעו מבל"מ	כמות שיבוצים שחרגו משעות מנוחה
count	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
mean	53.85	757.13	85.48	34.52	2.81	12.31	18.69	4.04	9.77	8.90	4.48	5.38
std	12.75	198.61	17.19	17.19	1.44	1.70	2.20	0.61	4.47	3.74	2.36	3.24
min	32	444	52	8	1	9	12	2.38	2	3	1	1
25%	43.75	606	71.50	17.75	1	11	17.89	3.74	6	6.75	3	3
50%	53	715.50	84.50	35.50	3	12	20	4.11	8	8	4	5
75%	62.75	902.75	102.25	48.50	4	14	20	4.49	13	11	6	8
max	76	1202	112	68	5	15	20	4.99	22	20	12	12

טבלה 2 – מדדים סטטיסטיים

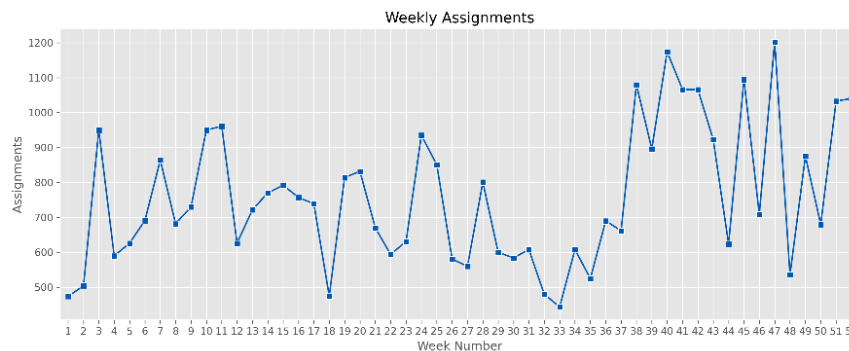
הטבלה מציגה סיכום מדדים סטטיסטיים ומשלימה את טבלת הסיכום השבועי (נספח 15) המרכזת את הנתונים הכמותיים עבור 52 השבועות של שנת 2024 בטייסת. מהנתונים עולה בבירור כי נפח המשימות ושיבוצי הצוותים אינו קבוע לאורך השנה, אלא מתאפיין בתנודתיות משמעותית. כך למשל, ניתן לזהות שבועות עומס חריג, בהם כמות הפ"מים (פקודות מבצע, שמשמעותן משימות / טיסות) השבועית גבוהה במיוחד. מספר הפ"מים השבועי נע בין כ-32 בלבד בשבוע הנמוך ועד 76 בשבוע העמוס ביותר, כמעט פי 2.5. מגמה דומה נצפתה גם במדדים נוספים: בשיא הגיעה כמות השיבוצים השבועית לכ-1200 (בשבוע 47), לעומת שבועות רגועים יותר עם היקף מצומצם, של כ-444 שיבוצים בלבד בשבוע החל באמצע אוגוסט. כלומר במדד זה, הפער בין השבוע ה"רגוע" ביותר לבין השבוע העמוס ביותר הוא כמעט פי 3. בהתאם, חלה שונות מקבילה גם במספר סך אנשי הצוות ששובצו: בשבועות רגועים שובצו פחות מחצי מאנשי הצוות הכוללים (כ-52 מתוך כ-120, והשאר 68 נותרו ללא שיבוץ כלל), בעוד שבשבועות השיא נוצל כמעט מלוא כוח האדם הזמין עם 112 אנשי צוות משובצים ונותרו בקושי 8 אנשי צוותי ללא שיבוץ. נתונים אלו מצביעים על כך שהטייסת נדרשת לתגבר כוח אדם ולהפעיל כמעט את כולם בתקופות העומס, בעוד שבתקופות שקטות חלק ניכר מהצוות אינו משובץ למשימות ומשוחרר לחופש או לא מזומן למילואים. הפערים מעידים על אי-עקביות בעומס התפעולי ועל הצורך בגמישות ניהולית על מנת לתמוך בקפיצות חדות בעומס המשימות.



4.3.2. ניתוח מגמות שבועיות ואיתור חריגות לאורך ציר הזמן



תרשים 2 – פ"מ לפי שבועות



תרשים 3 – שיבוצים לפי שבועות

תרשים השיבוצים השבועי חושף תנודתיות רבה לאורך השנה ונקודות קיצון ניכרות. בולטים מקבצים של שבועות עמוסים במיוחד לעומת תקופות מתונות יותר. למשל, בין אמצע ספטמבר לאמצע נובמבר יש רצף של כ 8 שבועות אינטנסיביים, עם 1000 שיבוצים ויותר בכל שבוע, הרבה מעל הממוצע השנתי (757). בשבועות השיא נרשמו אף מעל 1200 שיבוצים. רצף חריג זה מעיד כנראה על גידול בהיקף הפעילות המבצעית (מכת הפתיחה בלבנון), ומודגש במעבר החד לאחריו: בשבוע העוקב צנח מספר השיבוצים לכ 536 (שבוע 48), ביטוי לחזרה מיידית לשגרה לאחר השיא.

לצד שיאי הסתיו, זוהו גם תקופות שפל בולטות. לדוגמא באוגוסט (שבועות 32–33) נרשמו כ 450 שיבוצים בלבד בשבוע, ובראשית השנה (שבועות 1–2) וסוף אפריל (שבוע 18) כ 500 שיבוצים. שבועות דלי-פעילות אלו חופפים לזמני חגים וחופשות (תחילת השנה האזרחית, פסח) שבהם הפעילות המבצעית הצטמצמה בטייסת ככל הנראה. מנגד, בתקופות מתוחות בסתיו (חגי תשרי) חלה האצה ניכרת בפעילות, ללא תלות בחגים. תבנית זו מדגישה את הצורך בתכנון דינמי: המערכת צריכה להתמודד הן עם שבועות של עומס יתר חריג והן עם שבועות של ניצול חלקי של

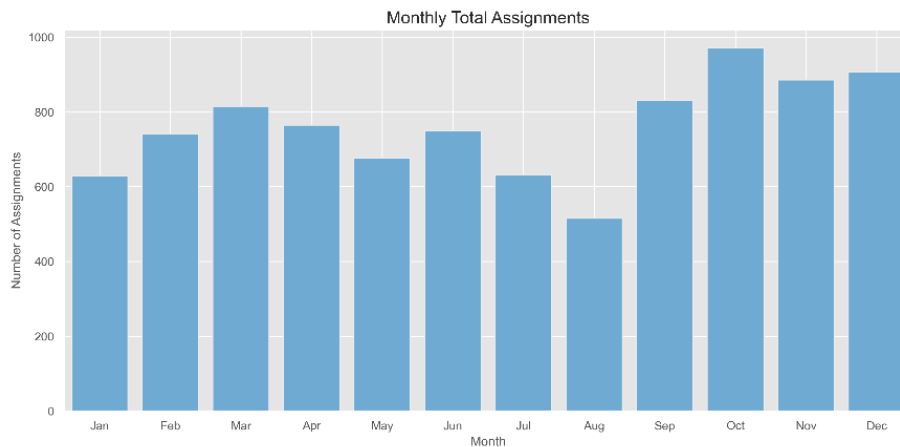


הצוות. חשוב לציין כי למרות התנודתיות לא מזוהה מחזור עומסים קבוע (שבועי או חודשי); השינויים מוכתבים בעיקר לפי אירועים מבצעיים חיצוניים ייעודיים.

4.3.3. ניתוח מגמות חודשי

חודש	כמות פ"מ	כמות שיבוצים	כמות אנשי צוות ששובצו	כמות אנשי צוות שלא שובצו בכלל	מינימום משימות לאיש צוות (ששובצו)	מקס משימות לאיש צוות	זמן ממוצע של פ"מ	מסך ממוצע לפירט	כמות שיבוצים שנויים (כשירות)	כמות שיבוצים שנויים (זמנית)	כמות שינוי שיבוצ שובצו מבלת"מ	כמות שיבוצים שנויים (זמנית)
ינואר	46	629	69	52	3	12	18.04	4.05	8	9	4	6
פברואר	54	742	81	40	4	14	19.37	4.46	10	10	5	8
מרץ	59	815	89	32	4	13	19.36	4.06	13	9	3	4
אפריל	56	765	95	25	3	13	19.82	4.18	10	10	5	7
מאי	49	677	84	36	3	12	20	4.12	10	10	6	5
יוני	53	750	92	28	2	11	20	4	10	10	7	5
יולי	45	631	89	32	3	11	18.83	4.06	8	8	3	6
אוגוסט	38	515	72	49	4	10	18.57	3.59	7	6	5	5
ספטמבר	61	832	82	39	4	14	16.04	3.87	10	8	6	9
אוקטובר	68	971	95	26	3	14	16.40	3.76	11	13	5	7
נובמבר	61	886	93	27	3	14	18.96	4.14	15	9	4	2
דצמבר	64	907	90	31	4	14	19.28	4.29	12	9	8	6

טבלה 3 – מגמות חודשיות



תרשים 4 – ממוצע שיבוצים חודשי

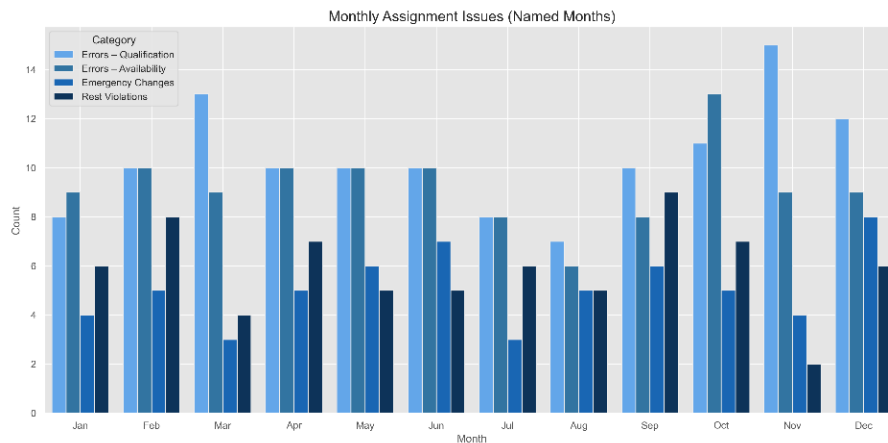
מתחילת 2024 ועד אמצעה ניכר גידול לא רציף בהיקף המשימות. חודש ינואר החל בכ 629 שיבוצים (46 פ"מים), ובמרץ עלו לכ 815 שיבוצים (59 פ"מים) בהתאמה. ברבעון השני המגמה התהפכה קלות: אפריל ומאי התאפיינו בירידה יחסית (כ-765 ו-677 שיבוצים), ייתכן בהשפעת החגים, מיעוט אירועים ורצון לרדד כ"א. השפל הבולט (הערך הנמוך בשנה), חל באוגוסט, עם 515 שיבוצים ו-38 פ"מים בלבד, שמעיד על ירידה משמעותית בפעילות המבצעית ואולי גם השפעת חופשות הקיץ. לעומת זאת, מספטמבר הורגשה עלייה חדה בעומס. בספטמבר בוצעו כ 832 שיבוצים (61 פ"מים) – עלייה של כ 60% ב השוואה לאוגוסט. באוקטובר הגיע נפח המשימות לשיא שנתי של 971 שיבוצים (68 פ"מים), כמעט כפול מאוגוסט. גם נובמבר ודצמבר נותרו ברמה גבוהה (886 ו-907 שיבוצים, בהתאמה). במילים אחרות, המחצית השנייה של השנה, ובפרט הסתיו-חורף, הייתה עמוסה בהרבה



מהמחצית הראשונה. הסיבה המרכזית הייתה פתיחת המהלומה בגזרה הצפונית, פעילות עצימה גם בגזרת סוריה לצד המשך הלחימה ברצועת עזה ובגדה.

4.3.4. מגמות חודשיות בכשלים ובחריגות בשיבוץ (כשירות וזמינות)

בכל חודשי 2024 אירעו שיבוצים שגויים, מקרים שבהם שובץ איש צוות ללא כשירות נדרשת או בניגוד לזמינותו אך בהיקפים משתנים.



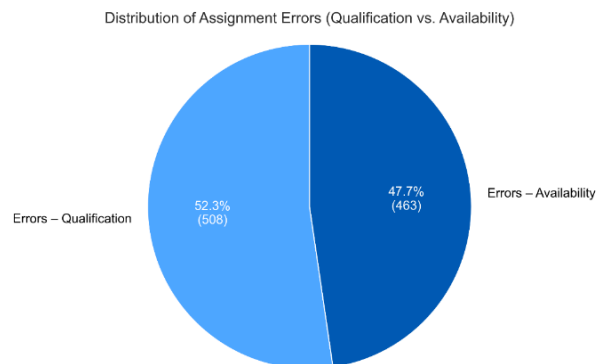
תרשים 5 – ממוצעי טעויות וחריגות חודשי

בחודשי השגרה בתחילת השנה (לדוגמה ינואר–פברואר) נרשמו כ 8-10 כשלים לחודש מכל סוג. בתקופות העומס המקרים עלו : בספטמבר נרשמו 10 כשלים של כשירות ו 8 של זמינות, באוקטובר (החודש העמוס ביותר) כשלי זמינות הגיעו לשיא של 13 מקרים (מתוכם 11 כשלים של כשירות). נובמבר דווקא בלט בשיא שלילי של כשירות, 15 מקרים (חריגה מעל הרגיל, אולי בעקבות הסמכות שפגו לאחר החופשים בחגים), בעוד כשלי זמינות ירדו ל-9 אחרי השיא באוקטובר. בחודשים רגועים יותר כמו יולי-אוגוסט נצפו הכמויות הנמוכות ביותר (כ 6-8 כשלים לחודש מכל סוג). המגמה הכללית ברורה : עומס משימות גבוה מלווה בריבוי כשלים בשיבוץ. בתקופות אינטנסיביות עם משימות רבות גוברת הנטייה לשיבוצים שגויים (עקב עומס תפעולי, אילוצי זמינות ותכנון והגררות לשיבוץ אנשי צוות ללא כשירות מלאה), בעוד שבזמנים רגועים הגמישות גדולה יותר ומפחיתה טעויות. מדד נוסף שנבחן הוא חריגה משעות מנוחה - שיבוץ אנשי צוות בניגוד לפרקי המנוחה הנדרשים בנהלים. מקרים כאלה התרחשו לאורך השנה, אך בפיזור לא אחיד. בחודשי שגרה (ינואר–יוני) נצפו בממוצע כ 5-7 חריגות מנוחה בחודש. בחודשי הקיץ הרמה היתה דומה (5-6 בחודש). עם העלייה בעומס בתחילת הסתיו, גדל מספר החריגות : בספטמבר אירעו 9 חריגות מנוחה (הגבוה ביותר) ובאוקטובר



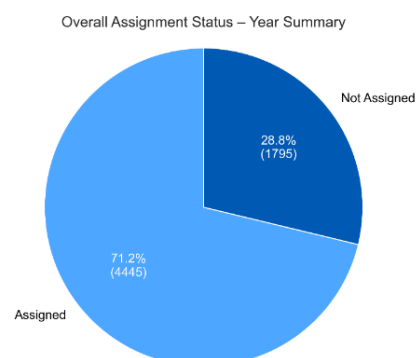
7. לעומת זאת, בנובמבר למרות שהעומס נותר גבוה, צנחו החריגות ל-2 בלבד (הנמוך בשנה). ירידה דרסטית זו עשויה להצביע על צעדים יזומים שבוצעו למנוע שחיקת צוות לאחר שיא העומס (כגון הקפדה מוגברת על אכיפה ובקרת המנוחה ע"י המפקדים). בדצמבר חזר המספר שוב ל-6. אמנם חודשי שיא העומס לוו בעלייה בהפרות מנוחה, אך בסך הכול, לא נמצא מתאם פשוט וישיר בין כמות המשימות לכמות חריגות המנוחה.

4.3.5. התפלגות סוגי כשלים



תרשים 6 – פילוח שיבוצים שגויים

במהלך 2024 תועדו בסך הכל קרוב ל 1000 מקרים של שיבוץ שגוי (שילוב של שני הסוגים שנמדדו). פילוח כשלים אלה לפי סוג מעלה כי הם נחלקים כמעט שווה בשווה בין כשלים על רקע כשירות לבין כשלים על רקע זמינות. בכלל השנה, כ-52% מהכשלים היו כשירותיים (כלומר שובץ איש צוות שאינו בעל ההכשרה תקפה המתאימה למשימה), וכ 48% היו כשלים של זמינות (שיבוץ איש צוות שאינו זמין בפועל, אינו נוכח או בשעות המנוחה). התפלגות זו מראה כי קיימות שתי בעיות, הכשרת כוח האדם ושמירת כשירותו וגם ניהול הזמינות והעומסים, אשר תורמות במידה דומה להפרות כללי השיבוץ. כשלים אלו, משני הסוגים, פרוסים לכל אורך השנה, כלומר האתגר הוא רוחבי והמערכת הקיימת מתקשה להתמודד איתם.

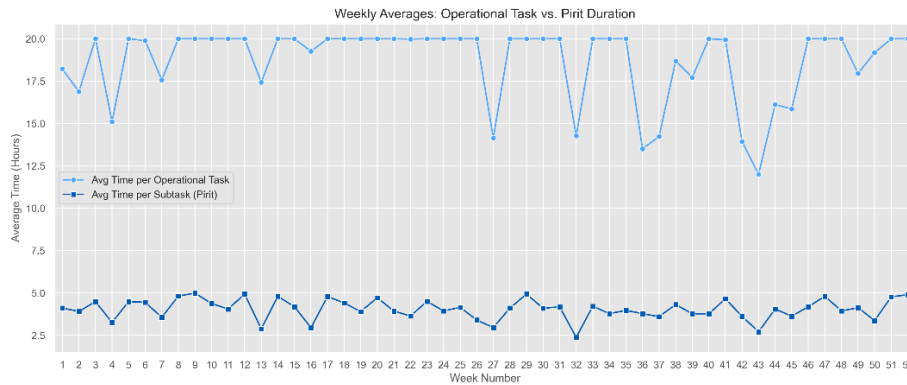


תרשים 7 – סטטוס שיבוצים



תרשים זה ממחיש באופן הבולט ביותר את משמעות העומסים ומחירים. באופן מצטבר כ 28.8%, למעלה מרבע מהמשימות במהלך השנה כולה - לא שובצו כלל. מצב זה, המביא לכדי פגיעה בכשירות המבצעית הינו בלתי סביר !

4.3.6. ניתוח משכי משימות



תרשים 8 – זמן ממוצע של פ"מ אל מול פריט

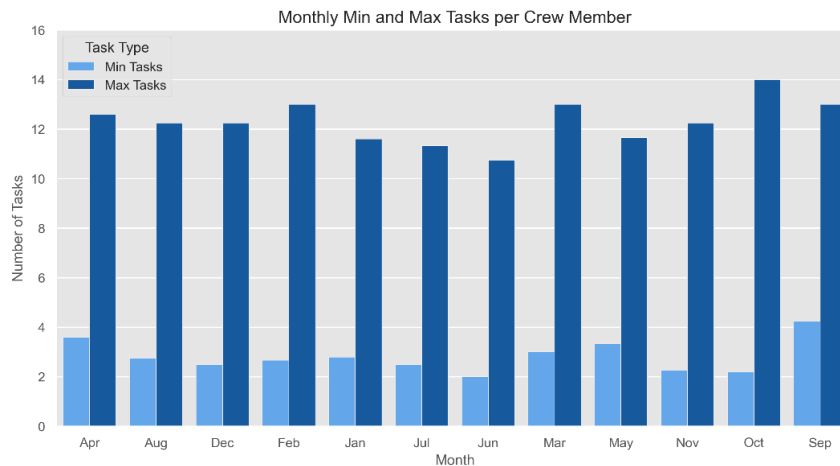
תרשים זה מציג, זה לצד זה, משכי פ"מ (משימה מבצעית מלאה) ממוצעים ומשכי "פריט" (שיבוץ צוות במסגרת שלב במשימה) ממוצעים בחלוקה לחודשי השנה. משך משימה ממוצעת בשנת המחקר עמד על כ 18.7 שעות (סטיית תקן $\approx \pm 2.2$ שעות), בעוד משך משמרת צוות ממוצעת ("פריט") היה כ 4 שעות – ($\sigma \approx \pm 0.6$) נתון התואם את נהלי האיוש (כ 4 שעות לפריט).

בתקופות רגועות יחסית (אביב-קיץ) משך המשימה הממוצע נע סביב 19-20 שעות, בעוד משך משמרת הצוות יציב סביב 4 שעות (בהתאם לנהלים). מנגד, בתקופות עומס שיא (כגון בסתיו) ניכרת ירידה באורך המשימה: בספטמבר-אוקטובר צנח משך פ"מ ממוצע לכ 16-17 שעות. קיצור זה נובע כנראה מפיצול הדרישה לכטמ"מים בשעות מסוימות או מביצוע גיחות קצרות ותכליתיות יותר, כדי לעמוד בקצב המשימות הגבוה ולהימנע מתשישות הצוות. בהתאם, גם משך הפריט בחודשים העמוסים התקצר מעט לכ 3.8 שעות בממוצע, מה שמעיד על רוטציה תכופה יותר של צוותים במהלך המשימה. מגמות אלו, שיתכן ונראות תמוהות תחילה, משקפות התאמה תפעולית חשובה: בעומסים כבדים או פ"מ מיוחדים הטייסת מקצרת משימות ומשמרות כדי לפרוס את העומס בין יותר אנשי צוות ולשמור על רעננות וכשירות, בעוד שבעיתות שגרת חרום היא מרשה לעצמה משכים מלאים וארוכים יותר למשימות, כאשר סכנת העומס והשחיקה פחותה.



4.3.7. שונות בעומסי שיבוץ בין אנשי צוות

התרשים הבא עוסק בחוסר האיזון בעומס בין אנשי הצוות ומציג את הפער בין כמות המשימות בפועל שביצע איש הצוות העמוס ביותר למול איש הצוות הכי פחות עמוס בכל חודש. הבדל ניכר ובולט לעין.

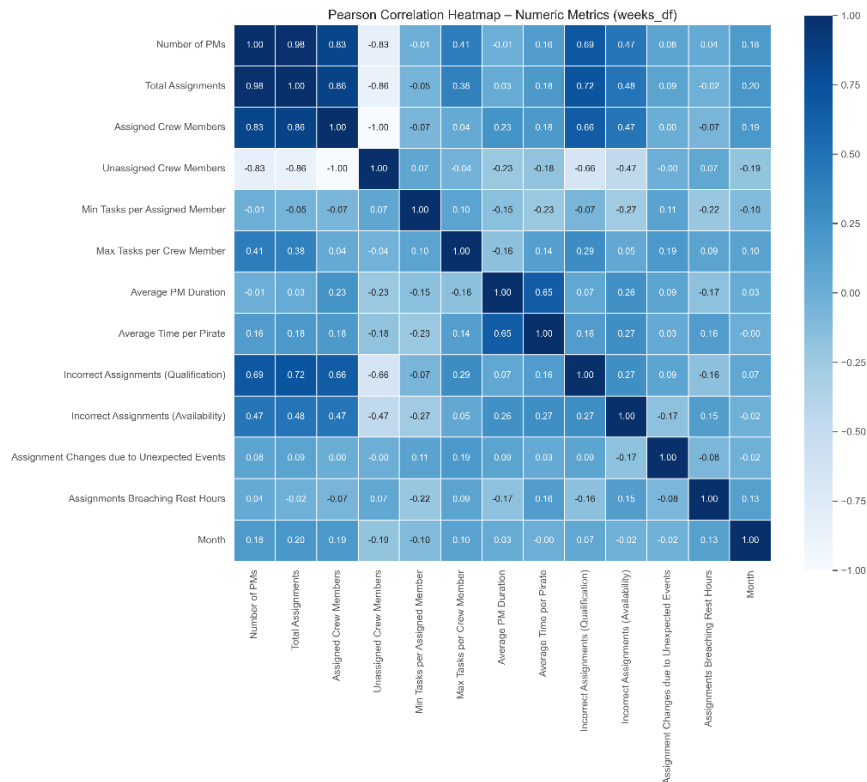


תרשים 9 – הבדלי מינימום לעומת מקסימום חודשי

לדוגמה, בשבוע השיא נמצא איש צוות אחד שביצע 14 משימות, בעוד אחרים באותו פרק ביצעו 2 משימות. זהו פער קיצוני. אמנם בתקופות חירום, הופעל כמעט כל הצוות הזמין, אך גם אז העומס לא התחלק באופן שוויוני, ובמקרים מסויימים הפער אף גדל. פערים מתמשכים אלו מצביעים על בעיה מערכתית בחלוקת עומס המשימות בטייסת: ככל הנראה ישנם "מצטיינים" הנושאים על גבם נתח לא פרופורציונלי מהפעילות, בעוד אחרים נותרים בתת-ניצול. מצב כזה עלול להביא לשחיקה מואצת של אנשי הצוות העמוסים.

4.3.8. בחינת מתאם בין הפרמטרים שנבחנו

על מנת לאתר את המתאם בין הפרמטרים שנבחנו ייצרנו מפת חום לפי מדד פירסון, המציפה בצורה ויזואלית הן קשרים ישירים (ערך חיובי המיוצג בתרשים בצבע כהה) והן קשרים הפוכים (ערך שלילי המיוצג בתרשים בצבע בהיר). ככל שהקשר חזק יותר המדד גבוהה יותר (חיובי או שלילי) והצבע בולט יותר (כהה או בהיר יותר בהתאמה).



תרשים 10 – מפת חום לבחינת קורלציה בין הפרמטרים שנבחנו

קיים כמובן קשר חיובי חזק ($r \approx 0.98$) בין הפ"מ (משימות) לבין השיבוצים. כמו-כן,

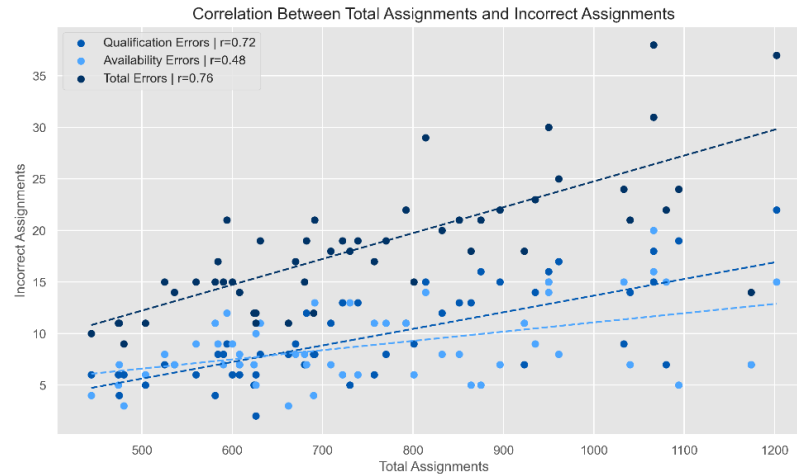
קיים קשר חיובי חזק ($r \approx 0.86$) בין כמות השיבוצים לבין כמות כוח האדם המשובץ

וקשר שלילי חזק ($r \approx -0.86$) בין כמות השיבוצים לבין כמות כוח האדם שאינו

משובץ. אולם במקרים אלו מדובר בקשרים בסיסיים וצפויים הנובעים מעצם התהליך ולכן לא נעמיק בהם.

ניתוח מתאם בין עומס המשימות למדדי הכשלים והחריגות חושף מספר קשרים מובהקים. נמצא מתאם חיובי חזק ($r \approx 0.72$) בין מספר השיבוצים לכמות הכשלים על רקע כשירות. כן נמצא מתאם חיובי מתון ($r \approx 0.48$) בין עומס השיבוצים לכשלים על רקע זמינות. מאידך, לא נמצא מתאם מובהק בין עומס המשימות לבין חריגות מנוחה ($r \approx 0.02$) או שינויים בלתי-מתוכננים ($r \approx 0.09$).

על מנת להעמיק בקשרים החזקים, נבנה תרשים scatter המעמיק בבחינת המתאם בין הסיכומים השבועיים של השיבוצים למול אלו של הכשלים השונים, תוך ביצוע גרסיה לינארית ומדידת מדד פירסון.



תרשים 11 – קורלציה בין טעויות לשיבוצים

מהתרשים ניתן לראות כי בשבועות עמוסים במיוחד נרשמו יותר מקרים של שיבוץ אנשי צוות ללא הכשרה תקפה או מתאימה (מחוסר ברירה או טעות). כמו כן ניתן לראות כי בתקופות עמוסות הייתה עלייה מסוימת גם בכמות הכשלים עקב זמינות (שיבוץ חברי צוות שאינם זמינים במועד הנדרש). חיבור כלל הכשלים משני הסוגים מייצר מדד חדש ומובהק אפילו יותר ($r \approx 0.76$). לסיכום, עומס משימות גבוה אכן פוגע באיכות השיבוץ ומתבטא ביותר כשלים ותקלות.

4.3.9. השוואת דפוסי שגרה לעומת חירום

מניתוח הנתונים אפשר גם להבחין בהבדלים מובהקים בין תקופות שגרה יחסית לבין פרקי זמן שניתן להגדירם כ"חירום" או עומס קיצוני. למשל, בהשוואה בין חודשי הקיץ השקטים (יוני-אוגוסט) לבין חודשי הסתיו העמוסים (ספטמבר-אוקטובר), בולטים מספר פערים:

- **ניצול כוח האדם** – בשגרה שובצו במוצע 70-80 אנשי צוות בשבוע, ואילו בתקופת החירום נדרשו מעל 90 ואף כמעט כל 120 אנשי הצוות לשיבוץ שבועי. כלומר, בעת חירום הטייסת עברה למיצוי כמעט מלא של הצוותים.
- **משך המשימה הממוצעת** – בחודשים רגועים נע האורך סביב 19-20 שעות למשימה, אך בחירום צנח הממוצע לכ-16-17 שעות. קיצור זה נובע מצורך מבצעי בגיחות יותר קצרות, כדי לעמוד בעומס ולהימנע מתשישות. גם משך הפריט ירד מ 4.1 שעות במוצע בשגרה ל $\sim 3.8-3.9$ שעות בחירום.



- **כשלים וחריגות** - באופן כללי, תקופת החירות לווה בעלייה מסוימת בשיעור הכשלים. בשיא, היקף הכשלים הגיע ל 13 כשלי זמינות ו 15 כשלי כשירות. הדבר מעיד שבמצבי קצה עמוסים גדל הסיכון לחריגה מנהלי כשירות ולהתפשרות על עקרונות שיבוץ תקינים. מיד לאחר שיא העומס, הייתה ירידה או חזרה דרסטית לתקינות במדדים של חריגות המנוחה וכשלי זמינות.
- **שינויים עקב בלת"מ** - לא ניכר גידול יחסי בתקופת העומס, מה שמרמז שבחירות כל שינוי או אילוץ כבר מגולם בעומס הכולל, ואילו בשגרה אירועי בלת"מ מפוזרים יותר.

4.3.10. חריגות, הטיות ומגבלות בנתונים

בפרק הנוכחי זוהו מספר נקודות חריגות בולטות, שלהן השפעה על הממצאים. דוגמה מרכזית היא השבוע בעל העומס המקסימלי (~1200 שיבוצים), החריג באופן ניכר מן השאר. שילוב שבוע קיצוני זה משך מעלה את הממוצעים והבליט בעיות שלא תמיד נראות בשגרה (לדוגמה, אותו שבוע לוה גם בכמות כשלים גבוהה במיוחד ודרש הפעלת 112 אנשי צוות). גם שבועות שפל קיצוני מגד – כמו שבוע אמצע אוגוסט עם פחות מ-450 שיבוצים מדגישים את התנודתיות. במצבים של עומס חריג ייתכנו גם עומסי יתר אישיים, איש צוות אחד ביצע עד 14 משימות בשבוע השיא, עומס שעלול להביא לשחיקה. נתונים כאלה, כאשר הם מופיעים כחריגים בודדים, עלולים להשפיע על סטיות התקן והטווחים ששימשו בניתוח. לפיכך, בהתבוננות בממוצעים נלקח בחשבון שיש שבועות יוצאי דופן. לכן, נעשה שימוש גם במדדים חסינים יותר (כמו חציון) כדי לנטרל את השפעת החריגים.

בבחינת איכות הנתונים ומגבלותיהם, יש לזכור שהנתונים סוכמו באופן ידני מתוך מקורות תפעוליים, כפי שתואר במתודולוגיה. תהליך איסוף זה עשוי להיות כרוך בהטיות רישום ובחוסרים: למשל, ייתכן שלא כל חריגת מנוחה דווחה או תועדה במערכת, או שחלק מהשיבוצים השגויים תוקנו מראש ולא נספרו. בנוסף, הנתונים הינם ברמת תמצית שבועית, דבר שעלול למסך חריגות יומיות. כמו כן, חלק מהמדדים (כגון "כשירות") הם בינאריים יחסית ואין



משקל ישיר לחומרת הכשל, אלא רק ספירה האם אירע. המשמעות שאירוע כשל קל ואירוע חמור נספרים באופן שווה, מה שעלול למסך היבטים איכותיים. לבסוף, מגבלת סיווג המידע חייבה התמקדות במדדים כמותיים כלליים ולא בנתונים מבצעיים מפורטים. יתכן וישנם גורמים מוסברים לעליות ולירידות (כגון מבצע צבאי ספציפי, מעבר לאירועים מערכתיים) שאינם מפורטים אך תרמו לדפוס הנדונים, ולכן בניתוח התמקדנו במה שניתן להסיק כמותית מהמספרים הגלויים. אף על פי מגבלות אלו, ההתפלגויות והמגמות שעלו מן הנתונים מספיקות כדי להצביע על האתגרים העיקריים: שונות גבוהה בעומס (וללא יכולת תכנון מוקדם מספקת), ניצול לא אחיד של הצוות, עליה בטעויות תחת לחץ, וכן הצורך הבולט במערכת שתזהה ותתקן כשלים וחרגות בזמן אמת. נתונים כמותיים אלה מתווים את הבסיס להמשך הדיון בפרקי ההמלצות, שם ייבחנו הדרכים לצמצום השחיקה והכשלים באמצעות פתרונות אופטימיזציה וניהול משופר של המשאבים.

Benchmark עם מחקרים דומים אחרים 4.4

בחנו את ממצאי המחקר שלנו למול 4 מחקרים דומים מהשנים האחרונות, העוסקים בנושא השיבוץ בעולם התעופה (ביבליוגרפיה 10, 11, 14 ו 15) ב 3 היבטים עיקריים:

4.4.1. גישות מחקר ומתודולוגיה

המחקרים שנבחרו להשוואה מציגים גישות מגוונות לפתרון בעיות שיבוץ, ניהול עומסים ותחזוקת כשירויות בצוותי אוויר. (Öz, 2025 [11]) עשה שימוש ב-Fuzzy Dematel למיפוי גורמים משפיעים על עייפות צוותים. (Ouyang & Zhu, 2023 [10]) שילבו אלגוריתם גנטי מקבילי לתכנון שיבוץ מיטבי תחת מגבלת משאבים. (Schrotenboer et al., 2023 [14]) יישמו גישת robust optimization לשיבוץ צוותי גיבוי. (Tan et al., 2024 [15]) השתמשו, בדומה אלינו, בשיטות איכותניות וכמותיות לניתוח איזון עומסים של קציני שיבוץ בשדה תעופה. כל המחקרים מציגים ניתוח מערכתי, אך שונים בכלי המדידה ובהקשרים הארגוניים.

4.4.2. השוואת ממצאים עיקריים

במרכז ממצאי המחקר הנוכחי (פרק 4) זוהו ארבעה אתגרים מהותיים בתהליך השיבוץ בטייסת: עומס תפעולי בלתי מבוקר, פערי כשירויות, חוסר תיאום בין בעלי



תפקידים, והעדר תשתית לניהול חריגים. אתגרים אלו אינם ייחודיים, ומופיעים גם במחקרים שבחנו.

כאמור, אחד הנושאים שעלו במחקר שלנו הוא ניהול עומסים. גם (Öz, 2025 [11]) מדגיש ש "workload management was identified as the most influential factor", כלומר איזון העומסים הינו המפתח להתמודדות עם עייפות, כשירות ובטיחות צוותים. במחקר זה, נמצא כי משימות רבות משובצות לאותם אנשי צוות שוב ושוב, ללא מדידה או בקרה – דבר שמוביל לשחיקה, ירידה במורל ופגיעה בכשירות. גם במחקר שלנו, הקה"דית ציינה כי "אין שום מנגנון ניהול עומסים" (נספח 13), ומסקנות התחקירים תמכו בכך. הדמיון בין הממצאים מחזק את הצורך בפיתוח כלי לניטור איזון עומסים, כפי שמומלץ גם במחקרו של (Öz, 2025 [11]). בהיבט הכשירויות, נמצא במחקר זה כי משימות בוצעו לעיתים על ידי אנשי צוות שלא ריעננו מיומנות מקצועית במשך חודשים. סמ"ט ב' להדרכה תיאר כי "תוכניות ההדרכה נדחקות לשוליים", ומפעיל במילואים דיווח שנדרש למשימה בכשירות לא עדכנית (נספח 13). ממצא זה מקביל להמלצת (Öz, 2025 [11]) להטמעת כלים מבוססי מידע לניהול כשירויות שוטפות.

(Ouyang & Zhu, 2023 [10]) התמקדו בשיבוץ מיטבי בתקופת מחסור בכוח אדם. המודל שפיתחו התבסס על אינטגרציה של שיבוץ וניצול מיטבי של צוותים דרך אלגוריתם גנטי מקבילי, במטרה למקסם התאמות ולהפחית זמן חישוב. במחקר הנוכחי, מבנה השיבוץ הקיים – מבוסס Excel ידני – אינו מסוגל להתמודד עם נפחי המשימות והדרישות המשתנות בזמן אמת. הדבר מוביל לבזבז משאבים ולחוסר יעילות. ממצאי המחקר תומכים בצורך בפתרון אוטומטי ואינטגרטיבי, בדומה למה שהוצע במחקר זה.

מחקרם של (Schrotenboer et al., 2023 [14]), בחן את תפקוד מערכות שיבוץ תחת תנאים משתנים ודינמיים, תוך התמקדות בשיבוץ צוותי גיבוי. נמצא כי שימוש לא מתואם בצוותי גיבוי פוגע ביכולת ההתאוששות מהפרעות. גם בטייסת במחקר שלנו, תועד מחסור בתיאום מובנה בין גורמי התכנון, שגרם לפערי מידע ולעיתים לפספוס שיבוץ בפועל. כמו כן, עלה כי הקפצת אנשי מילואים בהתרעה קצרה וללא תיאום והיערכות גרמה לשחיקה ומרמור (נספח 13 ונספח 14).

לבסוף, במחקר של (Tan et al., 2024 [15]) זוהה קשר ישיר בין עומסי יתר אצל קציני שיבוץ לבין ירידה בתפקוד, שחיקה, וליקויים בקבלת החלטות. גם כאן, מתוארת תופעה של התמודדות ידנית עם תרחישים משתנים, עומסי פעילות ולחץ



תפעולי – בדומה לתחושת ה"רולטה היומית" שתיארו מרואיינים בטייסת בעת חירום (נספח 13). המסקנה החוזרת: היעדר מערכת שיבוץ חכמה גורם לתפקוד לקוי גם בשגרה אך בולט במיוחד במצבי קצה.

4.4.3. מסקנות והשפעות יישומיות

ההשוואה למחקרים אחרים ממחישה כי האתגרים שזוהו בטייסת אינם ייחודיים, אך המענה מחייב פתרונות מותאמים. המסקנה המרכזית היא כי נדרש מעבר למערכות שיבוץ דינמיות, המשלבות בקרה על עומסים, כשירויות ותיאום בין ממשקים. יש מקום לאימוץ כלים חישוביים, מודלים לחיזוי עומסים, וניהול צוותי גיבוי תוך שמירה על רציפות תפקודית. ממצאי המחקר הנוכחי מהווים בסיס לפיתוח פתרון כזה, וניתן ליישם בשיפור כשירות, ביטחון ושביעות רצון צוותים בסביבות תעופתיות ומבצעיות.

4.5. סיכום ודיון בממצאים

הניתוח המשלב נתונים כמותיים ואיכותניים מצביע על ליקויים מערכתיים מהותיים בתהליך שיבוץ כוח האדם בטייסת הכטמ"מ. מן המקורות האיכותניים, שהתבססו על סיכומי ראיונות העומק וסיכום לקחים מתחקירים מבצעיים, עלו חמישה אתגרים מרכזיים: עומסים תפעוליים חריגים ושחיקה מצטברת; פערים נרחבים בהכשרה ובכשירות; תיאום לקוי בין בעלי תפקידים; מתח בין צוות לנהלים לבין אילוצים בשעת חירום; ופערים בין סוגי שירות. הממצאים משקפים בעקביות תחושת אי-סדר, חוסר שקיפות, וחלוקת נטל בלתי מאוזנת, במיוחד בקרב אנשי קבע ומילואים. במקביל, הניתוח הכמותי מאשש ממצאים אלה ומספק מדדים תומכים. זוהתה תנודתיות גבוהה בהיקפי המשימות והשיבוצים השבועיים לאורך השנה, עם פערים של עד פי שלושה בין שבועות רגועים לשבועות שיא. בתקופות עומס, נרשם גידול חד בשיבוצים שגויים – בעיקר כשלים בכשירות וזמינות – ובחריגות מפירקי מנוחה. בהתאם, זוהה מתאם חיובי בין עומס המשימות לשיעור השגיאות, תוך חשיפת פערים בין העומס על אנשי הצוות השונים. ממצאים אלו מעידים על חוסר בקרה רציפה, על חוסר ניצול אופטימלי של המשאבים האנושיים, ועל העדר יכולת תכנון חזויה. שילוב שני ממדי הניתוח מדגיש כי מקור הכשלים טמון הן בהיעדר תשתית טכנולוגית תומכת והן בבעיות ארגוניות ותהליכיות. הממצאים מספקים בסיס איתן לפרקים הבאים, שבהם יוצגו פתרונות אופטימיזציה והמלצות לשיפור מערכתי, שיבטיחו ניהול כוח אדם אפקטיבי, מאוזן ועמיד גם בשגרה וגם בחירום.



5. תובנות מחקריות

5.1. מסקנות מניתוח הנתונים והצלבה מול הספרות התיאורטית

בהתבסס על הממצאים האיכותניים והכמותיים מהמחקר (פרק 4), לצד התאמה לעקרונות שהוצגו בסקירה התיאורטית (פרק 2), גובש מודל יישומי חדשני לניהול אופטימלי של משאבי כוח האדם בטייסות הכטמ"מ. המודל פותח כפתרון מערכתי כולל, המתמודד עם בעיות שורש בתהליך השיבוץ, תוך התחשבות בצרכים המבצעיים, ביעדי הארגון ובמגבלות הקיימות. מטרת העל של המודל היא איזון אופטימלי של משאבי כוח האדם ומענה מיטבי לדרישות המבצעיות ויכולת להגיב למצבים משתנים, תוך עמידה בנהלים, שמירה על הכשירות, שמירה על רווחת אנשי הצוות וצמצום כשלים תפעוליים. כמו הבעיות (תת פרק 2.3), גם כיווני הפעולה אינם ייחודיים ועלו בסקירה הספרותית כמאפיינים טייסות כטמ"מ. המודל נשען על גישה מתמטית מבוססת תכנון ליניארי (תת פרק 2.4), המשלבת גם עקרונות של מערכות תומכות החלטה - DSS (תת פרק 2.5). הוא מתחשב במגוון רחב של אילוצים, כגון רמות כשירות, זמינות, מגבלות רפואיות, שחיקה מצטברת, התאמות אישיות, וכן נהלים בנוגע לזמני מנוחה. פונקציית המטרה של המודל יכולה להיות מותאמת לפי צרכי הטייסת – מינימום עומסי יתר (איזון משאבי), מקסימום תפוקה מבצעית, או שילוב בין שתי המטרות, בהתאם לתקופה וליעדים. לצורך מימוש המודל, נבנה מאגר נתונים דינאמי שירכז את כלל המידע הנדרש עבור כל איש צוות. המאגר יכלול מידע עדכני על כשירויות, שעות טיסה, היסטוריית פעילות, מגבלות זמינות והעדפות אישיות. נתונים אלו יוזנו לאלגוריתם שיבוץ, שיבצע המלצת שיבוץ חכמה אוטומטית לכל משימה בטייסת. כמו כן, המערכת כוללת אפשרות לתכנון דינאמי מחדש, בזמן אמת, בהתאם לשינויים בשטח (היעדרויות או משימות בלתי צפויים). רכיב נוסף וחשוב במודל הוא ממשק תומך החלטה למפקדים. רכיב זה יספק תמונת מצב מלאה, ניתוח מגמות, פערים והמלצות פרואקטיביות לניהול נכון ויעיל של כוח האדם. הממשק כולל הצעה לשיבוצים, הצפת פערים למול הנהלים (כגון: כשירות, זמינות, מנוחה) לאישור המפקדים, תמונת מצב של הכשירויות והתראה על כשירות שעומדת לפוג וכן לוחות בקרה ויזואליים המתעדכנים בזמן אמת, המחליפים את הצורך בסנכרון. המערכת תוכננה להיות גמישה ואינטואיטיבית, באופן שיאפשר בהמשך הרחבה הן של התכולה ואפשרות להטמעה גם ביחידות אחרות. יישום המודל צפוי לשפר את היעילות הארגונית, להפחית טעויות אנוש, לחזק את כשירות הצוותים לאורך זמן, ולשפר את יכולת התגובה המבצעית של הטייסות באופן משמעותי ומדיד.



5.2. פיתוח מודל יישומי

פיתוח המודל היישומי יבוצע בשלבים: שלב ראשוני (טווח קצר) ובהמשך טווח בינוני וטווח ארוך. בפרק 6 נתייחס לכל השלבים, אך בפרק זה נתמקד בשלב הראשוני, שאף הוא ימומש בצורה מדורגת, תוך הטמעה הדרגתית של המערכת לצד שינוי תרבותי. על מנת להמחיש את המענה המוצע לצרכי הארגון, ובהתאם לתבנית הגנרית שהוגדרה במתודולוגיה (תת פרק 3.3), בנינו אב טיפוס בעזרת Base44. יודגש כי אב הטיפוס הינו בסביבת ענן פומבית ולכן בוצעה "הלבנה" של התהליך (לחברת רחפנים אזרחית), אולם ההקבלה די ברורה ואין שינוי בלוגיקה). בפרק זה יוצגו עיקרי המערכת.

פירוט מלא של עקרונות השיבוץ בנספח 16

פירוט מלא של תהליך השיבוץ המוצע בנספח 17

תיאור מלא של המערכת, המבנה, המסכים והלוגיקה בנספח 18

קישור למערכת <https://app--skyward-ops-02d143a6.base44.app>

הכנה תשתיתית של כשירות כוח אדם ("מאגר הנתונים הדינאמי" תת פרק 3.3.3):

ניהול כלל אנשי הצוות
הנדרשים לתהליך
השיבוץ. עבור כל אחד
מרוכזות הכשירות
הרפואית, הכשירות
המקצועית והזמינות.

ניהול המשימות ("טבלת המשימות הגמישה" תת פרק 3.3.3):

ריכוז כלל המשימות
(פנימיות וחיצוניות)
במקום אחד. עבור כל
משימה ינוהלו כלל
הפרמטרים הנדרשים
לתהליך השיבוץ.





על מנת לשקלל את 2 פונקציות המטרה, גובשה פונקציות מטרה משולבת, המאפשרת מתן משקלים לכל אחת מפונקציות המטרה, בהתאם לצורך:

• פונקציית מטרה משולבת

$$\max \left(\alpha \cdot \left(\sum_k P_k \cdot \left(\sum_{i,j} x_{i,j,k,r} \right) \right) - \beta \cdot \left(\sum_i \left| \sum_{j,k} x_{i,j,k,r} \cdot d_{j,k} - W \right| \right) \right)$$

בנוסף לפונקציות המטרה גובשו 9 אילוצים שהמודל מתייחס ומטפל בהם, המתייחסים לכלל ההיבטים שהוצפו, ובכלל זה כשירות, זמינות ושעות מנוחה.

במקור, הכוונה הייתה לספק מספר המלצות שיבוץ, תוך מתן ניקוד לכל אחת מהן.

לאחר בחינה מחודשת של ישימות רעיון זה, עלה כי מימושו יהפוך את המערכת למורכבת ויקשה על הטמעתה. לפיכך הוחלט כי יסופק שיבוץ אופטימלי אחד בלבד, שיהווה המלצה, אותה ניתן יהיה לאשר או לשנות. כל שינוי יבחן מחדש את העמידה בכללי השיבוץ ויתריע על חריגות.

הפירוט המלא של אלגוריתם השיבוץ (לרבות הקבוצות, פרמטרים חיצוניים, משתני

ההחלטה והמענה לאילוצים) בנספח 19

במטרה לספק תמונת מצב עדכנית ומלאה, גובשו מספר לוחות בקרה, בחתכים שונים.

לוחות בקרה :

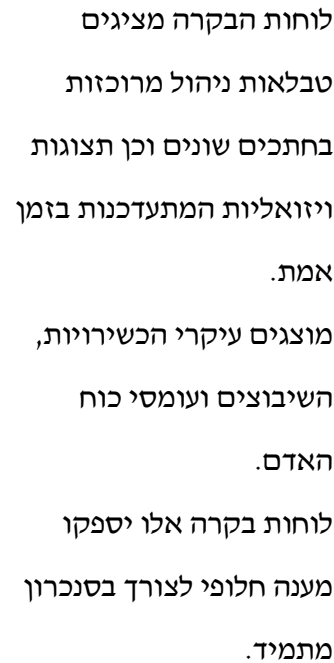
סך הבית

סטטוס חברת רחפנים

2020 כלי רחפנים מוכנים

סטטוס	מספר רחפנים	מספר חלקים	מספר חלקים
מספר רחפנים	18	5	18
מספר חלקים	2	8	2
מספר חלקים	3	1	3
מספר רחפנים	280	35	455
מספר חלקים	75	12	255
מספר חלקים	40	8	282
מספר רחפנים	74	12	259
מספר חלקים	32	2	32

חלק זה מיועד בעיקר לטובת דרגי הפיקוד, אך יכול לשמש את כלל הגורמים המעורבים בתהליך. הוא מרכז תמונת מצב עדכנית.



מימוש הרשאות יאפשר לכל משתמש לצפות בכל המידע הרלוונטי אליו בשקיפות מלאה.

- בסיס נתונים רחב המכיל את כל הנתונים הרלוונטיים לתהליך השיבוץ.



- מודל שיבוץ המתבסס על אלגוריתם המספק אופטימיזציה תוך התחשבות בכללי השיבוץ שהוגדרו (בדגש על מודל האיוש, איזון עומסים ואילוצי כשירות וזמינות).
 - תוצרי המודל, יהוו המלצה שתדרוש, לפחות בשלב הראשון, אישורים ידניים הן על ידי הקה"דית והן על ידי המפקדים. המערכת תספק גם התרעות על כל חריגה מהנהלים ובעיות זמינות, כשירות ואיזון בעומסים, על מנת למנוע טעויות אנוש.
 - בכל מקרה של שינוי (זמינות, משימות חדשות או עדכון משימות קיימות) ניתן יהיה לקבל מהמודל המלצות מעודכנות, שגם אותן יידרש לאשר.
 - לוחות בקרה יציגו את תמונת המצב העדכנית, בחתכים שונים לכלל הגורמים, ובכלל זה כלל השיבוצים, סטטוס הכשירות וסטטוס איזון העומסים.
- תפיסת היישום ואב הטיפוס הוצגו למפקדים בשתי טייסות כטמ"מ וכן למפקדי יב"א (בנספח 20). ניתנה להם האפשרות להתרשם מהיכולות, לשאול שאלות ולתת התייחסות. המערכת זכתה לשבחים נלהבים ואף לציפייה לשלב המימוש. אב הטיפוס המחיש את הפתרון וסיפק בטחון ביכולת היישומית של המערכת ולא רק כמענה תיאורטי. כמו כן, עלה כי המחקר התייחס לכל בעיות השורש בתהליך השיבוץ ונתן להם מענה טוב, תוך איזון בין הצרכים והתייחסות למצב הפעולה השונים. העובדה כי תוצרי מודל האופטימיזציה הינם בגדר המלצה והשליטה נותרת ביחידה היחידה, תורמים לאמון במערכת ומשאירים את תחושת השליטה בידי המפקדים. מוטיב חוזר היה שבטייסות, המבוססות על טכנולוגיה מתקדמת ועומדות בעומסים מבצעיים, מתבקש שהפתרון יהיה טכנולוגי ומבוסס מודל מתמטי (בניגוד לתהליכים הידניים הקיימים). "לא מדובר באיזה שדרוג טכני אלא בהצעה לתשתית ניהולית חדשה שחסרה מאוד במערך".
- כמו כן, עלו מספר התייחסויות להמשך התהליך כגון הצורך בהטמעה מדורגת במטרה לייצר אמון בתהליך החדש, הצורך לאפשר חזרה זמנית לתהליך הידני, ההשקעה הנדרשת בהדרכות, הטמעה לצד שינוי ארגוני-תרבותי, הצורך בשילוב גורמים רלוונטיים נוספים (אב"מ, אופ"ק) והמשך התמיכה והתחזוקה. נושאים אלו נלקחו בחשבון ויטופלו כחלק מתכנון הפרויקט הן בטווח הקצר והן בהמשך בפרק 6.
- הוצף גם הצורך במדדי בקרה שיוכלו למדוד את הצלחת המערכת באופן אמפירי. מדדים אלו גובשו בהתאם לקריטריונים להצלחה שפורטו בפרק 3.5 ומפורטים בנספח 21.
- גורמים בעלי ניסיון ציינו כי בהתאמות לא רבות, המערכת תוכל להתאים גם לטייסות נוספות (מסוקים למשל) ויחידות נוספות בחיל האוויר (יחידת בקרה אווירית).



6. מסקנות והמלצות

6.1. סיכום ממצאים ומסקנות

כאמור, שיבוץ הצוותים בטייסות כטמ"מ, נעשה כיום באפן ידני, ללא בסיס נתונים מלא המאפשר התחשבות בזמינות, כשירות ואילוצים אישיים, מה שמוביל לטעויות חוזרות, עומסים, פגיעה בכשירות ואף במענה לצרכים מבצעיים.

במהלך ניתוח הנתונים (פרק 4) זיהינו פערים מהותיים בניהול ושיבוץ כוח האדם המתבטאים בעומסים ושחיקה מצטברת, פערי כשירות, חוסר סנכרון בין בעלי תפקידים, אי עמידה בנהלים ופערים בניצול כוח האדם מסוגי שירות שונים. כמו כן, הוצפו תחושות של אי-סדר, חוסר שקיפות, וחלוקת נטל בלתי מאוזנת. כדי להתמודד עם אתגרים אלו, גובשה תפיסת הפתרון (פרק 5) המספקת בסיס נתונים רחב של הפרמטרים השונים הרלוונטיים לשיבוץ, מערכת לניהול התהליך כולו מקצה לקצה, לוחות בקרה ובמרכז מודל אופטימיזציה של השיבוץ לפי כללים מוגדרים מראש שיספק המלצות מתעדכנות לשיבוצים, בהתאם לצרכים המשתנים.

בפרק זה נעסוק במימוש של תפיסת הפתרון, באופן מדורג, תוך ביצוע תיעדוף וחלוקה לטווחי זמן שונים בהתאם למטרות שהוגדרו לפרויקט (תת פרק 1.4) וכן בהתאם להתייחסויות שקיבלנו ממפקדי טייסות כטמ"מ ומפקדי יב"א (בנספח 20).

עבור הקריטריונים להצלחה שהוגדרו בתחילת העבודה (תת פרק 3.5) גובשו מדדים כמותיים ויעדים שיוכלו למדוד את הצלחת הפרויקט (נספח 21). יצוין כי לאור היעדר בסיס הנתונים היסטורי של משאבי כוח האדם בטייסת ומאפייניהם (כשירות וזמינות) לא נוכל לסמלץ את תוצאות המערכת למול נתוני העבר ומדידת השיפור תוכל להתבצע רק מרגע שנתחיל בהטמעת המערכת, בסמוך להטמעת כל שלב.

הפרויקט יפותח במתודולוגיית Agile, המאפשרת עבודת בקצבים מהירים, מתן תוצרי ביניים התומכים בתהליך העבודה ומשפרים אותו (בהתאם לאילוצים, תלויות ותיעדוף), באופן המאפשר יישום מהיר של ערך תפעולי כבר בשלב הראשון, תוך הפחתת סיכונים והתנגדויות בשטח. כל שלב מוסיף עומק ויכולות, ומאפשר ניהול משאבים יעיל.

בסיום השלב הראשון המערכת תיתן מענה לכלל בעיות השורש שהוצגו וניתן יהיה לבחון את הדרכים להרחבת המערכת בטווח הבינוני והארוך הן בהיבטי תכולה (למשל פיתוח ממשקים למערכות אחרות, הרחבת סוגי כוח האדם שישוּבץ ושיבוץ אלמנטים נוספים בתהליך) והן בהיבטי הרחבת הפריסה (לטייסות וליחידות נוספות).



6.2. המלצות לטווח הקצר

על סמך ניתוח הבעיות בוצע פירוק של מרכיבי תפיסת הפתרון שגובשה לרכיבים ובוצע תיעדוף Impact–Effort. בהתאם לתוצאות נבנתה מטריצת Impact–Effort. פירוט תיעדוף מבוסס ניתוח Impact \ Effort בנספח 22. בהתאם למתודולוגיית Agile נשאף להתחיל לשחרר למשתמשים תוצרים בשלב מוקדם ככל האפשר, כאשר כל רכיב כזה אמור להכיל את ה MVP (Minimum Value Proposition – התכולה המינימלית שמספקת ערך מוסף למשתמש ולתהליך העבודה). הרכיבים בהם נתחיל את הפיתוח הינם אלו שעלו בתיעדוף כ Quick Wins כלומר מינימום השקעה שתספק מקסימום השפעה.



תרשים 12 – תלויות בין רכיבי הפיתוח

בנוסף לכך יש לקחת בחשבון אילוצים נוספים כגון תלות בין רכיבים. כאשר כל תכולה כזו תוטמע מיידית על מנת לבחון את השפעתה בסביבה המבצעית האמיתית ולקבל משוב מהמשתמשים. תכולת השלב הראשון, פיתוח של כחצי שנה, הינה מחד "רזה" יחסית, אך מאידך חייבת לכלול את המינימום הנדרש על מנת לתת מענה טוב לכלל הבעיות שעלו בניתוח, בהם התמקד גם פרק 5. מיקוד המאמץ בטווח הקצר:

- ההתמקדות תהיה בטייסת כטמ"מ 320, המתמקדת בהכשרות ויש בה פחות משימות מבצעיות. התחלה בטייסת זו תבנה את האמון לטייסות נוספות בהמשך.
- שיבוץ משאבי כוח אדם בלבד, ולא משאבים נוספים הנדרשים לביצוע המשימות.
- שיבוץ צוות הטיסה בלבד, ללא משאבי כוח אדם נוספים הקיימים בטייסת.
- רכיב ניהול צוות הטיסה – כולל מיפוי כלל הנתונים הנדרשים לתהליך השיבוץ עבור כל אנשי הצוות מכל סוגי השירות (לרבות כשירות מקצועית ורפואית, זמינות והעדפות אישיות). רכיב זה עומד בבסיס המערכת וכל יתר הרכיבים



תלויים בו. קיומו של הרכיב, התלוי בשלב ראשון בעדכון ידני של הנתונים הבסיסיים, יכול לסייע כבר במצב הקיים (אפילו בעת העבודה ב Excel ידני) וככל שיתקדם פיתוח יתר הרכיבים), התועלת בו תעלה. כאמור, בשלב זה הרכיב יתבסס על עדכון ידני.

○ **רכיב ניהול המשימות** – רכיב זה כולל את המשימות כפי שהתקבלו מהמטה או משימות פנימיות של הטייסת (אימונים, הכשרה והדרכה).

גם משימות אלו, שיוזנו תחילה ידנית, יהווה את הבסיס לתהליך השיבוץ.

○ **רכיב ניהול השיבוץ** – רכיב זה יפותח בהדרגה, תוך הוספת תכולה ועומק:

▪ רכיב שיבוץ ידני, כתחליף ל Excel (נדרש ממילא בהמשך).

▪ תמיכה בכללי השיבוץ והצפת חריגים.

▪ מסך אישור מפקד.

▪ בהמשך שילוב אלגוריתם שיבוץ "חכם" – פירוט בנפרד.

• המיקוד יהיה בנתונים ובתהליכי העבודה, **ללא ממשקים** למערכות נוספות, שיטופלו, בהתאם לתיעדוף בשלבים הבאים.

• **לוחות הבקרה** יתמקדו במינימום הנדרש לטובת שיבוץ צוות הטיסה בהתאם לצרכי כל בעלי התפקידים: לוח איוש יומי, לוח איוש שבועי, ריכוז נתוני כשירות, ריכוז נתוני עומסים, ריכוז חריגות. גם כאן, ניתן יהיה להרחיב בהמשך בהתאם לתיעדוף.

• **שילוב אלגוריתם שיבוץ "חכם"** מבוסס מודל אופטימיזציה בחקר ביצועים. תוצרי המודל ישתלבו ברכיב ניהול השיבוץ ויהוו מערכת תומכת החלטה (DSS), כלומר המלצת שיבוץ שתחייב אישור גורם אנושי (קה"דיות).

לאור העובדה כי במקביל להטמעת המערכת יחולו גם שינויים ארגוניים ותרבותיים, מעבר לפיתוח הרכיבים תידרש גם השקעה נוספת בתהליך:

• הדרכות לקה"דיות וליתר משתמשי המערכת, הכוללת תרגול מקרי בוחן.

• הטמעה וליווי של המערכת בתקופה הראשונה לכל גרסה.

• בקורות על תהליך ההטמעה ועל עמידת המערכת במדדי ההצלחה שהוגדרו וכן איסוף תגובות ודרישות לביצוע התאמות.



6.3. המלצות לטווח הבינוני והארוך

בטווח בינוני (כשנה – שנה וחצי) ובטווח הארוך (כשנתיים ואילך) ניתן יהיה להרחיב את המערכת בהיבטים שונים. להלן המלצות להמשך פיתוח, פריסה והעמקת השימוש:

ממשקים למערכות ארגוניות קיימות

- בניית ממשקים ואינטגרציה עם מערכת כוח האדם בצה"ל (מבוססת SAP וכוללות פרטי כוח אדם, הכשרות וזמינות) – טווח זמן בינוני.
- בניית ממשקים ואינטגרציה עם מערכת הרפואה בצה"ל (מבוססת CPR לטובת סנכרון הכשירות הרפואית בלבד וללא מידע רגיש) – טווח זמן בינוני/ארוך.
- בניית ממשקים ואינטגרציה עם המערכת המבצעית של חיל האוויר המנהלת את הפ"מ לטובת סנכרון המשימות – טווח זמן בינוני.
- בניית ממשקים ואינטגרציה עם מערכת הלוגיסטיקה בצה"ל (מבוססת SAP וכוללות כלים ומלאים לפי סוג של חימושים, מערכות ודלק) – טווח זמן ארוך.

הרחבת מגוון המשאבים

- הרחבה למשאבי כוח אדם נוספים בטייסת (טכנאי מערכות, טכנאי לוגיסטיקה, טכנאי חימוש ועוד) – טווח זמן בינוני.
- הרחבה לשיבוץ רכיבים נוספים הנדרשים לביצוע המשימות (כלים, קרונות, סימולטרים, דלק, מערכות, חימושים ועוד) – טווח זמן בינוני/ארוך.

התאמה והטמעה ביחידות נוספות

- טייסות כטמ"מ נוספות – טווח בינוני.
- טייסות נוספות (לא כטמ"מ) בחיל האוויר – טווח ארוך.
- יחידות נוספות בצה"ל (ל"א, איסוף, בקרה, לוט"ר) – טווח ארוך (בהתאם לתיעדוף).

שדרוג יכולות המערכת

- פיתוח Dashboard מתקדם רוחבי ברמת המערך – טווח בינוני.
 - פיתוח Dashboard מתקדם רוחבי ברמת חיל האוויר – טווח ארוך.
- המלצות אלו דורשות השקעה נוספת בפיתוח ובשיתוף פעולה בין יחידות שונות. על מנת לממש המלצות אלו ידרשו תיעדוף, תקצוב והשקעה נוספת בתכנון ומחקר, אך הן עשויות להוביל לשיפור משמעותי במוכנות חיל האוויר להתמודדות עם אתגרי העתיד.



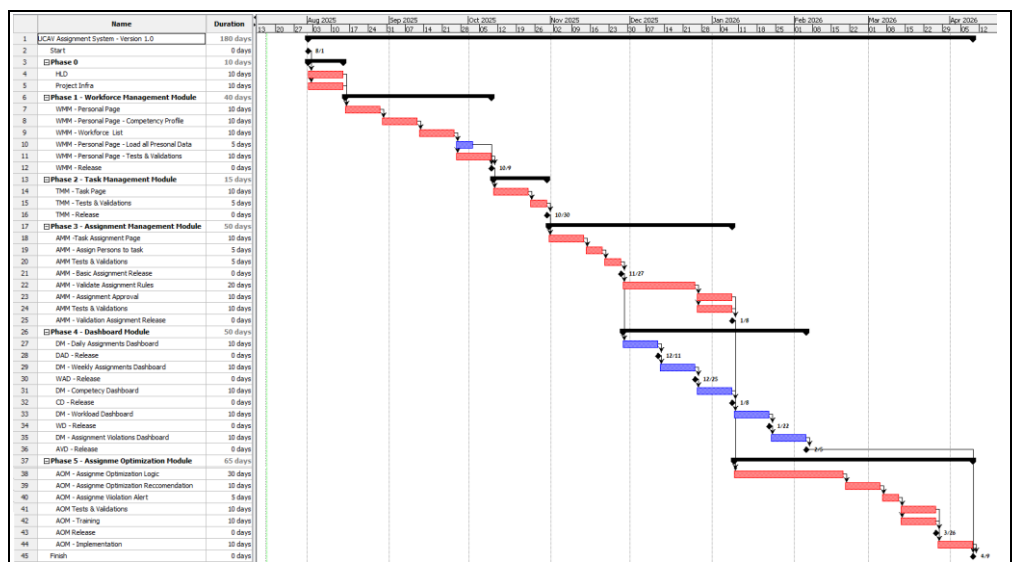
6.4. תכנון משאבים ולוח זמנים

על מנת לפתח את המערכת באופן מיטבי הוגדרה תכולה ראשונית שאמורה להביא תועלת משמעותית כבר בטווח הזמן הקצר (תת פרק 6.2), תוך גיבוש המלצות להמשך התפתחות המערכת בטווח הזמן הבינוני והארוך (תת פרק 6.3).

עבור השלב הראשון גובשה תוכנית פעולה מפורטת (תת פרק 5.2) הכוללת אלגוריתם מלא לביצוע אופטימיזציה ביצירת שיבוץ אוטומטי וכן נבנה אב טיפוס באמצעות Base 44 המכיל למעשה אפיון מלא של שלב זה במערכת וממחיש באופן מפורט את התכולה ואופן הפעלת המערכת. תוצר זה הוצג למשתמשים נבחרים וזכה לתגובות נלהבות ויצר ציפייה לקראת פיתוח המערכת (בנספח 20).

המערכת תפותח במתודולוגיית Agile המאפשרת התקדמות בספרינטים קצרים בני שבועיים, יצירת תוצרי ביניים עם ערך מוסף לתהליך ולמשתמשים שיוטמעו באופן מדורג. הטמעת כל תוצר ביניים תאפשר הכנסה מדורגת של משתמשים, ליווי פרטני, קבלת משובים וביצוע שיפורים. בכל ספרינט חלק מזמן הפיתוח יוקצה לתיקונים, התאמות ושיפורים בתוצרים שכבר סופקו. לשלב האחרון והקריטי בפרויקט (שילוב מודל האופטימיזציה) תבוצע תוכנית מפורטת להדרכה והטמעה.

להלן גאנט הפרויקט הכולל פיתוח והטמעת השלב הראשון של המערכת:



תרשים 13 – גאנט



ניתוח סיכונים ברמת משימה

משימה	חומרה (1-5)	הסתברות (1-5)	רמת סיכון משוקלל	תרחישי קיצון
עיצוב העל והקמת תשתיות הפרויקט	1	1	1	-
מודול ניהול עובדים	4	3	12	התנגדות הקה"דיות להזנה ידנית בשלב הראשון
מודול ניהול עובדים	4	2	8	מיפוי נתוני כוח האדם לא יהיה שלם / עדכני
מודול ניהול משימות	4	2	8	התנגדות הפקמ"ציות להזנה ידנית בשלב הראשון
מודול ניהול שיבוצים	5	2	10	התנגדות הקה"דיות להטמעת המערכת
מודול ניהול שיבוצים	5	2	10	התנגדות המפקדים להטמעת המערכת
מודול ניהול שיבוצים	4	2	8	חוסר אמון במערכת
לוחות בקרה	1	4	4	דרישה לתוספות ושינויים
שילוב מודל אופטימיזציה	5	2	10	פערים קיימים בכשירויות יקשו על מענה מיטבי בשיבוץ
שילוב מודל אופטימיזציה	5	2	10	לא יינתן מענה מיטבי לשינויים תכופים ולא צפויים במשימות
שילוב מודל אופטימיזציה	3	3	9	חוסר אמון במערכת
שילוב מודל אופטימיזציה	3	3	9	התנגדות המפקדים להטמעת המערכת
שילוב מודל אופטימיזציה	2	3	6	התנגדות הקה"דיות להטמעת המערכת
הדרכות	1	1	1	-
הטמעה	3	4	12	התנגדות להטמעת המערכת בשל השינוי התרבותי המבוצע במקביל
הטמעה	3	3	9	חוסר אמון במערכת

טבלה 4 – ניתוח סיכונים ברמת משימה

פירוט ניהול הסיכונים הכללי ודרכי התמודדות בנספח 23



כפי שניתן לראות מהגאנט משך השלב הראשון של הפרויקט הינו כ 8 חודשים, כאשר כבר לאחר פחות מחודשיים (!) מסופק תוצר ראשוני משמעותי – רכיב לניהול צוות הטיסה, המספק נתונים כוללים אודות כלל חברי הצוות ונתונים אודות הזמינות והכשירות של כל אחד מהם. מחסור במידע זה הוצף כפער המרכזי במצב הקיים. בהתאם לתכנון (תת פרק 1.4.4) הוקצה לטובת הפרויקט תקציב הקמה של מיליון ש"ח (כולל תשתיות) ותקציב תחזוקה שנתי, שיאפשר תמיכה ותחזוקה. הפיתוח יעשה על ידי יחידת אופק של חיל האוויר ולאור חשיבות הפרויקט הוא יקבל את הקצאת כוח האדם הדרושה לשם כך (ראש צוות ו 3 מפתחים, למשך 8 חודשים בשלב זה). בוצע ניהול סיכונים לפרויקט, לרבות גיבוש דרכי התמודדות עם כל אחד מהסיכונים. מעבר למה שכבר פורט בנספח זה, יגובש צוות מומחי יישום, הכולל נציגים של כל סוגי המשתמשים. משתתפי הפורום ישתתפו בפגישה אחת לשבועיים, יוצגו להם התוצרים המתוכננים והם יוכלו להתרשם ולהשפיע. הם גם יחשפו ראשונים לתוצרי הביניים ויסייעו בבדיקות ובהטמעה וישמשו "סוכני שינוי".

פירוט ניהול הסיכונים הכללי ודרכי התמודדות בנספח 23

6.5. כיווני מחקר עתידיים

את כיווני המחקר העתידיים ניתן לחלק ל 2 קבוצות עיקריות.

הרחבת תכולה עתידית

במידה ותתועדף הרחבת מודל השיבוץ גם לסוגי כוח אדם נוספים או סוגי משאבים נוספים, יידרש להתאים את מודל השיבוץ (האלגוריתם) לצרכים החדשים. כמו כן, בכל מקרה של הרחבת הטמעת המערכת ליחידות נוספות, תידרש בחינה של התאמת המודל הקיים לסוג יחידה (למשל במקרה של קביעת קריטריונים אחידים לכלל טייסות הכטמ"מ) או ביצוע התאמות נדרשות לצרכים השונים.

שיפור תהליך השיבוץ וקבלת ההחלטות

בחינת שילוב יכולות שיבוץ מבוססות בינה מלאכותית (AI) או למידת מכונה (ML) לטובת שיפור תהליך השיבוץ המוצע (אלגוריתם מבוסס אופטימיזציה) והרחבתו לתחומים נוספים. כמו כן ניתן לבחון האם וכיצד כלים אלו יוכלו לחזות עומסים וכשלים בהתבסס על ניסיון העבר ולסמן משימות / ימים בעייתיים, שידרשו אישור גם בהמשך, בעוד ביתר המקרים יתאפשר מצב בו המלצות המודל (שאינן חריגות או בסתירה לנהלים) יוכלו לקבל תוקף גם ללא צורך באישור גורם אנושי.



רפלקציה

רפלקציה אישית – נדב פיירמן שטרן

פרויקט הגמר התמקד בפיתוח מערכת אופטימיזציה להמלצת שיבוץ תומכת החלטה של כוח אדם בטייסות כטמ"מ, המשלבת אלגוריתם מתקדם עם ממשק אינטראקטיבי בזמן אמת. בנוסף אלי, שהגעתי ללא הכרות עם תחום הכטמ"מ, שני חברי הצוות הנוספים הינם קצינים ותיקים בחיל האוויר, אחד מהם סגן מפקד טייסת כטמ"מ. בשל המלחמה, חבריי נדרשו למלא תפקידים קריטיים בשטח, והאחריות על הובלת וביצוע מרבית שלבי הפרויקט עברה אליי. האתגר המרכזי היה כפול – לימוד תחום מקצועי חדש לחלוטין ותלות במידע ומשוב מחברי הצוות עם זמינות נמוכה, לצד הבטחת הסטנדרט הגבוה הנדרש לפרויקט.

יישום החומר התיאורטי שנלמד בתואר – הפרויקט היווה הזדמנות טובה ליישם בפועל עקרונות וכלים שלמדתי במהלך לימודי התואר בהנדסת תעשייה וניהול. שילבתי ידע מתחומי חקר ביצועים, ניתוח נתונים, תכנון מערכות ושיפור שיטות, והשתמשתי בהם לבניית מודל אופטימיזציה המאזן בין מטרות מנוגדות – כמו ניצול משאבים מיטבי מול מנוחה מספקת לצוותים – תוך התחשבות בדרישות ומגבלות מבצעיות. תהליך זה חיזק את ההבנה שלי כיצד ידע אקדמי הופך לכלי פרקטי בעל השפעה ישירה על תהליכי קבלת החלטות, ובא לידי ביטוי בפיתוח אלגוריתם, ששימש כבסיס לפתרון המערכתי כולו.

שימוש בכלי AI – על מנת להמחיש ללקוח (מפקדי הטייסת) את מהות הפתרון ואת ישימותו, בניתי באמצעות Base 44, ממשק אינטראקטיבי המדמה באופן מלא את תפקוד המערכת, לרבות כלל תהליכי העבודה ולוחות בקרה מרכזיים באופן שמאפשר למפקדים לראות בזמן אמת את סטטוס השיבוצים והכשירויות, לקבל התראות על חריגות, ולאשר המלצות שיבוץ בהתאם לתיעודף מבצעי. כלי זה סייע לקבל משוב מהמפקדים בשטח על הפתרון שבנינו.

הבנת דרישות הלקוח וקבלת משוב – ראיונות שבוצעו עם בעלי תפקידי מפתח בטייסת סייעו להבין את תהליך העבודה ואת הבעיות המרכזיות במצב הקיים. במהלך הדרך הידע של סגן מפקד טייסת כטמ"מ שהיה חלק מצוות הפרויקט איפשר לדייק הן את ניתוח הנתונים והן את הפתרון המוצע. כמו כן, המשובים שהתקבלו בסיום התכנון איפשרו לבצע התאמות ושיפורים, ולוודא שהמערכת לא רק נכונה מבחינה טכנית, אלא גם נגישה, ברורה ושימושית עבור מקבלי ההחלטות. סיכום – הפרויקט היה עבורי חוויה מעצבת של למידה עצמאית, הובלה ועמידה באתגרים. הוא התקיים בעיצומה של מלחמת חרבות ברזל, כאשר הצרכים המבצעיים של חיל האוויר היו בשיאם וייעוד הפרויקט היה קריטי מתמיד. אני גאה שיכולתי לתרום לצה"ל ולחיל האוויר בפרט בשעה קשה זו, ולספק כלי שמייכל תהליכי עבודה ומסייע בשיפור העמידה במשימות מבצעיות.



רפלקציה אישית – איליה יעקובלב

כבר מהשלבים הראשונים של התואר ידעתי שכשאגיע לפרויקט הגמר, אני רוצה לבחור נושא שיהיה קרוב לעשייה שלי בצבא, משהו שלא יישאר רק ברמת התיאוריה אלא שאני יוכל גם להשפיע בפועל. הנושא של אופטימיזציה של ניהול משאבי כ"א בטייסות הוא חלק מהעולם שאני חי ביום יום ופוגש אותי בדילמות כמפקד מדי יום מול פקודי ואנשי, אומר שבתקופה רגילה הוא חשוב ובתקופה של מלחמת "חרבות ברזל" הוא הפך לקריטי ממש.

השילוב בין הידע המבצעי שלי לבין הכלים ההנדסיים והמתודולוגיות שרכשתי בלימודים נתן לי יתרון משמעותי כאשר הגעתי לנושא עם הבנה מעשית של המצב בשטח כמו: האילוצים, הצרכים, נקודות התורפה ועם היכולת להסתכל עליו דרך עדשה הנדסית מסודרת.

בנינו בצוות תהליך עבודה ששילב ניתוח איכותני של תצפיות, ראיונות והיכרות עם התהליכים בפועל יחד עם ניתוח כמותי וכלים מחקר הביצועים. כאשר בקצה המטרה הייתה אחת והיא לייצר מודל שמאזן בין דרישות מבצעיות, זמינות כשירות, עומסי עבודה ושחיקה, ומאפשר שיבוץ מדויק ויעיל יותר של כוח האדם.

הייחוד בעבודה הזו מבחינתי היה בכך שהיא התבצעה בזמן אמת, במקביל לפעילות מבצעית אינטנסיבית ושינויים תכופים והפערים שעלו במחקר לא היו בשבילי רק מספרים בטבלה, אלה היו מצבים שאני מכיר אישית, שראיתי קורים ואפילו השפיעו עלי ברמה האישית. הידיעה שהפתרון שגיבשנו יכול להקל על המצב ולשפר את הפעילות המבצעית נתנה לי תחושת משמעות אמיתית לאורך כל הדרך.

מעבר לתוצאה עצמה, התהליך לימד אותי המון על איך לגשת לבעיה מורכבת ולפרק אותה לחלקים, לנתח אותה לעומק ולתרגם את המסקנות עד לכדי פתרון שמיישמים בפועל. מבחינתי, זו לא נקודת סיום, אלא רק שלב ראשון בתהליך ארוך יותר. אני רואה פוטנציאל להרחיב את המודל, להתאים אותו למערכים נוספים, ולשלב אותו כחלק מהעבודה השוטפת במערכות המבצעיות בפועל כך שהתרומה תימשך הרבה אחרי שהפרויקט האקדמי הסתיים.

בסופו של דבר, עבורי זו לא הייתה רק עבודה לתואר אלא זו הייתה הזדמנות להוכיח איך מהנדס תעשייה וניהול, עם הבנה מבצעית מהשטח, יכול לייצר פתרון שמציל זמן, חוסך משאבים ומשפיע ישירות על הצלחת המשימה.



רפלקציה אישית – פלג קרן

פרויקט הגמר מהווה אבן דרך משמעותית בדרכו של סטודנט בתואר הנדסה, אליה הוא מגיע בשל לאחר צבירת הכלים והידע אותם הוא רכש בארבע שנות לימודיו.

מבחינתי נושא הפרויקט היה מובן מאליו מתחילת הדרך, ידעתי שאני מעוניין לקדם נושאים הבערים בחיי היום יום שלי בעשייה הצבאית ביחידה.

עיסוק בניהול וטיפול משאבים הינו תחום אשר עסקתי בו רבות בניהול סידור עבודה של עשרות אנשים ביום, תחום מורכב ודינאמי.

ההגעה ועיסוק בפרויקט הנ"ל לאחר צבירת הניסיון הרבה תרם רבות לחברי הצוות ולי בניתוח הצרכים, האילוצים ושיטות יצירתיות למציאת סל פתרונות אופציונליים.

תקופת הפרויקט תפסה אותי בעיצומו של תהליך המוכנות למערכת 'עם כלביא', דבר אשר העלה אתגרים רבים בניהול משאב הזמן בייחוד ביכולת לייצר מופעי עבודה משותפים.

למדנו יחד את הערך בחלוקת משימות בראייה מרחיבה תוך מפגשים קצרים וממוקדים שמטרתם אינטגרציה והיזון חוזר.

הקדשנו זמן רב בתחילת הדרך לתכנון ראשוני מורחב ומעמיק שהתברר כהצלחה, חסך לנו הרבה שאלות במעלה הדרך מכיוון שמרבית התשובות נחקרו וניתנו בתחילתו.

נחשפתי לתוכנות, אלגוריתמים ושיטות חדשות אשר הרחיבו את זווית הראייה הן בפרויקט והן ביכולת לשלב חלק מהם בעשיית היום יום ולשפר תהליכים קיימים.

אני מסכם את התהליך כמוצלח, הדגיש עבורי את חשיבות תפקיד מהנדס תעשייה וניהול בתהליכי ליבה בארגונים.

התהליך היה לא פשוט ורווי אתגרים, אך התוצר הסופי היה שווה את ההשקעה.



1. Albrecht, S., Breidahl, E., & Marty, A. (2018). Organizational resources, organizational engagement climate, and employee engagement. *Career Development International*, 23(1), 67–85.
<http://emerald.com/cdi/article-abstract/23/1/67/46243/Organizational-resources-organizational-engagement?redirectedFrom=fulltext>
2. Allu, S. R., Bhaumik, A., Ramakrishna, A., Lakavat, M., Allu, H., & Chandini, S. (2024, July). A critical review of resource allocation optimization in project management. *Lincoln University College*.
https://www.researchgate.net/publication/382049201_A_Critical_Review_of_Resource_Allocation_Optimization_in_Project_Management
3. Evler, J., Asadi, E., Preis, H., & Fricke, H. (2021). Airline ground operations: Schedule recovery optimization approach with constrained resources. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 128, 103129.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X21001480?via%3Dihub>
4. Fernando, A., Niwunhella, H., Wickramarachchi, R., & Nanayakkara, J. (2020). Optimization models in aircraft assignment and airline disruption management: A systematic review of literature. *ResearchGate*.
https://www.researchgate.net/publication/349883417_Optimization_Models_in_Aircraft_Assignment_and_Airline_Disruption_Management_-_A_Systematic_Review_of_Literature
5. Herekoğlu, A., & Kabak, Ö. (2024). Crew recovery optimization with deep learning and column generation for sustainable airline operation management. *Annals of Operations Research*, 342(1), 399–427.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-023-05738-z>
6. Królikowski, H. (2022). The use of unmanned aerial vehicles in contemporary armed conflicts: Selected issues. *Politeja*, 19(4), 17–34.
<https://www.cceol.com/search/article-detail?id=1095225>



7. Li, H., Santos, C. A., Fuciec, A., Gonzalez, T., Jain, S., Marquez, C., Mejia, C., & Zhang, A. (2019). Optimizing the labor strategy of a professional service firm. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 66(3), 443–458.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8396281>
8. Liu, B., Wang, S., Li, Q., Zhao, X., Pan, Y., & Wang, C. (2023). Task assignment of UAV swarms based on deep reinforcement learning. *Drones*, 7(5), 297.
<https://doi.org/10.3390/drones7050297>
9. López-Pintado, O., Dumas, M., & Berx, J. (2024). Discovery, simulation, and optimization of business processes with differentiated resources. *Information Systems*, 120, 102289.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306437923001254>
10. Ouyang, W., & Zhu, X. (2023). Meta-heuristic solver with parallel genetic algorithm framework in airline crew scheduling. *Sustainability*, 15(2), 1506.
<https://doi.org/10.3390/su15021506>
11. Öz, T. (2025). Evaluating crew fatigue management strategies in aviation: A fuzzy DEMATEL approach. *Istanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(52), 111–145. <https://dergipark.org.tr/en/pub/iticusbe/issue/92933/1579872>
12. Pan, C., & Liu, M. (2021). Optimization of intelligent logistics supply chain management system based on wireless sensor network and RFID technology. *Journal of Sensors*, 2021, Article 8111909.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2021/8111909>
13. Sanders, K., Nguyen, P. T., Bouckennooghe, D., Rafferty, A. E., & Schwarz, G. (2024). Human resource management system strength in times of crisis. *Journal of Business Research*, 171, 114365.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296323007245>
14. Schrottenboer, A. H., Wenneker, R., Ursavas, E., & Zhu, S. X. (2023). Reliable reserve-crew scheduling for airlines. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 178, 103283.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1366554523002715>



15. Tan, J. F. P., Cairo, K. N. A., Dimaunahan, L. L. P., Garcia, J. S., Gumba, J. P. C., Lucido, M. M. P., Mendoza, N. C. A., Par, L. R. C., Santos, C. L. J. F., & Del Rosario, M. S. G. (2024). The role of flight dispatchers: Analysis of workload balancing of scheduled domestic flights at the airport in Pasay City. *International Journal of Multidisciplinary Research in Governance and Emerging Technologies*, 5(3), 366–379.

https://www.allmultidisciplinaryjournal.com/uploads/archives/20240718151025_C-24-70.1.pdf



נספחים

1. בעלי תפקידים בטייסת כטמ"מ

- **מפקד הטייסת** - כל טייסת היא יחידה בפני עצמה בראשה עומד קצין בדרג סגן-אלוף אשר במקצועו איש צוות אוויר (מפעיל כטמ"מ או טייס). מפקד היחידה כפוף פיקודית למפקד הבסיס (דרג אל"מ/תא"ל) אך בפועל מופעל מבצעית ישירות על ידי המטה המבצעי של חיל האוויר.
- **סגן המפקד טייסת (סמ"ט א')** - בכל טייסת יש סגן מפקד יחידה (רס"ן) שהוא במקצועו איש צוות אוויר (מפעיל כטמ"מ או טייס) במקצועו ותחתיו נמצא כל גף טיסה (מחלקת מבצעים, מחלקת הדרכה, מפעילי כטמ"מ בסדיר ובמיל').
 - **סמ"ט ב' להדרכה** - קצין בדרג רס"ן, איש צוות אוויר (מפעיל כטמ"מ או טייס). הקצין אחראי על מחלקת הדרכה שאחראית על בניית תוכנית אימונים, ימי אימון, הכשרות, ביצוע סימולטורים תקופתיים, ניהול ושיבוץ אנשי צוות למשימות, ניהול הלוח"ז של הטייסת, ניהול הכשירות האווירית של מפעילי הכטמ"מ בטייסת, ניהול כשירות רפואית תעסוקתית ועוד.
 - **סמ"ט ב' למבצעים** - קצין בדרג רס"ן שבמקצועו איש צוות אוויר (מפעיל כטמ"מ או טייס). הקצין אחראי על מחלקת המבצעים שאחראית על ביצוע ומימוש הפעילות השוטפת של הטייסת אימונים ומבצעי, אחראי על תכנון פקודות מבצעיות ואיסוף מודיעין. כמו כן הוא הגורם המקשר לגף הטכני של הטייסת, ומעביר אליו את הדרישות להכנסת המטוסים למשימות השונות.
 - **מפקד גף מערכות** - קצין בדרג רס"ן, מפעיל כטמ"מ במקצועו שאחראי על קליטת מערכות חדשות לטייסת (מטוסים/קרונוט) והטמעת הידע התפעולי ביחידה.
- **קצין טכני** - קצין בדרג רס"ן אשר במקצועו טכנאי מטוסים והוא אחראי על אחזקת המטוסים באופן שוטף והכנתם למשימות השונות, תחתיו נמצא כל הגף הטכני של הטייסת הכולל טכנאים אשר אחראים על אחזקת המטוסים.
- **שלישות** - בכל טייסת קיים גף שלישות אשר אחראי על ניהול על ניהול משאבי האנוש, זימון אנשי מילואים, טיפול באנשים, לוגיסטיקה תזונה וניקיון.



- **מטה מבצעי חיל האוויר - הוקם אחרי שינוי ארגוני בשנת 2014, אחראי על ההפעלה**
המבצעית של כוחות חיל האוויר, ובראשו עומד תת-אלוף המכונה רמ"א (ראש להק מבצעי במטה חיל האוויר). הוא מורכב ממספר מחלקות שונות האחראיות על משימות שונות של חיל האוויר והוא מפעיל את השדה (בסיסים וטייסות) על ידי הורדת פ"מ (פקודות מבצעיות) אשר מתכללות את המשימה, דרישות מיוחדות למטוסים או לצוותים, מודיעין למשימה, ערוצי תקשורת, בקרה אווירית, דגשים ועוד. הפ"מ נכתב על ידי קצינים אשר לרוב במקצועם מפעילי כטמ"מ או טייסים אשר ממלאים תפקידי הצבת חירום במטה.



חוזקות (Strengths)

- **מקצועיות והתמקצעות גבוהה** - אנשי צוותי הטיסה בטייסות הכטמ"מ עוברים הכשרה ייעודית ומעמיקה, המעניקה להם יכולות גבוהות בניהול משימות מורכבות.
- **רציפות תפקודית** - הכטמ"מ מאפשר הפעלת צוותי טיסה לאורך זמן ללא מגבלות פיזיות של טיסה מאוישת.
- **שימור ידע וניסיון** - ריבוי מבצעים ופעילויות מבצעיות מאפשר צבירת ניסיון מבצעי רב ושימורו לאורך זמן.
- **יכולת הסתגלות וגמישות מבצעית** - צוותי הטיסה יכולים להפעיל כטמ"מ במספר זירות במקביל ולהגיב במהירות לשינויים מבצעיים.
- **שיתוף פעולה בין-זרועי** - טייסות הכטמ"מ משתפות פעולה עם כוחות יבשה, מודיעין וגורמים נוספים, מה שמגביר את האפקטיביות המבצעית.

חולשות (Weaknesses)

- **עומס מבצעי גבוה** - צוותי הטיסה נדרשים לעבודה אינטנסיבית, מה שעלול לגרום לשחיקה.
- **מחסור בכוח אדם מיומן** - הכשרה של מפעילי כטמ"מ אורכת זמן רב, וקיים קושי לשמר כוח אדם איכותי.
- **תלות בטכנולוגיה** - תקלה טכנית עלולה להשבית פעילות ולפגוע ברציפות המשימה.
- **שחיקה מנטלית** - מפעילי כטמ"מ חווים לחץ מבצעי ומתח תמידי, מה שעלול להשפיע על ביצועיהם לאורך זמן.
- **הערכת חסר לתפקיד** - מעמד מפעילי הכטמ"מ נתפס כנחות יותר לעומת טייסים מאוישים, מה שעלול לפגוע במוטיבציה וגיוס כוח אדם איכותי ואף בשימור כוח אדם איכותי קיים.



הזדמנויות (Opportunities)

- **פיתוח והרחבת הכשרה** - ניתן לשפר את תוכניות ההכשרה כדי להכשיר יותר כוח אדם בצורה יעילה יותר.
- **שיפור תנאי השירות** - מתן תנאים משופרים, כגון מסלולי שירות אטרקטיביים יותר, יכול לסייע בשימור כוח האדם.
- **שימוש בבינה מלאכותית ואוטומציה** - פיתוח טכנולוגיות מתקדמות יכול להפחית עומס על מפעילים ולשפר ביצועים.
- **שיתוף פעולה עם התעשיות הביטחוניות** - שדרוג מערכות הכטמ"מ עם תעשיות ביטחוניות מובילות יכול לשפר את היכולות המבצעיות.
- **שיפור תדמית התפקיד** - קמפיינים תקשורתיים והעלאת קרנו של המקצוע יכולים למשוך מועמדים איכותיים יותר לשירות בטייסות הכטמ"מ.

איומים (Threats)

- **תחרות על כוח אדם איכותי** - אנשי צוותי הטיסה עשויים להעדיף קריירות טכנולוגיות באזרחות בשל תנאים טובים יותר.
- **איומים סייבר על המערכות** - תקיפות סייבר עלולות לפגוע במערכות השליטה והבקרה של כלי הטיס.
- **התפתחות טכנולוגיות נגד** - מדינות וארגוני טרור משקיעים בפיתוח מערכות יירוט ושיבוש לכטמ"מ.
- **לחץ פוליטי ורגולציה** - שינויי מדיניות פנים וחץ עלולים להשפיע על פרויקטים של כטמ"מ.
- **תלות בספקים חיצוניים** - הסתמכות על תעשיות ביטחוניות חיצוניות עלולה ליצור פערים בזמינות ושדרוג מערכות.



ניתוח הבעיות המרכזיות במצב הקיים

3.

בעיה	חומרה (1-5)	תדירות (1-5)	ציון משוקלל	הערות
תהליך שיבוץ כוח אדם סמי ידנית, מסורבל, אינטואיטיבי (לא מבוסס קריטריונים ברורים) ולא יעיל	4	4	16	מבוצע מול מערכת מיושנת ו"טיפשה", גוזל זמן ומשאבים, גורם לריבוי טעויות אנוש, פערים ועומס
מידע לא מעודכן או לא נגיש על זמינות וכשירויות	5	3	15	גורם לשיבוצים שגויים, לא בהכרח השיבוץ האופטימלי מבחינת ניצול משאבים
חוסר גמישות בהתאמת השיבוץ לשינויים ואילוצים	5	3	15	אין מנגנון מובנה לטיפול בשינויים בדרישות או בזמינות כוח האדם
פערי תיאום בין דרגי תכנון לבין דרגי ביצוע	5	2	10	אין ריכוז מלא (משימות ופרמטרים נדרשים) של הצרכים ולכן השיבוץ לא בהכרח נותן מענה לצורך.
מחסור בכלי בקרה ומדידה	3	3	9	אין תמונת מצב כולל של העומס (ברמת הפרט וברמת הטייסת), לא ניתן למדוד את הצלחת השיבוץ בפועל, לא ניתן ללמוד ולהתייעל
היעדר תהליכים מתאימים לטיפול שונה במצבי שגרה וחירום	4	2	8	נתון לשיקול דעת. במעבר בין המצבים, אין מנגנון התרעה והתאמה.
שונות גבוהה בין הטייסות השונות	3	2	6	חלקה מוצדקת בשל שוני בכלים וחלקה נובעת מתהליכי העבודה שהתפתחו. מקשה על בבניית תהליך אחיד.

טבלה 5 – ניתוח הבעיות המרכזיות במצב הקיים



השוואת מאפייני פעילות טייסת כטמ"מ במצבי פעילות שונים

4.

מאפיין	שגרה	מב"מ (המערכה שבין המלחמות)	חירום במהלך מלחמת חרבות ברזל
משך מערכה	-	ימים - שבועיים	מעל שנה וחצי (מאוקטובר 2023 ועד היום)
משך התראה מוקדמת למשימה	ימים – שבוע	ימים לפני במקרים חריגים מספר שעות	יום לפני במידת הצורך שעותיים
כמות משימות יומית ממוצעת	1-4	3-6	6-10
מגוון מטרות	תצפית, מעקב, אימונים, הדרכה	תצפית, מעקב, תקיפה נקודתית	תקיפות מרובות, מטרות דינמיות, סיוע לכוחות קרקעיים, תצפית, מעקב, אימונים, הדרכה
מספר חזיתות	3	3-5	4-7 במקביל

טבלה 6 – השוואת מאפייני פעילות טייסת כטמ"מ במצבי פעילות שונים



דוגמא לשיבוץ משימות במצב הקיים

5.

- טבלת המשימות המתקבלת (עם שורה לדוגמא)

1	2	3	A	זמ"מ		C	D	E	F	G	H
				סיים	התחלה						
			"עם כלביא"	18:00	06:00		מייוחדים	כוכב	נשר לבן	קיסם 12 x	מערכות עזר מייוחדים בקרן

- טבלת השיבוצים (כולל מענה למשימה לדוגמא)

1	2	3	4	5	6	7	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
							המראה+העברה	תדריך	סיים	התחלה	כשירות	מפקד	מפעיל	מטיס חוץ/מפעיל נוסף/מדר	סוג גיחה	פלטפורמה	אמ"ח	קרון	הערות
							03:00	06:00	04:00	בסיסית	אבי	מיקל	שולם	מבצע	מבצע	כוכב	900	20	אבי מאחר לתדריך
							05:00	10:00	06:00	מייוחדים	זיסי	תומר		מבצע	מבצע	כוכב	900	20	
							09:00	14:00	10:00	מייוחדים	גדי	יואב	לירן	הכשרה + מבצע	מבצע	כוכב	900	20	לירן עושה הכשרה לגדי
							13:00	18:00	14:00	מייוחדים	משה	טל	גלעד	מבצע + אימון הקפות	מבצע	כוכב	900	45	
							17:00	20:00	18:00	בסיסית	חיים	עומר			מבצע	כוכב	900	45	

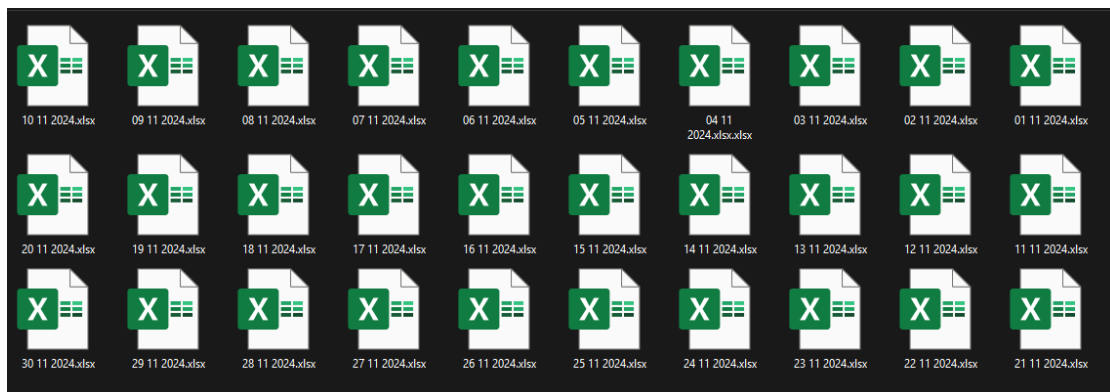
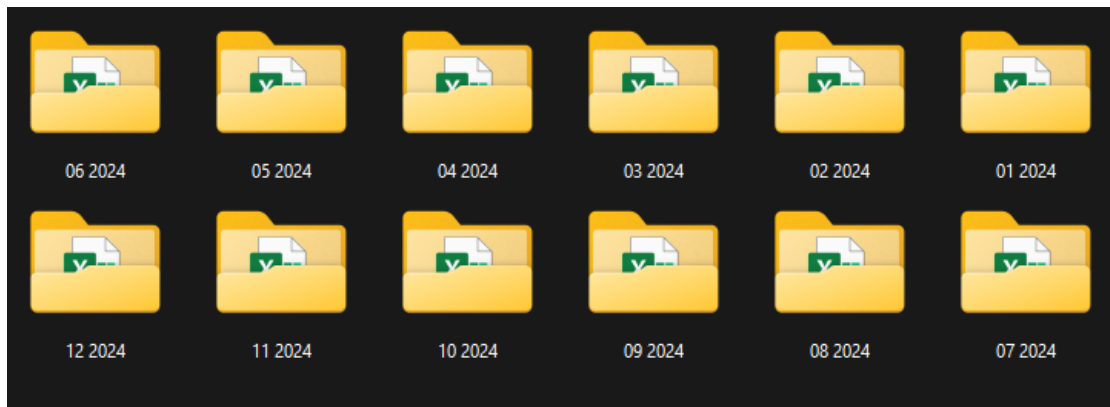
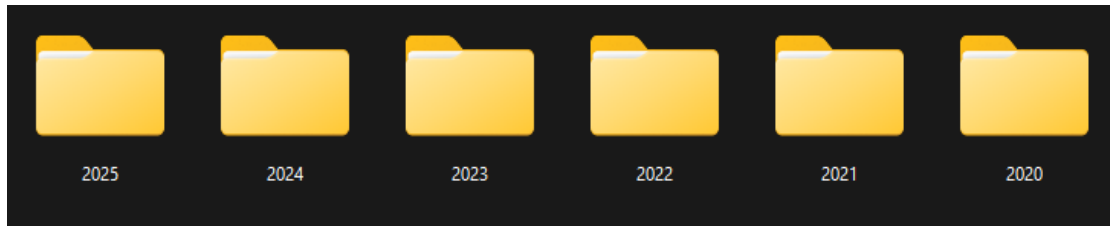
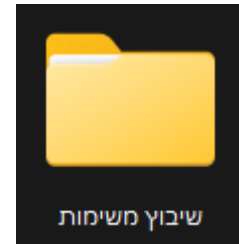
- לוח כשירויות

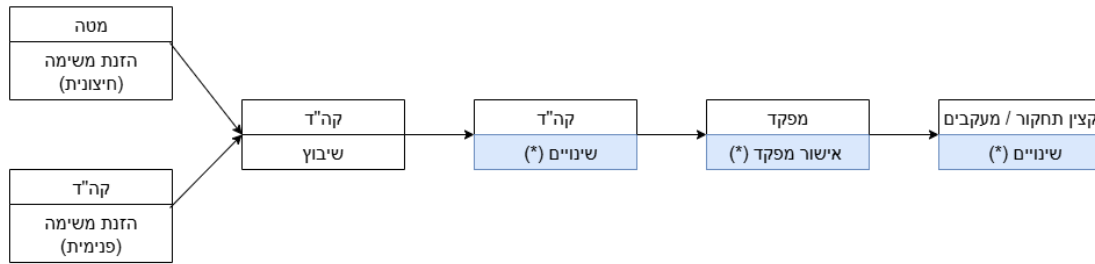
1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
					שם פרטי	שם משפחה	מספר אישי	דרג	א	ב	ג	ד	מייוחדים	מדרג	אילוצים
					אבי	בלוט	7450738	מפקד	14/04/2025	30/04/2025	29/04/2025	05/06/2025	02/06/2025		סס לחייל ב 11/7/25
					תומר	לוי	7450758	מפעיל	04/05/2025	02/06/2025	30/04/2025	05/03/2025	04/05/2025		מבחן בלימודים ביום שני 08:00-14:00
					גלעד	קופרמן	7450778	מטיס חוץ	21/06/2025						



ניהול התיקיות והקבצים

.6





תרשים 14 – תהליך השיבוץ הקיים

לוחות זמנים:

- אחת לשבוע מבוצע תכנון שבועי.
- בכל יום ב 18:00 מבוצע תיקוף ליום הבא. יכולות להתווסף משימות חדשות.
- משימה חדשה דחופה יכולה להתווסף גם אד הוק, עד שעתיים לפני מועד ביצועה.

מקור המשימה

- ככלל משימות מבצעות יורדות מהמטה כפקודת מבצע במערכת ייעודית.
- קיימות גם משימות פנימיות (הדרכה, אימון, סימולטורים וכדומה) שגם הן מגיעות לשיבוץ.

שיבוץ

- שיבוץ כלל המשימות מבוצע על ידי הקה"דית.
- במידה ויש שינוי במשימות הקה"דית מבצעת את ההתאמות הנדרשות
- סיבות נפוצות לשינויים:
 - פער בשיבוץ (העדר כשירות, בעיית זמינות...)
 - חריגה מהנהלים שלא אושרה על ידי המפקד
 - בלת"מ (למשל מחלה...)
 - בקשה לשינוי עקב העדפה (מבוקר לערב, למשל)
 - משימה חדשה, עדכון משימה
- שינוי במשימה אחת יכול להשפיע על משימה אחרת (גם אם כבר שובצה).



אישור מפקד

- התכנון הראשוני עובר לאישור סמ"ט ב' להדרכה.
- התכנון הסופי עובר לאישור מפקד הטייסת או סמ"ט א'.
- שינויים נוספים מאושרים על ידי סמ"ט ב' למבצעים או מנל"ח (מנהל לחימה).
- אם יש חריגה מנהלים - נדרש אישור מפקד. בדרך כלל רק במקרים חריגים.

ביצוע בפועל

- מעודכן בזמן אמת מול הלוח ומוזן ל Excel אחת לשבוע על ידי קצין תחקור / מעקבים לצורך מעקב ובקרת כשירויות.



בעלי התפקידים בצוות טיסת כטמ"מ (*)

8.

תפקיד	הסבר
מפעיל כטמ"מ	אחראי לתפעול מערכות הכטמ"מ, לרבות ניווט, הטסת הכטמ"מ הפעלת המערכות המותקנות בו ופענוח המידע המתקבל מהן בזמן אמת. במהלך המשימה יושב בקרון.
מטיס חוץ	אחראי על ליווי ההמראה והנחיתה – בדרך כלל בשטח פתוח, ליד הכטמ"מ, במטרה להשלים את התהליך בצורה תקינה ובטוחה. בכלל זה ביצוע בדיקות לפני המראה, סימון המסלול, פיקוח על המהלך בשטח ומתן מענה לתקלות אפשריות.
מפקד טיסה	בכל צוות טיסה חייב להיות מפקד טיסה. המפקד הינו מפעיל כטמ"מ מיומן בעצמו ובנוסף בעל כשירות של מפקד טיסה ברמה הנדרשת למשימה.
מדריך	המדריך הינו מפעיל כטמ"מ מיומן בעצמו, שהשלים את הכשירויות שאותן הוא מדריך ובנוסף יש לו כשירות של מדריך. המדריך מלווה משימות אימון וכן טיסות מבצעיות בהן שובץ מפעיל שטרם הוסמך או שנדרש לטובת רענון בכשירות הנדרשת.

טבלה 7 – בעלי תפקידים בצוות טיסת כטמ"מ

* הסבר לגבי הכשירויות בנספח ייעודי.



הכשרה:

בתום תהליך ההכשרה הבסיסית בביה"ס לטיסה, מפעיל הכטמ"מ משובץ בטייסת פעילה ומחוייב לבצע מספר גיחות הכשרה מבצעית (קאמ"מ-קורס אימון מבצעי מתקדם) של משימות הטסה בטרם יוכל לקבל את ההסמכה כמפעיל בעל כשירות מבצעית. משימות ההכשרה / אימון האלו הינן חלק מהמשימות של הטייסת שנדרש לשבץ, בהן יש הכרח לשבץ גם מדריך בעל כשירות מתאימה.

כשירות משימתיות:

מעבר לכשירות המבצעית, מוגדרות עוד כשירות משימתיות, על מנת לתת מענה לצרכי המשימות השונות. כל כשירות תלויה, בדרך כלל, בהשלמת הכשירות שלפניה (רמת קושי ומורכבות עולה).

כל כשירות דורשת הכשרה תיאורטית וכן מספר מינימלי של משימות אימון והטסה בטרם יוכל לקבל את ההסמכה, שגם במהלכן נדרש להצמיד לו מדריך בעל כשירות מתאימה. במידה ומפעיל/מפקד שהוסמך לכשירות מסויימת, לא ביצע משימה בכשירות זו במשך למעלה מחודשיים, הוא נדרש לבצע 2 אימון ריענון בכשירות זו, בליווי מדריך, בטרם יוגדר שוב ככשיר.

כשירות מיוחדות:

מעבר ליתר הכשירות המשימתיות, גם הסמכה כמדריך טיסה מוגדרת ככשירות בפני עצמה. כמובן שמעבר לכשירות זו, המדריך צריך להיות בעל הכשירות המתאימה לביצוע המשימה אותה הוא מדריך.

הסמכת דרג מפקד משימה הינה כשירות מקצועית. בדרך כלל, מי שהוסמך להיות מפקד, יטוס רק בתפקיד מפקד משימה ולא יבצע משימות כמפעיל.

בהינתן ומפעיל הוכשר לדרג פיקוד משימה הוא נדרש לצבור את כשירות המשימה כמפקד בנפרד ואין קשר בין כשירותו המשימתית כמפעיל בעבר.

כשירות רפואית:

כל מפעיל כטמ"מ מחוייב, אחת לשנה, בביצוע בדיקות בסיומן הוא מוגדר ככשיר רפואית. במידה ולא עבר את הבדיקות בצורה תקינה, או שיש לו בעיה רפואית שמורידה לו את הכשירות הרפואית, הוא אינו רשאי להיות משובץ למשימות. רק לאחר השלמת הבדיקות / באישור רופא מתאים, יוכל לקבל את הכשירות ורפואית ולחזור למאתר השיבוצים.



• **סיווג ביטחוני והגבלות אבטחה:**

- המערכת מסווגת ברמת סודי ביותר.
- כל כוח אדם שעוסק במערכת – בין אם פנימי (אנשי קבע, חובה, מילואים או אזרחים עובדי צה"ל) ובין אם חיצוני (חברה חיצונית, יועצים וכו') – חייב לעבור סיווג ביטחוני מתאים.
- המערכת חייבת להיות מאוחסנת בסביבה סגורה (On-Premises), ואינה יכולה להיות מחוברת לרשתות חיצוניות, כולל רשת האינטרנט. נדרש בידוד מוחלט מגורמים חיצוניים.

• **דרישות זמינות תפעולית:**

- המערכת פועלת במתכונת 24/7, כולל שבתות, חגים ומבצעים.
- נדרשת עמידה בתקני זמינות גבוהים במיוחד 99.99999% uptime – (שבע תשיעיות), תוך מניעת כל השבתה מתוכננת או לא מתוכננת.
- זמינות גבוהה קריטית לתפקוד שוטף בעת חירום וליכולת תגובה מיידית.

• **תחזוקה ותמיכה טכנית:**

- נדרש מענה לתקלות בכל שעה ביממה (תמיכה 24/7).
- זמן תגובה ראשוני – עד **10 דקות** מרגע הקריאה (במענה טלפוני).
- זמן טיפול בתקלה סטנדרטית – עד **שעתיים** מרגע הדיווח.
- זמן טיפול בתקלה חמורה המחייבת פתרון או מעקף תפעולי תוך **4 שעות** לכל היותר.



מונח	הסבר
מזל"ט	מטוס זעיר ללא טייס. הכינוי שניתן לכלי טיס בלתי מאוישים בתחילת דרכם, כשהיו קטנים ופשוטים יחסית.
כטב"מ	כלי טיס בלתי מאויש. מונח רווח משנות ה-90, המשקף את העובדה שחלק מהכלים אינם בעלי צורת מטוס דווקא.
מל"ט	מטוס ללא טייס. כינוי שנכנס לשימוש בתחילת שנות ה-2000, ומדגיש שמדובר במטוס מורכב, לא בהכרח זעיר, ואף מכיל מערכות מתוחכמות.
כטמ"מ	כלי טיס מאויש מרחוק. מונח רשמי בחיל האוויר מאז 2016, המדגיש כי פעולת הכלי אינה אוטונומית אלא יש אדם האחראי ישירות על הטסתם וביצוע משימתם. בעת שימוש במונח זה (להבדיל ממונחים נוספים שיובאו בהמשך) הכוונה הינה לכלי כולו על כלל המערכות המותקנות בו.
פלטפורמה	גם במונח זה הכוונה לכטמ"מ. הפלטפורמה כוללת גוף, מנוע, מערכות בקרה וניווט, חיישנים לניטור עצמי ומערכות היגוי והפעלת הגאים. מאפיינים: דגם, מספר זנב (סידורי) וכשירות המבצעית.
מטע"ד	מטען ייעודי, סט האמצעים בעזרתם מתבצעת המשימה, למשל מצלמה אלקטרואופטית. המטען הייעודי נישא בפלטפורמה ומקבל ממנה שירותים כמו העברת פקודות מהקרקע, אספקת חשמל ותנאי סביבה.
קרן	תחנת הפעלה, המכילה מערכות מחשוב ומידע, שמאפשרות למפעיל אנושי לשלוט בפלטפורמה ובמטע"ד ולראות את דיווחי כלי הטיס והמטע"ד ואת תוצרי המטע"ד. זהו למעשה הקוקפיט של הכטמ"מ.
סימולטור	מערכת הדמיה מתקדמת המדמה סביבות טיסה, משימות מבצעיות ותרחישים טקטיים בזמן אמת. הסימולטור מאפשר למפעילים לתרגל הפעלת מערכות הכטמ"מ, קבלת החלטות ותגובה לאירועים מורכבים ללא סיכון מבצעי. באמצעותו ניתן לשפר כשירויות, לאמן צוותים חדשים ולבצע הכשרות חוזרות באופן מבוקר ויעיל.

טבלה 8 – מילון מונחים



פרטי המרואיין

- שם :
- דרגה :
- תפקיד :
- שנות ניסיון בתפקיד :
- סוג שירות : חובה / קבע / מילואים

חלק א' – תהליך השיבוץ בפועל

1. מה הקשר שלך לתהליך השיבוץ ?
2. שאלות לקה"דיות בלבד :
1. כיצד מתבצע כיום תהליך שיבוץ צוותי הטיסה בפועל (שלבים עיקריים)?
2. אילו מערכות או כלים משמשים אתכם בתהליך זה?
3. מהם הקריטריונים המרכזיים להחלטה?
4. עד כמה נלקחים בחשבון אילוצים אישיים / רפואיים / מקצועיים בשיבוץ?
5. האם קיימים מנגנונים לזיהוי ולמניעת טעויות בתהליך שיבוץ?
3. עד כמה יש תיאום בין הגורמים השונים בטייסת (קה"דיות, סמ"ט, מפקדים, שלישות) במהלך תכנון השיבוץ?

4. מהן לדעתך שלושת הבעיות המרכזיות בתהליך הקיים ?

חלק ב' – קבלת החלטות ובקרה

5. מי מקבל את ההחלטות הסופיות לגבי השיבוץ?
6. האם יש בקרת איכות לתהליך השיבוץ? מי מבצע אותה?
7. האם מתקיים תחקור לאחר מקרים של שיבוץ שגוי?

חלק ג' – מערכות מידע ותמיכה טכנולוגית

8. עד כמה יש תמיכה ממוחשבת בתהליך השיבוץ הקיים ?
9. האם לדעתך מערכת שיבוץ ממוכנת תשפר תיתן מענה לבעיות הקיימות ?
10. אילו יכולות נדרשות **עבורך** במערכת שיבוץ כזו ?



חלק ד' – שגרה לעומת חירום

11. מה ההבדלים המרכזיים בין תהליך השיבוץ בשגרה לעומת חירום ?
12. מה היה שונה בתקופת "חרבות ברזל" לעומת מבצעים קודמים?
13. אילו אתגרים ייחודיים מופיעים בזמן חירום בכל הנוגע לתהליך השיבוץ ?

חלק ה' – פערים בין התכנון לביצוע

14. האם קיימים פערים בין השיבוץ המתוכנן לבין הביצוע בפועל?
15. במידה ויש פערים :

1. מהם הגורמים הנפוצים ביותר לשינויים בשיבוץ ?
2. כיצד מתמודדים עם השינויים בזמן אמת?

חלק ו' – עומסים, כשירות מבצעית ושחיקה

16. האם תהליך השיבוץ הקיים יוצר עומסים ?
17. במידה ויש עומסים :

1. מהם הגורמים לעומסים ?
2. האם העומסים גורמים לפגיעה בכשירות המבצעית ?
3. האם העומסים גורמים לשחיקה ? כיצד זה בא לידי ביטוי ?
4. מהן דרכי הטיפול בעומסים אלו ?

חלק ז' – הצעות לשיפור

18. האם לדעתך פתרונות טכנולוגיים או תהליכיים יכולים לשפר את התפקוד?
19. האם יש לך רעיונות לשינוי או שיפור בתהליך השיבוץ הקיים אם כן מהם ?
20. אילו לקחים מהעבר לא יושמו לדעתך ויש ליישם בהקדם ?
21. מהם לדעתך המדדים (כמותיים או איכותניים) להצלחת תהליך השיבוץ?

חלק ח' – שאלות פתוחות והערות

22. האם יש נושאים נוספים שתמצאו להעלות בנוגע לתהליך השיבוץ ?
23. האם תוכל לשתף בדוגמה אישית או מקרה מהשטח שהמחיש לך בעיה או הצלחה בתהליך השיבוץ הקיים ?

**סיכום ראיון (1) - מפקד הטייסת**

מפקד הטייסת אינו מבצע את השיבוץ בפועל, אך מהווה את הסמכות העליונה לאישור חריגים ומעורב בקבלת החלטות אסטרטגיות – בעיקר בתקופות של עומס מבצעי או חירום. לדבריו, בשגרה קיימת חלוקת אחריות ברורה בין הקה"דיות, הסמ"טים והשלישות, אך התיאום ביניהם אינו תמיד רציף, במיוחד בעת שינויים פתאומיים או אילוצים תפעוליים. בעיות מרכזיות שעלו בראיון:

1. חוסר סנכרון מערכתי בין כלל הגורמים בתהליך, במיוחד בזמני עומס או תקלות.
 2. היעדר מערכת טכנולוגית אחודה - אין כלי ממוכן שמרכז כשירויות, אילוצים, העדפות וסטטוסים אישיים.
 3. עומס ניהולי חריג שמוביל לשחיקה ולתגובה איטית לשינויים בשטח.
- במהלך מלחמת "חרבות ברזל", תהליך השיבוץ התבצע תוך כדי תנועה, ללא יכולת תכנון מוקדם. נדרשו התאמות מיידיות, גיוס רחב של אנשי מילואים, קיצור זמני הכשרה ותמרון מתמיד בין אילוצי כוח אדם.
- המציאות הדינמית החריפה את הפער בין התכנון לביצוע והגבירה את העומס הפיקודי. המלצה עיקרית:
- יש צורך דחוף בפתרון טכנולוגי מותאם שיכלול מערכת שיבוץ ממוחשבת שתאפשר:
- ניתוח עומסים ושחיקה.
 - התאמה בין כשירויות למשימות בזמן אמת.
 - תיאום בין הגורמים בטייסת.
 - שיפור קבלת ההחלטות גם תחת לחץ מבצעי.

כלי כזה, יתרום משמעותית למיצוי מיטבי של משאבים (כ"א, מטוסים) ויגדיל את התפוקות המשימתיות, ישפר את המעקב על הכשירות המבצעית, של צוותי הטיס, יקל מאוד על הדרג הפיקודי בטייסת, וישפר את שביעות הרצון של צוותי הטיסה בטייסת.



סיכום ראיון (2) - סמ"ט ב' להדרכה

סמ"ט ב' להדרכה מהווה את הגורם המרכזי בטייסת לאישור כשירויות שוטפות, מעקב אחר תוקפן, ניהול תוכנית הסימולטורים והכשרות, והבטחת התאמה בין צוות למשימה. הוא לא בונה את השיבוץ בעצמו אך משמש "שומר סף מקצועי" לאיוש נכון מבחינת כשירות, הכשרה ורציפות מבצעית.

לדבריו, מערכת השיבוץ הנוכחית אינה מתואמת עם לוח הכשירויות, אינה כוללת התרעות על עומסים או שחיקה של אנשים, ובפועל מתנהלת ב Excel ידני שמועד לטעויות. שינויים בלו"ז המבצעי, בעיות זמינות של אנשי צוות או חריגות בכשירויות גורמים לכך שהוא נדרש לעיתים לאשר חריגים תוך כדי תנועה.

בעיות מרכזיות שעלו בראיון:

1. **חוסר בקרה רציפה על כשירויות** - אין מעקב בזמן אמת אחר תוקף בכשירויות, כושר רפואי או ביצוע סימולטורים, מה שמוביל לאיוש לא תקין או טעויות שמתגלות בזמ"א.
 2. **פער מתמשך בין תוכנית ההדרכה לשיבוץ בפועל** - תוכניות הכשרה והדרכה נדחקות לשוליים מול עומסים מבצעים ולא נלקחות בחשבון בביצוע.
 3. **שיבוצים ידניים ללא מנגנון למניעת רצף טיסות בעייתי** - דבר היוצר עומס מצטבר ושחיקה מקצועית, בעיקר בקרב מפעילים בכירים.
- בחירום ניהול הכשירויות הופך מורכב מתמיד כי התנהל במקביל לשיבוץ אינטנסיבי, ללא זמני מנוחה, תוך קיצור הליכי הכשרה ודחיית חלק מהסימולטורים.
- לדבריו, הדרישות והאילוצים המבצעיים חייבו גמישות מרבית, אך פגעו בשיטתיות הנדרשת לשמירה על כשירות מלאה.

המלצה עיקרית:

לדברי סמ"ט ב' להדרכה, נדרשת מאוד מערכת שיבוץ ממוחשבת שתכלול:

- **מאגר כשירויות דינמי** - שידע להצליב בין כשירות אווירית, מצב רפואי, סימולטורים, משימות והדרכות.
- **בקרת רצף תעסוקתי** - זיהוי עומסי יתר ורצף שיבוץ חורג לכל איש צוות.
- **מנגנון התרעה לפני חריגות בכשירות או עומס** - שיאפשר תכנון ולא רק תגובה.
- **ממשק ממחושב בין הקה"דיות והשלישות** - לצורך תיאום מלא בין לו"זי הכשרות, איוש טיסות וסימולטורים.



לטענתו, כלי כזה יאפשר שליטה מיטבית על כשירות צוותי הטיסה, ישפר את איכות השיבוץ המבצעי, ויצמצם תקלות שנובעות מחוסר עדכון או מעומס שוטף.

סיכום ראיון (3) - סמ"ט ב' למבצעים

סמ"ט ב' למבצעים אחראי על ביצוע ומימוש הפעילות המבצעית השוטפת של הטייסת הכוללת טיסות אימונים ומבצעי, כוננויות, ותכנוני משימות. הוא גם מהווה את החולייה המקשרת בין לו"ז המשימות, הצרכים המבצעיים, יכולות המטוסים, והכנתם למשימות בפועל ועל הקשר והממשק מול הגף הטכני.

לדבריו, הוא אינו בונה את לוח הטיסות אך מעורב ברמה היומיומית בהתאמה בין תוכנית המשימות לבין המימוש בפועל לבין יכולות האיוש הזמין, במיוחד בשינויים של הרגע האחרון. הוא מוסיף אילוצי זמ"א, תרחישים דחופים, ודגשים פיקודיים אך מתמודד עם מגבלות בכל הנוגע לרציפות כשירות וליכולות תגובה מהירות.

בעיות מרכזיות שהוא העלה בראיון:

1. **פער בין תוכנית מבצעית לשיבוץ בפועל** - לעיתים קרובות צוותי טיסה אינם זמינים או כשירים למשימות שנקבעו להם בלו"ז, מה שמחייב התאמות שוטפו בקבועי זמן קצרים מאוד כדי להימנע מפגיעה בפעילות המבצעית.
2. **מחסור בכלי לתכנון אינטגרטיבי** - כיום אין מערכת אחת שמצליבה בין המשימה הנדרשת, הכשירות, והזמינות של הצוותים.
3. **התמודדות עם שינויים ואילוצים בזמ"א** - שינויים תכופים בלו"ז המבצעי מובילים לתגובתיות מאוחרת במקום תכנון יזום, ופוגעים באפקטיביות ובבקרה. המלחמה הביאה איתה צורך בביצוע משימות באופן רציף וללא חלונות מנוחה אידיאליים מאחר וכמות המשימות דרשה שיבוץ כמעט רציף של צוותי הטיסה, תוך דילוג על סימולטורים או התחשבות במועדי ויעדי הכשירות.

המלצה עיקרית:

לדבריו יש צורך מיידי בפתרון טכנולוגי שישלב:

- ממשק בין פקודות מבצעיות לשיבוץ כ"א בהתאם לכשירויות.
- כלי לניתוח פערים בין יכולת ביצוע בפועל לתוכנית המשימות.
- בקרת כשירויות וניצול יעיל ומיטבי של צוותים בתכנון ובזמן אמת, זה מה שיאפשר לצמצם טעויות תיאום, ישפר את המענה והזמינות מבצעית, ויאפשר למפקדים יכולת החלטה על בסיס תמונת מצב מלאה, במקום תפעול אינטואיטיבי תחת לחץ.



סיכום ראיון (4) - קה"דית

קה"דית (קצינת הדרכה) מהווה שחקן מרכזי בניהול השוטף של כשירויות צוותי הטיסה ובבניית שיבוץ יומי/שבועי בפועל. היא זאת שאחראית על קבלת המידע מכלל הגורמים (כגון מבצעים, שלישות, סמ"טים, רפואה תעסוקתית), עדכון כשירויות בזמן אמת, והפצת השיבוץ. לאחר מכן היא זאת שגם עוקב אחרי ביצוע המשימות ומעדכנת באופן ידני את סטאטוס הכשירות. בפועל, היא עובדת תחת לחץ מתמיד של שינויים, ביטולים, אילוצים והיעדרויות בלתי צפויות. כיום רוב העבודה מתבצעת באופן ידני בקבצי Excel תוך הישענות על זיכרון אישי והיכרות עם הפרטים, דבר המקשה על שמירה על תמונת מצב מלאה לאורך זמן.

בעיות מרכזיות שעלו בראיון:

1. **מחסור במערכת אוטונומית לריכוז כשירויות** - אין מערכת אחת שמתעדכנת אוטומטית על סמך נתוני רפואה, הדרכה וכשירות, שעות טיסה וסנכרון בין תכנון לביצוע בפועל.
 2. **ריבוי גורמים מזינים** - כל שינוי מחייב תיאום בין לפחות 3-4 גורמים שונים, מה שמוביל לטעויות, אידיוקים ולפספוס מידע (לדוגמה: כשירות רפואית שפגה ולא עודכנה במערכת).
 3. **שיבוץ שמותאם לדרישות המבצעות ולא לאנשים** - הצורך "לסגור פינות" מוביל לא פעם לאיזש אנשי צוות למשימות פחות מתאימות להם מבחינת עומס, התאמה או שחיקה מאחר ולא תמיד רואים את התמונה המלאה שחוות האיש צוות, ואם הוא לא מתריע אז זה ממש יכול להתפספס.
- במלחמה הפערים בכוח האדם גדלו, כמות השינויים גדלה אקספוננציאלית, והצורך לתמרן בין כל המשימות שהטייסת קיבלה הובילו לפעמים לשיבוץ על בסיס אילוץ ולא על בסיס התאמה. במילותיה: "הפסקנו לנהל כשירויות ופשוט ניסינו לשרוד את היום הבא".

המלצה עיקרית:

- עדכון כשירויות באופן אוטומטי מכלל המערכות (רפואה, הדרכה, סימולטור, מבצעים).
 - התראות לפני פקיעת כשירות.
 - שיבוץ חכם המזהה עומסים ושחיקה של כל איש צוות.
 - ממשק קל לתפעול עם הרשאות ניהול לפי תפקיד.
- מערכת כזו תשפר לא רק את איכות השיבוץ אלא גם את התחושה בקרב הצוותים שהם מנוהלים באופן מקצועי, מסודר והוגן.



סיכום ראיון (5) - מפעיל כטמ"מ בכיר (בשירות קבע)

השיבוץ היומיומי נתפס לעיתים קרובות כמשהו שמישהו אחר עושה עבורך, אך ההשלכות שלו מורגשות היטב בהיבטי שחיקה, חוסר רציפות באימונים, וחוסר שליטה על הלו"ז האישי. הוא מדגיש כי הבעיה המרכזית היא אי-הודאות לגבי לוחות זמנים, משימות, מתי חופשי, מתי מתאמנים ומתי נחים, נוצר לא פעם מצב שדווקא אנשי הקבע המנוסים והוותיקים הם אלה שנשחקים ראשונים, כי הם בעלי הכשירויות וההסמכות המתקדמות שלרוב בחוסר.

בעיות מרכזיות שעלו בראיון:

1. **שיבוץ תגובתי, תוצאתי ולא מתוכנן** - אין קשר בין התכנון לביצוע בפועל, הלוח השבועי משתנה כל הזמן.
2. **חוסר שקיפות ומעורבות** - המפעילים אינם שותפים בשיקולי השיבוץ, ולכן חווים את המערכת כחד-כיוונית, כאילו הכל קורה בחדרי חדרים וברגע שאתה בא לשאול או לברר משהו אז אומרים שאתה לא רואה את התמונה הגדולה.
3. **פגיעה בכשירות טיסה** - תמיד הכשרות חדשות או אימוני שמירת כשירות/סימולטרים נדחקים לצד בשל העדפה לעמידה במשימות מבצעיות תחילה. כשבפועל אם מעמיקים בלוח לפתע אפשר למצוא שיש אופציות יותר יעילות לאיש משהו אחר. במלחמה המצב הידרדר דרמטית, כולם הוצבו בצו 8 ועד היום מופעלים כמו סדירים, חופשות בוטלו, כל לו"ז אישי מתועדף אחרון, ואנשים טסים פה סביב השעון. הוא מתאר מצב שבו פשוט עובדים סביב השעון והאחריות לשימור הכשירות והבריאות הועברה לאנשים עצמם, ללא כל מנגנון בקרה או פיקוח. הוא מוסיף כי "מי שלא יודע להגיד לא – פשוט 'נטחן' בלי סוף".

המלצה עיקרית:

- אין בעיה עם זה שיש הרבה משימות, בשביל זה אנחנו כאן, אבל אני חושב שלגמרי הגיוני לדרוש הוגנות ואיזון שווה בין כולם, שקיפות ותכנון מראש.
- שיבוץ שקוף ונגיש לכל מפעיל בטייסת – שכל אחד ידע מה צפוי, מה גמיש, ומה חסום.
 - מענה לרצונות, אילוצים ושחיקה - לא עוד שיבוץ רק לפי "מי פנוי", "אנחנו לא מכונות", אלא לפי מכלול שיקולים שנלקחו בחשבון בכל שיבוץ.
 - מעורבות בתהליך התכנון - למשל, אפשרות לסמן העדפות, או לפחות לדעת מה השיקולים שהובילו לשיבוץ מסוים ולאפשר להגיב בזמ"א לפני שהלוח הופץ למבצעים.



סיכום ראיון (6) - מפעיל כטמ"מ בכיר (בשירות מילואים)

איש המיל' שפגשנו מתאר בחווייתו תחושה של חוסר יציבות מערכתית. רבים מהמילואימניקים מוזעקים מהרגע להרגע לטייסת לכל מיני פריטים ש"נפלו", ללא כל תיאום אישי מוקדם וללא ודאות בנוגע לאורך השירות או היקפו, בפועל מאז תחילת המלחמה אני מתפקד כמו סדיר ומנהל את כל אורך חיי באמצעות קה"דית. הוא מציין שלפעמים הוא מוזנק לפקד על משימות מורכבות ללא הכנה מקדימה, הדרכה או עדכון מפקדים, מה שעוד יותר מוסיף לתחושת הניתוק וחוסר הניהול. הפער בין כוונת המפקדים לטיפול מסודר לבין ההתנהלות בפועל בולט מאוד. הטייסות בח"א בנויות ומבוססות על כ-60% אנשי מילואים, זה נכון לשגרה ומתחדדת יותר ויותר בחירום, וברגע שהדבר הזה יוצא מנקודת איזון והופך ללא מנוהל פשוט לא ניתן לתפקד כך לאורך זמן, מצד אחד את רוצה תמיד להיות בעד, מצד שני לא הגיוני שהעומס לא מתפלג בצורה שווה בין כולם.

בעיות עיקריות שעלו:

1. **לא יודעים לתכנן מראש** - מזניקים אנשים מהבית ברגע האחרון בהתאם לצורך מבצעי מיידי, במקום שיהיה תהליך תכנון בריא, נכון ומדויק.
2. **פערים כשירות** - היעדר רענון והכשרה נהיה דבר כבשגרה, לפעמים מורגש שאם זה לא מספיק חשוב למפקדים לעמוד בהז"א אז למה שלי זה יהיה חשוב לא לחרוג מאינטרוול, מצד שני לא פעם אני מוצא את עצמי נדרש לפקד על משימות בכשירות שלא תרגלתי מעל חצי שנה.
3. **התעלמות מהצרכים האישיים** - הדבר הכי מורכב למילואימניק זה שילוב בין החיים האישיים למיל', כאשר אילוצים אישיים, רפואיים ומשפחתיים אינם נלקחים בחשבון הדבר פוגע במוטיבציה לעזור בפעם הבאה ובעיקר מייצר תחושה של חוסר הוגנות.

המלצות מרכזיות:

- תיאום מוקדם ככל האפשר - לאפשר מנגנון הרשמה ותכנון קדימה מרווח מספיק, לפחות חודש. כדי שאפשר יהיה לתכנן את החיים האישיים במקביל למיל'.
- שיבוץ מותאם אישית - יחס אישי לכל אחד, שיאפשר תכנון אישי לפי רמת הכשירות, זמינות והתרומה האפשרית לכל משימה.
- כלי דיגיטלי ייעודי - אפליקציה או פורטל ייעודי למילואימניקים לניהול זמינות, העדפות, ומעקב אחר משימות ושיבוצים. אי אפשר שהכל מתבצע ע"ב שיח טלפוני ו-Excel. לא פעם יש פערים וטעויות בתאום.



סיכום ראיון (7) - קצין מהמטה המבצעי (רמ"א)

נציג המטה המבצעי שופך אור על התמונה המערכתית הרחבה של ניהול צוותי כטמ"מ. לדבריו, המטה אינו מתערב ברמת השיבוץ של אנשי הצוות בטייסת עצמה, אך משמש כגורם מנחה, באמצעות פקודות מבצעיות (פ"מים) שמכתיבות איזו טייסת מבצעת, מתי, ובאיזה היקף סד"כ. לדבריו, הפערים בין תכנון המטה לביצוע בטייסות נובעים לא מחוסר מחויבות - אלא ממידע חלקי, תיאום לא רציף והיעדר שקיפות בנוגע למצב הכשירויות והעומסים האמיתיים בטייסות השונות.

בעיות מרכזיות שעלו בראיון:

1. **חוסר סטנדרטיזציה בין הטייסות** - כל טייסת מנהלת את כשירויותיה ושיבוציה באופן עצמאי, כך שהמטה לא תמיד יודע להעריך את כשירות הכוח והטייסת בכל רגע נתון, מה שלא פעם גורם לזה שיורדות לטייסת משימות שרוב אנשייה אינם כשירים להן.
 2. **הפעלה מבצעית VS בניין כוח/כשירות** - לא קיימת מערכת חיזוי שתתריע על הידרדרות כשירות או עומס בטייסת עד שהוא מתבטא בפועל ואז כבר לא ניתן להשפיע כמו לרדד פעילות באופן הדרגתי או מאוזן יותר כדי לאפשר הכשרות וכו'.
 3. **שימוש יתר בכוח אדם מסוים** - ישנן טייסות "חזקות" שמקבלות שוב ושוב יותר נתח מבצעי כמו פעילויות מיוחדים, מה שלא פעם מגיע עד לכדי רמה של שחיקה מערכתית, בשל היעדר איזון בעומסים על כלל המערך.
- לדבריו, אחת הבעיות המרכזיות היא היעדר עדכון שוטף מהשטח על מגבלות כשירות ושחיקה. כך קורה שלעיתים נכתבות פקודות שמבוססות על כשירות תאורטית של טייסת, אך בפועל, אין כוח אדם מתאים, או שהעומס בטייסת חורג מהיכולת המבצעית. לעיתים הפער בין המשימות שהוגדרו לבין מה שבוצע בפועל הינו משמעותי ופוגש אותנו בטעויות מבצעיות קריטיות, הדבר לא נובע בגלל רשלנות, אלא כי פשוט אין דרך לראות מה באמת קורה בזמן אמת בטייסות ויש איושים "שנופלים בין הכיסאות".

המלצה עיקרית:

- נדרש שינוי תפיסתי בכל הנוגע לניהול המשאב האנושי במערך כטמ"מ. אם תפותח מערכת שיבוץ חכמה היא חייבת לכלול:
- שקיפות מלאה על כשירויות, אילוצים וזמינות בטייסות ולא רק דו"חות תקופתיים אלא נתונים חיים, גם בלי "להרים טלפון" לכל מפקד טייסת.



- כלי לניתוח עומסים רוחביים - להשוואת ולנתח עומס בין טייסות ולהמליץ היכן כדאי לרכז מאמץ ע"ב נתונים.
- יכולת סימולציה - לראות מראש את ההשפעה של פקודת מטה על כשירויות וכוח האדם.

סיכום ראיון (8) - פקמ"צית

מדגישה כי עיקר האתגר בתפקיד הפקמ"צית (פקידת מבצעים) טמון בניהול הגמישות מבצעית - היכולת להגיב בזמן אמת לשינויים ולהתאים את השיבוץ לצרכים המבצעיים המתפתחים, תוך שמירה ככל הניתן על כשירויות, מנוחה ורציפות הכשרה. לשיטתה, לא קיימת בעיה עקרונית בשיטה הנוכחית, אלא עיקר הבעיה נובעת מחוסר סנכרון, תאום ואחריות של הגורמים השונים. היא מציינת שבשגרה קיימת שגרה ברורה ומבוססת, אך היא מתערערת בקלות ברגע שמתרחשים שיבושים או נכנסים בל"מ כגון: מהיעדרות לא מתוכננת ועד פקודה מבצעית שמתקבלת לעוד כמה שעות.

בעיות מרכזיות שעלו בראיון:

1. **אין שום מנגנון ניהול עומסים** - הרבה פעמים אותם אנשים נשחקים שוב ושוב כי "עליהם אפשר לסמוך" או שהם תמיד יגידו "כן, אין בעיה", אך אין שום מדידה שיטתית של מי טס כמה ואז נוצר חוסר איזון שלא פעם גורם למריבות וחיכוכים בין אנשים.
 2. **היעדר סטנדרטיזציה בין קה"דיות** - כל אחת פועלת אחרת (קבצים שונים, סדרי עדיפויות שונים), מה שפוגע בהמשכיות וביכולת לחפוף בצורה נוחה.
 3. **פער תרבותי בניהול שיבוץ** - אין הבנה ברורה בצוותים לגבי מה הקריטריונים שהובילו לשיבוץ - מה זו עדיפות? מהי העדפה? מה מכתוב האילוף? מה שלא פעם נופל עלינו לתת את התשובות שלא בהכרח יש לנו.
- בלחימה תמיד תהליך השיבוץ עובר למוד של כיבוי שריפות. התחושה שנוצרת אצל צוותי הטיסה דומה ל"רולטה יומית" – כל יום ממציא את עצמו מחדש, ושיקול דעת אישי של בעלת תפקיד כזה או אחר הפכו לכלי המרכזי בניהול.
- דווקא בעתות חירום הרגישה שנדרשה ממנה יצירתיות וחשיבה לא שגרתית, תוך הישענות על קשרים בין-אישיים והיכרות עם "מאחורי הקלעים" של כל מפעיל, יותר מאשר על כשירויות פורמליות בלבד.
- המלצה עיקרית:**
- לדבריה, הפתרון צריך להיות אינו רק טכנולוגי אלא בעיקר ארגוני-תרבותי.



עם זאת, מערכת ממוחשבת תוכל לתמוך בתרבות חדשה שתכלול:

- שקיפות במידע - זמינות לכלל הגורמים המעורבים (מבצעים, קה"דיות, סמ"טים, שלישות).
- מנגנון בקרה עצמית על עומסים - מדדים ויזואליים שיעזרו לזהות עומס יתר או ניצול חסר.
- המשכיות בין גורמים - מנגנון סנכרון אחיד בין קה"דיות, גם כשיש חילופי בע"ת.
- הכנסת ממד "אנושי" לשיקול השיבוץ - שהמערכת תאפשר לסמן אילוצים רכים והעדפות אישיות, ולא רק אילוצים קשיחים.

לדבריה: בסוף אנו לא נמדדים רק בכמה הצלחנו לשבץ - אלא כמה הצלחנו לא לשחוק את האנשים.



במסמך זה ירוכזו לקחים מתחקירים מבצעיים בנושא תכנון וניהול כ"א בטייסת ח"א בשגרה ובחירום הרלוונטיים לתהליך השיבוץ ולעבודת המחקר שלנו.

1. **מחסור במערכת ממוכנת עבור איוש:** נדרש פיתוח מערכת ניהול כוח אדם בזמן אמת, שתאפשר זיהוי מהיר של פערים באיוש משימות, לרבות אי עמידה בכשירות של אנשי צוות, ותספק למפקדים כלי בקרה לצורך שיבוץ מדויק.

2. **איזון עומסים:** הוצף כי בחלק מהמקרים נוצר עומס יתר על אנשי צוות מסוימים. נדרש מנגנון בקרה שיוודא חלוקה מאוזנת של משימות לפי נתוני עומס מצטבר.

3. **מנגנון ניהול תהליך התכנון והביצוע:** נדרש מנגנון עבודה ברור בין הגורמים האחראיים על התכנון הראשוני, האישור והבקרה השוטפת והביצוע בפועל, כדי למנוע כפילויות, טעויות או פערים בסנכרון או הבנה המבצעית.

4. **אורך פריטים:** נדרש להתאים את אורך הפריטים למול סוג המשימה בפועל – לדוגמא משימות מורכבות אולי נדרש לפרק לפריטים יותר קצרים שידרשו יותר כ"א, דוגמא נוספת היא קיצור או פיצול של פריטים לטובת שימור כשירות ליותר אנשים או מניעת ירידה מכשירות.

5. **עומס אישי:** מלבד התפקיד האווירי נכון להסתכל על העומס בו נמצא איש הצוות בתפקידו הצבאי/אזרחי, הורות וכו', מומלץ לייצר בקרה המנטרת אנשי צוות עם עומס משימות חריג (גבוה או נמוך), ז"א נכון יהיה להכניס לסל השיקולים בשיבוצים האוויריים גם התחשבות בעומס "קרקעי".

6. **מענה לבלת"מים/הזנקות:** כשנותנים מענה לאיוש של משימות מתפרצות או איוש שנפל צריכים לקחת בחשבון לא רק זמינות מיידית, אלא גם עומס מצטבר, כשירות ושעות מנוחה, והשפעות השינוי על כל הלוח קדימה ליממה הבאה והמשך השבוע.

7. **הרשמה קדימה:** נדרש לפתח כלי שיאפשר לצוותים לבחור עדיפויות וזמנים שבהם הם זמינים ופנויים לטוס או לחליפין להזין אילוצים כך שהמערכת תוכל לסנכרן את הכל בתהליך התכנון ולהתחשב במציאת פתרון מיטבי.

8. **כשירות משימה:** כשירות הוא משהו שנבנה לאורך תהליך הכשרה וניסיון ואין לזלזל בו או להמעיט בערכו, נדרש להצמד לדרישות ההו"א גם במחיר של צמצום הצוותים הכשירים למשימה כזאת או אחרת או לחליפין עומס יותר גדול לבעלי כשירות מסויימת.



9. **מנוחה:** תכנון זמני מנוחה צריך להתבסס על כמות ואורך המשימות שביצע איש הצוות בפועל, ולא רק על פרק הזמן שחלף כמו כן פעילות בשעות קיצון.
10. **שקיפות:** מאחר ותהליך האיוש משפיע ברמה האישית על כל איש צוות לפעמים נוצרת שהדברים נעשים בחדרי חדרים ולא בצורה שקופה שמציגה את האיזונים, התחשבות בזמני מנוחה ואילוצים, מה שלא פעם פוגע מאוד במוטיבציה ומייצרים חיכוכים מיותרים.
11. **נקודת פתיחה חזקה:** בעת תחילת מערכה, מומלץ להפעיל כוח אדם בכמות גדולה מהנדרש על מנת לאפשר שימור ושחיקה מדורגת, תוך שמירה על גמישות מבצעית, תמיד עדיף להתחיל מאיוש חזק (מובילים, כשירים ביותר) ואחרי זה לאזן.
12. **שגרת איוש בלחימה:** יש לעבור במהירות מרענון ספורדי לשגרה מסודרת, העדיפות היא לייצר שגרה או קביעות של טיסות בימים או שעות קבועות לרוב האנשים עדי להצליח לנהל חיים/משימות אחרות במקביל.
13. **הארכות ללחימה ממושכת:** נכון להסתכל על הצורך החדש שהלחימה מביאה איתו והתאמת כמויות הכשירים לכל משימה בהתאם לצורך.
14. **הכשרות בלחימה:** תקופת הלחימה מביאה איתה הזדמנויות להכשיר אנשים בתהליך מזורז ובצבירת ניסיון מהירה כתוצאה ישירה של מפעילות הלחימה.
15. **חופשים/ריענונונים:** על מנת להצליח לשמור על האנשים במהלך לחימה ממושכת נכון לבצע תכנון חופשים/ריענונונים חצי שנתי/שנתי מראש כדי מצד אחד לייצר וודאות לאנשים ומצד שני לא להביא את הטייסת למצב שהרבה אנשים "נעלמים" במקביל.



סיכום נתונים כמותיים

טבלה 9 – נתוני טיסות שבועיים שנת 2024



סדר שיבוץ המשימות (תיעדוף)

- משימות מיוחדות או משימות הדורשות כשירויות ייחודית.
- משימות מבצעיות שגרתיות.
- משימות פנימיות (הכשרות, הדרכות, אימונים, ריענון).

סדר שיבוץ כוח אדם

- סדירים בטייסת.
- אנשי קבע בהצ"ח (הצבת חרום).
- אנשי מילואים (בהתאם לזמינות).

איזון עומסים

- איש צוות צריך לבצע 100 שעות טיסה בחציון. (בממוצע 17 שעות בחודש). המשמעות - להעדיף לשבץ אנשי צוות עם פחות שעות טיסה מצטברות.

זמינות

- יש לוודא שהמפעיל זמין במועד הנדרש
 - לא בהעדרות/חופשה/מחלה/משימה קרקעית
 - לא משובץ במקביל למשימה אחרת
 - לא נמצא במנוחה לאחר/לפני משימה
- איש מילואים – לא נמצא כל יום ביחידה, לוודא שזמין ביום ובשעות הנדרשות.

נהלי איוש

- לא יותר מ-12 שעות שיבוץ ב-24 שעות.
- לא יותר מ-8 שעות ב-12 שעות רצופות.
- הפסקת מנוחה מינימלית:
 - 4 שעות בין טיסות יום.
 - 6 שעות בין טיסות לילה. (06:00–22:00)
 - רצוי 8 שעות בין כל משימה.



שיבוץ אנשי צוות למשימה:

- לכל כלי במשימה נדרש צוות הכולל בין שניים לארבעה אנשי צוות (מפקד, מפעיל כטמ"מ ומטיס חוץ לפי צורך).

- מטיס חוץ משתתף רק בשלבים של המראה, נחיתה או אימון הקפות.

- לא ניתן לשבץ איש צוות ליותר ממשימה אחת במקביל.

אילוצי כשירות:

- יש לוודא שאיש הצוות כשיר רפואית
- יש לוודא שאיש הצוות בעל הכשירות הנדרשת.
- כל איש צוות נדרש לבצע לפחות טיסה אחת בכל כשירות שמחזיק אחת לחודשיים. על מנת שלא ירד מכשירותו, יש לתעדף שיבוץ של איש צוות שלא ביצע כשירות במשך חודש וחצי ומעלה.
- מפעיל שלא ביצע טיסה בפרק זמן זה – יורד מכשירותו. חזרה לכשירות דורשת 2 טיסות רענון מבצעיות שמחייבות ליווי מדריך. המשמעות נדרש לשבץ למשימה כזו גם מדריך טיסה.
- מי שטרם הוסמך ישובץ רק לטיסת הכשרה / אימון בליווי מדריך טיסה.
- מדריך חייב שתהיה לו כשירות של מדריך טיסה, בנוסף על הכשירות הנדרשת לטובת המשימה אותה הוא מדריך.
- אין לשבץ יותר ממדריך אחד למשימה. המשמעות שלא ניתן לשבץ למשימה יותר מאיש צוות אחד שנדרש לרענון.
- בעל כשירות מפקד ישובץ רק ב"כיסא" מפקד בצוות הטיסה.

מבנה משימה

- בתחילת כל משימה נדרשת המראה ותעבורה (הגעה ליעד).
 - ברירת המחדל לפריט זה – שעתיים.
 - בהתאם לקבוע במשימה יקבע המשך הסופי של פריט זה (כתלות במשך ההגעה ליעד).
 - בשלב זה נדרשת נוכחות של מטיס החוץ.
- משך המשימה כולל את שעות הטיסה נטו. משך שעולה על 4 שעות מחולק לפריטים.
 - ברירת המחדל לפריט טיסה היא 4 שעות.
 - לכל פריט טיסה ישובץ צוות נפרד.



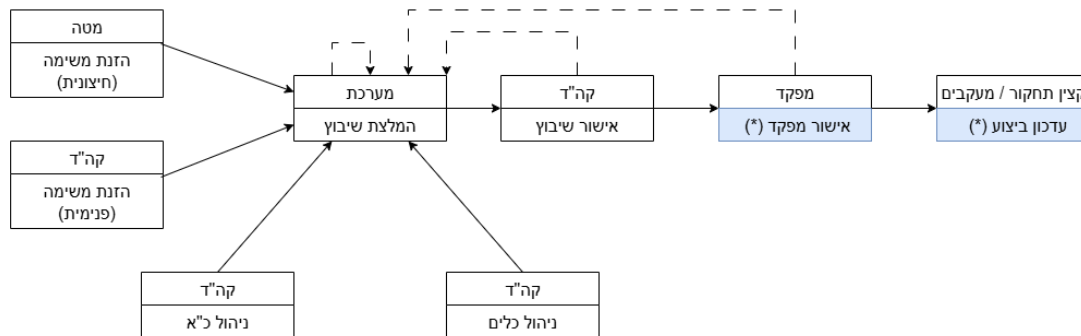
- בשלב זה לא נדרשת נוכחות של מטיס החוץ.
- לפני כל פריט טיסה – נדרש תדריך של שעה (התדריך צריך להלקח בחשבון לטובת הזמינות של הצוות אך אינו נספר כשעת טיסה).
- בסיום כל משימה נדרשת תעבורה (חזרה מהיעד) ונחיתה.
 - ברירת המחדל לפריט זה – שעתיים.
 - בהתאם לקבוע במשימה יקבע המשך הסופי של פריט זה (כתלות במשך ההגעה ליעד).
 - בשלב זה נדרשת נוכחות של מטיס החוץ.
- ככלל איש צוות לא יכול להיות משובץ לשני פריטים רצופים ללא הפסקה.

משימה הדורשת החלפת כלי

- במשימות ארוכות, מעבר לאילוצי הדלק של הכלי (לפי משך / מרחק) ידרש להחליף את הכלי.
- הכלי החלופי צריך להגיע ליעד (אחרי המראה ותעבורה) לפני שהכלי הקודם עוזב אותו (לטובת תעבורה ונחיתה). המשמעות – חפיפה בין הכלים.
- לכל כלי (הקודם והמחליף) - נדרש לשבץ צוות טיסה.
- הצוות שמטפל בהמראת ותעבורת הכלי החלופי, יכול להמשיך ולטפל גם בתעבורה, חזרה ונחיתת הכלי הקודם. זה המקרה היחיד בו צוות יכול להמשיך לפריט צמוד נוסף.

משימה של מספר כלים

- משימה יכולה לכלול מספר כלים (מבנה/ ערכה).
- נתון זה יופיע במשימה וירד פ"מ לכל כלי בנפרד.
- בהיבט השיבוץ – יש להתייחס לכל כלי כמשימה נפרדת ולשבץ לו צוות נפרד.
- בהיבט המבצעי יש חשיבות לשיבוץ כלל הכלים לטובת ביצוע המשימה.



תרשים 15 – תהליך השיבוץ המוצע

שינויים מרכזיים בתהליך המוצע**בסיס נתונים רחב אודות כוח אדם וכלים**

- יהיה ניהול מרכזי של כלל הנתונים הרלוונטיים אודות כל חברי הצוות ובכלל זה נתוני כשירות מקצועית ורפואית, זמינות, שיבוצים קודמים ועתידיים וזמני מנוחה נדרשים.
- בשלב בראשון, ידרש עדכון ידני של נתונים אלו לטובת עדכניות המערכת, אך בהמשך עדכונים אלו יבוצעו באמצעות ממשקים למערכות קיימות / יכולות חדשות שיפותחו.

שיבוץ

- במקום שיבוץ ידני, נעשה שימוש במערכת אוטומטית המציעה המלצת שיבוץ חכמה לכל משימה.
- ההמלצה המבוססת על כללי השיבוץ שהוגדרו ולוקחת בחשבון את הנתונים העדכניים אודות חברי הצוות הקיימים במערכת.
- כלל ההלצות השיבוץ עוברות לאישור הקה"דית, שיכולה לאשר או לתקן את השיבוץ.
- כל חריגה מכללי השיבוץ מקבלת התרעה, ואם עברה אישור קה"דית, מופנית אוטומטית לאישור מפקד.
- כל הוספה של משימה / עדכון משימה קיימת, מאפשר עדכון המלצת השיבוץ של המערכת, שוב על סמך כל כללי השיבוץ, וגם המלצה זו צריכה לקבל אישורים.



תפקיד הקה"דית

- הקה"דית הופכת מגורם משבץ, המבצע משימות סזיפיות ללא בסיס נתונים מלא ותקין לגורם מאשר, המקבל ההמלצה ובמידה ויש גם את סימון החריגות.
- בשלב בראשון, הקה"דית תהיה אחראית (אך לא בהכרח המבצעת היחידה) על עדכון שוטף של נתוני כוח אדם וכלים במערכת. כאמור בהמשך העדכון יהיה מבוסס ממשקים אוטומטיים.

אישור מפקד

- אישור המפקד **מחוייב** כאשר השיבוץ חורג מהכללים שהוגדרו.
- עם זאת, המפקדים יוכלו לקבל בכל רגע נתון תמונת מצב מלאה אודות כלל המשימות ואנשי הצוות לטובת קבלת ההחלטות.

ביצוע בפועל

- בכל מקרה בו היה שינוי בין הביצוע בפועל לבין השיבוץ, קצין תחקור / מעקבים יעדכן את השינוי ישירות במערכת (ולא בלוחות או בקובץ Excel). המערכת תדאג לעדכן **מיידי** את נתוני כשירות והעומסים ואת לוחות הבקרה בהתאם.

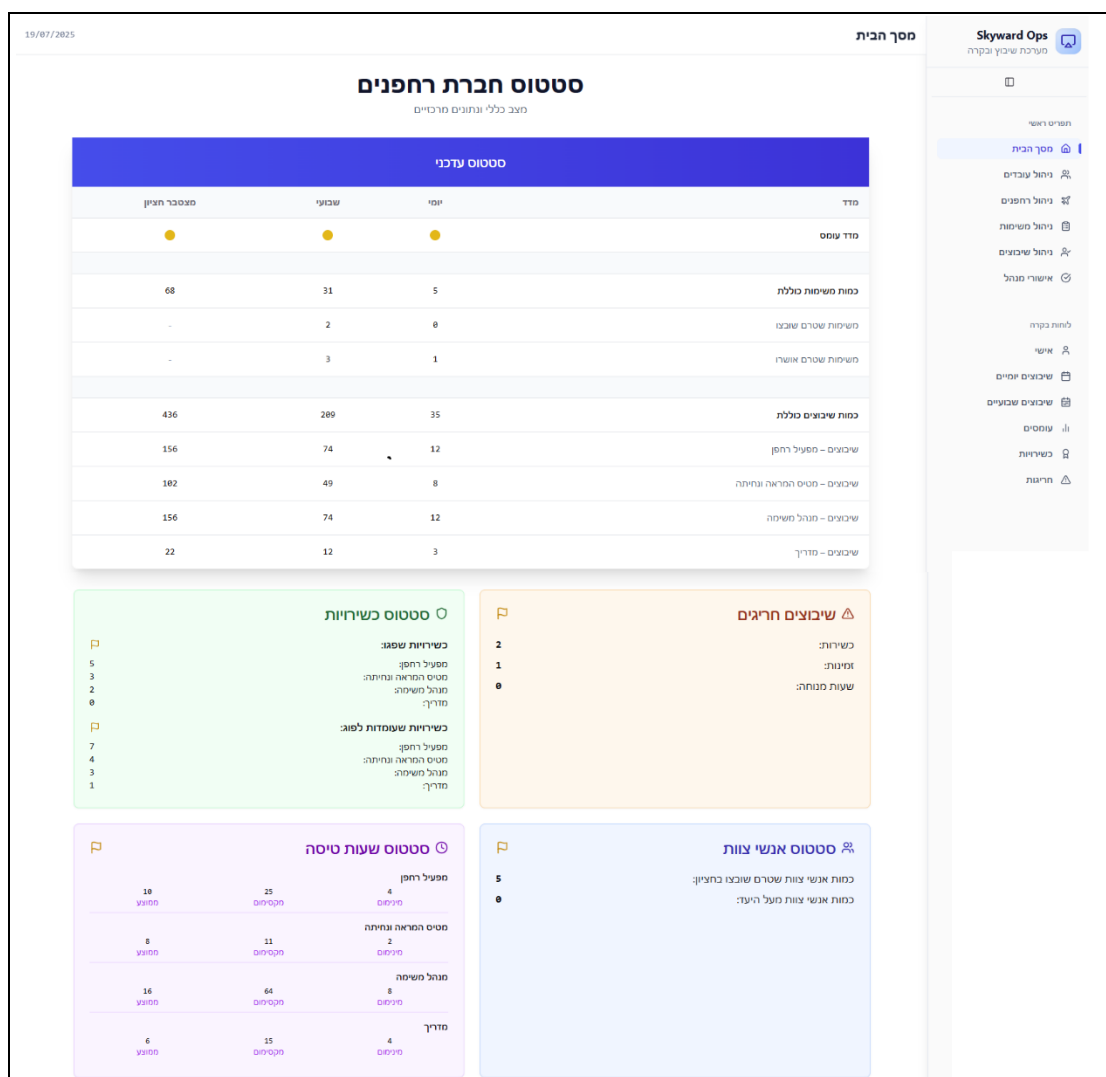
שליטה ובקרה

- כל הגורמים המעורבים בתהליך יוכלו לקבל בכל רגע נתון תמונת מצב מלאה ומקיפה של כלל הפרמטרים הרלוונטיים (כשירות קיימת, כשירות שעומדת לפוג, עמידה ביעדי שיבוץ אישיים, עומסים) וכן נתונים פרטניים לאיש צוות לטובת קבלת ההחלטות.
- הצגת הנתונים תהיה מלאה ושקופה, אך בהתאם להרשאות שיוגדרו, על מנת לשמור על צנעת הפרט.



על מנת להמחיש את המערכת המוצעת פותח אב טיפוס באמצעות Base 44. היות והכלי נמצא בענן והופך למשותף ולא ניתן להגביל את הגישה לנתונים ולקוד, משיקולי אבטחת מידע בוצעה "הלבנה" של הנתונים כאילו שמדובר על חברת רחפנים אזרחית. המונחים הוסבו בהתאם, תוך ביצוע הקבלה במידת האפשר (תפקידים, כשירויות, תהליך העבודה), ומאוד קל להבין את ההקשר ואת ההקבלות.

מסך הבית - מספק תמונת מצב עדכנית של סטטוס החברה, תוך הצפת הדגשים הקריטיים לתהליך: סטטוס משימות ושיבוצים, הצפת חריגים, סטטוס כשירויות ועמידה ביעדים.



תפריט - לכל אורך המערכת, בצידו הימני של המסך, קיים תפריט המאפשר ניווט בין המסכים. חלקו הראשון של התפריט כולל מסכי עבודה המסודרים לפי סדר כרונולוגי של התהליך. בחלקו השני – מפורטים כל לוחות הבקרה השונים.



מסכי ניהול נתוני צוותי הטיסה ותהליך השיבוץ

מסך ניהול עובדים - מאפשר צפיה מרוכזת בכל רשימת אנשי הצוות.

לכל איש צוות יש מספר עובד המזהה אותו, שם מלא, סטטוס זמינות נוכחי, מקצוע, סוג העסקה

(המקביל לסוג שירות – חובה, קבע ומילואים), המוצגים בטבלה הבסיסית.

ניתן לבצע הרחבה לרשומה בודדת או לכל העובדים ולקבל פרטים נוספים בדגש על כלל

הכשירויות (רפואית ומקצועית) ועל נתוני הזמינות (מתי העובד אינו זמין).

וכן להוסיף עובדים נוספים (באמצעות כפתור בראש המסך משמאל).

מכל רשומת עובד - ניתן להסתעף למסכי עריכה של פרטי העובד ושל הזמינות.

מסך ניהול זמינות – יכולת להוסיף טווחי תאריכים או שעות בהם העובד אינו זמין (חופשה,

מחלה וכדומה). ההזנה יכולה להיות מרוכזת או לאפשר לכל עובד להזין את הזמינות שלו.



והנדרש על אנשי הצוות לטובת תהליך השיבוץ.

103



מסך ניהול רחפנים - מסך זה אינו חלק מהתכולה הראשונית ומהווה הדגמה ליכולות הרחבת

המערכת בהמשך

19/07/2025

ניהול רחפנים

Skyward Ops
מערכת שיבוץ ובקרה

הוסף רחפן חדש +

ניהול רחפנים
מלאי רחפנים ומערכות

הרחב הכל

רשימת רחפנים (13)

חפשו לפי מספר סידורי...

מספר סידורי

דגם

מערכות

סטטוס

פעולות

DR-1004	Autel EVO II Pro	1 מערכות	בהסטה	עריכה
DR-1009	Autel EVO II Pro	1 מערכות	פנוי	עריכה
DR-002	Autel EVO II Pro	3 מערכות	פנוי	עריכה
DR-1007	DJI Agras T40	1 מערכות	פנוי	עריכה
DR-1002	DJI Agras T40	0 מערכות	פנוי	עריכה
DR-003	DJI Agras T40	3 מערכות	מחזק	עריכה

מערכות מוחזקות

מצלמה RGB
דגם: לא צוין
הערות אין

מצלמה RGB
דגם: לא צוין
הערות אין

מצלמה RGB
דגם: LOUD-50
הערות הקשורות עם נפגעים

תפריט ראשי

מסך הבית

ניהול עובדים

ניהול רחפנים

ניהול משימות

ניהול שיבוצים

אישורי מנהל

לוחות בקרה

איש

שיבוצים יומיים

שיבוצים שבועיים

ועמדים

כשרויות

חריגות

מסך ניהול משימות - מסך זה מאפשר ניהול מרכזי של כל המשימות (פ"מ) הפעילות.

לכל משימה יש מספר משימה מזהה, שם משימה, תאריך וטווח שעות, סוג משימה, עדיפות (על מנת להבין האם מדובר על משימה פנימית, חיצונית או מבצעית דחופה לטובת התיעדוף בהמשך) סטטוס שיבוץ המוצגים בטבלה הבסיסית. כמו בכל מסכי הרשימות בראש הטבלה מופיעות יכולות סינון ומיון.

19/07/2025

ניהול משימות

Skyward Ops
מערכת שיבוץ ובקרה

הוסף משימה חדשה +

שכח משימות חדשות

ניהול משימות
ניהול משימות יומיות ותכנון משאבים

הצג משימות שהתחזיתו

רשימת משימות (15)

חפשו לפי מספר משימה...

שם המשימה...

מספר משימה

שם המשימה

תאריך

סוג

עדיפות

סטטוס

פעולות

10000005	הדרכת לקוח	20/07/2025 13:00 - 11:00	הדרכה	חיל	שוכן	עריכה	צפייה בשיבוץ
10000009	בדיקת קווי מתח	21/07/2025 15:30 - 09:30	חיצוני	גבוה	שוכן	עריכה	צפייה בשיבוץ
10000024	בקרת תנועה	21/07/2025 20:30 - 10:30	חיצוני	חיל	חוש	עריכה	שיבוץ
10000012	איתן לילה	22/07/2025 23:00 - 20:00	איתן	חיל	שוכן	עריכה	צפייה בשיבוץ
10000014	סריקת אתר בניה	23/07/2025 11:45 - 08:45	חיצוני	חיל	שוכן	עריכה	צפייה בשיבוץ
10000025	סיוור גבול צפון	23/07/2025 20:45 - 12:45	חיצוני	חיל	חוש	עריכה	שיבוץ
10000021	ריענון נהלי חירום	24/07/2025 16:00 - 13:00	איתן	גבוה	שוכן	עריכה	צפייה בשיבוץ
10000016	אבטחת גבולות	25/07/2025 08:00 - 04:00	חיצוני	דחף	שוכן	עריכה	צפייה בשיבוץ
10000022	ניטור סביבתי	26/07/2025 10:00 - 06:00	חיצוני	חיל	שוכן	עריכה	צפייה בשיבוץ
10000008	הדרכת תוכנה חדשה	27/07/2025 12:00 - 10:00	הדרכה	חיל	שוכן	עריכה	צפייה בשיבוץ

תפריט ראשי

מסך הבית

ניהול עובדים

ניהול רחפנים

ניהול משימות

ניהול שיבוצים

אישורי מנהל

לוחות בקרה

איש

שיבוצים יומיים

שיבוצים שבועיים

ועמדים

כשרויות

חריגות



גם כאן ניתן באמצעות כפתורים בראש המסך משמאל:

- להוסיף משימות נוספות
 - לשבץ משימה בודדת / את כל המשימות החדשות באמצעות מודל האופטימיזציה.
 - מכל רשומת משימה ניתן להסתעף אל:
 - עריכת פרטי המשימה
 - שיבוץ המשימה באפן ידני / מפיה בפרטי המלצת השיבוץ
- מסך עריכת משימה** – יכולת להוסיף או לעדכן מידע על משימה.
- בעת הוספת עובד משימה ראשונית יש שדות שמוגדרים כחובה והיתר ניתנים להוספה בהמשך.
- כאן ניתן גם להגדיר את מספר הכלים וזמן ההגעה ליעד הנדרשים לשיבוץ.
- כאמור בהמשך חלק מהנתונים יוכלו להתעדכן באמצעות ממשק למערכות הפ"מ של חיל האוויר.

עריכת משימה

שם המשימה

הדרכת לקוח

סוג המשימה

הדרכה

תאריך ושעת התחלה

11:00 20/07/2025

תאריך ושעת סיום

13:00 20/07/2025

עדיפות

רגיל

כשירות נדרשת

מדריך

מספר כלים

1

הגדרת כלים

כלי #1

סוג הכלי

בחר סוג כלי

מערכות נדרשות

בחר מערכות נדרשות

שם המיקום

שם היעד

מיקום היעד

נ"צ היעד

מרחק (ק"מ)

0

משך הגעה משוער (דקות)

0

הערות

הערות נוספות

סטטוס

שוכץ

שמירה

ביטול

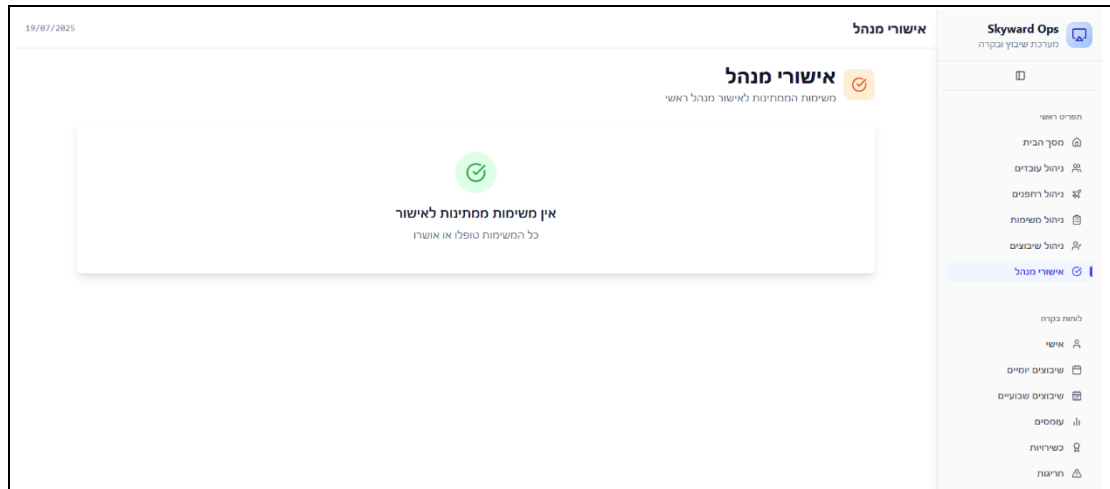


מסך ניהול שיבוצים - מסך זה מאפשר קבלת כל המשימות הרלוונטיות (ממתינות לשיבוץ, ששובצו באופן אוטומטי וממתינות לאישור, השיבוץ אושר וממתינות לביצוע, אך ניתן לעדכן).

מסך שיבוץ למשימה – יכולת לצפות בשיבוץ, לשבץ ידנית, או לעדכן שיבוץ למשימה. פרטי המשימה מופיעים בראש המסך. המערכת יודעת לחלק את המשימה לפריטים (השלבים במשימה) בהתאם לכללי השיבוץ. עבור כל פריט מופיעים כל בעלי התפקידים הרלוונטיים ורק הם. במקרה של שיבוץ אוטומטי פרטים אלו יועברו למודל האופטימיזציה. גם במקרה של שיבוץ ידני / עדכון שיבוץ – המערכת תדע לאפשר לבחור רק בעלי תפקיד רלוונטי ותתריע על כל חריגה בזמינות או בכשירות.

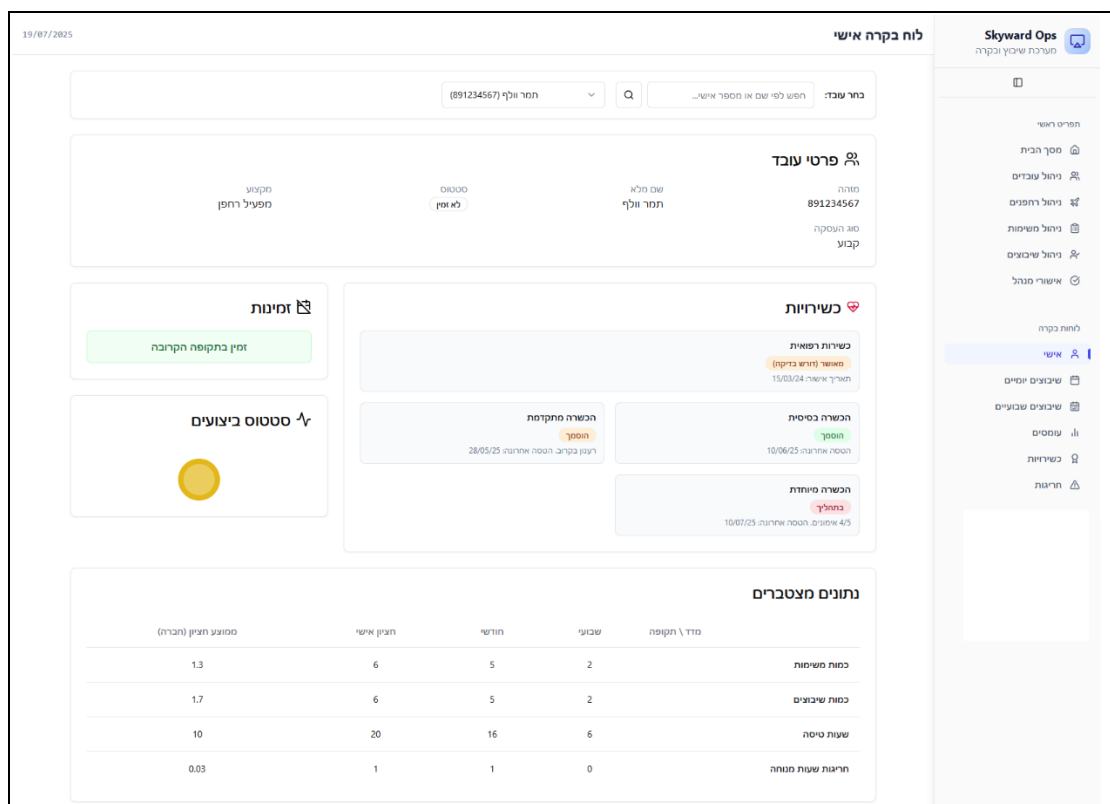


מסך אישור מנהל – מסך דומה ל **מסך שיבוץ למשימה** , המרכז למנהל את כל המשימות ששובצו וממתנות לאישורו (בין אם בשל חריגה או בשל בקשה פרטנית) ללא צורך בסינונים וחיפושים.



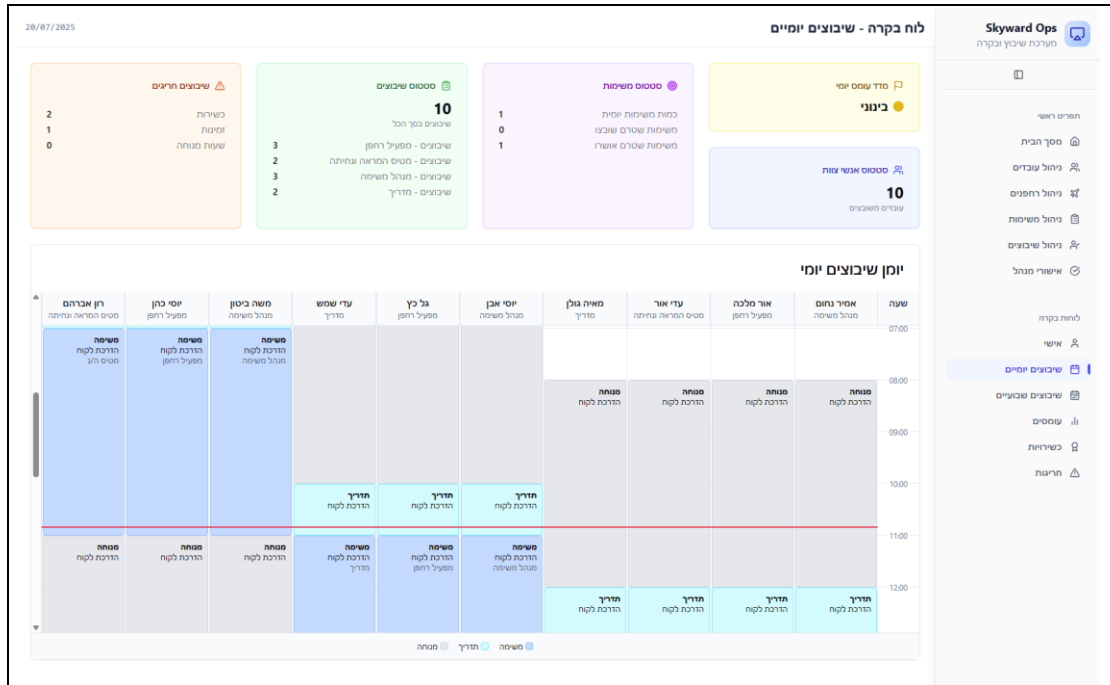
לוחות הבקרה

לוח בקרה אישי – מציג את כלל הנתונים אודות כל איש צוות, לרבות נתוני שיבוץ מצטברים. כל איש צוות יוכל לצפות בלוח שלו ולראות את העומס היחסי שלו, על מנת לאפשר שקיפות וליצור אמון במערכת.

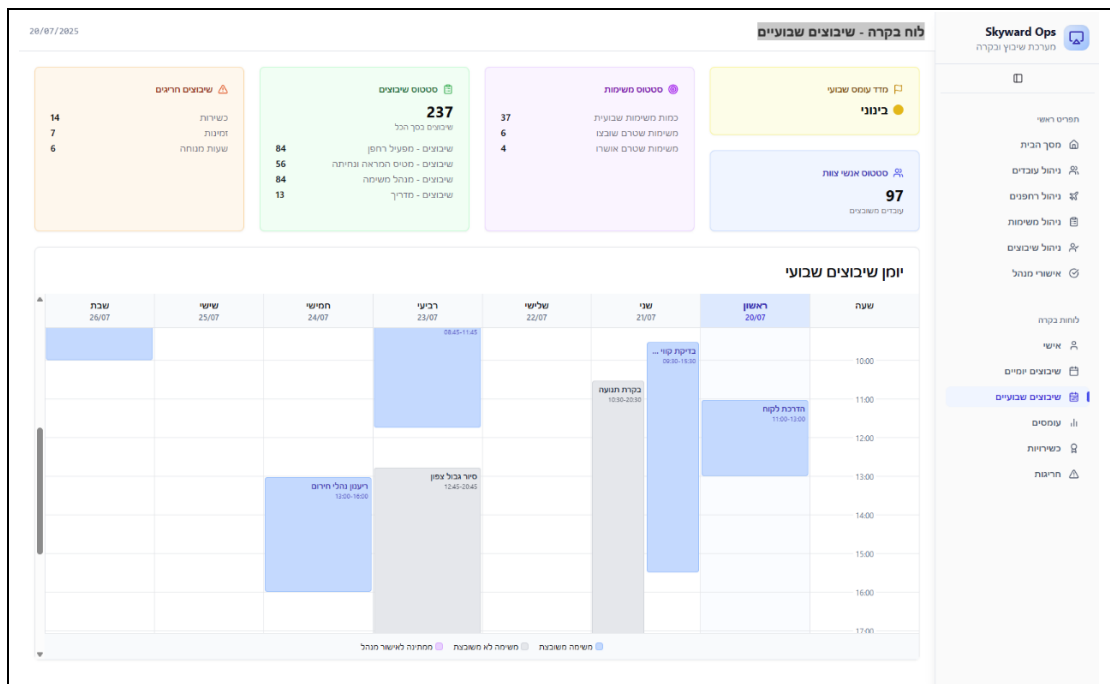




לוח בקרה - שיבוצים יומיים – מציג תמונת מצב עדכנית ברמה יומית וכן יומן יומי מפורט המציג את כל השיבוצים ברמת איש צוות המשובץ לתפקיד ספציפי בפריט ספציפי במשימה. כמו כן מוצגים זמני המנוחה של כל עובד והזמנים בהם אינו זמין.



לוח בקרה - שיבוצים שבועיים – מציג תמונת מצב עדכנית ברמה שבועית וכן יומן שבועי המציג את כל המשימות המתוכננות במהלך השבוע, לרבות סטטוס השיבוץ של כל משימה.





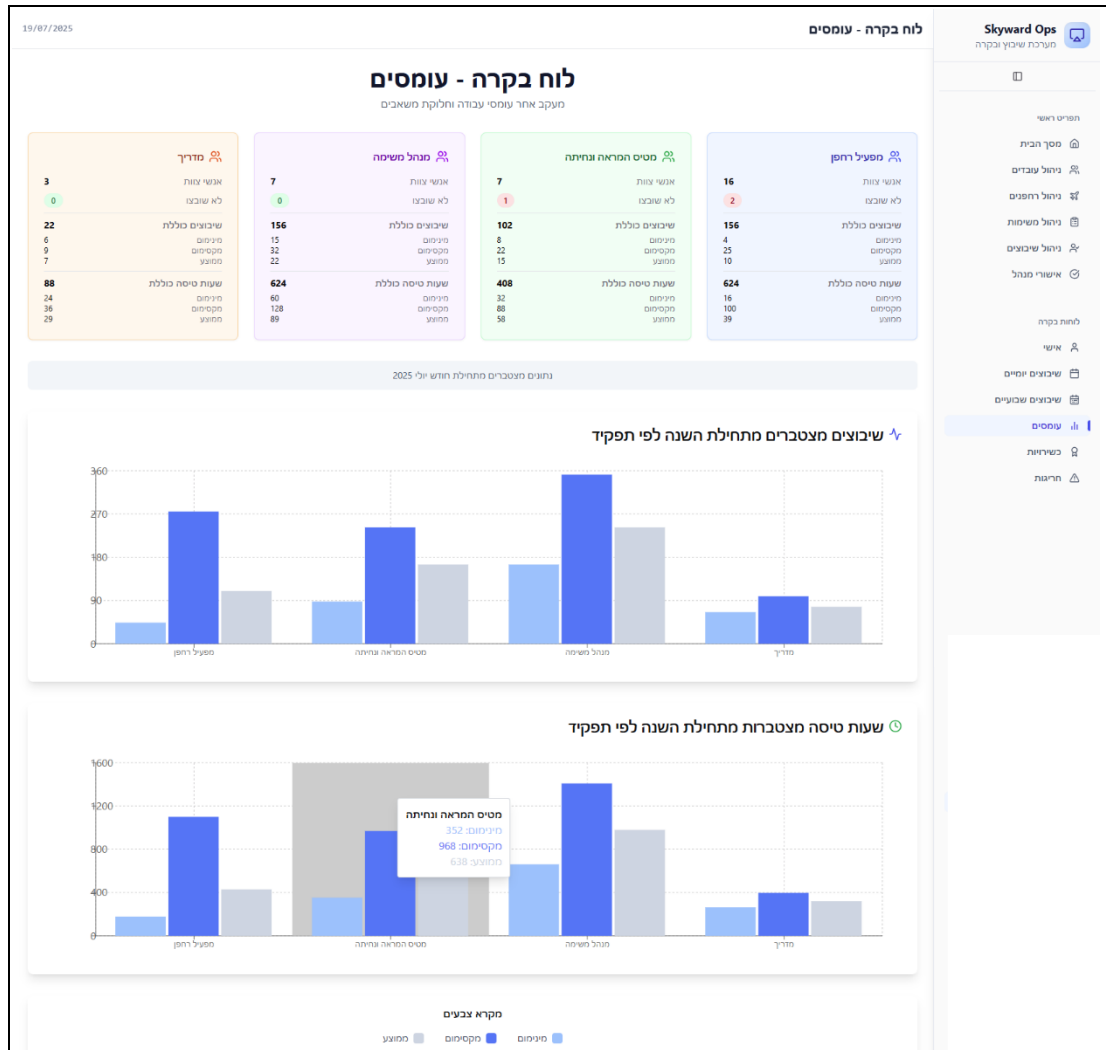
לוח בקרה – עומסים – מציג תמונת מצב עדכנית בנוגע לנתוני העומסים (שיבוצים ושעות טיסה),

בחתך של המקצועות השונים ברמה חודשים.

כמו כן יש פירוט ברמה שנתית עבור כל מקצוע לגבי מדד חסר האיזון בעומסים (מינימום

מקסימום וממוצע, תוך שימוש באמצעי המחשה ויזואליים.

מדד זה מאפשר גם הבנה לגבי העמידה ביעדים (ברמת שעות טיסה לאיש צוות).



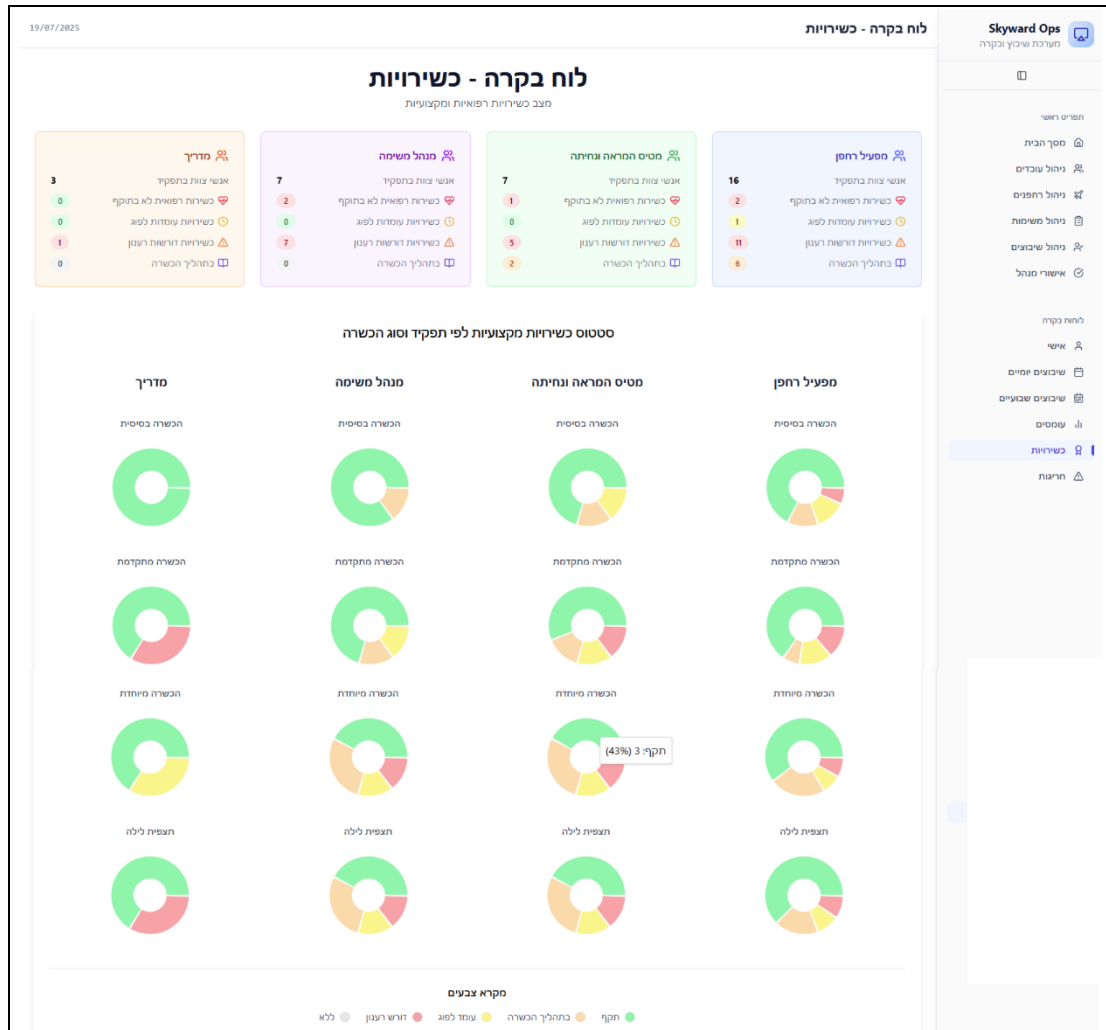


לוח בקרה – כשירויות – מציג תמונת מצב עדכנית בנוגע לנתוני הכשירויות (רפואית ומקצועית),

בחנתך של המקצועות השונים

כמו כן יש פירוט לכל מקצוע ולכל כשירות לגבי סטטוס הכשירות, תוך שימוש באמצעי המחשה

ויזואליים.





לוח בקרה – חריגות – מציג תמונת מצב עדכנית בנוגע ללריגות מהנהלים (זמינות, כשירות ושעות מנוחה), בחתך של המקצועות השונים כמו כן יש פירוט לכל סוג חריגה, לפי מקצוע, לאורך ציר הזמן (מתחילת השנה), תוך שימוש באמצעי המחשה ויזאליים.



חשוב להדגיש כי מדובר באב טיפוס ראשוני (Proof of Concept), אשר פותח לצורך הדגמה והוכחת התכונות בלבד ואינו מממש בפועל את כלל הלוגיקה. בהיעדר נתונים חלק מלוחות הבקרה, מומשו כ mockup.

מצורף קישור לאב הטיפוס, שהינו פעיל וניתן להתנסות ולהתרשם:

<https://app--skyward-ops-02d143a6.base44.app>



מטרת המודל

במטרה לשפר את יעילות השיבוץ של משימות מבצעיות בטייסת כטמ"מ, פותח כלי אופטימיזציה המבוסס על מודל מתמטי בחקר ביצועים. המודל נועד לאפשר שיבוץ אופטימלי של כוח אדם למשימות ולשלבבים, בהיבטי איזון עומסים ויכולת מענה למשימות חשובות ודחופות בהתבסס על מגבלות זמינות, כשירות רפואית, כשירות טכנית, אילוצי שעות מנוחה ותיעדוף משימות.

הנחת העבודה

פירוק המשימות לשלבים (פריטים), הגדרת משך הזמן של כל שלב, הגדרת בעלי התפקידים הנדרשים בכל שלב (מפקד, מפעיל, מטיס חוץ), יבוצעו בשלב מקדים ויועברו כפרמטרים לכלי זה.

קבוצות

$i \in I$ אנשי הצוות

$k \in K$ המשימות

$j \in J$ השלבים במשימה

$r \in R$ - תפקידים (מפקד, מפעיל, מטיס חוץ)

$q \in Q$ - כשירויות מקצועיות

$t \in T$ - נקודת זמן מסוימת

פרמטרים חיצוניים

משימה / שלב

q_k - הכשירות הנדרשת למשימה k (למשימה נדרשת כשירות אחת)

j_k - השלבים במשימה k

$r_{j,k}$ - התפקידים הנדרשים לשלב j במשימה k

$p_k \in \{1, 5, 100\}$ - תיעדוף משימה k (1 משימה פנימית, 5 משימה חיצונית, 100 משימה מבצעית)

דחופה)

$s_{j,k}$ - שעת התחלת שלב k במשימה j

$f_{j,k}$ - שעת סיום שלב k במשימה j

$d_{j,k}$ - משך הזמן שדורש שלב j במשימה k (בשעות)

• יצוין כי $d_{j,k} = f_{j,k} - s_{j,k}$



איש צוות

r_i – התפקיד של איש צוות i

$h_i \in \{0,1\}$ – האם לאיש צוות i יש כשירות רפואית (0 אין, 1 יש)

$Q_i \in Q$ – תת קבוצת הכשירויות הקיימת לאיש הצוות

$c_{i,q} \in \{0,1,2\}$ – סטטוס כשירות q עבור איש הצוות i , (0 לא כשיר, 1 כשיר, 2 כשיר בלווי מדריך)

$a_{i,t} \in \{0,1\}$ – האם איש צוות i זמין בזמן t (0 לא זמין, 1 זמין)

משתני החלטה

$X_{i,j,k,r} \in \{0,1\}$ – האם איש צוות i שובץ לתפקיד r בשלב j במשימה k (0 לא שובץ, 1 שובץ)

פונקציית מטרה

• פונקציית מטרה ראשונית

השאיפה שיהיה כמה שיותר שוויון כלומר שלא יוצר פער בין איש הצוות העמוס ביותר (סך שעות העבודה) לבין איש הצוות הכי פחות עמוס.

תחילה נחשב את W – ממוצע שעות הטיסה של אנשי הצוות :

$$W = \frac{1}{|I|} \sum_{i \in I} \sum_{j,k} x_{i,j,k,r} \cdot d_{j,k}$$

$|I|$ – גודל קבוצה I

פונקציית המטרה תהיה **מזעור אי השוויון** בעומס, כלומר נרצה שסך ההפרשים בין שעות הטיסה המצטברות של כל אחד מאנשי הצוות לממוצע יהיה מינימלי.

$$\min \left(\sum_i \left| \sum_{j,k} x_{i,j,k,r} \cdot d_{j,k} - W \right| \right)$$

• פונקציית מטרה חלופית

על מנת לתת מענה למשימות בלתי צפויות בתיעדוף גבוה, עבור משימות שבוצעו או שבתהליך נקבע את X הקשור אליהן ונפתור מחדש את הבעיה עם המשימה החדשה שנכנסה ונשתמש בפונקציית מטרה חלופית :

$$\text{Max} \left(\sum_k P_k \cdot \left(\sum_{i,j} x_{i,j,k,r} \right) \right)$$



היות ומשימה מבצעית דחופה תקבל תיעדוך משמעותית גבוה ממשימות אחרות פונקציית המטרה תביא לתיעדוף משימות אלה על פני אחרות.

• פונקציית מטרה משולבת

היות וגם שיקולי העומס וגם המענה למשימות מבצעיות דחופות חשובות ליחידה, ניתן לשלב בין 2 פונקציות המטרה, תוך שקלול ביניהן :

$$\max \left(\alpha \cdot \left(\sum_k P_k \cdot \left(\sum_{i,j} x_{i,j,k,r} \right) \right) - \beta \cdot \left(\sum_i \left| \sum_{j,k} x_{i,j,k,r} \cdot d_{j,k} - W \right| \right) \right)$$

α - מקדם המשקל של **תיעדוף המשימות**. משקף את החשיבות היחסית של ביצוע משימות

בעלות עדיפות גבוהה. לדוגמה ($\alpha = 5$)

β - מקדם המשקל של **איזון העומסים**. משקף את החשיבות היחסית של חלוקה שוויונית של

שעות העבודה בין אנשי הצוות. לדוגמה ($\beta = 3$)

אילוצים

1. שיבוץ יחיד לתפקיד בשלב

$$\sum_i x_{i,j,k,r} = 1 \quad \forall j, k, r$$

כל תפקיד בכל שלב בכל משימה במערכת חייב איש צוות אחד בלבד.

2. מניעת הקצאות חופפות לאיש צוות

$$\sum_{(j,k) \in \text{overlap}(t)} x_{i,j,k,r} \leq 1$$

$\text{overlap}(t)$ - כל שילובים (j, k) כך ש $s_{j,k} \leq t \leq f_{j,k}$

לא ניתן לשבץ את אותו איש צוות ליותר שיבוץ אחד בו-זמנית.

3. תפקיד אנשי הצוות

$$x_{i,j,k,r} = 0 \quad \forall i \text{ if } r_i \notin r_{j,k}$$

איש צוות לא יכול להיות משובץ לביצוע שלב מסוים במשימה אם אינו בעל התפקיד הנדרש ,

ולכן ערך משתנה ההחלטה יהיה אפס.



4. כשירות רפואית אנשי הצוות

$$x_{i,j,k,r} = 0 \quad \forall i \text{ if } h_i = 0$$

איש צוות לא יכול להיות משובץ לביצוע משימה אם אינו בעל כשירות רפואית.

5. כשירות מקצועית אנשי צוות

$$x_{i,j,k,r} = 0 \quad \forall i \text{ if } q_k \notin Q_i \cup c_{q,i} = 0$$

איש צוות לא יכול להיות משובץ לביצוע משימה אם אינו בעל הכשירות המקצועית הנדרשת למשימה או שסטטוס הכשירות אינו מאפשר שיבוץ.

6. זמינות אנשי צוות

$$x_{i,j,k,r} = 0 \quad \forall i$$

$$\forall (j, k, t) \quad s_{j,k} \leq t \leq f_{j,k} \cap a_{i,t} = 0$$

איש צוות לא יכול להיות משובץ לביצוע משימה אם בטווח הזמנים של השלב הרלוונטי במשימה הוא לא זמין.

7. מנוחה בין משימות

$$X_{i,j,k,r} + X_{i,l,m,r} \leq 1 \quad \forall i$$

$$\forall (j, k), (l, m) \quad 0 \leq S_{l,m} - F_{j,k} < b$$

$l \in L$ השלבים במשימה העתידית

$m \in M$ המשימות עתידיות

b – זמן מנוחה בין משימות לאדם (בשעות)

עבור $b=6$ 22:00 < t < 06:00 (שיבוץ לילה)

עבור $b=4$ 06:00 < t < 22:00 (שיבוץ יום)

איש צוות לא יכול להיות משובץ לביצוע משימה אם לא נח לפחות b שעות מהמשימה הקודמת ששובץ אליה.



8. מגבלות שעות עבודה ביממה

$$\sum_{j,k} d_{j,k} \cdot x_{i,j,k,r} \leq 12 \quad \forall i$$

איש צוות לא יכול להיות משובץ לביצוע משימות אם המשך המצטבר של כל השיבוצים שלו עולים על המקסימום המותר ביממה (לא יותר מ 12 שעות עבודה בכל 24 שעות).
אילוץ נוסף של לא יותר מ 8 שעות בכל 12 שעות מקבל ממילא מענה באילוץ של מנוחה בין משימות).

9. צורך במדריך

אם איש צוות i הינו בעל הכשירות הנדרשת למשימה k , אך רק בליווי מדריך, כלומר עבורו מתקיים:

$$q_k \in Q_i \cap c_{q,i} = 2$$

אז שיבוץ שלו לשלב במשימה מחייב שיבוץ איש צוות נוסף שהינו הן בעל הכשירות הנדרשת והן בעל כשירות מדריך לאותו שלב במשימה ועבורו מתקיים:

$$q_k \in Q_i \cap q_g \in Q_i \cap c_{q,g} = 1$$

q_g – כשירות מדריך

$g \in I$ – איש הצוות שישמש בתפקיד מדריך

$$\sum_g X_{g,j,k,r} \cdot c_{q,g} = 1$$



סיכום משוב משתמשים - מפקד טייסת 320 (1) 17/07/2025

במהלך הצגת המערכת הוצגו העקרונות המרכזיים של הכלים שפיתחנו במסגרת הפרויקט, שמטרתם לשפר את תהליך השיבוץ וניהול כוח האדם בטייסות. במסגרת הפרזנטציה הודגש כי הכלים המוצעים מתבססים על תשתיות הקיימות כבר היום ברשת המבצעית של צה"ל, מה שיאפשר מעבר חלק וללא עלויות משמעותיות להטמעתם.

מפקד הטייסת ציין לחיוב את התפיסה הכוללת שהוצגה, המשלבת בין מערכת טכנולוגית חדשנית לניהול נתונים ומידע, לבין התייחסות מעמיקה לאילוצים תפעוליים, רפואיים ואישיים של אנשי הצוות. עוד ציין לטובה את יכולת המערכת להציג תמונת מצב מדויקת וברורה למפקדים בזמן אמת, ולהציע באופן אוטומטי הצעת שיבוץ מיטבית התואמת את כלל האילוצים.

המפקד שם דגש רב על האופן שבו נכון לבצע את תהליך ההטמעה, בהתאם להמלצות שהוצגו. הוא ציין כי יש חשיבות להטמעה הדרגתית הכוללת תקופת מעבר שבה יופעלו במקביל הכלים הקיימים והחדשים, כדי לוודא את הבשלות והמוכנות של אנשי הצוות לשימוש שוטף בכלים החדשים. כמו כן, הוא הדגיש את החשיבות בביצוע הכשרות מסודרות למשתמשי הקצה (פקמ"ציות, קה"דיות, סמ"טים) ובמינוי נציגים מתוך היחידה שיקחו על עצמם תפקיד של מומחי תוכן וילוו את התהליך, כפי שהוצג. לדעתו ומנסיון עבר בהטמעת מערכות חדשות, אחד האתגרים בפועל יהיה להרגיל את צוותי הטיסה להשתמש במערכת, ובדגש על אנשי המילואים שרגילים "לשיטה הישנה" כבר הרבה שנים.

בנוסף, ציין המפקד את החשיבות שבמנגנון תחקור מסודר שילווה כל שלב בתהליך, לצד ביצוע מדידה ברורה של ביצועי הכלים והשוואתם לשיטות העבודה הקודמות.

המפקד העלה גם את הסוגייה של תחזוקת הכלים לאורך זמן, וציין כי חשוב שתהיה כתובת ברורה לנושא - בין אם ביחידת אופק ובין אם באמצעות גורם חיצוני מוסדר (מיקור חוץ), על מנת להבטיח רציפות תפקודית, זמינות המערכת ומוכנות תמידית לעבודה מבצעית.

לבסוף, ציין מפקד הטייסת, מניסיונו כטייס מסוקים 20 שנה בחיל האוויר, להערכתו הכלים המוצגים מהווים תשתית חשובה ובעלת פוטנציאל משמעותי לשימוש בכל הטייסות ובמערכים נוספים בחיל האוויר, תוך אפשרות להתאמתם לצרכים מבצעיים נוספים ולדרישות מורכבות אף יותר בהמשך הדרך כגון ניהול סדר כוח.



לסיכום אמר כי התוצרים שהוצגו בשילוב ידע אקדמי בתחום חקר הביצועים, צפויים לתרום בצורה משמעותית למוכנות ויעילות המערך בשגרה ובטח בחירום - "שם אנחנו חייבים להיות הכי טובים שיש".

סיכום משוב משתמשים - טייסת 147 (2) 18/07/2025

נוכחים: מפקד טייסת, סמ"ט א', סמ"ט ב' להדרכה

במסגרת הצגת המערכת התרשמו המפקדים מן הפתרון המוצע וצינו כי הוא נשמע כמענה מדויק לאתגר מהותי בניהול כוח האדם שמלווה כבר שנים את הטייסות.

המשתתפים הביעו הערכה רבה לעיסוק בנושא זה ולגישה המקצועית שבה נותחו הקשיים המובנים במצב הקיים, תוך שילוב של יכולת ניתוח נתונים עם היכרות מעמיקה עם המגבלות השטח.

המפקדים הדגישו שנראה כי הפתרון מתבסס על הבנה מבצעית של צרכי המערך ולא רק כפתרון תיאורטי גנרי, ושמחו לראות שיש מענה גם למצבי שגרה וגם לחירום, מה שמאפיין מאוד את המערך.

במהלך המפגש עלתה באופן עקבי ההבנה כי במערך שכל כך מתקדם טכנולוגית פועל בכל הזירות סביב השעון, בתנאי עומס ולחץ, אין מקום לשיטות שיבוץ ידניות או להסתמכות על זיכרון וניסיון אישי של בעלי תפקידים שמתחלפים מדי שנה.

מפקד הטייסת ציין שקיים צורך אמיתי במערכת שתספק תמונת מצב מלאה ומעודכנת, שתתריע בזמן אמת על כשלים אפשריים ותאפשר ניהול מבוקר של צוותי הטיסה בטייסת, וניכר שהמערכת שהוצגה עונה על צורך זה באופן משולב ומאוזן, תוך שמירה על מעורבות ואחריות המפקדים בקצה.

המשתתפים ציינו לטובה את יכולת ההתאמה של הכלי למצבי תפקוד שונים (בטחון שוטף וחירום) ואת המענה של המערכת לגורמים כמו איזון, שחיקה, אילוצים וכשירות רפואית שנוטה להתפסס בדרך כלל. המערכת נתפסה לא רק ככלי טכנולוגי מתקדם אלא גם ככלי ניהולי שיכול להטמיע תרבות ארגונית של **תכנון מבוסס נתונים וחשיבה מערכתית לאורך זמן**. מהמשתתפים עלתה תחושת ביטחון בכך שהשיבוץ יהפוך למדויק יותר, עקבי יותר ופחות חשוף לטעויות אנוש, וכל זה תוך שמירה על כשירות הצוותים ומענה לאילוציהם האישיים.

לצד התמיכה הרחבה, עלו מספר נקודות שחשוב להתייחס אליהן בשלבי ההמשך. בין היתר, הודגש הצורך לשמור על תחושת שליטה וניהול אצל המפקדים בקצה, חשיבות גבוהה לכך שהמערכת תהיה נוחה, פשוטה, אינטואיטיבית ומתאימה לשימוש מבצעי. עלו גם שאלות טכניות



הנוגעות לממשק עם מערכות קיימות, לניהול מידע רגיש (אבטחת מידע) ולהיבטי אחזקה. עוד ציינו כי על אף הפוטנציאל הגבוה, הצלחת המערכת תיקבע בעיקר לפי האופן שבו היא תוטמע בשטח אצל כל בעלי התפקידים מהמטה המבצעי ועד גף הדרכה. תהליך ההטמעה בטייסת יהיה חייב להיות הדרגתי כזה שמבקר כל תהליך בנפרד ומגובה "בשיטה הישנה" למקרי ויתגלו טעויות גדולות במערכת ויהיה ניתן להמשיך לנהל את הפעילות המבצעית ללא פגיעה. מפקד הטייסת הודה על ההצגה ובפתח דבריו אמר כי "המערכת הזו רלוונטית מתמיד כיום, בעידן שבו אנחנו מנהלים לחימה ארוכה של כמעט שנתיים. הטייסת שמבצעת עשרות פ"מ בשבוע ומנהלת פה חיים של כ-100 איש חייבת להיות בעלת יכולות תכנון מתקדמות שמצד אחד ממקסמות את המשאבים שלנו ומצד שני מנהלת את אנשינו בצורה מאוזנת ומיטבית על מנת למנוע שחיקה לאורך זמן". הודגש כי כמו בכל קליטת יכולת חדשה, נכון לעשות תהליך מדורג שמתחיל מפיילוט מצומצם (אימונים תחילה ולא על פעילות מבצעית) שיוכל למדוד את תרומתה של המערכת לשיפור הביצועים, הקטנת העומסים ותחושת השליטה של המפקדים בתמונת כ"א בשלבי התכנון והביצוע.

לסיכום, ניכר שהתקבל רושם חיובי מאוד ביחס לדיוק ולרלוונטיות של המענה שהצגנו, לצד הנכונות והרצון העז להכניס את המערכת לשימוש חשוב לעשות זאת בזהירות ובאחריות יחד עם גורמי מטה, אב"מ ואופק. ההבנה המרכזית שעלתה מההצגה היא שלא מדובר באיזה שדרוג טכני אלא בהצעה לתשתית ניהולית חדשה שחסרה מאוד במערך.

סיכום משו"ב יב"א 509 (3) 20/07/2025

משתתפים: מפקד היחידה, סגן מפקד היחידה, מפקדת גף הדרכה ומבצעים

בפתח פגישת העבודה בנושא הני"ל, הדגיש מפקד היחידה שנושא ניהול משאב כוח האדם ביחידה ובמערך הבקרה ופיקוח הטיסה בפרט הינו אתגר מרכזי הדורש עבודה מאומצת יום יומית המבוססת היום על ממשק אדם וללא מערכת ממוכנת מבוססת אוטומציה.

המפקדים הביעו עניין והתרשמות רבה מן הפוטנציאל הגלום במערכת. שימור הידע, כשירות צוותי הבקרה וציוותים בתוך עמדות המשימה מבוסס על מאגר מידע נרחב בשילוב ניתוח נתונים והזנת המגבלות והחסמים הקיימים בעבודת צוותי הבקרה.

המפקדים הביעו אופטימיות על יכולת המערכת להביא פתרון מוכח ולא כפתרון תיאורטי בלבד. היו מספר מערכות אשר נכשלו במעבר מהתאוריה לפרקטיקה. הם שיבחו כי המערכת מציעה מענה למצבי הצבירה המבצעיים השונים – שגרה, "מערכה שבין המלחמות" וחירום. במהלך המפגש עלתה ההבנה כי במערך טכנולוגי ומתקדם כל כך, שפועל במגוון זירות ובכל שעות היממה,



בתנאי עומס ולחץ, אין מקום לשיטות שיבוץ ידניות או להסתמכות על זיכרון וניסיון אישי של בעלי תפקידים המתחלפים מדי שנה.

מפקד היחידה ציין כי קיים צורך דחוף במערכת שתרכז את כל הנתונים ותספק תמונת מצב עדכנית, שתתריע בזמן אמת על כשלים ותאפשר ניהול מבוקר של צוותי הבקרה. הוכח שהמערכת שהוצגה עונה על צורך זה באופן מאוזן, תוך בקרה עיתית של בעלי התפקידים הרלוונטיים בתהליך.

המשתתפים הביעו הערכה על יכולת מתן מענה לבעיות כמו איזון עומסים, שחיקה, אילוצים וכשירות רפואית – גורמים חשובים בסט השיקולים שלרוב נוטים להישכח. המערכת נתפסת ככלי ניהולי מתקדם, המסוגל לתרום ליצירת תרבות ארגונית של תכנון מבוסס נתונים וחשיבה מערכתית לאורך זמן. התחושה הייתה כי יתכן שינוי מהותי – תהליך השיבוץ יהפוך למדויק, עקבי ומפחית טעויות אנוש, תוך שימור כשירות הצוותים ומתן מענה לאילוציהם האישיים. מנגד, עלו נושאים שחשוב להתייחס אליהם בשלבי ההמשך, ביניהם נוחות, פשטות, פרקטיות ונקודות בקרה מובנות בתהליך על ידי מפקדים. כמו כן, הוצף נושא הממשקים ההכרחיים עם מערכות קיימות, והיבטי אבטחת מידע שיש לתת עליהם את הדעת. ניכר ההטמעה בפועל בשטח, על ידי כל בעלי התפקידים, חייבת להיעשות באופן הדרגתי ומבוקר למניעת טעויות משמעותיות ובכך תימדד הצלחת המערכת.

לסיכום, התקבל רושם חיובי מאוד לגבי הדיוק והקשר של הפתרון שהוצג, לצד הרצון הגדול להטמיע את המערכת בשטח תוך שיתוף פעולה עם כלל הגורמים הרלוונטיים (מטה, אב"מ ואופק). ההבנה המרכזית שהבהירה ההצגה היא כי לא מדובר רק בשדרוג טכנולוגי, אלא בתשתית ניהולית חדשה וחשובה שלא קיימת במערך כיום.



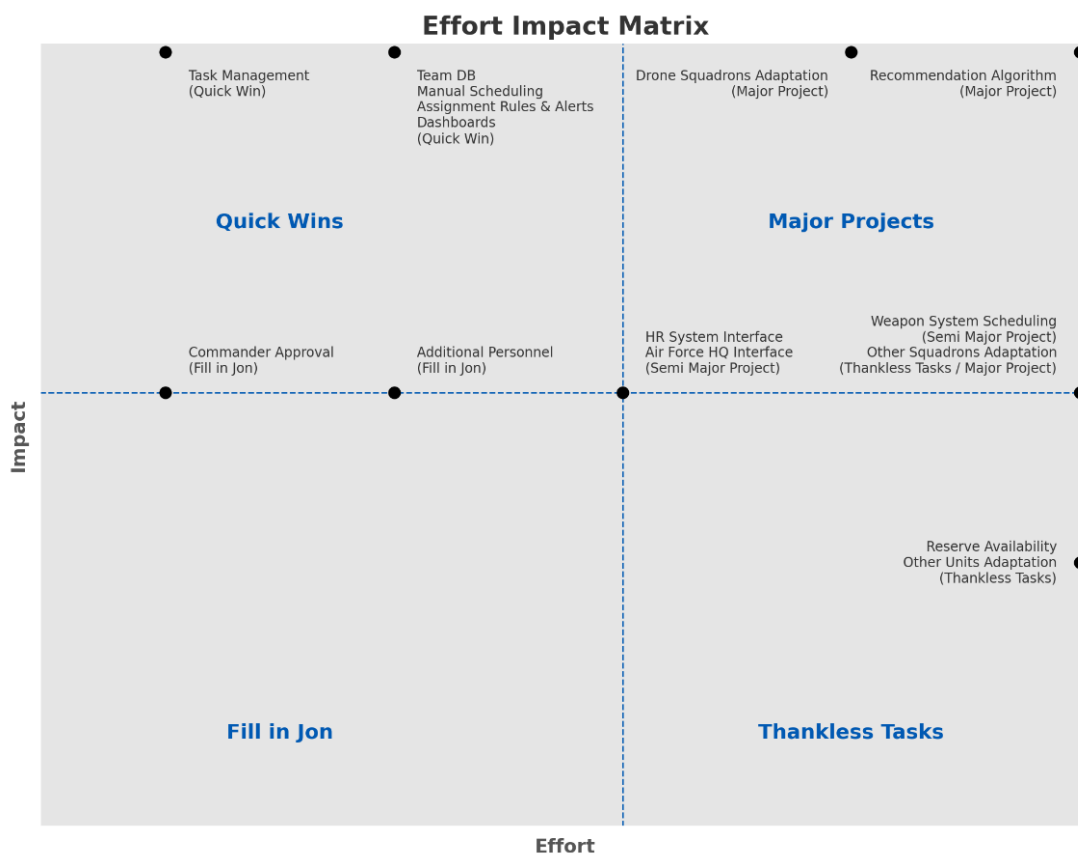
* כל היעדים ימדדו החל מחודשיים לאחר הטמעת הרכיב הרלוונטי

קריטריון	מדד להצלחה	יעד	מצב קיים	הערות
שיפור איזון עומסים	צמצום מספר אנשי הצוות שלא שובצו	צמצום ב 15% לשיבוץ ידני בתמיכת חוקי השיבוץ צמצום ב 30% לשיבוץ במודל האופטימיזציה	ממוצע שבוע 34.52	
שיפור איזון עומסים	צמצום ההפרש בין איש הצוות העמוס ביותר להכי פחות עמוס	צמצום ב 15% לשיבוץ ידני בתמיכת חוקי השיבוץ צמצום ב 30% לשיבוץ במודל האופטימיזציה	ממוצע 25.78 שעות טיסה בשבוע	
מניעת שיבוצים בלתי כשירים	צמצום אחוז השיבוצים השגויים מטעמי כשירות	לא יותר מ 5 בשבוע	ממוצע 9.77 בשבוע מקסימום 22 (שיבוץ בפועל)	כיום נשמר השיבוץ הסופי בפועל לאחר תיקונים (כולל בזמן אמת) ולא התכנון המקורי
שיפור המהירות והגמישות לשינויים מבצעיים	יכולת למענה מיידי לשינויים	מיידי	לא קיים	הצפי שבכל כניסה של משימה דחופה ניתן יהיה לבצע שיבוץ מיידי בהתאם לחוקי השיבוץ
שביעות רצון של בעלי התפקידים	מדד שביעות רצון	שיפור של לפחות 20%	בהתאם לתוצאות הסקר שיבוצע	ציון 1-10 ימומש באמצעות סקר שימסר למשתמשים ויבחן לפני ובמהלך ההטמעה



מניעת שיבוצים בלתי זמינים	צמצום אחוז השיבוצים השגויים מטעמי זמינות	לא יותר מ 5 בשבוע	ממוצע 8.9 בשבוע מקסימום 20 (שיבוץ בפועל)	חדש, לא הוגדר מראש
מניעת שיבוצים בלתי זמינים	צמצום חריגות שעות מנוחה	לא יותר מ 5 מקרים בשבוע	ממוצע 5.38 בשבוע מקסימום 12 (שיבוץ בפועל)	חדש, לא הוגדר מראש
עמידה ביעדי הטייסת	צמצום ירידה מכשירות	לא יותר מ 2 אנשי צוות בחודש	-	חדש, לא הוגדר מראש

טבלה 10 – קריטריונים להצלחה



תרשים 16 – Effort Impact Matrix

החלטות תיעדוף	סיווג במטריצה	Impact (1-5)	Effort (1-5)	יוזמה
להתחיל מיד – תשתית לכל הפרויקט	Quick Win	5	2	יצירת מאגר מידע עם כלל אנשי הצוות
יעד טקטי – להשקיע בשלבים מתקדמים	Major Semi Project	3	3	ממשק למערכת כוח האדם הצבאית
לא בציר הקריטי של המערכת, ניתן לשקול בשלבים מתקדמים	Thankless Tasks	2	5	רכיב עדכון זמינות (חיצוני) לאנשי מילואים כולל ממשק למערכת
להתחיל מיד – תשתית להמשך	Quick Win	5	1	ניהול משימות למערכת (ללא ממשקים)
יעד טקטי – להשקיע בשלבים מתקדמים	Semi Major Project	3	3	ממשק למערכת פ"מ של מטה חיל האוויר



עדכון ידני של שיבוץ (ללא חוקי שיבוץ)	2	5	Quick Win	להתחיל בשלב מוקדם – תשתית להמשך
החלת חוקי שיבוץ על העדכון הידני והתרעה על חריגות	2	5	Quick Win	להתחיל בשלב מוקדם – תשתית להמשך
רכיב אישור מפקד לחריגות מהנהלים	1	3	Fill in Jon	לא בציר הקריטי של המערכת, אך לאור העלות ניתן לשלב
שילוב מערכת המלצה לשיבוץ (אלגוריתם)	5	5	Major Project	יעד אסטרטגי – לאור משך הפיתוח נתחיל עם מענים זמניים
לוחות בקרה ושליטה	2	5	Quick Win	להתחיל בשלב מוקדם – יכול לסייע משמעותית בהטמעה
תמיכה בשיבוץ כלים, חימושים, מערכות ואמצעים נוספים כולל ממשקים למערכות	5	3	Semi Major Project	פרויקט צדדי - יש לשקול בשלבים מתקדמים של הפרויקט
תמיכה בשיבוץ כ"א נוסף (כגון טכנאים ואנשי לוגיסטיקה)	2	3	Fill in Jon	פרויקט צדדי - יש לשקול בשלבים מתקדמים של הפרויקט
התאמת המערכת לטייסות כטמ"מ נוספות	4	5	Major Project	יעד אסטרטגי - יש לתעדף בשלבים מתקדמים של הפרויקט
התאמת המערכת לטייסות אחרות	5	3	Thankless Tasks Major Project	פרויקט נפרד - התועלת למימוש אחיד אינה גבוהה. יש לשקול בשלבים מתקדמים של הפרויקט
התאמת המערכת ליחידות אחרות (מחוץ לחיל האוויר)	5	2	Thankless Tasks	פרויקט נפרד - התועלת למימוש אחיד נמוכה. יש לשקול בשלבים מתקדמים של הפרויקט

טבלה 11 – Effort Impact



סיכון	חומרה (1-5)	הסתברות (1-5)	ציון משוקלל	דרכי התמודדות
הטמעת שינוי תרבותי / ארגוני במקביל להטמעת המערכת עלול להכשילה	3	4	12	פירוק התוצרים והטמעה מדורגת באופן שיספק תועלת בכל שלב. הגדרת פורום מומחי יישום שישמשו ש"סוכני שינוי".
מיפוי נתוני כוח האדם לא יהיה שלם / עדכני	4	3	12	עידוד הקה"דיות לדאוג לשלמות ועדכניות המידע לאור התועלות הצפויות, הורדת עומסי השיבוץ תכנון לייצר ממשקים עם מערכות כ"א בהמשך
לא יינתן מענה מיטבי לשינויים תכופים ולא צפויים במשימות	5	2	10	רכיב השיבוץ יבנה כך שיוכל לבצע התאמות בשיבוץ בעקבות כל שינוי ויספק התרעות על כל חריגה מהנהלים
פערים קיימים בכשירויות יקשו על מענה מיטבי בשיבוץ	5	2	10	מענה לניהול הכשירויות בשלב מוקדם יחסית, כולל התרעה על ירידה צפויה מכשירות לוח בקרה המספק תמונת מצב על כלל הכשירויות יאפשר טיפול מוקדם בפערי כשירות
התנגדות הקה"דיות להטמעת המערכת	4	2	8	הורדת עומסי השיבוץ יצירת תמונת מצב עדכנית שילובן בתהליך הפיתוח ומתן אפשרות לתת משוב ולבצע התאמות
אי אמון במערכת כפתרון לאיזון העומסים	3	2	6	לוח בקרה מתעדכן המציג את נתוני העומסים בזמן אמת הן ברמת הכלל והן ברמת הפרט
התנגדות המפקדים להטמעת המערכת	5	1	5	לוחות בקרה מתעדכנים המשפרים את יכולת קבלת ההחלטות הצפת התרעות על חריגים שילובם בתהליך הפיתוח
התנגדות המפעילים להטמעת המערכת	2	2	4	תמונת מצב אישית ורוחבית על העומסים מדידת השיפור בעקבות הטמעת כל רכיב במערכת

טבלה 12 – ניהול סיכונים כללי



Executive Summary

The Israeli Air Force's UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Formation is a central component of the IDF's operational activities in both routine and states of emergency. In a state of emergency, the formation is required to significantly expand its activities over time, to work around the clock, and prepare for missions at short notice.

Therefore, in emergency conditions, the need for skilled personnel increases significantly in order to maintain operational competence over time.

Currently, the deployment of air crews is carried out manually, a situation that causes an imbalance in the load placed on some crew members and operational failures, resulting in manpower depletion, a lack of optimal utilization of human resources, and sometimes even a violation of operational continuity. Optimal management of manpower is essential to ensure a rapid and effective response to any operational requirement.

The project is based on analyzing squadron data from "The Swords of Iron War" and examining workloads, gaps in crew competence, and operational failures.

The project focuses on developing a comprehensive system for managing the deployment of air crews in the UAV squadrons, which will enable improved deployment, based on an optimization model, balance workloads and optimize the availability of air crews, while considering factors such as competence limitations, rest times and personal limitations such as the availability constraints of air crew members.

The project is based on the development of a comprehensive database of air crew members. Each personal profile will contain all competence, availability, limitations and constraints. All tasks will also be managed, while considering the various limitations and requirements of each task. Then, the deployment model will be applied, which will be used as a decision-support tool for commanders, by providing a deployment recommendation that will require manual validation and approval and will allow for a revised recommendation in the event of real-time changes.

The use of a computerized system and a smart mathematical model based on an algorithm from the field of performance research will make it possible to reduce



overload on air crew members, reduce human errors in air crew deployments, improve the status of competence, prevent skill gaps and unplanned operational failures, and optimize the operational response. The control mechanisms, real-time alerts of exceptions, and control panels will present a current and updated status visualization. These abilities will make it possible to improve commanders' decision-making in real time.

The system will be modular and expandable, for managing additional resources in squadrons such as technicians of various types, training, readiness (personnel who are not assigned to a mission but are in advanced stages of assessment that enable operational readiness within a short time of receiving an order), aircraft, mobile command-and-control vehicles for UAVs, armaments, and more. It will also be possible to expand the use of the system in another operational domain by adapting and integrating it into additional units in the Air Force and significantly improving the management of operational personnel therein. Later, the system will also be adaptable to additional units in the IDF that need effective deployment of personnel under changing operational constraints.

The implementation of the system is expected to contribute to a significant improvement in the squadrons' ability to cope with loads and provide a better response to operational requirements.

The project represents an innovative approach to human resource management in UAV squadrons, integrating academic research, advanced technology and operational needs, to set a new standard for operational personnel management in the modern battlefield.