הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל

הפקולטה להנדסת חשמל ע"ש אנדרו וארנה ויטרבי

המעבדה לבקרה, לרובוטיקה וללמידה חישובית

**ספר פרויקט**

**אלגוריתם זמן-אמת לניהול שדה תעופה**

מבצעים:

יואב כהן Yoav Cohen

הודיה כהן-אדיב Hodaya Cohen-Adiv

מנחה:

אייל טייטלר Eyal Taitler

סמסטר רישום: חורף תשפ"א

תאריך הגשה: אוקטובר - 2021

תוכן עניינים

[רשימת איורים 3](#_Toc83229266)

[תקציר 3](#_Toc83229267)

[Abstract 3](#_Toc83229268)

[מבוא 3](#_Toc83229269)

[תיאור כללי 3](#_Toc83229270)

[תוצאות 3](#_Toc83229271)

[סיכום ומסקנות 3](#_Toc83229272)

[נספחים 3](#_Toc83229273)

[רשימת מקורות 4](#_Toc83229274)

# רשימת איורים

# תקציר

בפרויקט זה נממש אלגוריתם online המסתמך על אלגוריתם offline קיים.

אלגוריתם ה-online מקבל תוכנית אופטימלית של המראות ונחיתות מטוסים ליום עבודה, ובמהלך היום יצטרך להתמודד עם תקלות ושינויים בזמן-אמת. זאת כאשר ההיבט המרכזי הוא התמודדות עם התקלות והשינויים בזמן-אמת תוך סטייה מינימלית מהתוכנית המקורית.

במקרה שהאלגוריתם לא ימצא פתרון בזמן-אמת, הוא ישלח את המצב הקיים עם האילוץ לאלגוריתם ה-offline שיבצע תכנון מחדש לתוכנית.

את האלגוריתם פיתחנו בסביבת python על סמך אלגוריתם ה-offline הקיים.  
בבסיסו אלגוריתם ה-online צריך לדעת לקבל את נתוני הפלט של אלגוריתם ה-offline אודות התוכנית האופטימלית של זמני ההמראה והנחיתה של המטוסים. כמו כן, עליו לתמוך בקבלת התקלות והשינויים בזמן-אמת. בנוסף, עליו לספק החלטה אודות המשך התוכנית בהתאם לתקלות ולשינויים.

# Abstract

# 

# סקר ספרות

* **תכנון עם אילוצי זמנים**

בשונה מתכנון קלאסי, תכנון עם זמנים ואילוצים מתמקד בבעיה בה לכל פעולה יש התחלה וסוף, כלומר לכל פעולה קיים ממד נוסף והוא זמן הביצוע של הפעולה. בתכנון עם זמנים, יש צורך לקבוע את זמני ההתחלה והסיום של הפעולות וכן את האילוצים ואת התלויות בין הפעולות השונות. לצורף פשטות, נהוג לקבוע את כלל הזמנים בבעיה ביחס לזמן תחילת הבעיה אשר נקבע להיות 0.

דוגמא לאילוץ אפשרי: בבעיה בה כלל הזמנים מוגדרים ברזולוציה של דקות. כאשר מטוס ממריא במשך 20 דקות, בין זמן 0 לזמן 20 לא אפשרי שמטוס אחר ינחת באותו המסלול ובאותו חלון זמנים. ולכן, צריך להיות סדר בין הפעולות והאילוצים בין המטוסים.

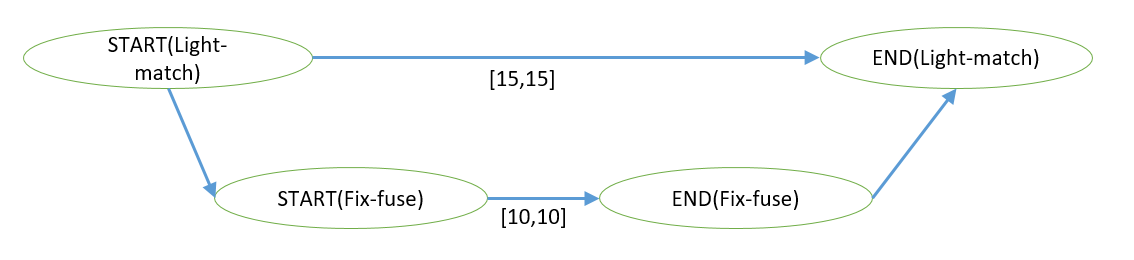
נציין כי בעיית הזמנים המאולצת היא בעיית אופטימיזציה עם אילוצים לכל דבר ועניין. לכן להגדרתה ולמציאת פתרון חוקי כנדרש נעשה שימוש בכלי אופטימיזציה מתאים.   
בנוסף נציין, כי האילוצים כשלעצמם בדרך-כלל פוסלים הרבה כיווני פתרון ובכך מקטינים משמעותית את מרחב המצבים האפשרי של הבעיה.

* **Simple Temporal Network (STN)**

**את פתרון בעיית האופטימיזציה שתוארה בתחילת תת פרק 2.4 נהוג להציג בגרף, הנקרא גרף** STN**. זהו למעשה גרף המייצג את הממד הזמני של הפעולות שנבצע בפתרון הבעיה, כאשר כל פעולה מיוצגת על-ידי זמן ההתחלה היחסי שלה (כפי שהוגדר בתחילת תת פרק 2.3) והזמן הכולל הדרוש לביצועה.   
חשוב לציין כי מעצם היותו פתרון בעיית אופטימיזציה, הפתרון המוצג ב-**STN **הינו פתרון אופטימלי עבור מסלול הפתרון עבורו נפתרה בעיית האופטימיזציה, אם כי אינו המסלול האופטימלי מבין כל המסלולים האפשריים המובילים לפתרון חוקי של הבעיה.**

נדגים בעזרת בעיית האופטימיזציה הבאה:  
תיקון פיוז לוקח בדיוק 10 דקות. התיקון חייב להתבצע כאשר הוא מלווה באור הבוקע מנר אשר יכול להיות דלוק למשך 15 דקות לכל היותר, זהו האילוץ.  
יש למצוא פתרון אופטימלי הממזער את הזמן היחסי בו תיקון הפיוז הושלם.

איור 5 -פתרון בעיית האופטימיזציה הנ"ל מוצג בגרף stn.

**פתרון הבעיה הנ"ל מתואר בגרף ה-STN באיור 4 מטה:

**ניתן לראות כי לפי הפתרון שהתקבל בגרף ה** stn **באיור 4 תיקון הפיוז החל אפסילון זמן לאחר הדלקת הנר ונמשך 10 דקות.**

# מבוא

# תיאור כללי

# תוצאות

# סיכום ומסקנות

# נספחים

# רשימת מקורות