הטכניון
מכון טכנולוגי לישראל

היכן נגמר הרחוב ומתחיל הבניין: אסימטריה כיוונית באזורי מעבר פנים־חוץ

מסגרת תלת־רמזית (Tri-Cue) לפענוח סף המבנה מתוך וידאו 360°

ליטל אפרים[1] · **יובל מרגולין**[2] · **רקל־עבדי גולדשטיין־סעד**[2] · **מיעאד סברי קלאעי**[3] · **שגיא דליות**[1]
[1] הנדסה אזרחית וסביבתית, הטכניון · [2] מדעי הנתונים וההחלטות, הטכניון · [3] הנדסה אזרחית, UNSW סידני
ליצירת קשר: litalefraim@campus.technion.ac.il

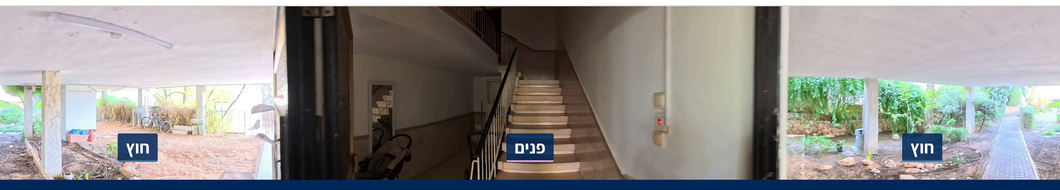
למה זה קריטי?

? איך הולכת רגל עם לקות ראייה יודעת שהיא כבר **בפנים**?

? איך רובוט משלוחים אוטונומי יודע מתי **להחליף חיישנים**?



מצלמת 360° על קסדה או על רובוט רואה הכול מסביב.



איור 1. פריים 360° יחיד הלוכד בו־זמנית את כל המרחב הנראה: חוץ, פנים, ושוב חוץ.

1 אנטומיה של חציית חוץ־פנים



התקרבות — 3 שנ׳ לפני
שמיים ועצים עדיין ממלאים את המבט.



חצייה — רגע החצייה
פנים וחוץ באותו פריים.



הגעה — 2 שנ׳ אחרי
מדרגות ודלתות משתלטות על התמונה.

2 הבעיה

הפתח הוא נקודה עיוורת

אות ה-GNSS דועך בדלת, עוד לפני שמערכת האיכון בפנים נכנסת לפעולה. **שתיהן עלולות להיכשל יחד.**

הרעיון

לראות את הגבול ישירות

לא מתוך אובדן אות, אלא בווידאו 360°: **המבנה נסגר מסביב, השמיים נעלמים.**

הנתונים

מבנים אמיתיים, הליכה אמיתית

10 כניסות · **9** יציאות

15 הליכות · וידאו 360° ב-**8K**

3 שלושה רמזים חזותיים, הצבעה אחת

וידאו 360°
כל פריים, לאורך כל ההליכה

←

360SFUDA++
סגמנטציה ברמת הפיקסל

YOLOv7 · OIV7
זיהוי אובייקטים

←

רמז השמיים
השמיים הפתוחים נעלמו?

רמז המבנה
המבנה מקיף מכל עבר?

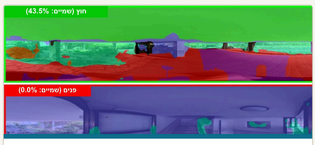
רמז האובייקטים
יותר אובייקטי פנים מאובייקטי חוץ?

←

2 מתוך 3
חיבים להכסים
אחרי החלקה על פני 5 פריימים ← פנים או חוץ



המבנה ממלא את הספירה
מלבן "בית" אחד מכסה יותר מ-98% מהשדה.



השמיים נעלמים
שטח השמיים יורד מ-43.5% מהתמונה ל-0%.



דלתות מול עצים
אובייקטי הפנים רבים מאובייקטי החוץ.

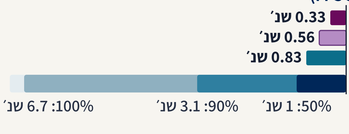
4 מה מצאנו

כל החציות זוהו, עד 1 FPS

שגיאת תזמון ממוצעת: **0.57 שנ׳** ב-30 FPS, **0.97 שנ׳** ב-1 FPS.



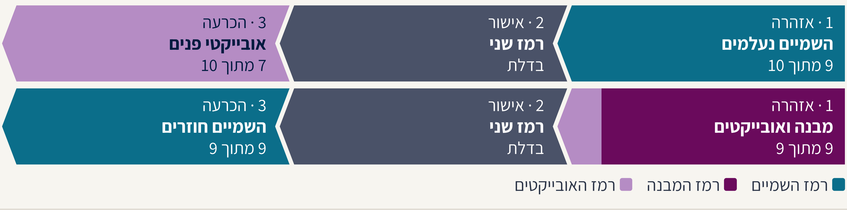
השגיאות קצרות בהרבה מהחצייה



אותו רוחב מעבר בכניסה וביציאה.

סדר הרמזים הנראים מתהפך עם הכיוון

בכניסה, **השמיים נעלמים ראשונים**. ביציאה, **הם חוזרים אחרונים**, בכל היציאות.



מה זה אומר לערים

01
הפתח נעשה נראה
מצלמה אחת, בלי חומרה בשטח, בלי אימון מחדש.

02
טריגר להחלפת מערכת איכון
מתי להזהיר, לאשר ולעבור בין מערכות האיכון.

03
גשר לתאומים דיגיטליים
מחבר מודלים עירוניים למפות פנים.

לצפייה בטרטון

ממצא מדעי.
הגבול בין פנים לחוץ הוא מרווח קצר ומסודר, ולא קו. הכיוון שלו כתוב בסדר הרמזים, ולא ברוחב המעבר.

תרומה.
הסף הופך לאירוע ברור, פיזי ונצפה, במקום להיגזר מאותות שנכשלים.

מגבלות.
המדגם כולל 19 חציות בלבד באור יום, והספים כוילו על אותם נתונים.