

## המחלקה להנדסת תוכנה

### פרויקט גמר – תשע"ט

פיתוח מודל לחיזוי מזג אוויר עבור לווייני LEO.

Development of a weather forecasting model for  
LEO satellites.

From: Michal Lasry 314994336  
Malka Neusutadt 315560078

מנחה אקדמי: ד"ר גיא לשם. חתימה: תאריך:  
רכז פרויקטים: מר אסף שפנייר. חתימה: תאריך:

## מערכות ניהול הפרויקט:

מיקום:	מערכת:	
<a href="https://github.com/MichaLasry/Final-project">https://github.com/MichaLasry/Final-project</a>	repository	1
<a href="https://github.com/MichaLasry/Final-project/projects/1">https://github.com/MichaLasry/Final-project/projects/1</a>	Schedule	2
<a href="https://github.com/MichaLasry/Final-project/issues">https://github.com/MichaLasry/Final-project/issues</a>	Issues	3

### תקציר:

הפרויקט הראשי הינו במסגרת מאגד Genesis - מאגד טכנולוגיות לתקשורת לוויינית בכיסוי עולמי רחב סרט עם שיהוי נמוך. החלק שלנו בפרויקט מתמקד בפיתוח מודל לחיזוי מזג אויר ושיפור מאפייני ערוץ תקשורת של לווייני LEO, באמצעות 'למידה עמוקה'. על מנת שנוכל למצות את היקף המחקר ואסיפת הנתונים הרבה שהוא דורש, החלטנו שעבודה בזוג תיעל את תפוקת המחקר פי שתיים.

### תוכן עניינים:

1. הקדמה
2. תיאור הבעיה
3. תיאור הפתרון
4. סקירת עבודות דומות בספרות והשוואה
5. נספחים

### מילון מונחים:

**לווייני Leo:** לוויינים הנמצאים במסלול לווייני נמוך (LEO - Low Earth Orbit) הם למעשה מרבית הלוויינים המקיפים את כדור הארץ, מגובה של 300 קילומטר ועד לגובה של 2,000 ק"מ. לוויינים הנמצאים במסלול LEO מקיפים את כדור הארץ כל 90-120 דקות. למעשה, רוב השימושים האפשריים של לוויינים נעשים באמצעות לוויינים הנמצאים במסלול LEO פרט לתפקיד אחד - לווייני תקשורת. לווייני תקשורת מול לווייני LEO דורשת שימוש באנטנות המשנות את כיווןן באופן שוטף כך שהן תמיד יהיו מכוונות אל הלוויין.

**לווייני Geo:** לוויינים במסלול גאוסטציונרי. משך זמן ההקפה שלהם, שווה למשך זמן ההקפה של כדור הארץ סביב צירו, ולכן הם ייראו למתבונן מכדור הארץ כעומדים בנקודה קבועה. תכונה זו מהווה יתרון כאשר נדרש לספק שירות קבוע ורציף: האנטנות הקרקעיות שמתקשרות עם לוויינים מכוונות באופן קבוע אל לווייני ה-GEO הנמצאים בנקודה קבועה ביחס לקרקע. רוב לווייני התקשורת הם GEO, ונותנים שירות קבוע כתחנת ממסר לקליטה ושידור של אותות ונתונים, כגון שיחות טלפון בינלאומיות או שידורי טלוויזיה.

**תחנות קרקע:** תחנות הקרקע יכולות להיות מסוגים רבים ומגוונים. התחנות יכולות להיות נייחות או ניידות, בעלת קיבולת שונה, או בעלות משטר תקשורת שונה וכדומה. במערכות המפיצות את שידורי הטלוויזיה לבית קיימת תחנה משדרת את התבניות ומספר רב של תחנות הקולטות את שידורי הלוויין.

## 1. הקדמה:

### אבני דרך ראשוניות:

- פיתוח ראשוני של אלגוריתם לחיזוי מאפייני מזג האוויר באזור מייצג.
- הרחבת האלגוריתם לשתי יבשות מרכזיות.

**רקע מדעי:** ישנה דעיכה בערוצי תקשורת בנתיב חלל- כדור הארץ, ביחס לדעיכה כללית בחלל. הדעיכה נגרמת מסכום התרומות הבאות:

- הנחתה על ידי גזים אטמוספריים.
- הנחתה על ידי גשם, משקעים אחרים ועננים.
- הנחתה על ידי חול וסופות אבק.
- השפעות של ריבוי נתיבי תקשורת.
- בעיות הצבעה.

## 2. תיאור הבעיה:

במגמה להגדיל את היעילות הכלכלית של פרויקטי תקשורת לוויינית ישנו צורך בהגדלת ה-throughput לרשת תוך כדי שמירה על עלויות נמוכות.

מטרה זו ניתנת להשגה ב-2 הדרכים הבאות:

- הגדלת מספר תחנות הקרקע והלוויינים המשרתים את הרשת.
- הגדלת השימוש ברוחב הסרט והעברת נתונים גדולה יותר.

כיוון שהגדלת תחנות הקרקע והלוויינים תפגע במודל הכלכלי של הפרויקט, הפתרון הנבחר הוא להגדיל את ה-throughput שניתן להפיק מכל תחנות קרקע ולוויין קיימים.

**דרישות ואפיון הבעיה:**

המנגנון צריך להיות בעל:

-עלות: נמוכה.

-חוזק: מנגנון בעל יכולת חישוב של פרמטרים רבים.

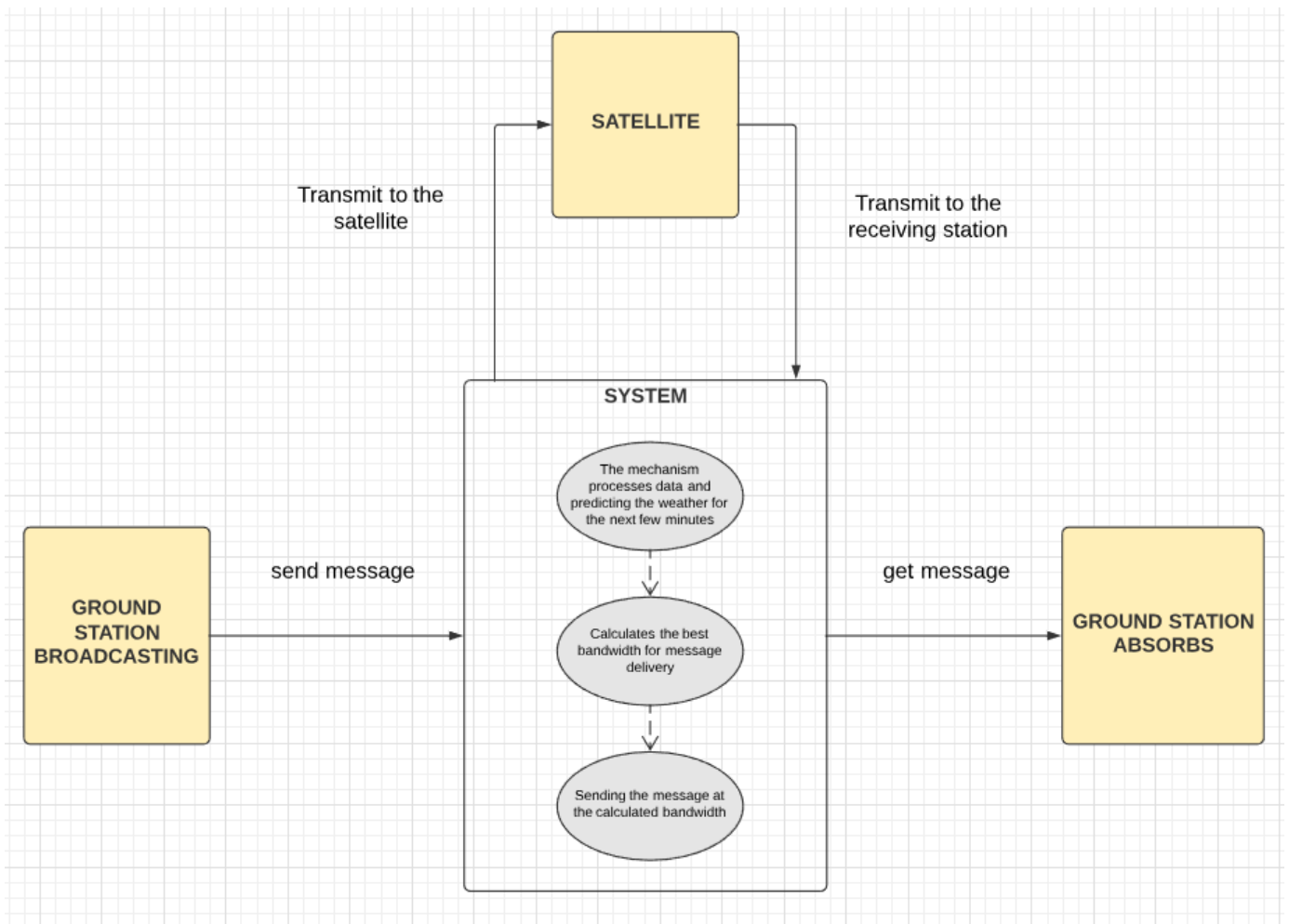
-גמישות: על המנגנון להתאים גם לאזורים עם אקלים שונה.

-דיוק: המנגנון צריך לפעול בדיוק רב.

הבעיה מבחינת הנדסת תוכנה:

פיתוח אלגוריתם לחיזוי מזג אויר, במימוש בשפת MATLAB.

### 3. תיאור הפתרון:



התרשים מתאר את המערכת שכוללת 3 שחקנים ו3 מצבים;

שחקנים:

1. תחנת קרקע משדרת.

2. לוויין Leo.

3. תחנת קרקע קולטת.

מצבים:

1. האלגוריתם חוזה את מזג האוויר לדקות הקרובות על ידי מערכת לומדת.

2. המנגנון מחשב את רוחב הפס הטוב ביותר להעברת המידע.

3. המידע נשלח ברוחב הפס הנבחר.

תיאור הפתרון המוצע:

שלב ראשון: נחפש נתונים עבור אזור בשנה מסוימת (כמו: טמפרטורה, גשם, שלג, ערפל, גז אווירה, רוח, סופות חול ואבק). לאחר מכן, נחפש נתונים נוספים עבור אותו שטח אזור עבור השנה הבאה. שלב שני: ננסה לחזות את מזג האוויר על האזור המייצג בזמן נבחר בשנה הבאה, על פי נתוני השנה הקודמת באותו זמן ובאותו היום וגם שעה וחצי לפני השעה הרצויה. (פעולה זו מתבצעת כמערכת הלומדת). שלב שלישי: לאחר השלב הקודם בו חזינו את מזג האוויר של השנה העוקבת, ננסה כעת לצפות את מזג האוויר העכשווי, בהתבסס על הנתונים שהשגנו עבור שתי השנים הקודמות. שלב רביעי: נפעיל את האלגוריתם על אזור מייצג חדש.

הפתרון המוצע מבטיח שבעזרת אלגוריתם החיזוי ניתן יהיה להפחית את שולי המערכת משמעותית. כך שביצועי המערכת ישתפרו בעשרות אחוזים. (1db-2db) הנתונים עליהם יתבסס האלגוריתם יהיו נתונים היסטוריים של גשמים, ערפל וטמפרטורות שלג, וכן השפעות אחרות שעלולות לגרום לשיבושים בתדר. מטרת המחקר, לפתח אלגוריתם שיתבסס על למידה עמוקה שיאפשר חיזוי ושיפור הביצועים של מערכת התקשורת הלוויינית.

תיאור הכלים המשמשים לפתרון:

-למידה עמוקה (Deep Learning) היא תחום מחקר בעולם המחשבים שמטרתו לחקות באופן ממוחשב את פעולת המוח האנושי. התחום הוא מרכזי בעולם האינטליגנציה המלאכותית. המיוחד במערכות למידה עמוקה הוא היכולת שלהן ללמוד ולהשתפר כל הזמן. ממש כמו המוח האנושי, ככל שמערכת כזו פועלת וככל שמשתמשים בה היא משתפרת ו"יודעת" יותר. - למידה פעילה (Active Learning), היא מקרה מיוחד של למידה ממוחשבת, שבה אלגוריתם למידה מסוגל לבצע שאילתה אינטראקטיבית למשתמש (או מקור מידע אחר) כדי לקבל את הפלט הרצוי בנקודות נתונים חדשות.

השימוש בשני מודלים אלו בבניית האלגוריתם, יצליח לאמן את הרשת בצורה מושלמת, שתעזור לנו לבחון את ביצועי הרשת מול נתונים אמיתיים.

אופן חלוקת העבודה תתבצע בכך שמיכל תהיה אחראית לבנות את אלגוריתם החיזוי עם התאמת מאפייני האזור. ומלכי תהיה אחראית לאמן את האלגוריתם ע"י סימולציה עם נתונים היסטוריים.

#### 4. סקירת עבודות דומות בספרות והשוואה:

כיום קיימות בשוק מספר טכניקות אדפטיביות, לשיפור ערוץ התקשורת הלוויינית בתשתית קיימת. אך כולן מגדילות את ההשהיה הלוויינית, וכן נתונות להשפעת מזג אויר. השהייה לוויינית, זהו הזמן שלוקח לשלוח מידע מהתחנה הקרקעית המשדרת דרך לווין לתחנה הקרקעית הקולטת. כאשר תחנת קרקע משדרת ישנן תופעות אטמוספריות אקראיות שעלולות לפגוע בשידור. הן לא ניתנות לקיזוז ע"י מנגנוני משוב, לכן היא משאירה שוליים בתדר בכל חישוב על מנת לשמור על יציבות המערכת. הפרויקט כולו, המנוהל ע"י מאגד genesis, יעל את מערכת תקשורת הלוויינית בשני הכיוונים. הן הקטנת ההשהיה הלוויינית, והן הגדלת ה throughput ללא הורדת שוליים. פרויקט זה, מתמקד בפתרון שיגדיל את ה-throughput הניתן להפיק מכל תחנת קרקע ולווין. לפני שנציג את האלגוריתם של פתרון זה; נצטרך להבין מהי למידה עמוקה. Deep Learning (למידה עמוקה), היא תחום חדש יחסית בתחום המערכות הלומדות. היא מנסה לחקות את תהליך הלמידה במוח האנושי, תוך התבססות על רשתות נוירונים עם מספר רב של פרמטרי למידה. הרשת מאומנת על בסיס למידה מדוגמאות, בדומה לתהליך הלמידה האנושי. פרוטוקול פרטי יותר ללמידה עמוקה, הוא Active Learning (למידה פעילה), בה אלגוריתם למידה יכול לשאול באופן אינטראקטיבי את מקור המידע מהו סיווג הנתונים, וזאת כדי לקבל את הפלט הרצוי בנקודות נתונים חדשות. יעד הפרויקט, הוא פיתוח אלגוריתם לחיזוי מזג האוויר, על ידי מערכת לומדת עם נתונים היסטוריים, שיוכל לנתח את התדר (throughput) הרצוי והטוב ביותר לשידור הבא. אלגוריתם זה ישתמש גם בשיטת למידה פעילה, מאחר שיצטרך לסנן מידע שיגיע מסנסורים רבים. התוצאה - אלגוריתם חיזוי מזג אויר שיוריד את שוליי המערכת משמעותית, ועל ידי זה ישפר את יעילות המערכת בעשרות אחוזים.

## 5. נספחים:

### • ביבליוגרפיה:

Jinad, David. "Temperature Pattern Prediction." *Reconstructing an Image from Projection Data - MATLAB & Simulink Example*, Dec. 2016, [www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/55884-temperature-pattern-prediction](http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/55884-temperature-pattern-prediction).

De Faveri, Giorgio. "Improving Satellite Communications through Space Forecasting." *Royal Academy of Engineering*, Mar. 2015, [www.raeng.org.uk/news/news-releases/2015/march/improving-satellite-communications-through-space-f](http://www.raeng.org.uk/news/news-releases/2015/march/improving-satellite-communications-through-space-f).

NAL, USDA. "Data From: Weather, Snow, and Streamflow Data from Four Western Juniper-Dominated - Experimental Catchments in South Western Idaho, USA." *Datasets - Data.gov*, Publisher Centers for Disease Control and Prevention, 3 Dec. 2018, <https://catalog.data.gov/dataset/data-from-weather-snow-and-streamflow-data-from-four-western-juniper-dominated-experimenta>.

"Genesis." Edited by Israel Innovation Authority, *Israel Innovation*, Jan. 2018, - <https://innovationisrael.org.il/content/genesis>.

-גוון, יעקב. "לווייני תקשורת במסלול נמוך" (LEO)." *New-Tech OnLine*, Mar. 2015, [www.new-techonline.com/leo](http://www.new-techonline.com/leo)

### • תכנון הפרויקט:

Mission:	Duration of mission in months:	End Task
Initial development of an algorithm for the impact of weather in one area	3	30.4.2019
Expanding an algorithm for the effects of the weather on two major continents	3	31.7.2019

### • טבלת סיכונים:

הסיכון:	רמת סיכון:	מענה אפשרי:
• חוסר מידע מתויג בערוצים בתנאים שונים ובתרחישים שונים.	בנונית	נשתמש ב'טכנולוגיית למידה פעילה' שיכולה לשאול באופן אינטראקטיבי את מקור המידע, מהו הסיווג של נתונים אלה? על מנת לקבל את הפלט הרצוי בנקודות נתונים חדשות
• חוסר התאמה של האלגוריתם לאזור אקלים שונה	גדולה	נבחן את ההבדלים בין האזורים ונגשר על הפער על ידי הוספת מאפייני האקלים החדשים למסד הנתונים של האלגוריתם.
• קריאה שגויה או ניתוח שגוי של האלגוריתם	גדולה	נבנה מערכת סימולציה לקריאות וניתוח, ונאמן את האלגוריתם עליו על ידי נתונים קיימים.