**פרויקט: מערכת חכמה להרכבת פאזלים באמצעות זיהוי תמונות ואלגוריתמים**

**מבוא**

מסמך זה מספק הסבר מפורט על הדרישות הפונקציונליות והלא-פונקציונליות עבור מערכת המיועדת לפתור פאזלים באופן אוטומטי באמצעות זיהוי תמונות ואלגוריתמים. המערכת מסייעת בהרכבת פאזלים באמצעות טכנולוגיות בינה מלאכותית וזיהוי תמונה. המערכת תנתח תמונות של חלקי הפאזל ושל התמונה השלמה כדי לספק פתרונות מהירים ומדויקים לארגון והרכבת הפאזל. בכך, היא משדרגת את חוויית המשתמש עבור חובבי פאזלים, בין אם מדובר במתחילים או במנוסים.

**תהליך העבודה**

1. העלאת תמונות: המשתמש מעלה תמונת פאזל שלמה וחלקים בודדים.
2. בחירת אופן הפתרון: המשתמש בוחר בתפריט כיצד לפתור את הפאזל.
3. עיבוד מוקדם: OpenCV מעבד את התמונות כדי לזהות שוליים ולבצע סגמנטציה של חלקים.
4. סיווג: TensorFlow מסווג את החלקים לפינות, שוליים ומרכזים.
5. התאמה SIFT ורשתות סיאמיות מזהות התאמות בין חלקים ותמונת הפאזל.
6. הרכבה: אלגוריתם מבוסס גרף (A\*/Dijkstra) ממקם את החלקים במיקומם הנכון.
7. הדמיה: הממשק מציג תוצאות ביניים ואת הפאזל השלם.

**מבט כולל על הטכנולוגיות:**

| **מטרה** | **טכנולוגיה** |
| --- | --- |
| זיהוי שוליים, סגמנטציה וניתוח גיאומטרי | OpenCV |
| סיווג והתאמות מתקדמות | TensorFlow/PyTorch |
| זיהוי נקודות מפתח והתאמת דפוסים | SIFT |
| אשכולות צבעים להתאמת אזורים | K-Means |
| אלגוריתמי גרף להרכבת פאזל אופטימלית | A\*/Dijkstra |
| ממשק משתמש לאינטראקציה והדמיה | Streamlit/Flask |

**דרישות פונקציונליות**

**:** *Use Case 1* **טיפול בקלט**

* + המערכת תאפשר למשתמשים להעלות:
    - תמונה של הפאזל השלם.
    - תמונה של כל חלקי הפאזל מפוזרים.
  + המערכת תאפשר לקבל מהמשתמש את מספר החלקים של הפאזל ולהציע לו דרכים שונות לפתירת הפאזל:
    - לפטור את הפאזל מהתחלה ועד הסוף בצורה דינמיט עם המערכת.
    - רק למיין את חלקי הפאזל לפי הצורות (לפינות, שוליים ומרכזים).
    - רק למיין את חלקי הפאזל לפי הצבע.
  + המערכת תבדוק את איכות התמונות שהועלו (כגון רזולוציה וחדות) ותספק משוב אם התמונות אינן עומדות בדרישות המינימום:
    - תמונה ברורה
    - מספר חלקי הפאזל בכל תמונה צריך להיות קטן מ-200
  + המערכת תשמור את נתוני המשתמש:
    - התקדמות של פתירת הפאזל
    - לשמור את התמונות שהמערכת קבלה

: *Use Case 2***עיבוד תמונה מקדים**

* + שימוש ב-OpenCV כדי:
    - המערכת תזהה בתמונה את השוליים של כל חלקי הפאזל.
    - המערכת תפריד מהתמונה את החלקים מהרקע.
    - המערכת תזהה מאפיינים גיאומטריים של חלפי הפאזל מהתמונה כמו אורכי שוליים, זוויות ועקמומיות.

:  *Use Case 3* **סיווג חלקי הפאזל**

* + סיווג חלקי הפאזל לקטגוריות:
    - פינות: חלקים עם שני שוליים ישרים.
    - שוליים: חלקים עם שוליים ישרים אחד.
    - מרכז: חלקים ללא שוליים ישרים.
  + שימוש ב-TensorFlow או PyTorch כדי ליצור מודל שילמד לסווג את החלקים בצורה מדויקת, גם במקרים של נזק או אי-סדירות.

: *Use Case 4***תאמת חלקי הפאזל לתמונה השלמה**

* + המערכת תשתמש ב-SIFT כדי לזהות נקודות מפתח ולהתאים דפוסים בין חלקי הפאזל לתמונה השלמה.
  + השוואת שוליים באמצעות רשתות סיאמיות (Siamese Networks) כדי לנבא אם שני חלקים מתאימים זה לזה.

**:** *Use Case 5***ניתוח צבעים**

* + שימוש באשכולות K-Means כדי:
    - המערכת תוציא צבעים דומיננטיים מחלקי הפאזל מהתמונה, ואז בוחרת בהתאם לאיזה קבוצת של הצבעים היא שייכת.
    - המערכת תתאים צבעים אלו לאזורים בתמונה השלמה לצורך דיוק נוסף.

**:** *Use Case 6***הרכבת הפאזל**

ניתן לראות בפאזל בעיה ארגונית שבה כל פיסה חייבת להיות ממוקמת בצורה נכונה על פי יחסיה עם אחרים. אלגוריתמי גרף מאפשרים למדל את הקשרים הללו ולמצוא את הדרך הטובה ביותר לחבר אותם על מנת למטב את הביצועים, הדיוק.באפן הבא:

* + - אלגוריתם A\* או Dijkstra לאופטימיזציה של מיקום החלקים.
    - קשרים משוקללים בהתבסס על דמיון בשוליים והתאמת צבע.

**:** *Use Case 7***ממשק משתמש**

* + פיתוח ממשק באמצעות Streamlit או Flask שיאפשר:
    - העלאת תמונות והתחלת עיבוד.
    - המערכת תציג תוצאות ביניים כגון שוליים מזוהים, סיווגים והתאמות.
    - המערכת תציג הפאזל השלם.

**:** *Use Case 8***הודעות ומשוב**

* + הודעה למשתמשים על:
    - העלאה מוצלחת ושלבי עיבוד.
    - שגיאות כמו תמונות ברזולוציה נמוכה ,מספר חלקי הפאזל גדול מדי ,או חלקי פאזל חסרים בתמונה.

**דרישות לא-פונקציונליות**

1. **ביצועים**
   * המערכת תעבד תמונות ותפיק תוצאות תוך 2 דקות עבור פאזלים עם עד 500 חלקים.
   * תמיכה בעיבוד במקביל על מספר פאזלים שונים.
2. **אבטחה**
   * התמונות והנתונים שהועלו על ידי המשתמשים יאוחסנו בצורה מאובטחת ומוצפנת.
   * רק משתמשים מאומתים יוכלו לגשת לפונקציות מסוימות, כמו שמירת פתרונות.
3. **שימושיות**
   * הממשק יהיה אינטואיטיבי עם הוראות ברורות להעלאת תמונות ופירוש תוצאות.
   * הצגת משוב חזותי עבור כל שלב בתהליך (כגון הדגשת שוליים מזוהים או חלקים מסווגים).
4. **יכולת הרחבה**
   * המערכת תוכל להתמודד עם פאזלים של עד 1,000 חלקים ללא ירידה משמעותית בביצועים.
5. **אמינות**
   * המערכת תבטיח 99% זמינות.
   * תכלול מנגנוני גיבוי ושחזור כדי למנוע אובדן נתונים.