

**המחלקה להנדסת חשמל**

שם הפרויקט:

זיהוי אובייקטים בחושך בעזרת למידה עמוקה

Project Name:

ML Methods for Object Recognition in Dark

|  |  |
| --- | --- |
| שם הסטודנטים: | רום הירש וירום סויסה |
| מספרי תעודת זהות: |  |
| שם המנחה: |  |
| חתימת המנחה: |  |
| תאריך ההגשה: |  |
| אישור המנחה: |  |

תוכן עניינים

[1 תקציר 5](#_Toc104055424)

[2 מבוא 6](#_Toc104055425)

[2.1 למידת מכונה 6](#_Toc104055426)

[2.2 רשתות עצביות מלאכותיות 6](#_Toc104055427)

[2.3 רשת למידה עמוקה 6](#_Toc104055428)

[2.4 ראייה ממוחשבת 7](#_Toc104055429)

[2.5 אופן זיהוי אובייקטים בעין האנושית 7](#_Toc104055430)

[2.6 סיווג תמונה 7](#_Toc104055431)

[3 מטרת הפרויקט 8](#_Toc104055432)

[4 יעדים ומדדים 8](#_Toc104055433)

[4.1 יכולת ליצירת תמונות חשוכות ריאליסטיות 8](#_Toc104055434)

[4.2 מימוש שיטות שונות לשיפור תמונות 8](#_Toc104055435)

[4.3 מימוש מודל אשר מסווג תמונות חשוכות באחוז דיוק גבוה 8](#_Toc104055436)

[5 סקר ספרות ביקורתי 9](#_Toc104055437)

[5.1 קורסים 9](#_Toc104055438)

[5.1.1 :Coursera machine learning 9](#_Toc104055439)

[5.1.2 [2] DeepLearning.AI TensorFlow Developer Professional Certificate 9](#_Toc104055440)

[5.2 סקירה ראשונית סיכום: 10](#_Toc104055441)

[5.3 השוואה בין למידה עמוקה ולמידת מכונה 11](#_Toc104055442)

[5.4 מאמרים 12](#_Toc104055443)

[6 שיטות 14](#_Toc104055444)

[6.1 מבנה עקרוני של הפרויקט 14](#_Toc104055445)

[6.2 דיאגרמת בלוקים – הסבר 14](#_Toc104055446)

[6.3 אבני דרך לביצוע הפרויקט 15](#_Toc104055447)

[6.4 אתגר הנדסי 15](#_Toc104055448)

[6.5 חלוקת העבודה בין השותפים 15](#_Toc104055449)

[6.6 כלים נדרשים 16](#_Toc104055450)

[6.6.1 שפות תכנות: 16](#_Toc104055451)

[6.6.2 סביבת פיתוח ועיבוד נתונים: 16](#_Toc104055452)

[7 תוצאות 17](#_Toc104055453)

[8 נספחים 18](#_Toc104055454)

[8.1 תוכנית עבודה ראשונית לביצוע הפרויקט 18](#_Toc104055455)

# 1 תקציר

ראייה ממוחשבת היא מרכיב מרכזי במערכות רבות. מערכות ראייה ממוחשבת בעולם האמיתי מסתמכות על זיהוי נכון ומדויק של אובייקטים. אלגוריתם זיהוי שאינו מבטיח דיוק סביר אינו בר שימוש בחיים האמיתיים.

אחד הגורמים המשפיעים ביותר על דיוק בזיהוי אובייקטים הוא תנאי תאורה. בפרויקט זה אנו נרצה להתמודד עם בעיות של זיהוי אובייקטים בתמונות חשוכות, לתמונות חשוכות יש יישומים רבים בחיי היומיום שלנו בתחומי מחקר מדעיים שונים כמו ניתוח צילומי אבטחה בלילה, נהיגה אוטומטית בלילה ועוד.

משימה זו הופכת להיות קשה במיוחד בגלל שלתמונות אלו SNR נמוך, בעיות הטיית צבע, רעש לא ידוע ואובדן פרטים בתמונה ועוד.

רוב המערכות הקיימות מספקות פתרון סביר בלבד כאשר הדאטה נאסף בתנאים אידיאליים, במסגרת הפרויקט נתמודד עם הבעיה ע"י מודל למידה עמוקה היכול להתמודד עם דאטה שהתקבל בתנאים קשים, במהלך הפרויקט אנו נבחן שיטות שונות ושילובם על מנת להביא לזיהוי נכון של האובייקט.

# 2 מבוא

## 2.1 למידת מכונה

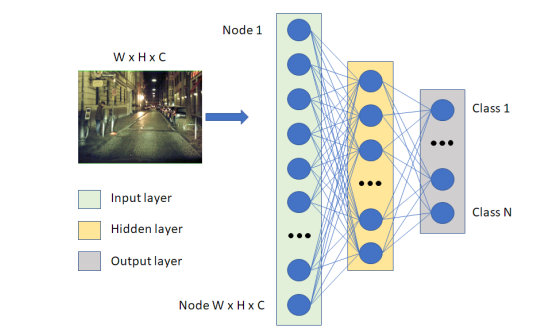
למידת מכונה הוא תחום מחקר המוגדר כתחום המאפשר למחשבים את היכולת ללמוד מבלי להיות מתוכנתים באופן ספציפי. המטרה המרכזית של למידת המכונה היא טיפול ממוחשב בנתונים מן העולם האמיתי עבור בעיה מסוימת, כאשר לא ניתן לכתוב תוכנת מחשב עבורה למשל, בעיית זיהוי אובייקטים בצורה אוטומטית הבעיה היא שאנו לא מסוגל לכתוב את הכללים לזיהוי בצורה מפורשת, או שהם משתנים עם הזמן ולא ניתנים לכתיבה מראש.

## 2.2 רשתות עצביות מלאכותיות

רשת עצביות או נוירונים הוא מודל מתמטי חישובי, שפותח בהשראת תהליכים מוחיים המתרחשים ברשת עצבית טבעית ומשמש במסגרת למידת מכונה. רשת מסוג זה מכילה בדרך כלל מספר רב של יחידות מידע (קלט פלט) הקשורות זו לזו.

## 2.3 רשת למידה עמוקה

למידת עמוקה היא תת תחום של למידה מכונה זו היא שיטה המבוססת על רשתות עצביות מלאכותיות כאשר רשת נוירונים היא בעלת מספר שכבות היא נקראת רשת עמוקה, השיטה מיושמת בתחומים מגוונים בניהם ראיה ממוחשבת, זיהוי דיבור, עיבוד שפה טבעית ועוד.



## 2.4 ראייה ממוחשבת

ראייה ממוחשבת הוא תחום העוסק בעיבוד אוטומטי של תמונות ווידאו במטרה לחלץ ולפרש מידע הטמון בתמונות.

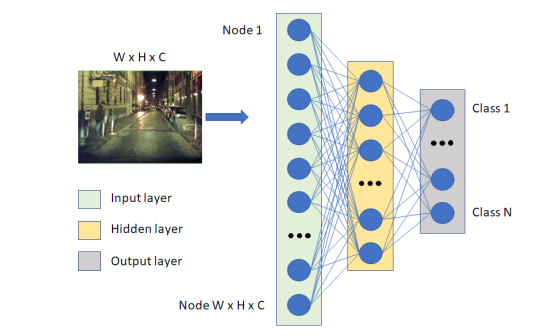
## 2.5 אופן זיהוי אובייקטים בעין האנושית

עין אנושית יכולה לזהות אובייקט לפי הייצוג הגיאומטרי שלו. על מנת לפרש גיאומטריה אנו משתמשים ביכולת שלנו לנתח הבדלים בצבעים ובעוצמת האור. באופן דומה, בראייה ממוחשבת שינוי צבע מהיר יכול להצביע על גיאומטריה מסוימת של עצם נצפה. כמות האור שנלכד על ידי חיישני המצלמה המוחזרת על ידי אובייקט תהיה השפעה גדולה על האופן שבו ניתן היה לפרש את צורה של האובייקט. לכן על מנת לזהות תמונות בתאורה נמוכה נדרש לשפר את איכות התמונה.

## 2.6 סיווג תמונה

סיווג הוא תהליך של שיוך תמונה למחלקה כלומר המחלקה מציינת את האובייקט בתמונה.

אחד השיטות הנפוצות וטובות ביותר לבצע סיווג היא ע"י רשת למידה עמוקה, זאת לאור יכולתם של הרשתות למידה עמוקה לעבד מידע חזותי. סיווג אובייקטים הוא בעיה של למידת מכונה מפוקחת, מה שאומר שצריך לאמן את המודלים בדוגמאות שתויגו(הכוללות מידע על האובייקט).



# 3 מטרת הפרויקט

מטרת הפרויקט העיקרית הוא מימוש והשוואה של שיטות למידה עמוקה לזיהוי אובייקטים בתנאי תאורה קשים במיוחד.

* מימוש מודל ליצירת תמונות חשוכות ריאליסטיות.
* מימוש והשוואה של דרכי שיפור למודל של למידה עמוקה לסיווג אובייקטים בתנאי תאורה קשים במיוחד.
* מימוש מודל אשר מסווג תמונות חשוכות באחוז דיוק גבוה מהמודלים הקיימים.
* ניתוח והשוואת ביצועים.

# 4 יעדים ומדדים

## 4.1 יכולת ליצירת תמונות חשוכות ריאליסטיות

מדדים:

* + MSE, SNR, ,PSNR התאמת היסטוגרמה במרחב הצבע למול תמונות חשוכות זהות.

## 4.2 מימוש שיטות שונות לשיפור תמונות

מדדים:

* + MSE, SNR, ,PSNR של שיפור התמונה ביחד לתמונות המקוריות.

## 4.3 מימוש מודל אשר מסווג תמונות חשוכות באחוז דיוק גבוה

מדדים:

* אחוז דיוק (Accuracy) – הערכה כמה המודל מדויק.
* Recall (רגישות) – הפרופורציה של דוגמאות חיוביות שזוהו נכונה
* Precision - הוא היחס של תצפיות חיוביות שהמודל זיהה נכונה מכל התצפיות שהמודל זיהה שהם חיוביות (בצדק או שלא בצדק).
* F1 Score
* עקומה ROC , Area Under Curve (AUC)

# 5 סקר ספרות ביקורתי

## 5.1 קורסים

### 5.1.1 :Coursera machine learning

[1]<https://www.coursera.org/learn/machine-learning/home/welcome>

קורס העוסק בML, קורס זה מספק מבוא רחב ללמידת מכונה, ניתוח נתונים וזיהוי דפוסים סטטיסטיים. הנושאים כוללים:

* + - למידה מפוקחת (אלגוריתמים פרמטריים/לא פרמטריים, מכונות וקטור תמיכה, גרעינים, רשתות עצביות).
    - למידה לא מפוקחת (אשכולות, הפחתת מימד, מערכות ממליצים, למידה עמוקה).
    - שיטות עבודה מומלצות בלמידת מכונה (תיאוריית הטיה/שונות; תהליך חדשנות בלמידת מכונה ובינה מלאכותית).

### 5.1.2 [2] DeepLearning.AI TensorFlow Developer Professional Certificate

קורס בלמידה עמוקה:

תוכנית העוסקת בלמידה עמוקה הכוללת ארבע קורסים, הכולל את הכלים הדרושים לבניית יישומים של למידה עמוקה. התוכנית מלמדת כיצד ליישם מודלים של למידה עמוקה בטכנולוגיית TensorFlow.

התוכנית כוללת את הקורסים הבאים:

1. Introduction to TensorFlow for Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning  
2. Convolutional Neural Networks in TensorFlow  
3. Natural Language Processing in TensorFlow  
4. Sequences, Time Series and Prediction

## 5.2 סקירה ראשונית סיכום:

במאמרים שסקרנו ניתן להבין כי בעיית סיווג וזיהוי אובייקטים בתנאי תאורה קשה הינה בעיה מורכבת וכי עדיין אין מספיק שיטות מוצלחת להתמודדות עם תמונות אלו.

קיימות שיטות שונות לשיפור התמונות כגון שיפור בהירות [9] חסרונם הוא שהשיטות גורמות לעיוותים צבע בתמונה לאחר השיפור. שיטות אחרות כגון שיטות מבוססות Retinex [10] גורמים להוספת רעשים לתמונה וקצוות מטושטשים. קיימות גם שיטות המשלבות למידה עמוקה [4-6] BLNet, LLNET, LLCNN

ניתן להבין ממאמרים כי לשיפור תמונה בתאורה נמוכה יש שלוש קטגוריות עיקריות:

1. שיטות הקטגוריה הראשונה בנויות על בסיס שיטת histogram equalization.
2. הקטגוריה השנייה מבוססת על ה-Retinex תיאוריה שמניחה שתמונה היא שילוב של השתקפות והארה בכך משפר את התמונה.
3. השיטה השלישית היא שיטות מבוססות למידה עמוקה כגון MBLLE,RetinexNet .

במאמרים אלו מתמודדים עם הבעיות שאנו נפגוש בפרויקט של תמונות בתנאי תאורה קשה אשר במטרתם לשפרם ע"י טכניקות שונות כחלק מתהליך preprocessing נצטרך לשפר תמונות חשוכות ולבדוק את אחוזי הדיוק של המודל למול התמונות המשופרות.

בנוסף סקרנו מאמרים בנושא סיווג תמונה [5],[6] על מנת ללמוד טכניקות מתקדמות של למידה עמוקה לסיווג תמונות כגון [5] ResNet המציע רשת למידה עמוקה בעומק של עד 150+ שכבות המאפשר דיוק גבוה למול שיטות קודמות, השיטה הביא פריצה דרך גדולה בתחום הסיווג והזיהוי בנוסף רשת EfficientNet אשר היא רשת לסיווג תמונות מתקדמת אשר משתמשת ברשת רחבה.

ישנם גם שיטות נוספות המבוססות למידת מכונה כמו SVM, Kmean, רגרסיה ליניארית ועוד [1], אשר יתרונות הוא מבנה פשוט יחסית וצורך בפחות נתונים לעומת רשתות למידה עמוקה אבל היתרון של רשתות עמוקות הוא היכולת ללמוד ללא צורך בהתערבות אנושים גדולה בנוסף רשתות עמוקות יספקו תוצאות טובות יותר במקרים רבים.

## 5.3 השוואה בין למידה עמוקה ולמידת מכונה

5.3.1 יתרונות רשת עמוקה

* צורך נמוך בהתערבות אנושית.
* מספק תוצאות מדויקות לאחר אימון עם דאטה גדול.

5.3.2 חסרונות רשת עמוקה

* מערכות למידה עמוקה דורשות חומרה ומשאבים חזקים.
* דורש כמות דאטה גדולה.

5.3.3 יתרונות למידת מכונה

* מבנה אלגוריתמי פשוט.
* דורש קצת דאטה לעומת מערכות למידה עמוקה.

5.3.4 חסרונות למידת מכונה

* דורשת התערבות אנושית מתמשכת יותר כדי להשיג תוצאות.
* מערכת מותאמת לבעיה מסוימת ומוגבלות בתוצאות.

## 5.4 מאמרים

[3] BLNet: A Fast Deep Learning Framework for Low-Light Image Enhancement with Noise Removal and Color Restoration

המאמר מציע שיטה למידה עמוקה בשם Bringing the Lightness (BLnet) המסוגלת לשפר תמונות חשוכות.

[4] Deep Retinex Decomposition for Low-Light Enhancement

Retinex הוא כלי יעיל לשיפור תמונה בתאורה נמוכה. מאמר בשיטה לשיפור תמונה חשוכה בשם Retinex בעזרת למידה עמוקה .

[5] LLNet: A Deep Autoencoder Approach to Natural Low-light Image Enhancement

במאמר מציגים שיטה LLnet המבוססת רשת CNN על מנת לבצע שיפור תמונה בתאורה נמוכה.

[6] LLCNN: A Convolutional Neural Network for Low-light Image Enhancement

במאמר מציגים שיטה LLCNN המבוססת רשת CNN על מנת לבצע שיפור תמונה בתאורה נמוכה.

[7] Deep Residual Learning for Image Recognition

במאמר מצגים את שיטתResNet , קיצור של Residual Networks היא רשת עצבית קלאסית המשמשת כעמוד שדרה למשימות ראייה ממוחשבת רבות. פריצת הדרך הבסיסית עם ResNet הייתה שהוא אפשר לנו לאמן בהצלחה רשתות עצביות עמוקות ביותר עם 150+ שכבות. לפני אימון ResNet היה קשה מאוד לרשתות עצביות עמוקות בגלל הבעיה של שיפועים נעלמים.

[8] EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks

המאמר מציג רשת עמוקה מתקדמת לסיווג תמונות בשם EfficientNet אשר מאפשר לאמן רשתות רחבות יותר שכבות מה שמאפשר לרשת לקבל דיוק גבוה יותר.

[9] X. Guo, Y. Li, and H. Ling, “Lime: Low-light image enhancement via illumination map estimation,” IEEE Transactions on image processing, vol. 26, no. 2, pp. 982–993, 2016.

מאמר המציג שיטה לשיפור תמונה חשוכה בשם LIME השיטה בנויה על בסיס Retinex

[10] Structure-Revealing Low-Light Image Enhancement Via Robust Retinex Model

מאמר המציע שיטה המבוססת על שיטת Retinex על מנת לשפר תמונות חשוכות.

# 6 שיטות

## 6.1 מבנה עקרוני של הפרויקט

Dataset Normal

images

Preprocessing

אימון המודל

DP model

Simulate Dark images

בדיקת מדדים ואחוזי דיוק

השוואה בין התוצאות

כתיבת שינויים אלגוריתמים לשיפור התמונה

## 6.2 דיאגרמת בלוקים – הסבר

בדיאגרמה ניתן לראות את התהליכים השונים שנבצע במהלך הפרויקט:

1. אימון מודל על סט תמונות רגיל ובדיקת אחוזי הצלחה לסיווג ע"י המודל שמאומן (מסלול אדום).
2. יצירת דאטה סט של תמונות חשוכות העברת התמונות לסיווג דרך המודל ובדיקות אחוזי הצלחה (מסלול כתום).
3. אימון בעזרת שילוב של תמונות חשוכות ובדיקת אחוזי ההצלחה של המודל שאומן (מסלול כחול).
4. שיפור התמונות החשוכות ובדיקת אחוזי הצלחת הסיווג (מסלול ירוק).

## 6.3 אבני דרך לביצוע הפרויקט

* + 1. סקירת מאמרים בנושא הפרויקט (שיטות classification ושיפור תמונות).
    2. העמקת הידע בעיבוד תמונה ובלמידה עמוקה.
    3. בחירת מודל למידה עמוקה לסיווג תמונה.
    4. בחירת מאגר נתונים.
    5. יצירת מודל ליצירת תמונות חשוכות סינטטיות ובחינתו למול תמונות חשוכות.
    6. יישום של מודל למידה עמוקה לסיווג ואימון על תמונות רגילות.
    7. בחירת שיטות לשיפור תמונות חשוכות ויישום השיטות על מאגר הנתונים ובדיקה של אחוז הדיוק של המודל.
    8. אימון המודל עם תמונות חשוכות ובדיקה של המודל למול רמות החשכה שונות.
    9. השוואה בין השיטות השונות והסקת מסקנות.

## 6.4 אתגר הנדסי

* סיווג של תמונות חשוכות היא משימה מאתגרת בתחום ראייה ממוחשבת בגלל שתמונות אלו יש SNR נמוך , בעיות הטיית צבע, רעש לא ידוע ואובדן פרטים ועוד.
* מימוש אלגוריתמים מתקדמים לשיפור תמונה
* פיתוח מודל מדויק ליצירת תמונות חשוכות סינטטיות.
* אימון מודל של למידה עמוקה מתקדם ועיבוד נתונים בכמויות גדולות.

## 6.5 חלוקת העבודה בין השותפים

מבנה הפרויקט העולה מסכמת הבלוקים מחולק ל3 תחומים עיקריים:

אחריות: רום הירש

* + - מימוש שיטות שונות לתהליך ה.preprocessing
    - יצירת כלי ניתוח והשוואה לסיווג תמונה (מערך בדיקה הכולל את המדדים).

אחריות: ירום סויסה

* + - יצירת מודל ליצירת תמונות חשוכות סינטטיות.
    - יצירת כלי ניתוח והשוואה לתמונות חשוכות למול תמונות סינטטיות שיצרנו (מערך בדיקה הכולל את המדדים)

אחריות: שני מבצעי הפרויקט

* + - בחירת דאטה סט.
    - בחירת מודל לסיווג תמונות.
    - בחירת השיטות השיפור התמונות.
    - בניית מודל לסיווג תמונות.
    - השוואה בין השיטות השונות והסקת מסקנות.

## 6.6 כלים נדרשים

### 6.6.1 שפות תכנות:

* + - Matlab
    - Python

### 6.6.2 סביבת פיתוח ועיבוד נתונים:

* + - Microsoft Windows 10
    - גישה מחשב חזר עם GPU
    - EDI python
    - MATLAB

# 7 תוצאות

* מודל לסיווג אובייקטים בתמונות חשוכות בעל אחוז דיוק גבוה משיטות קיימות.
* מודל ליצירת תמונות סינטטיות חשוכות.
* סיכום תוצאות של בחינה השוואתית של השיטות.

# 8 נספחים

## 8.1 תוכנית עבודה ראשונית לביצוע הפרויקט