

ניהול פרויקטים לפי תיאוריית האילוצים ביחידת האחזקה האווירית

ראובן אברהם, שמואל עמר, יהודה שטרית, רן שניאור
צה"ל – חיל האוויר – יחידת אחזקה אווירית (יא"א)

תקציר

תיאוריית האילוצים (TOC-Theory Of Constraints), הינה מתודולוגיה ניהולית שמטרתה שיפור מערכתי המתייחסת לארגון כאל מערכת שלמה ולא כאל אוסף של תהליכים בודדים. אחד מעקרונות היסוד של שיטה זו הנו קיום צוואר בקבוק המאלץ את התהליך ומכתיב את ביצועיו. התיאוריה מספקת כלים באמצעותם ניתן לזהות את אילוצי הארגון ולשפר את ביצועיו. בשנים האחרונות הורחב השימוש של תיאוריית האילוצים לתחום ניהול הפרויקטים וניהול המשאבים. לכל פרויקט מוזהה "שרשרת קריטית" ומוגדרים מספר סוגי Buffer. במאמר מפורט יישום מעשי של ניהול פרויקטים לפי TOC, כפי שבוצע ביחידת האחזקה האווירית של חיל האוויר, בה מבוצעים פרויקטי אחזקה והשבחה של כלי טיס. סביבת העבודה ביחידה הנה מרובת פרויקטים מסוגים שונים ומתאפיינת באי וודאות גבוהה. היישום התאפיין בשני שלבים מרכזיים. השלב הראשון כלל שינוי תפיסת ניהול הפרויקטים ומעבר משיטת "הנתיב הקריטי" המסורתית לניהול פרויקטים לפי TOC ("שרשרת קריטית"). השלב השני, שבוצע לאחרונה, כלל הטמעה של מערכת ממוכנת (Concerto) ושיפור תהליכי עבודה תוך מיקוד בניהול מספר רב של פרויקטים ומשאבים. אופן היישום וההטמעה בכל שלב מפורטים תחת חמישה נושאים מרכזיים: אסטרטגיית פריסה, הדרכה והכשרה, בניית תוכנית עבודה לפרויקט, מערך עדכון וניהול ובקרת פרויקט. יישום השיטה והרחבתה מהווה קפיצת מדרגה בכל הנוגע לאיכות התכנון, הניהול ובקרת הפרויקטים והמשאבים ביחידה. מניתוח התוצאות עולה כי משך ההחיה של כלי הטיס ביחידה במגמת ירידה משמעותית ואיכות התכנון של פרויקטים השתפרה.

1. תיאור הארגון

יחידת האחזקה האווירית של חיל האוויר (יא"א) הוקמה בשנת 1949 ומשמשת כדרג האחזקה העליון והמרכזי של החיל (דרג ד'). היחידה כוללת מס' חטיבות יצרניות בתחום כלי הטיס (מטוסים ומסוקים), מערכות מטוס וייצור מכני תעופתי. ביחידה קיימים גופים מקצועיים בתחומי הנדסת חומרים, כימיה, מכונות, חשמל ואלקטרוניקה, אווירונאוטיקה ותעשייה וניהול. בנוסף כוללת היחידה גם גופי שלישות, אבטחת איכות וכן מפקד היחידה משמש כיו"ר הוועד המנהל של ביה"ס אורט – חיל האוויר.

ביא"א מבוצעים בו זמנית מספר רב של פרויקטים (כגון: ביצוע טיפול תחזוקתי למטוס קרב) ופרויקטי משנה (כגון: שיפוץ מנוע המטוס), אשר עושים שימוש במשאבים משותפים לפי תכניות ומערכי עבודה. סביבת העבודה ביחידה הנה מרובת פרויקטים ומאופיינת באי וודאות גבוהה הנובעת מסוגי הפרויקטים המבוצעים, מורכבותם והמשאבים בהם נעשה שימוש.

הדרישות ההולכות וגוברות לתוצרים ברמת איכות גבוהה וכן הצורך בזמינות מבצעית גבוהה, הובילו את להק ציוד (לצ"ד) בעשורים האחרונים ליישום גישות ניהול מתקדמות ויצירת תרבות ארגונית המעודדת ומכוונת לאיכות ולשיפור תפוקות וביצועים. כגוף מרכזי בלהק ציוד מיושמת תפיסה זו גם ביא"א. מערכות האיכות והניהול הנן נדבך מרכזי וחשוב בתפעול השוטף של היחידה. תרבות הניהול ביא"א כוללת גישות אשר הוטמעו לאורך השנים, מיושמות באופן יומיומי וכוללות בין היתר: ISO 9001, ניהול כולל לאיכות (TQM), ניהול סיכונים ולאחרונה הסמכה לתקן איכות

הסביבה ISO 14001. כעת, היחידה נמצאת בשלבי הערכות להסמכה לתקן ישראלי לניהול, בטיחות וגהות בתעסוקה 18001.

אחת ההחלטות האסטרטגיות המרכזיות שנלקחו ביחידה בשנים האחרונות הנה הטמעת תיאוריית האילוצים TOC (Theory Of Constraints). מסמך זה מפרט את היישום וההטמעה של ניהול פרויקטים לפי תיאוריית האילוצים, הלכה למעשה, בי"א.

2. ניהול פרויקטים לפי TOC

תיאוריית האילוצים הנה מתודולוגיה ניהולית שמטרתה שיפור מערכתי המטפלת בארגון כמערכת שלמה ולא כאוסף של תהליכים בודדים. בכל תהליך ישנו צוואר בקבוק אשר מכתוב את הקצב של כלל המערכת. תיאוריית האילוצים מספקת כלים באמצעותם ניתן לזהות את אותו אילוץ ולשפר את ביצועיו. שיפור ביצועי האילוץ ישפר את ביצועי כלל המערכת.

תיאוריית האילוצים החלה מיושמת לפתרון צווארי בקבוק בקווי ייצור ולשיפור תהליכים בארגון [1]. כיום יותר ויותר נעשה שימוש בכלי החשיבה והניתוח שפותחו במסגרת TOC, לרבות מציאת

הקשרים הלוגיים בין תופעות בלתי רצויות (תב"רים) ומציאת בעיות היסוד הגורמות להן. לפני כחמש שנים הורחב השימוש בתיאורייה גם לתחום ניהול הפרויקטים. בשיטת ה"נתיב הקריטי" המסורתית נקבע משך הפרויקט כתלות במשכי הפעילויות והקשרים ביניהן. בניהול פרויקטים לפי TOC נעשה שימוש ב"שרשרת קריטית". שרשרת קריטית מחושבת בהתחשב במשכי הפעילויות, הקשרים ביניהן **והמשאבים** בכל פעילות [2]. כדי להתמודד עם אי הוודאות שיש בפרויקטים מוגדרים לכל פרויקט שני סוגים עיקריים של Buffer:

CCCB (Critical Chain Completion Buffer) - מונח המתאר את מרווח הביטחון לפרויקט. מרווח זה מוגדר כאחוז מאורך השרשרת הקריטית בפרויקט והוא בד"כ תלוי ברמת הסיכון שלו. לדוגמא: לפרויקט פיתוח יינתן CCCB גדול יותר מאשר לפרויקט אחזקה שגרתי. מרגע שהפרויקט מתקדם הוא נמדד אל מול רמת צריכת ה-Buffer. שיעור זה (יחד עם פרמטרים נוספים) מהווה אינדיקציה לסיכויי הפרויקט להסתיים במועד המתוכנן.

CCFB (Critical Chain Feeding Buffer) - מונח המבטא את מידת הסיכון שיש לשרשרת הקריטית מכוון הנתיבים הלא-קריטיים. נתיבים אלה ממופים מראש ומבוקרים לאורך התקדמות הפרויקט.

3. יישום

תיאוריית האילוצים החלה מוטמעת בי"א מאמצע שנות התשעים במספר תחומים: ניהול פרויקטים, שיפור שיטות ותהליכים ופתרון צווארי בקבוק. ניהול פרויקטים הנו התחום המרכזי בו יושמה התיאורייה. השיטה יושמה בניהול פרויקטי השבחה וטיפול תחזוקתי של מטוסים ומסוקים השוהים ביחידה.

ההטמעה בוצעה בשני שלבים, כאשר בכל שלב הוקם צוות הטמעה אשר כלל נציגים מכל רמות הניהול, מתחומי הנדסת תעשייה וניהול, מחשבים, אנשי מקצוע מבתי המלאכה (בי"מ) בהם מטופלים כלי הטיס, מנהלי פרויקטים, מנהלי משאבים, נציגי מטה לצ"ד, דר' אלכס קלארמן -

מכון גולדרט ישראל ותלי מסטבויס – פתרונות עסקיים ממוחשבים. לכל אורך הטמעת השיטה ניכרה מעורבות פעילה של הנהלת היחידה.

3.1 שלב ראשון

שלב זה החל מאמצע שנות התשעים ונמשך עד שנת 2000. בשלב זה בוצע השינוי התפיסתי והמעבר מניהול פרויקטים לפי נתיב קריטי לניהול פרויקטים לפי שרשרת קריטית, פותחו שיטות ואמצעי בקרה, הוגדרו תהליכי עבודה והוקמו מערכות מידע מקומיות לתמיכה בתהליך:

א. **אסטרטגיית פריסה** - בקרב הנהלת היחידה ניצבו שתי אפשרויות לפריסה: במקביל (בכל בתי המלאכה העוסקים בשיפוץ והשבחת כלי טיס) או בטור (בחירת ביי"מ פיילוט והטמעה בו וכעבור זמן בשאר היחידה). היתרונות הבולטים של פריסה במקביל הנם מהירות יישום גבוהה וזמן מעבר קצר יחסית לכלי תכנון ובקרה אחידים בכל היחידה. יחד עם זאת, החסרונות הבולטים באסטרטגיה זו הם סיכון גבוה יחסית וההשלכות החמורות במקרה של אי הצלחת השיטה ואי התאמתה לאופי הארגון. לבסוף, נלקחה החלטה להטמעה בטור. ראשית, הוגדר ביי"מ פיילוט בו יושמה השיטה במלואה, ואח"כ - מעבר הדרגתי לשאר בתי המלאכה. בכך הוקטן הסיכון ונתאפשר מתן מענה ממוקד לבעיות שהתעוררו.

ב. **הדרכה והכשרה** - כחלק מיישום השיטה נדרש היה להכשיר את האוכלוסייה בבי"מ הפיילוט כדי שיכירו את הלוגיקה והטכניקה שבבסיס ניהול פרויקטים לפי TOC. לשם כך בוצעו סדנאות ע"י מכון גולדרט וכן תמיכה של גופי המטה המקצועיים בתחום הנדסת תעשייה וניהול. ההכשרה הועברה לקצינים וראשי מחלקות (נגדים בכירים ואזרחים עובדי צה"ל) המשרתים בבי"מ כמנהלי פרויקטים, מנהלי משאבים ונותני שירות לבי"מ.

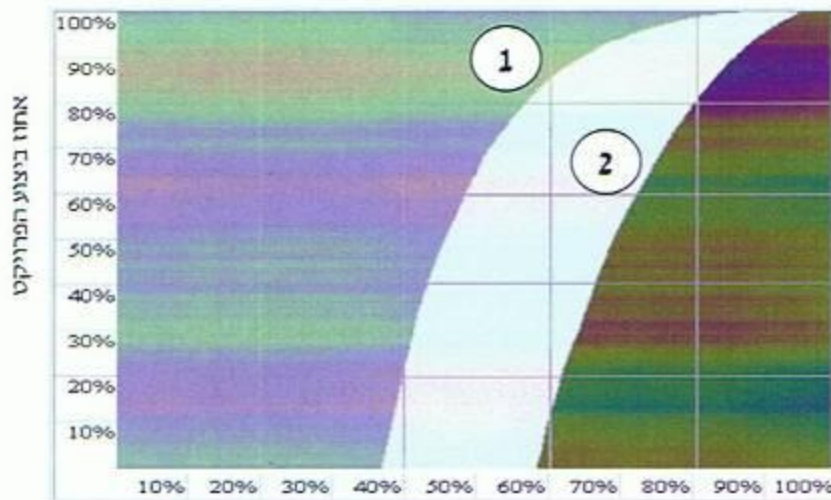
ג. **בניית תוכנית עבודה לפרוייקט** - לכל הפרוייקטים (כלומר, כלי הטיס) במוסך הפיילוט נבנו תוכניות עבודה בשיטת השרשרת הקריטית. ראשית מופו הפעילויות וקשרי הגומלין, אח"כ, הוגדרו המשאבים והכמות הנדרשת לכל פעילות. לבסוף, בוצע מהלך של הערכה מחודשת (ומקוצצת) של משך כל פעילות וקביעת CCFB ו-CCCB מתאים לפרוייקט.

ד. **מערך עדכון** - בשל העדר תשתית מחשוב מתאימה בשלב הראשון נעשה שימוש בתרשימים מודפסים שהוכנו מראש וכללו את אוסף הפעילויות של הפרוייקט והקשרים ביניהם. תרשים זה נתלה ליד כל כלי טיס. בנוסף הוכן לוח מגנטי ונעשה שימוש בבדידים בעלי אורך וצבע משתנים לייצוג הפעילויות ומידת ההתקדמות של הפרוייקט. חישוב ה-Buffer והשרשרת הקריטית בוצע ידנית תוך שימוש במערכת מידע מקומית שפותחה ביחידה. עבור גרף הניהול והבקרה (תרשים 1) נבנה ממשק ממוחשב שאפשר לראות את תמונת המצב של כלי הטיס בחתכים שונים. לכל סוג כלי טיס הוגדר רכו תכניות עבודה שריכוז והוביל את עדכון הפרוייקט וסייע בבקרה השוטפת. הרחבת ההטמעה לשאר בתי המלאכה הגבירה את הצורך במערכת לתכנון, מעקב ובקרה מרכזית המותאמת לשיטת TOC.

ה. **ניהול ובקרת פרויקט** - הפרוייקטים מנוהלים באופן מרכזי ונמדדים ע"י מסי פרמטרים שהחשובים שבהם הם: מידת החדירה ל-CCCB ושיעור השלמת הפרוייקט. ביטוי חזותי התאפשר כאשר שני הפרמטרים הועלו על גבי גרף מתאים (תרשים 1). בגרף משולבים שני ה"עולמות" בהם מתמקדת תיאוריית האילוצים: עולם "אי הוודאות" שישנו בכל פרויקט ובא

לידי ביטוי במידת החדירה ל-CCCB ("אחוז צריכת CCCB") ועולם ה"וודאות" של מה שבוצע, כפי שמתבטא בשיעור השלמת השרשרת הקריטית. על גבי הגרף מוצגת תמונת מצב של כל כלי הטיס והיא מאפשרת לזהות את הפרוייקטים החודרים ל-CCCB כבר בשלבים הראשונים שלו. כל פרויקט יכול להמצא באחד משלושת חלקי הגרף, כאשר לכל אזור הוגדר צבע. המורכבות והייחודיות של יא"א ואופיים של הפרוייקטים המבוצעים בה הביא להגדרת העקומות של המעבר בין מצבי החדירה ל-CCCB (עקומות 1,2):

$$\textcircled{2} y = \frac{2\text{Ln}(x) + 1}{x} \qquad \textcircled{1} y = \frac{\text{Ln}(x) + 1}{x}$$



אחוז צריכת CCCB

תרשים 1: גרף ניהול ובקרת פרויקטים

3.2 שלב שני

שלב זה בוצע במהלך שנת 2001 וכלל שיפור של תהליכי העבודה, תוך מיקוד בנושא משאבים ועומסי העבודה. בראשית השנה הוכנסה לשימוש מערכת ממוחשבת לניהול פרויקטים ומשאבים לפי TOC (Concerto), אשר מיושמת בעשרות חברות בישראל ובעולם. הטמעת המערכת התאפשרה לאחר הקמת תשתית תקשורת ומחשוב מתאימים:

- א. **אסטרטגיית פריסה** - בשונה מהשלב הראשון, בו לא הכירו אנשי היחידה את תיאוריית האילוצים, הרי שבשלב השני ההכרות עם השיטה והעובדה כי היא פועלת כבר מספר שנים ביא"א הביאו ללקיחת החלטה בדבר פריסה במקביל לכל בתי המלאכה המשפצים ומשביחים מטוסים ומסוקים, זאת כדי לקצר את משך ההטמעה ולמנוע מצב בו תהיינה ביחידה שתי מערכות ממוכנות שונות אשר תתמוכנה בניהול פרויקטים לפי TOC.
- ב. **הדרכה והכשרה** - לטובת ההטמעה בוצעו הדרכות רענון בנושא TOC. המיקוד בשלב זה היה, על השימוש במערכת ואופן תפעול סביבת עבודה ממוחשבת, דבר שהיה חדש לחלק ניכר מהאנשים בבתי המלאכה.
- ג. **בניית תוכנית עבודה לפרוייקט** - הכנסה לשימוש של מערכת לניהול פרויקטים הביאה לבדיקה ורענון של תוכניות העבודה של כלי הטיס. בין השאר שופרו תוכניות העבודה ובוצע מעבר

לגאנטים ברמת תכנון על (Top Level Design) המכילים מספר מצומצם יותר של פעילויות. כמו כן, בוצע איחוד של פעילויות היכן שניתן. בנוסף, בוצע מיפוי של משאבי היחידה והוגדרה טבלת המשאבים היחידתית אשר משמשת לניהול המשאבים.

ד. **מערך עדכון** - עם הטמעת המערכת הממוחשבת נלקחה החלטה ניהולית בדבר אחריות העדכון של התקדמות הפרויקטים. מלאכת העדכון עברה מרכזי תכנון העבודה לראש הצוות של כל כלי טיס, אשר בפועל מהווה את מנהל הפרויקט. ממשק העדכון הנו ידידותי ונוח לתפעול וניתן לבצעו מכל מחשב המחובר לרשת. נתוני העדכון שראש הצוות נדרש להזין הנם מעטים ומכווני תפוקה: סטטוס הפעילות (טרם החלה, בביצוע, הסתיימה), משך נותר לסיום פעילויות. מדי לילה מבוצעת בשרת המערכת ריצה המחשבת את החדירה ל-Buffer ואת מידת השלמת השרשרת הקריטית. בסיום הריצה מתקבלות תכנון עבודה מעודכנות של כל אחד מהפרויקטים.

ה. **ניהול ובקרת פרויקטים ומשאבים** - הטמעת מערכת לניהול פרויקטים אפשרה בקרה בתדירות גבוהה יותר ובהסתמך על נתונים שעודכנו מדי יום. סטטוס ההתקדמות של כל פרויקט ממשיך להיות מנוהל באמצעות גרף ניהול ובקרת פרויקטים. חידוש נוסף, אשר לא התאפשר לפני כן, הנו בנושא המשאבים - מתן יכולת לקבל תמונת מצב מעודכנת של עומסי המשאבים בהסתמך על טבלת המשאבים היחידתית והגאנט המעודכן של הפרויקטים. על פי תמונת המצב של עומסי המשאבים נלקחות החלטות בדבר ניווד וגיוס עובדים בקבועי זמן שבעבר לא התאפשרו מפאת העדר נתונים. הדבר מבוצע בדיוני בקרה ייעודים בהם נעשה שימוש ישיר במערכת עד רמת מפקד היחידה.

4. תוצאות ומסקנות

שיטת TOC לניהול פרויקטים משמשת ככלי המרכזי לניהול פרויקטים בי"א. בשנה האחרונה ניכרת תנופה בתחום זה, בעיקר הודות לקליטת מערכת Concerto שהפכה את התהליכים לאוטומטיים, אינטראקטיביים ונגישים לכל.

ניתן לראות שיפור במדדי הביצוע והתכנון ביחידה לאור הטמעת התיאורייה והמערכת. משך השהייה של כלי הטיס ביחידה נמצא במגמת ירידה. במרבית הפרויקטים חל קיצור במשכי השהייה הנע בין 10% ל-30%. לצד השיפור במדדים ניתן למנות תועלות נוספות מהטמעת השיטה והמערכת. איכות תכנון הפרויקטים השתפרה. השימוש במערכת מאפשר לכל לקוחות היחידה בחיל האוויר לראות בלחיצת כפתור את מצב כלי הטיס שלהם ואופן התקדמות הפרויקטים. נגישות מידע זה הנה יתרון אדיר שהתאפשר בשנה האחרונה, לאחר הקמת תשתית מחשוב. בנוסף, שיתוף ראשי הצוותים של הפרויקטים בתהליך העדכון העמיק את הקשר והמחויבות שלהם להצלחת הפרויקטים ולסיומם בזמן.

5. ביבליוגרפיה

1. אליהו מ. גולדרט, המטרה, דניאלה די נור מוציאים לאור, 1988.
2. אליהו מ. גולדרט, שרשרת קריטית, דניאלה די נור מוציאים לאור, 1997.