# מערכת בקרת רכב באמצעות מחוות יד

## מפרט דרישות תוכנה

## תוכן עניינים

1. [מבוא](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "1-%D7%9E%D7%91%D7%95%D7%90)
   1. [מטרה](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "11-%D7%9E%D7%98%D7%A8%D7%94)
   2. [היקף](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "12-%D7%94%D7%99%D7%A7%D7%A3)
   3. [הגדרות וראשי תיבות](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "13-%D7%94%D7%92%D7%93%D7%A8%D7%95%D7%AA-%D7%95%D7%A8%D7%90%D7%A9%D7%99-%D7%AA%D7%99%D7%91%D7%95%D7%AA)
2. [תיאור כללי](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "2-%D7%AA%D7%99%D7%90%D7%95%D7%A8-%D7%9B%D7%9C%D7%9C%D7%99)
   1. [פרספקטיבת המוצר](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "21-%D7%A4%D7%A8%D7%A1%D7%A4%D7%A7%D7%98%D7%99%D7%91%D7%AA-%D7%94%D7%9E%D7%95%D7%A6%D7%A8)
   2. [פונקציות המוצר](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "22-%D7%A4%D7%95%D7%A0%D7%A7%D7%A6%D7%99%D7%95%D7%AA-%D7%94%D7%9E%D7%95%D7%A6%D7%A8)
   3. [מאפייני משתמש](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "23-%D7%9E%D7%90%D7%A4%D7%99%D7%99%D7%A0%D7%99-%D7%9E%D7%A9%D7%AA%D7%9E%D7%A9)
   4. [סביבת הפעלה](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "24-%D7%A1%D7%91%D7%99%D7%91%D7%AA-%D7%94%D7%A4%D7%A2%D7%9C%D7%94)
   5. [אילוצי תכנון ויישום](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "25-%D7%90%D7%99%D7%9C%D7%95%D7%A6%D7%99-%D7%AA%D7%9B%D7%A0%D7%95%D7%9F-%D7%95%D7%99%D7%99%D7%A9%D7%95%D7%9D)
3. [ארכיטקטורת המערכת](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "3-%D7%90%D7%A8%D7%9B%D7%99%D7%98%D7%A7%D7%98%D7%95%D7%A8%D7%AA-%D7%94%D7%9E%D7%A2%D7%A8%D7%9B%D7%AA)
   1. [תרשים רכיבים](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "31-%D7%AA%D7%A8%D7%A9%D7%99%D7%9D-%D7%A8%D7%9B%D7%99%D7%91%D7%99%D7%9D)
   2. [מבנה ספריות](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "32-%D7%9E%D7%91%D7%A0%D7%94-%D7%A1%D7%A4%D7%A8%D7%99%D7%95%D7%AA)
4. [דרישות פונקציונליות](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "4-%D7%93%D7%A8%D7%99%D7%A9%D7%95%D7%AA-%D7%A4%D7%95%D7%A0%D7%A7%D7%A6%D7%99%D7%95%D7%A0%D7%9C%D7%99%D7%95%D7%AA)
   1. [זיהוי מחוות יד](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "41-%D7%96%D7%99%D7%94%D7%95%D7%99-%D7%9E%D7%97%D7%95%D7%95%D7%AA-%D7%99%D7%93)
   2. [בקרת רכב](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "42-%D7%91%D7%A7%D7%A8%D7%AA-%D7%A8%D7%9B%D7%91)
   3. [ממשק משחק](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "43-%D7%9E%D7%9E%D7%A9%D7%A7-%D7%9E%D7%A9%D7%97%D7%A7)
   4. [מערכת קול](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "44-%D7%9E%D7%A2%D7%A8%D7%9B%D7%AA-%D7%A7%D7%95%D7%9C)
5. [דרישות לא פונקציונליות](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "5-%D7%93%D7%A8%D7%99%D7%A9%D7%95%D7%AA-%D7%9C%D7%90-%D7%A4%D7%95%D7%A0%D7%A7%D7%A6%D7%99%D7%95%D7%A0%D7%9C%D7%99%D7%95%D7%AA)
   1. [ביצועים](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "51-%D7%91%D7%99%D7%A6%D7%95%D7%A2%D7%99%D7%9D)
   2. [שימושיות](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "52-%D7%A9%D7%99%D7%9E%D7%95%D7%A9%D7%99%D7%95%D7%AA)
   3. [אמינות](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "53-%D7%90%D7%9E%D7%99%D7%A0%D7%95%D7%AA)
   4. [ניידות](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "54-%D7%A0%D7%99%D7%99%D7%93%D7%95%D7%AA)
6. [דרישות ממשק חיצוני](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "6-%D7%93%D7%A8%D7%99%D7%A9%D7%95%D7%AA-%D7%9E%D7%9E%D7%A9%D7%A7-%D7%97%D7%99%D7%A6%D7%95%D7%A0%D7%99)
   1. [ממשקי משתמש](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "61-%D7%9E%D7%9E%D7%A9%D7%A7%D7%99-%D7%9E%D7%A9%D7%AA%D7%9E%D7%A9)
   2. [ממשקי חומרה](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "62-%D7%9E%D7%9E%D7%A9%D7%A7%D7%99-%D7%97%D7%95%D7%9E%D7%A8%D7%94)
   3. [ממשקי תוכנה](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "63-%D7%9E%D7%9E%D7%A9%D7%A7%D7%99-%D7%AA%D7%95%D7%9B%D7%A0%D7%94)
7. [דרישות אחרות](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "7-%D7%93%D7%A8%D7%99%D7%A9%D7%95%D7%AA-%D7%90%D7%97%D7%A8%D7%95%D7%AA)
   1. [פתרון בעיות](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "71-%D7%A4%D7%AA%D7%A8%D7%95%D7%9F-%D7%91%D7%A2%D7%99%D7%95%D7%AA)
   2. [אנליטיקה](https://claude.ai/chat/f4c694ca-7f05-43a0-98eb-2461e67442fe" \l "72-%D7%90%D7%A0%D7%9C%D7%99%D7%98%D7%99%D7%A7%D7%94)

## 1. מבוא

### 1.1 מטרה

מסמך מפרט דרישות תוכנה (SRS) זה מתאר את הדרישות עבור מערכת בקרת רכב באמצעות מחוות יד, יישום פייתון המאפשר למשתמשים לשלוט ברכב וירטואלי באמצעות מחוות יד הנקלטות דרך מצלמת אינטרנט.

### 1.2 היקף

מערכת בקרת רכב באמצעות מחוות יד היא יישום אינטראקטיבי המשתמש בראייה ממוחשבת ולמידת מכונה כדי לזהות תנועות יד ולתרגם אותן לבקרות רכב בסביבה וירטואלית. המערכת כוללת:

* זיהוי מחוות יד בזמן אמת באמצעות MediaPipe
* סימולציית רכב וירטואלי עם תנועה מבוססת פיזיקה
* אלמנטים של משחק כולל מכשולים וניקוד
* אפקטים קוליים המגיבים לפעולות
* מספר רמות קושי
* ממשק בחירת מצלמה

היישום יכול לשמש לבידור, לאימון קואורדינציה בין העין ליד, או כהדגמה טכנולוגית לזיהוי מחוות יד.

### 1.3 הגדרות וראשי תיבות

| מונח | הגדרה |
| --- | --- |
| CV | ראייה ממוחשבת (Computer Vision) |
| ML | למידת מכונה (Machine Learning) |
| FPS | פריימים לשנייה (Frames Per Second) |
| GUI | ממשק משתמש גרפי (Graphical User Interface) |
| UDP | פרוטוקול דאטגרם משתמש (User Datagram Protocol) |
| API | ממשק תכנות יישומים (Application Programming Interface) |
| MCP | מטקרפופלנגיאלי (פרק כף היד) |

## 2. תיאור כללי

### 2.1 פרספקטיבת המוצר

מערכת בקרת רכב באמצעות מחוות יד היא יישום עצמאי אך מתוכננת עם ארכיטקטורה מודולרית המפרידה בין רכיבי זיהוי היד, בקרת הרכב וממשק המשחק. עיצוב זה מאפשר הרחבה עתידית, כגון חיבור לרכב פיזי או שילוב עם מערכות אחרות.

המערכת משתמשת במצלמת האינטרנט ללכידת תנועות יד, מעבדת תנועות אלה כדי לחלץ נתוני בקרה, ומחילה את הבקרות הללו על רכב וירטואלי בסביבת משחק. המשחק כולל מכשולים, ניקוד ומצבי קושי שונים.

### 2.2 פונקציות המוצר

הפונקציות העיקריות של המערכת כוללות:

* **מעקב אחר יד וזיהוי מחוות**: זיהוי נקודות ציון של היד וזיהוי מחוות
* **תרגום בקרה**: המרת מחוות שזוהו לאותות בקרה
* **סימולציית רכב וירטואלי**: מודל רכב מבוסס פיזיקה המגיב לבקרות
* **יצירת מכשולים**: יצירה וניהול של מכשולי דרך
* **אפקטים קוליים**: יצירה והשמעה של אפקטים קוליים מתאימים
* **מכניקת משחק**: ניקוד, התנגשויות ומצבי משחק
* **ממשק משתמש**: תפריטים, תצוגות מצב והגדרות בקרה

### 2.3 מאפייני משתמש

המשתמשים המיועדים של מערכת זו כוללים:

* משתמשים מזדמנים המתעניינים בממשקים מבוססי מחוות
* חובבי משחקים
* סטודנטים או אנשי מקצוע הלומדים על ראייה ממוחשבת וזיהוי מחוות
* מדגימים המציגים טכנולוגיית ראייה ממוחשבת

לא נדרשת מומחיות טכנית מיוחדת כדי להשתמש ביישום, אך המשתמשים צריכים להיות נוחים עם פעולות מחשב בסיסיות ולהיות בעלי ניידות יד רגילה.

### 2.4 סביבת הפעלה

היישום רץ על מחשבי שולחן עבודה או מחשבים ניידים סטנדרטיים עם הדרישות הבאות:

* מערכת הפעלה: Windows, macOS, או Linux
* מינימום 2 GB RAM (מומלץ 4 GB)
* מצלמת אינטרנט עם רזולוציה מינימלית של 640x480
* מעבד: ליבה כפולה 2 GHz או יותר טוב
* Python 3.7 או גרסה מתקדמת יותר עם החבילות הנדרשות

### 2.5 אילוצי תכנון ויישום

האילוצים הבאים חלים על תכנון ויישום המערכת:

* דרישות עיבוד בזמן אמת לזיהוי יד
* מוגבל על ידי איכות מצלמת האינטרנט ותנאי תאורה
* קצב הפריימים חייב להישאר מעל 30 FPS לבקרות תגובתיות
* תלות בספריות צד שלישי (OpenCV, MediaPipe, PyGame)
* מגבלות ביצועים של שפת Python

## 3. ארכיטקטורת המערכת

### 3.1 תרשים רכיבים

המערכת מורכבת מהרכיבים העיקריים הבאים:

1. **מודול זיהוי יד**: מטפל בקלט מצלמת האינטרנט ומזהה מחוות יד
2. **מודול בקרת רכב**: מתרגם מחוות לפקודות בקרת רכב
3. **מנוע משחק**: מנהל את סביבת המשחק, מכשולים ופיזיקה
4. **מנהל צליל**: שולט במשוב שמע
5. **ממשק משתמש**: מספק משוב חזותי ומערכות תפריטים

רכיבים אלה מתקשרים בצינור: מחוות יד מזוהות, מתורגמות לבקרות, מוחלות על הרכב, ומצב המשחק מתעדכן ומוצג עם צלילים מתאימים.

### 3.2 מבנה ספריות

היישום עוקב אחר מבנה ספריות מודולרי:

hand\_gesture\_car\_control/

├── README.md

├── requirements.txt

├── main.py

├── config.py

├── run.py

├── car\_control.py

├── main\_menu.py

├── debug\_utils.py

├── troubleshoot.py

├── hand\_detector/

│ ├── \_\_init\_\_.py

│ ├── detector.py

│ ├── gestures.py

│ ├── improved\_hand\_gesture\_detector.py

│ └── tracking.py

├── game/

│ ├── \_\_init\_\_.py

│ ├── car.py

│ ├── objects.py

│ ├── renderer.py

│ ├── physics.py

│ ├── audio\_manager.py

│ ├── camera\_manager.py

│ └── start\_game.py

├── utils/

│ ├── \_\_init\_\_.py

│ ├── camera.py

│ ├── sound.py

│ └── ui.py

├── sounds/

│ ├── engine\_idle.wav

│ └── engine\_revving.wav

└── assets/

├── car.png

├── road.png

└── obstacles/

├── obstacle1.png

├── obstacle2.png

└── obstacle3.png

## 4. דרישות פונקציונליות

### 4.1 זיהוי מחוות יד

#### 4.1.1 זיהוי נקודות ציון של יד

* המערכת תזהה נקודות ציון של יד באמצעות פתרון Hand של MediaPipe
* המערכת תעקוב אחר יד אחת בפריים בכל פעם
* המערכת תזהה ותעקוב אחר לפחות 21 נקודות ציון של יד עם דיוק של 90% או יותר
* המערכת תדמה נקודות ציון של יד וחיבורים במסגרת הזיהוי

#### 4.1.2 זיהוי מחוות

* המערכת תזהה את המחוות הבאות:
  + היגוי (הטיית יד לשמאל/ימין)
  + מצערת (גובה יד למהירות)
  + בלם (מחוות אגרוף)
  + האצה (אגודל למעלה, אצבעות אחרות מקופלות)
  + עצירה (כף יד פתוחה)
* המערכת תיישם החלקת מחוות להפחתת רעידות
* המערכת תשמור על קצב זיהוי של לפחות 15 פריימים לשנייה
* המערכת תסנן מחוות לא יציבות עם סף יציבות

#### 4.1.3 ניהול מצלמה

* המערכת תזהה מצלמות אינטרנט זמינות
* המערכת תאפשר למשתמש לבחור מצלמת אינטרנט מתוך האפשרויות הזמינות
* המערכת תטפל בניתוק מצלמה או בשגיאות בצורה חלקה
* המערכת תאתחל את המצלמה הנבחרת עם הגדרות רזולוציה מתאימות

### 4.2 בקרת רכב

#### 4.2.1 מיפוי בקרה

* המערכת תמפה מחוות מזוהות לבקרות רכב:
  + הטיית יד (סיבוב) → היגוי
  + מיקום יד (גובה) → מצערת
  + אגרוף → בלם
  + אגודל למעלה → האצה
  + כף יד פתוחה → עצירת חירום
* המערכת תחיל החלקה על קלטי בקרה למניעת תנועת רכב רועדת
* המערכת תטפל בהיעדר זיהוי יד על ידי האטה הדרגתית של הרכב

#### 4.2.2 פיזיקת רכב

* המערכת תיישם מודל פיזיקה לתנועת רכב הכולל:
  + האצה והאטה
  + היגוי עם טיפול תלוי מהירות
  + זיהוי התנגשות עם מכשולים
  + מגבלות גבול
* הרכב יגיב באופן שונה במהירויות שונות
* הרכב יציין חזותית מצבי בלימה והאצה

#### 4.2.3 עיבוד פקודות

* המערכת תתחזק תור פקודות לבקרת רכב
* המערכת תיישם ויסות פקודות למניעת פקודות מיותרות
* המערכת תעקוב אחר שיעור הצלחה/כישלון של פקודות
* במצב סימולציה, המערכת תדמה פקודות בלי לשלוח אותן

### 4.3 ממשק משחק

#### 4.3.1 מצבי משחק

* המערכת תספק לפחות 5 מצבי משחק שונים:
  + מצב אימון: ללא מכשולים
  + מצב קל: מעט מכשולים בקצב איטי
  + מצב רגיל: משחק סטנדרטי
  + מצב קשה: מכשולים רבים ומהירים
  + מרוץ נגד השעון: מרוץ נגד הזמן
* לכל מצב יהיו הגדרות הניתנות להתאמה עבור:
  + תדירות מכשולים
  + מהירות מכשולים
  + מכפיל ניקוד
  + מגבלת זמן (אופציונלי)

#### 4.3.2 מכניקת משחק

* המערכת תייצר מכשולים אקראיים בדרך
* המערכת תעקוב אחר ניקוד המבוסס על מכשולים שעברו
* המערכת תזהה ותטפל בהתנגשויות
* המערכת תספק משוב חזותי להתנגשויות
* המערכת תתמוך בפונקציית השהיה
* המערכת תציג מסך סיום משחק כאשר מתאים

#### 4.3.3 ממשק משתמש

* המערכת תציג ניקוד נוכחי, מהירות וזמן
* המערכת תדמה את מיקום ותנועת הרכב
* המערכת תספק מחוונים חזותיים למצב המשחק
* המערכת תכלול כפתור השתקה לבקרת צליל
* המערכת תציג הודעות טעינה ושגיאה מתאימות

### 4.4 מערכת קול

#### 4.4.1 אפקטים קוליים

* המערכת תספק אפקטים קוליים עבור:
  + מנוע במצב סרק
  + מנוע נוהם
  + האצת מנוע
  + התנגשויות
  + תוספי כוח
  + בלימה
  + סיום משחק
* המערכת תסנתז צלילים באמצעות יצירת גלים
* המערכת תתאים את צליל המנוע בהתאם למהירות הרכב

#### 4.4.2 ניהול צליל

* המערכת תתמוך בהשתקה/ביטול השתקה של כל הצלילים
* המערכת תתאים את רמות הווליום בהתאם
* המערכת תטפל בשגיאות צליל בצורה חלקה
* המערכת תנקה משאבי צליל כאשר אין בהם יותר צורך

## 5. דרישות לא פונקציונליות

### 5.1 ביצועים

#### 5.1.1 זמן תגובה

* למערכת יהיה זמן השהיה מרבי מקצה לקצה של 200 מילישניות ממחווה לתנועת רכב
* המערכת תשמור על קצב פריימים מינימלי של 30 FPS לויזואליזציית המשחק
* המערכת תעבד זיהוי יד במינימום של 15 FPS

#### 5.1.2 שימוש במשאבים

* המערכת תשתמש בלא יותר מ-2 GB של RAM
* המערכת תשתמש בלא יותר מ-50% מה-CPU במעבד מודרני דו-ליבתי
* המערכת תפעל בצורה חלקה על כרטיסי גרפיקה משולבים

### 5.2 שימושיות

#### 5.2.1 ממשק משתמש

* המערכת תספק משוב חזותי ברור לכל פעולות המשתמש
* המערכת תכלול תפריט ראשי עם בחירת מצב משחק
* המערכת תציג הוראות לבקרות מחוות
* המערכת תספק ויזואליזציה אינטואיטיבית של מעקב אחר יד

#### 5.2.2 עקומת למידה

* משתמשים חדשים יוכלו ללמוד בקרות בסיסיות תוך 2 דקות
* המערכת תכלול מצב אימון ללמידת בקרות
* המערכת תספק עזרים חזותיים לזיהוי מחוות

### 5.3 אמינות

#### 5.3.1 טיפול בשגיאות

* המערכת תטפל בשגיאות מצלמת אינטרנט בצורה חלקה
* המערכת תתאושש משגיאות עיבוד פריים
* המערכת תיישם פסק זמן אוטומטי למעקב יד שאבד
* המערכת תספק הודעות שגיאה מתאימות

#### 5.3.2 יציבות

* המערכת תפעל ברציפות למשך לפחות שעה אחת ללא קריסות
* המערכת תשחרר משאבים כראוי בעת סגירה
* המערכת תיישם מעקב יציבות פקודות למניעת רעידות

### 5.4 ניידות

#### 5.4.1 תאימות פלטפורמה

* המערכת תהיה תואמת ל-Windows 10/11, macOS, והפצות Linux עיקריות
* המערכת תטפל ברזולוציות מסך שונות
* המערכת תסתגל למפרטי מצלמה שונים

## 6. דרישות ממשק חיצוני

### 6.1 ממשקי משתמש

* המערכת תספק מסך תפריט ראשי לבחירת מצב משחק
* המערכת תספק ממשק בחירת מצלמה
* המערכת תציג ויזואליזציה של מעקב אחר יד
* המערכת תכלול מסך משחק עם רכב, כביש ומכשולים
* המערכת תציג תפריט השהיה כאשר מושהה
* המערכת תציג מסך סיום משחק בסוף משחק

### 6.2 ממשקי חומרה

* המערכת תתממשק עם מצלמות אינטרנט סטנדרטיות באמצעות ממשק התכנות של OpenCV
* המערכת תתמוך ברזולוציית מצלמת אינטרנט מינימלית של 640x480
* המערכת תעבוד הן עם מצלמות אינטרנט משולבות והן חיצוניות
* המערכת תשתמש ב-GPU לעיבוד MediaPipe אם זמין

### 6.3 ממשקי תוכנה

* המערכת תשתמש ב-MediaPipe לזיהוי יד
* המערכת תשתמש ב-OpenCV לעיבוד תמונה
* המערכת תשתמש ב-PyGame לרינדור משחק
* המערכת תשתמש ב-NumPy לפעולות נומריות
* המערכת תתממשק עם מערכת ההפעלה לתקשורת שקע (כאשר שולטים ברכב פיזי)

## 7. דרישות אחרות

### 7.1 פתרון בעיות

* המערכת תכלול כלי לפתרון בעיות קישוריות
* המערכת תרשום שגיאות ומידע ניפוי באגים למסוף
* המערכת תזהה ותדווח על בעיות תצורת רשת
* המערכת תספק המלצות לפתרון בעיות נפוצות

### 7.2 אנליטיקה

* המערכת תכלול מנתח זמן תגובה למדידת ביצועים
* המערכת תעקוב ותנתח ביצועי רכיבים
* המערכת תדמה מדדי ביצועים
* המערכת תזהה צווארי בקבוק בביצועים