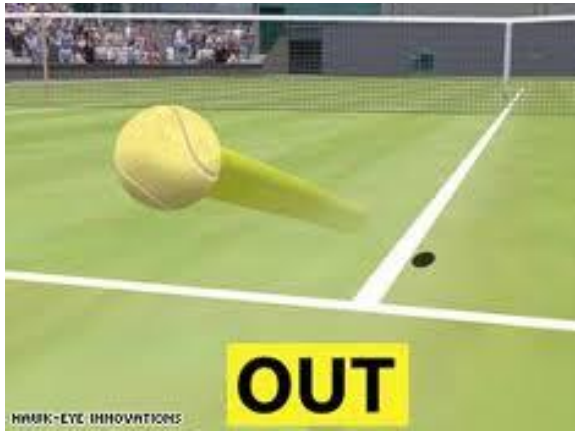
עיבוד וניתוח משחקי טניס באמצעות כלים לראיה ממוחשבת

מגיש: אביב כספי

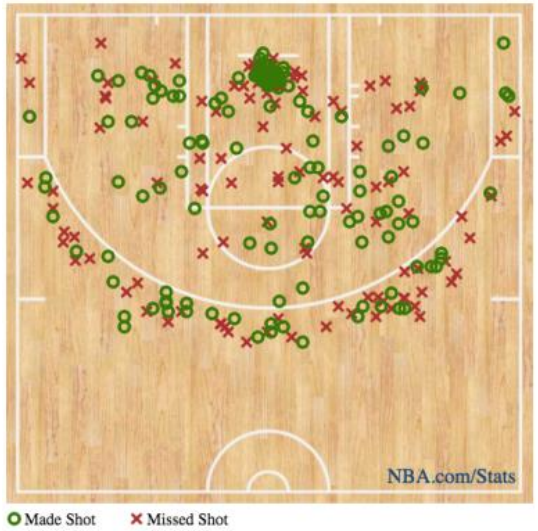
מבוא – ניתוח משחקי ספורט



ניתוח משחקי ספורט מאז ומתמיד היווה עניין גדול, ומאמני ספורט תמיד מחפשים את תוכניות האימונים והאסטרטגיות משחק הטובות ביותר על מנת לגרום לשיפור השחקנים והשגת הניצחון.

שיטות הנפוצות לניתוח משחקי ספורט הן:

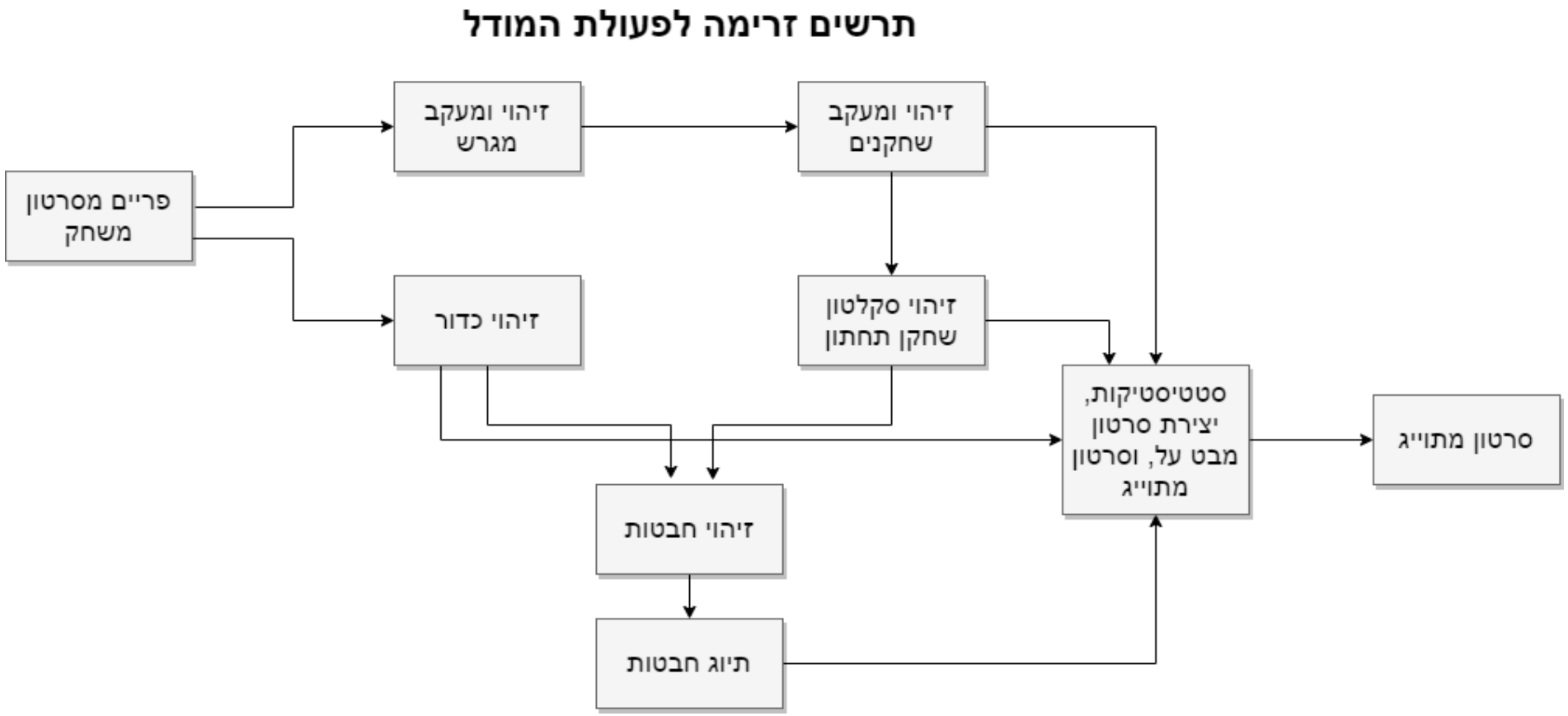
- צפיה פיזית בסרטוני משחק, והסקת מסקנות ותובנות בנוגע למהלך המשחק.
- ניתוח סטטיסטי, אשר מכיל מידע גס כגון מספר הגשות (טניס), מספר גולים לשחקן (כדורגל) וכו'.
- ניתוח אוטומטי על ידי מערכות יקרות שהמידע שהן מספקות אינו נגיש לציבור במלואו, לדוגמא Hawkeye (טניס), מערכת לזיהוי ניסיונות קליעה לסל (טניס) וכו'.



מטרת הפרויקט

יצירת מודל אוטומטי לניתוח ועיבוד משחקי טניס רשמיים בעזרת כלים לראיה הממוחשבת, המסוגל לפעול על מחשב סטנדרטי בזמן סביר.

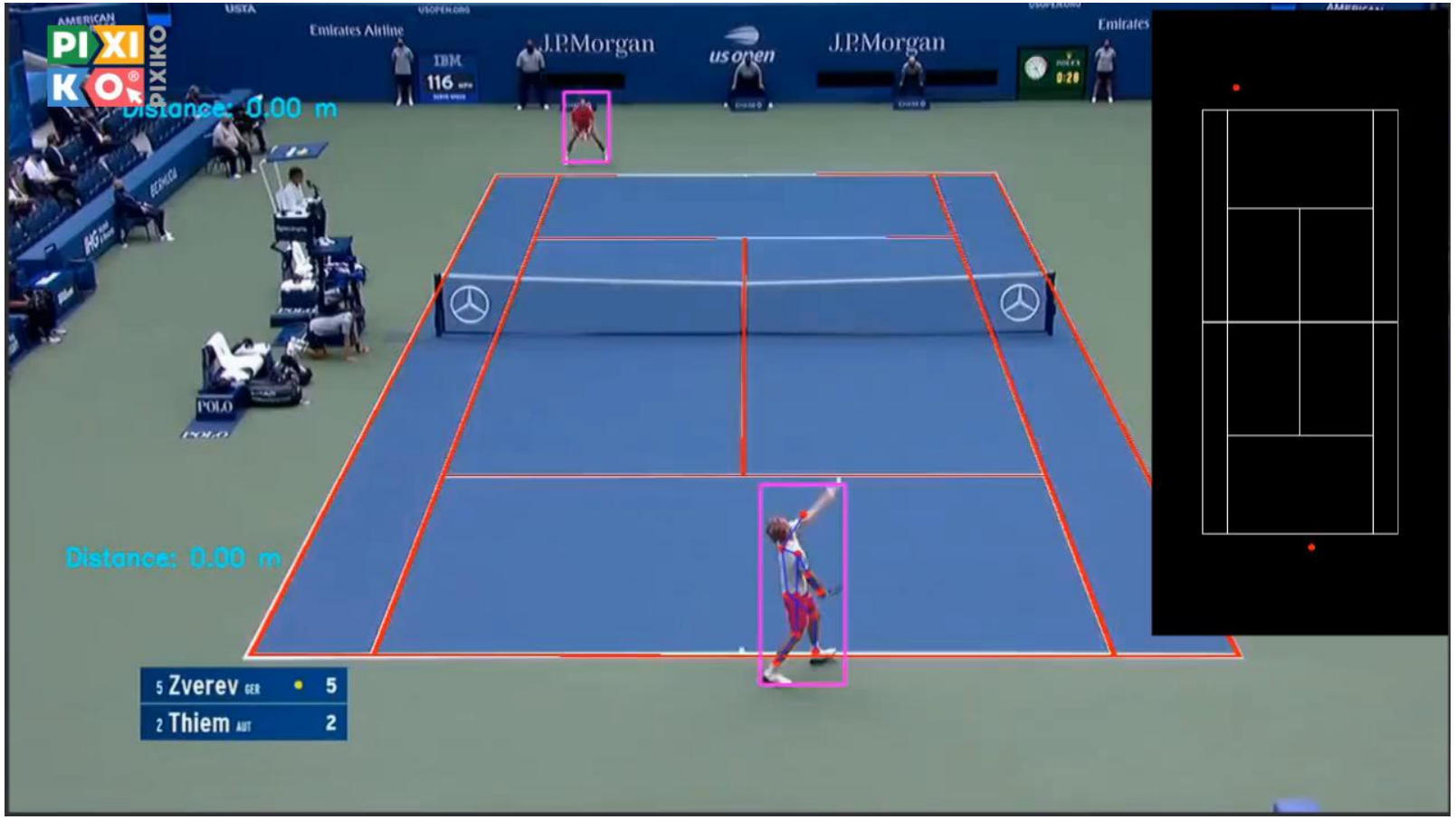
מבנה פעולות המודל הסופי



היקף הפרויקט

על מנת למקד את היקף הפרויקט בחרתי להתמקד בכמה דברים ספציפיים בזמן העבודה:

- זווית הצילום שבחרתי לעבוד איתה, הינה זווית הצילום במשחקי טניס רשמיים, כאשר המצלמה נמצאת מאחורי השחקן בזווית גבוהה (בהמשך אציג דוגמאות לזווית צילום זו)
- עבודה רק עם סרטונים של מהלך משחק, ולא סרטונים המכילים קטעי מעבר.
- סוג המגרשים איתם עבדתי, הינם מגרשים "קשים", כלומר אספלט ולא מגרשים של חימר או דשא (במגרשים אלה הזיהוי יותר קשה כי הקווים מוסתרים לרוב או אינם בולטים).
- סיווג החבטות מתבצע לשחקן התחתון בפריים בלבד, בגלל הקרבה שלו למצלמה, ואיכות צילום נמוכה יותר לשחקן העליון.



טיזר לתוצאה סופית

https://www.youtube.com/watch?v=-Hf69zMGh9w

בסיסי נתונים

- **TrackNet Dataset**

סט של 20,844 פריימים מתוך סרטונים של משחקי טניס רשמיים, כאשר עבור כל פריים מתויג מיקום הכדור בפריים ומצבו (מצב הכדור מתאר האם הוא מופיע בפריים, מוסתר בפריים או אינו בתוך הפריים).

(a) 0021.jpg (b) 0022.jpg (c) 0023.jpg

בסיסי נתונים

- **Strokes Dataset**

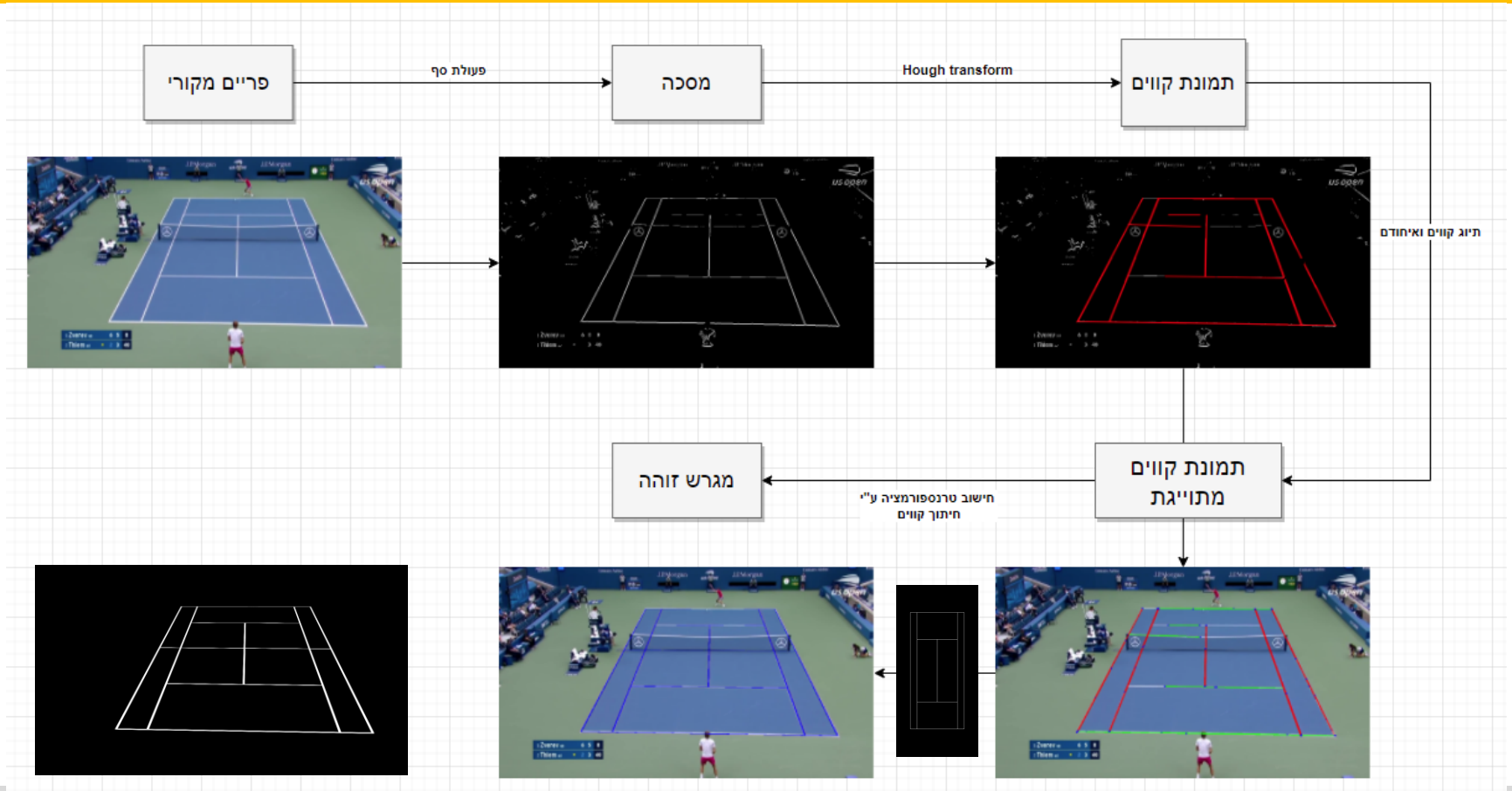
סט שבניתי בעצמי, של 1,401 סרטונים באורך 1-2 שניות של שחקנים שונים מבצעים חבטות במשחקי טניס רשמיים.

סוגי החבטות המתויגות בסט זה הם – Forehand, Backhand, Service/Smash.

משימות המודל

- זיהוי ומעקב המגרש
- זיהוי ומעקב שני השחקנים
- זיהוי ומעקב הכדור
- הוצאת שלד השחקן התחתון
- זיהוי רגעי החבטות
- סיווג החבטה של השחקן התחתון
- חישוב סטטיסטיקות משחק
- בניית מודל משחק ממבט על לשני השחקנים

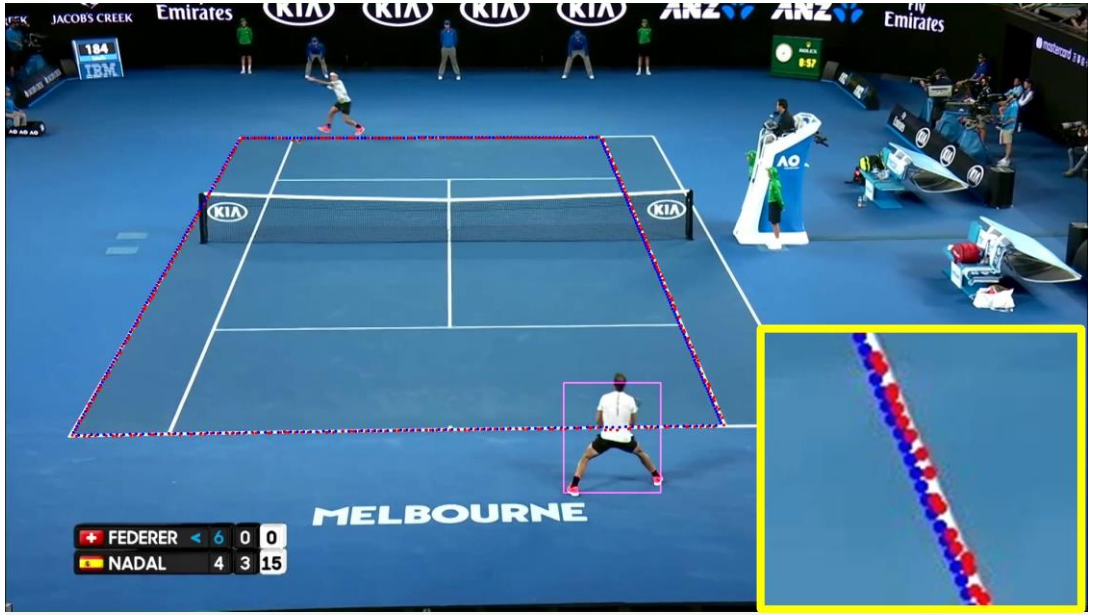
זיהוי המגרש



הרחבה על
מציאת הטרנספורמציה

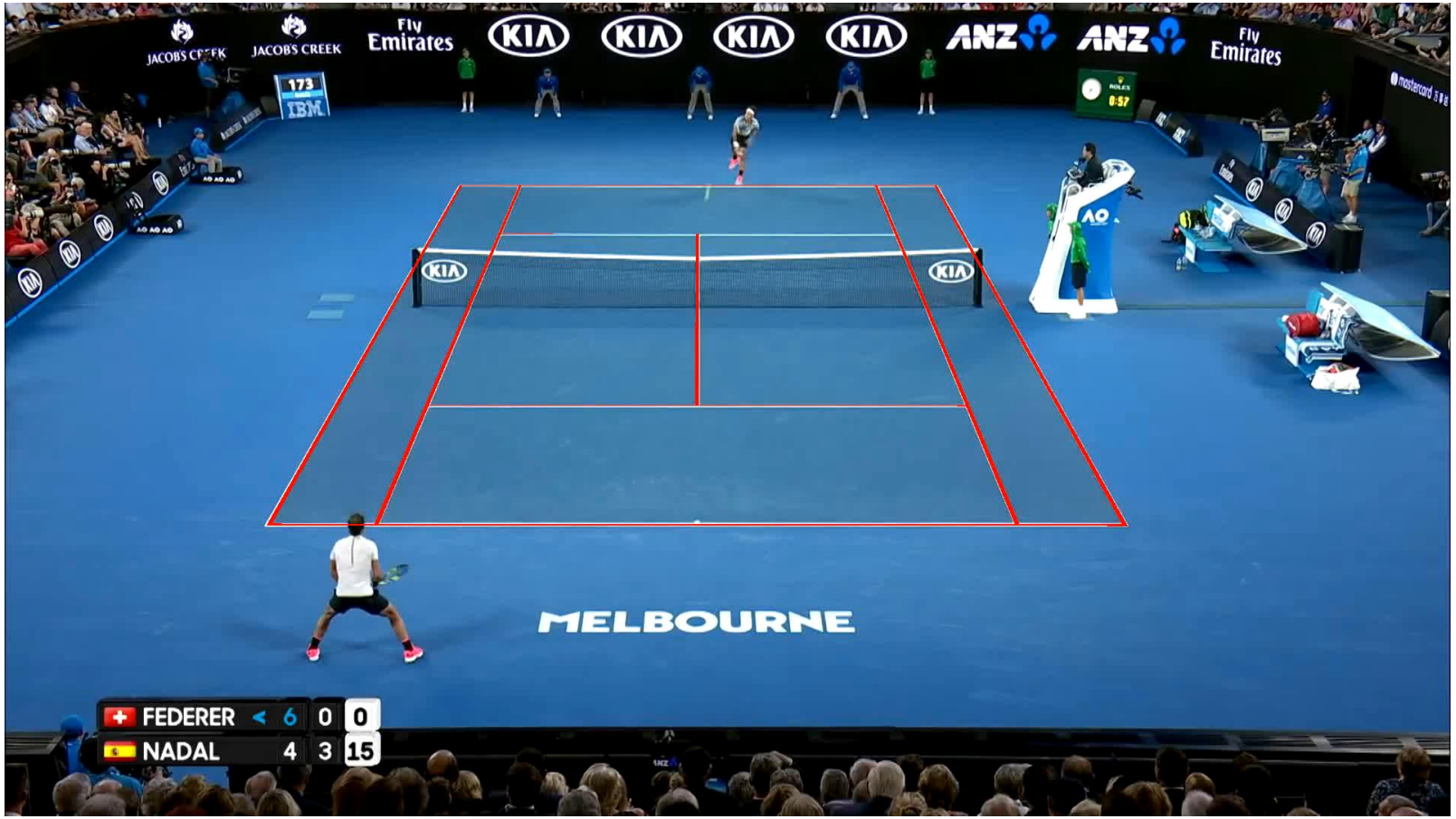
מעקב מגרש

- מעקב המגרש מתבצע בפריימים העוקבים לפריים בו התבצע הזיהוי, וביצוע המעקב מהיר בהרבה ומשתמש במיקום שמצאנו בפריים הקודם.
המעקב מתבצע על ידי בחירת 100 נק' על כל קו שנמצא בתהליך הזיהוי, וחיפוש המיקום החדש שלהם בסביבה קרובה.
- אם מספיק נקודות נמצאו, מתאימים קו חדש לנק' על ידי Least Square, אם לא נמצאו מספיק נק' מבצעים זיהוי מחדש למגרש.



בכחול – נק' בקו הקודם

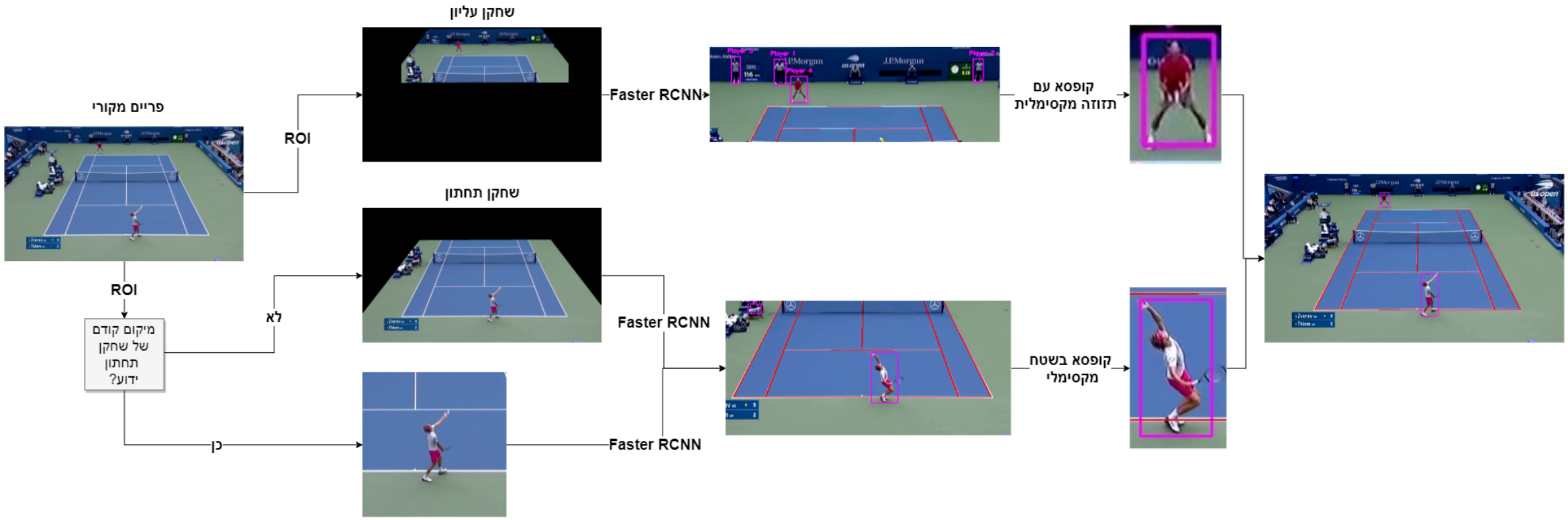
באדום – נק' חדשות



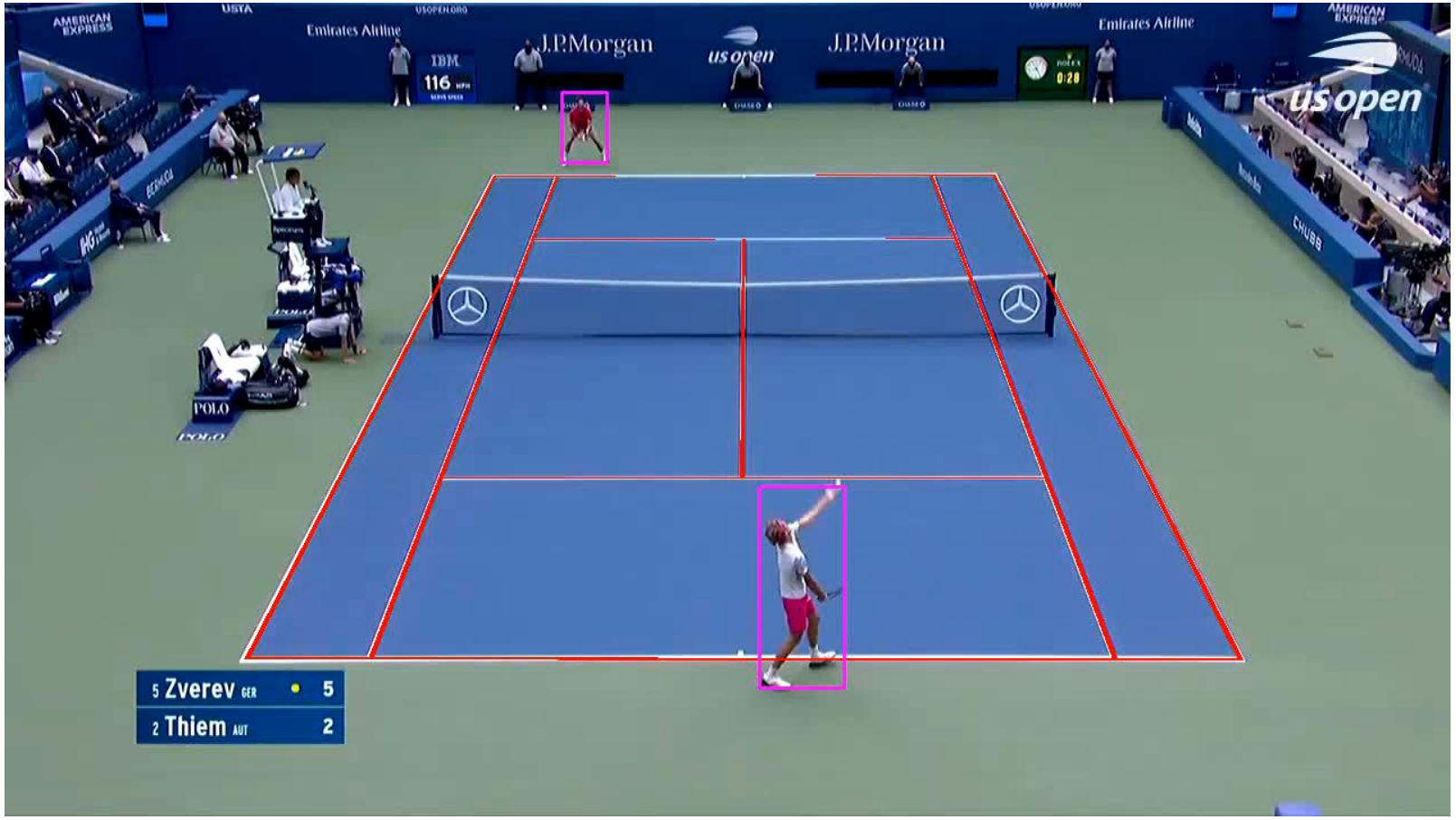
מעקב מגרש – סרטון לדוגמא

https://youtu.be/nsEHtlH_Ao0

זיהוי ומעקב השחקנים



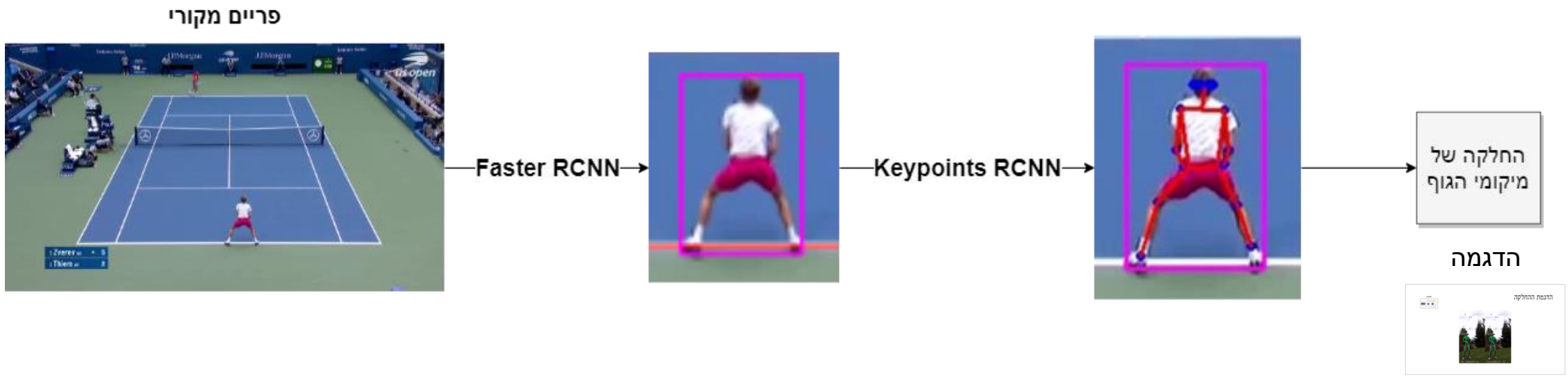
* רשת Faster RCNN אומנה מראש על ImageNet



זיהוי ומעקב שחקנים – סרטון לדוגמא

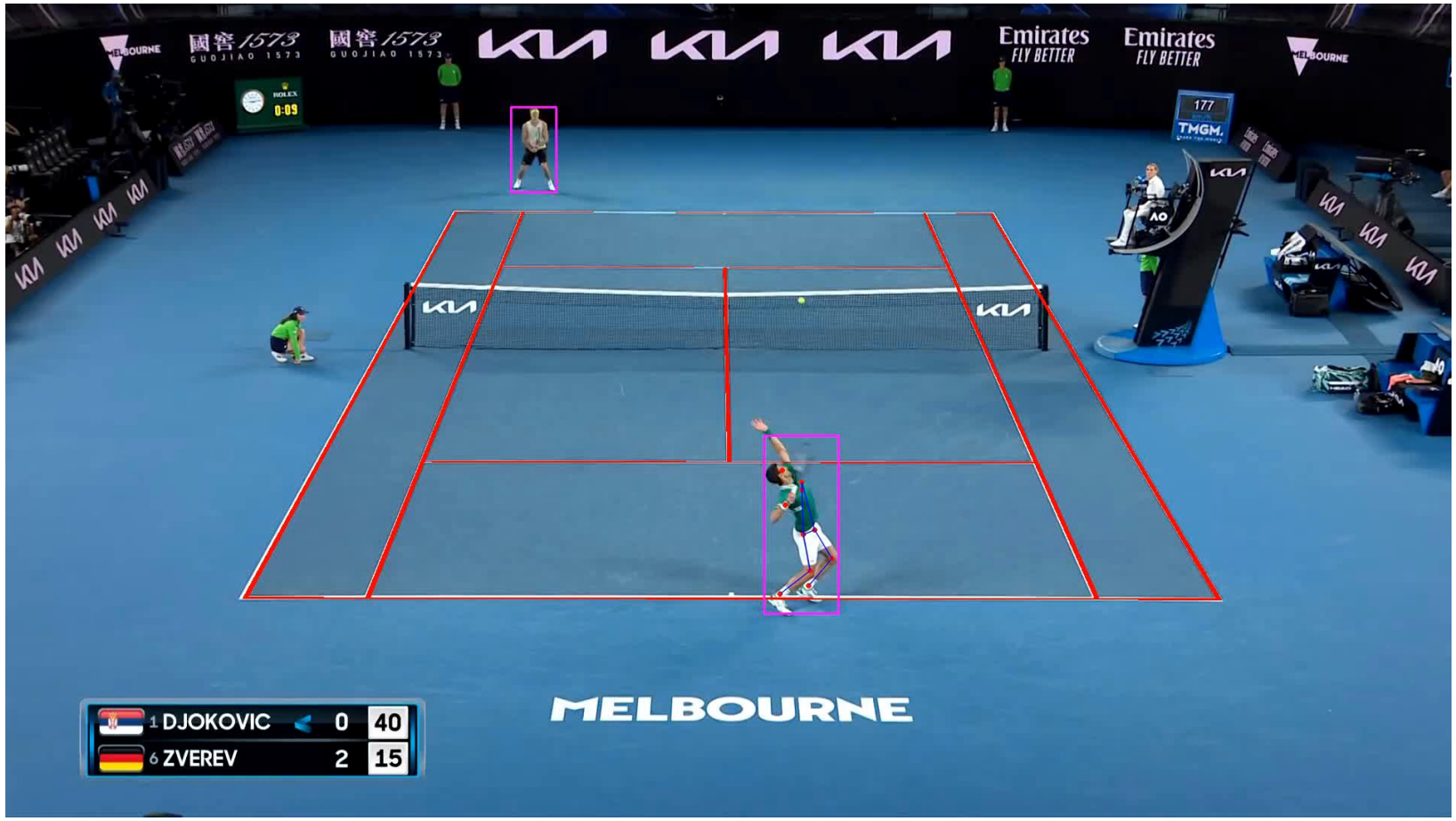
https://youtu.be/za3wzDb8cGw

הוצאת שלד של השחקן התחתון



ההחלקה מתבצעת בשלב הPost processing, ומתבצעת לכל חלק גוף בנפרד. לכל סט של 7 מיקומים רצופים של חלק גוף מסוים, מנסים להתאים פונקציה ריבועית בעזרת Least Square ובכך מחליקים את המיקומים.

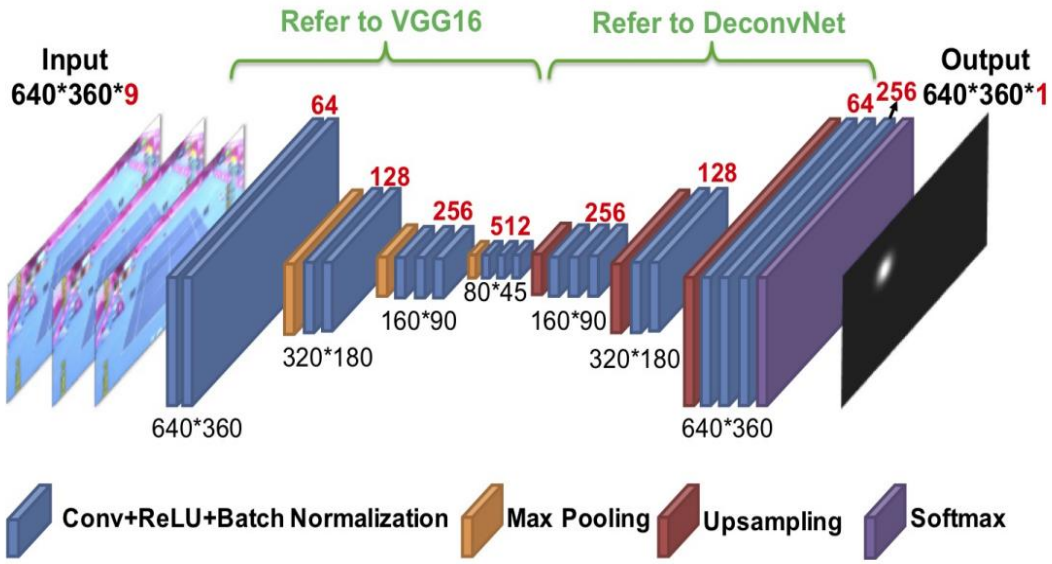
רשת Keypoints RCNN אומנה מראש על COCO



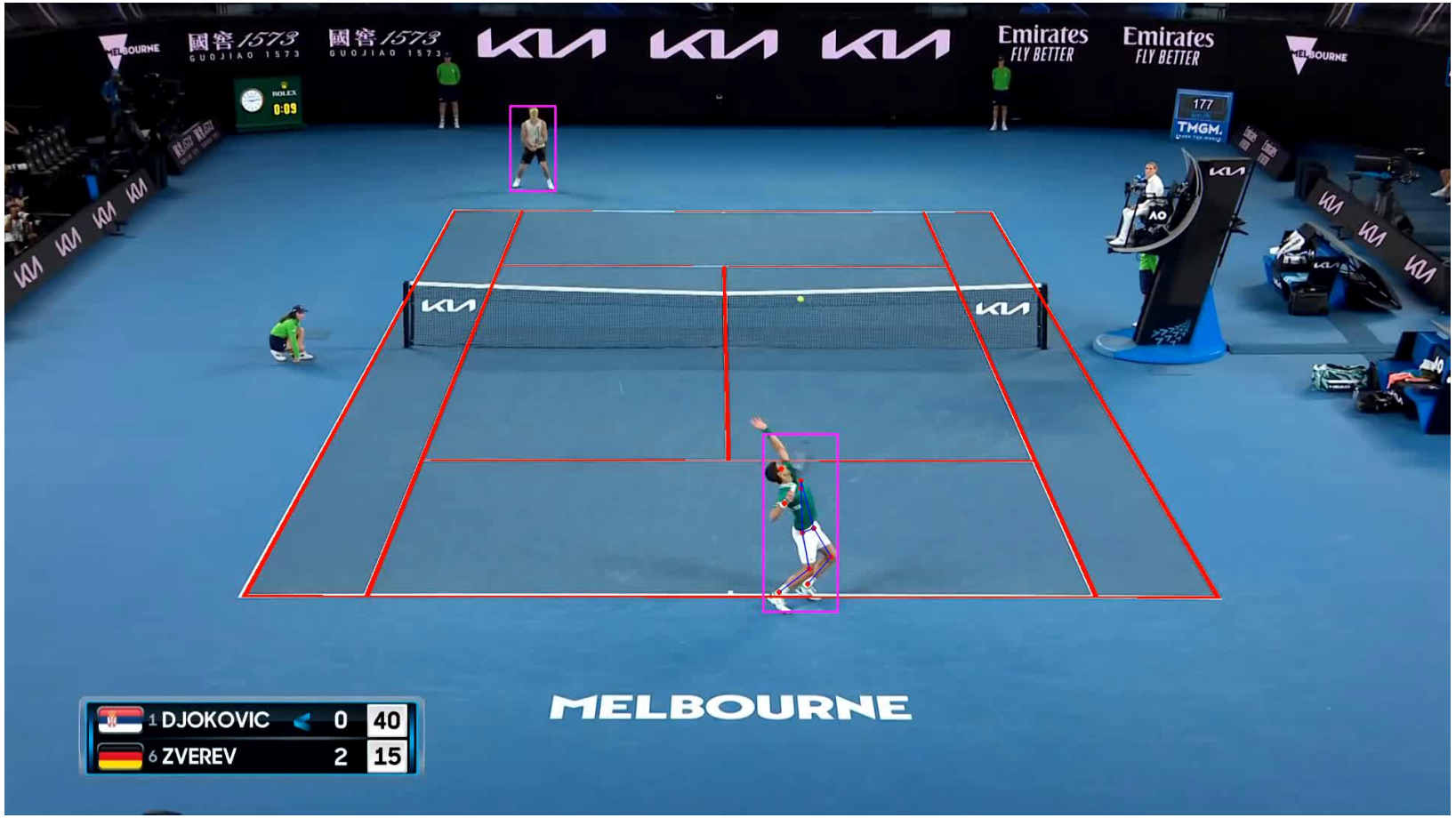
הוצאת שלד – סרטון לדוגמא

https://youtu.be/W-76jV-vjXg

זיהוי ומעקב הכדור



- זיהוי הכדור בכל פריים נעשה על ידי שימוש ברשת עמוקה הנקראת TrackNet. הרשת היא מסוג Encoder-Decoder ומבצעת סגמנטציה לכדור.
- רשת זו מקבלת 3 פריימים עוקבים, ומוציאה מפת סגמנטציה המסמנת היכן נמצא הכדור בפריים האחרון.
- בחרתי לבנות ולאמן את הרשת בעצמי לפי התיאור המפורט במאמר המתאים, דיוק הרשת הגיע ל 91.9% דיוק על סט המבחן.



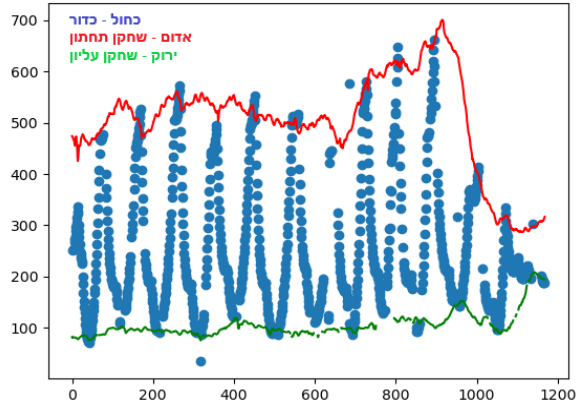
זיהוי ומעקב הכדור – סרטון לדוגמא

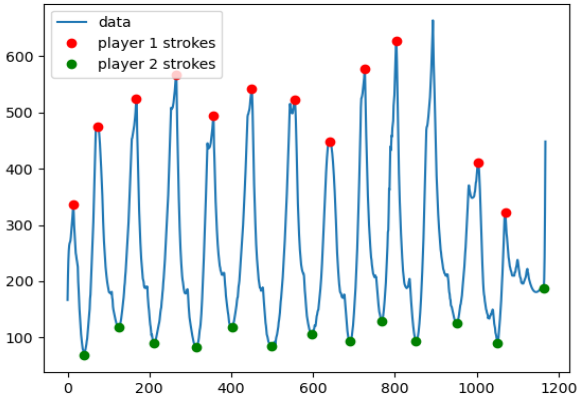
https://youtu.be/xn4KY2niG_s

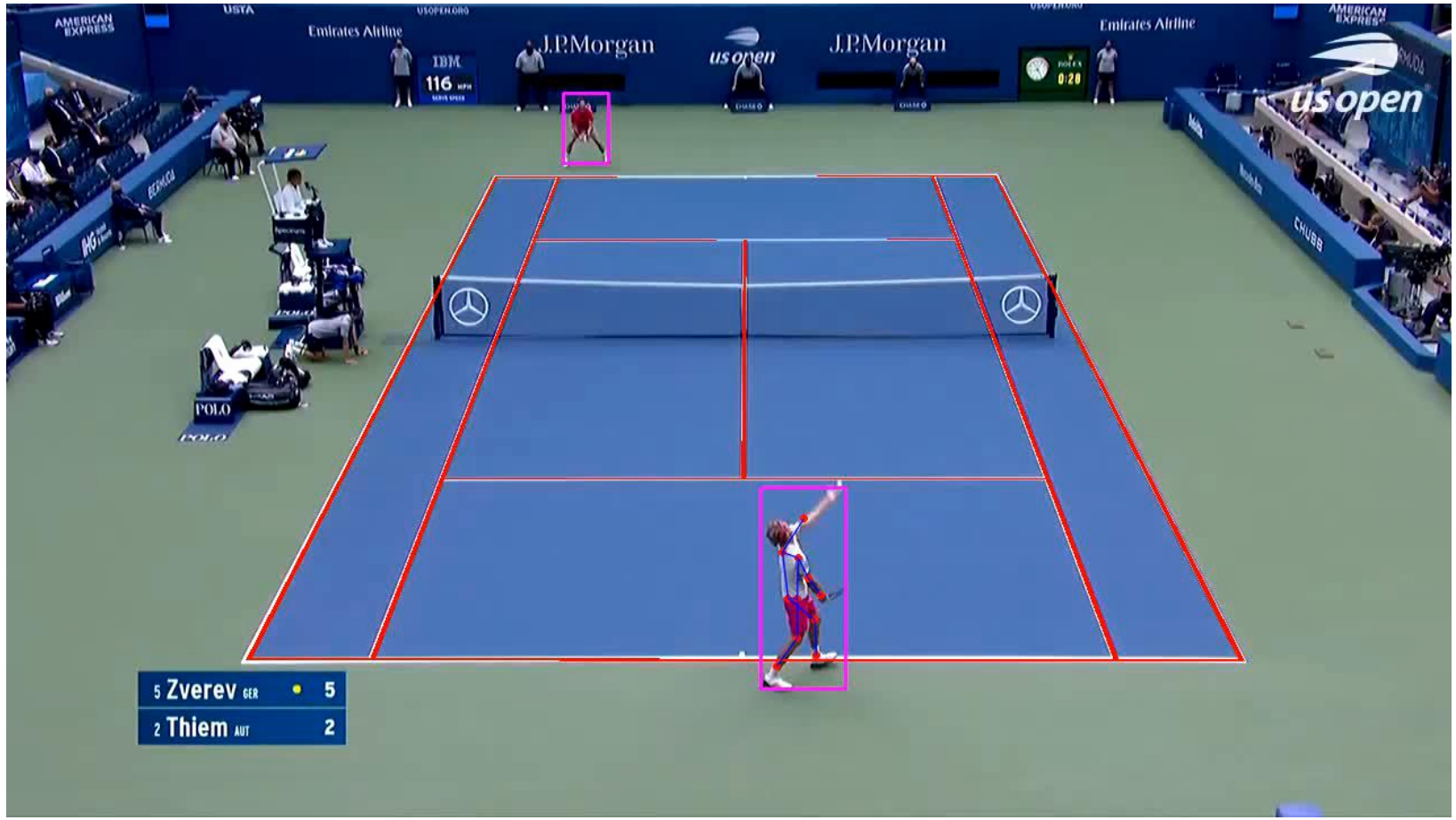
זיהוי רגעי חבטה

- על ידי שימוש במיקום הכדור בפריים, ומיקום השחקנים בכל רגע, ניתן לזהות מתי התבצעה חבטה. לדוגמא בגרף ניתן לראות את אינדקס y של הכדור ושל השחקנים בכל פריים, ולזהות מתי יש חיתוך ביניהם.

- על מנת למצוא את רגעי החבטה בצורה מדויקת, תחילה נמצא את נק' הקיצון בגרף אינדקס y של הכדור (לאחר אינטרפולציה), כך נוכל לזהות רגעי בהם השתנה כיוון הכדור. לאחר מכן נסנן את נק' הקיצון לפי הקרבה לכל אחד מהשחקנים, כך נזהה רק את נק' הקיצון המתאימות לחבטה.





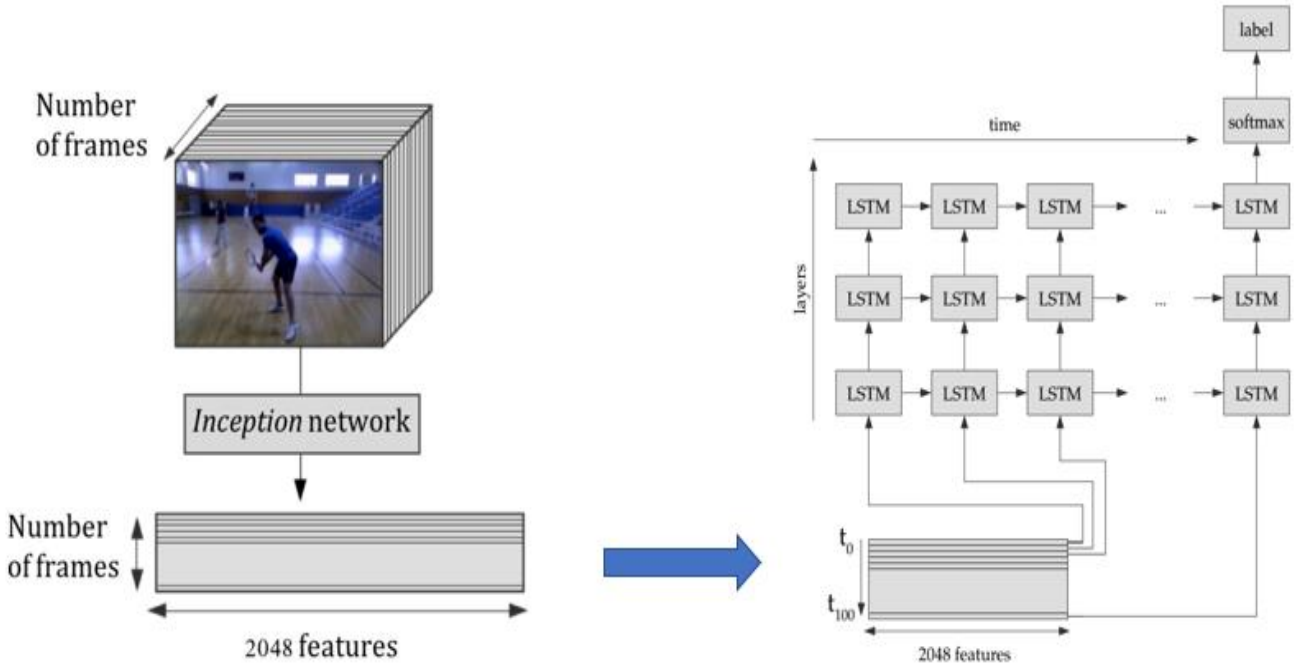


זיהוי רגעי חבטה – סרטון לדוגמא

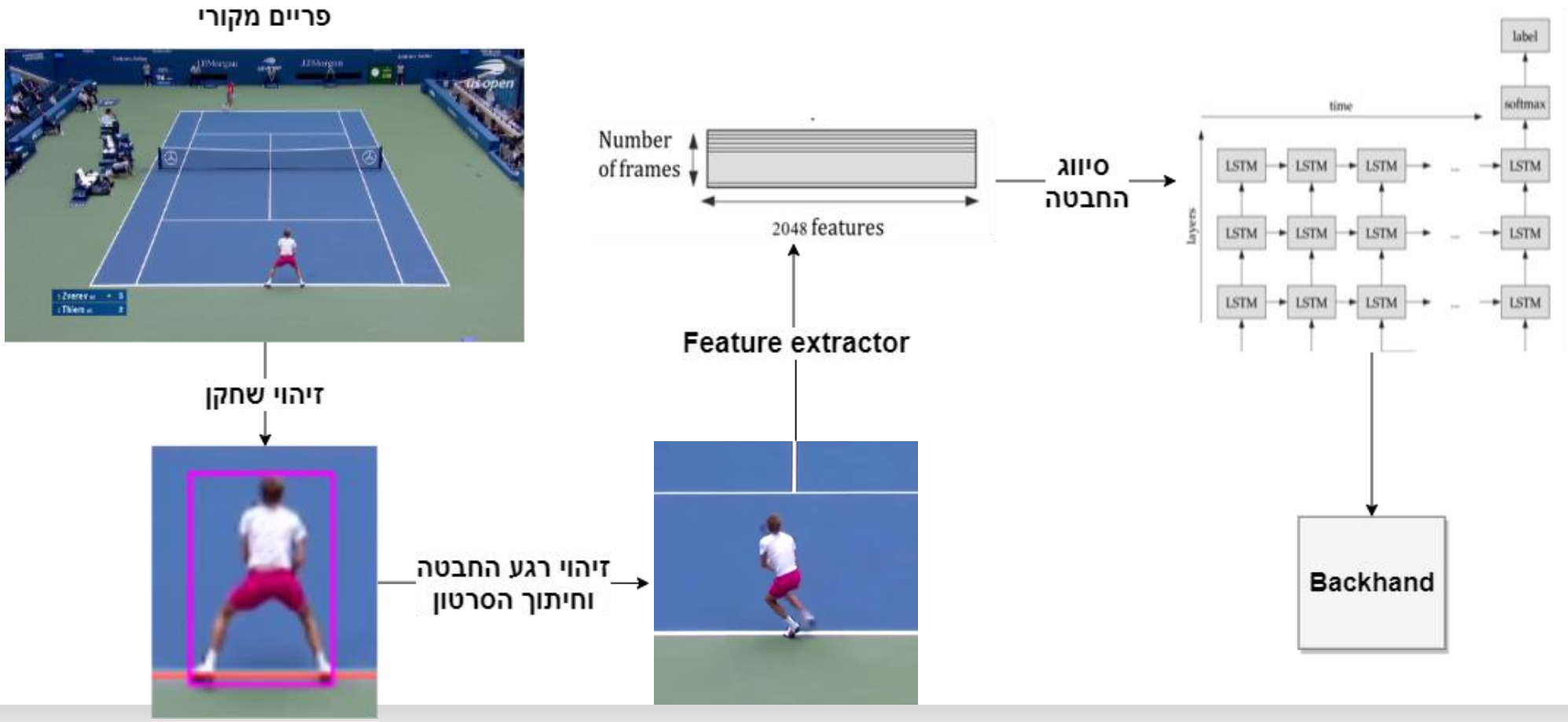
https://youtu.be/2GVgO669dzk

סיווג סוג החבטה

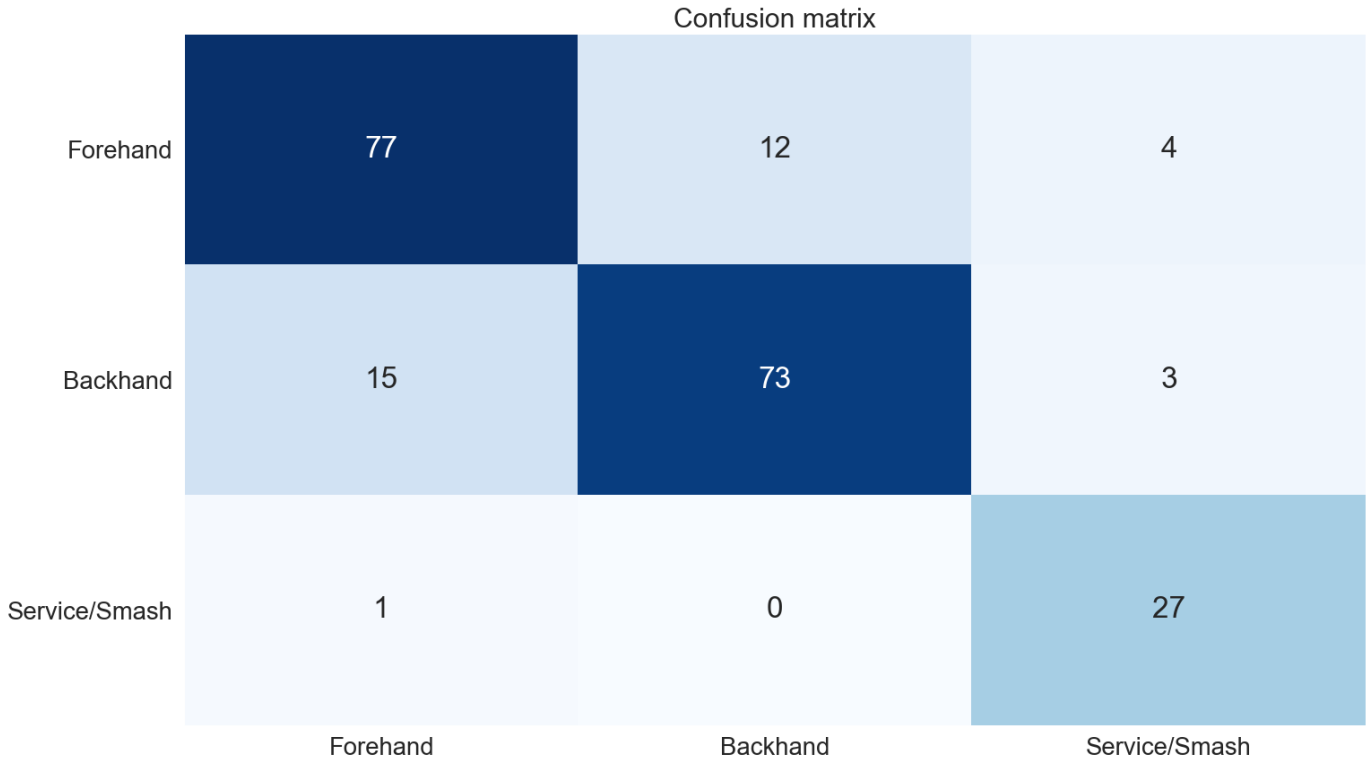
- סיווג החבטה מתבצע על ידי שימוש ברשת עמוקה המתוארת באיור.
- רשת זו אומנה באמצעות סט הסרטונים שבניתי בעצמי Strokes והגיעה לדיוק של 83.5% על סט המבחן.

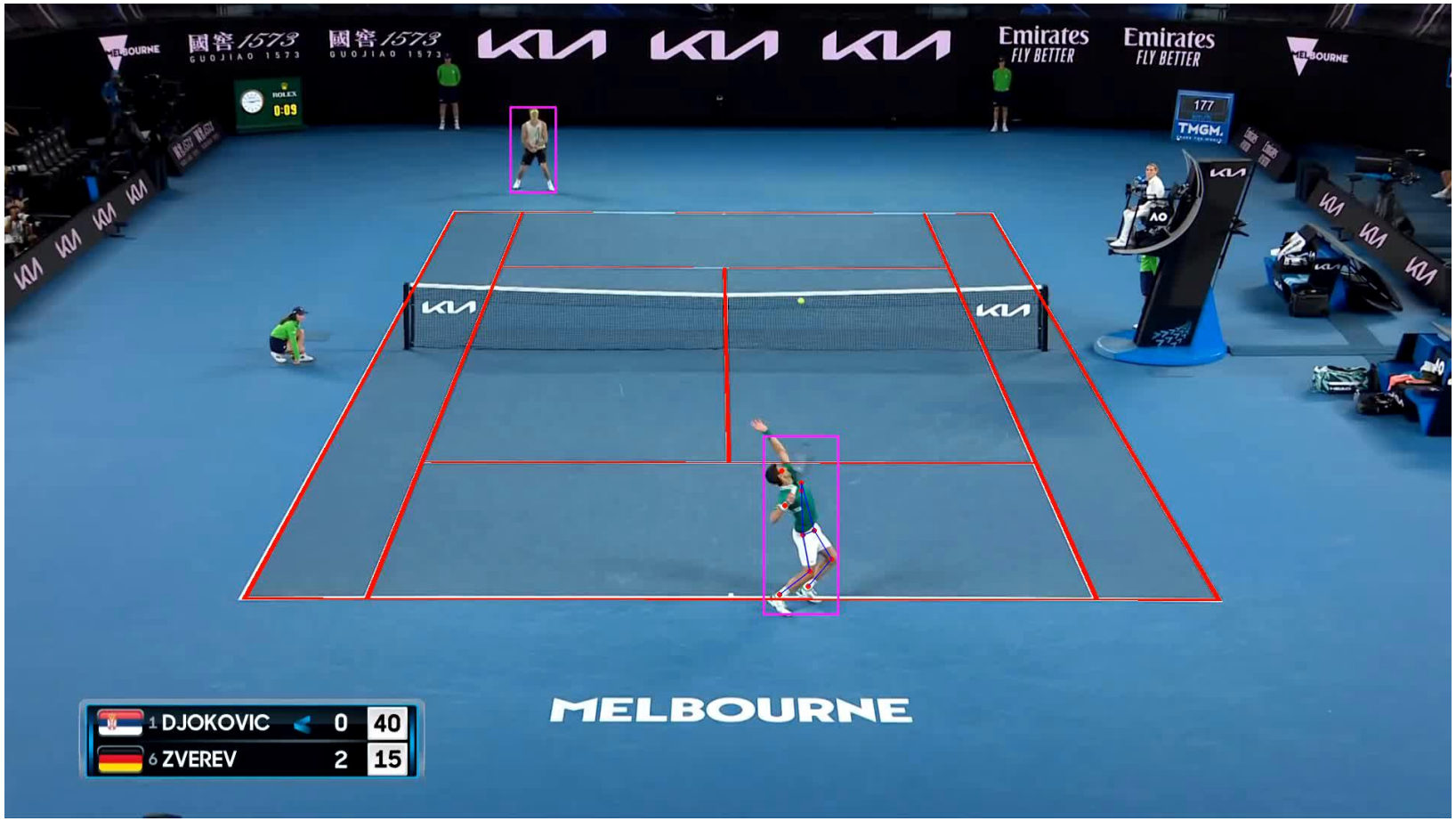


סיווג חבטה - דיאגרמה



Confusion matrix – סיווג חבטה

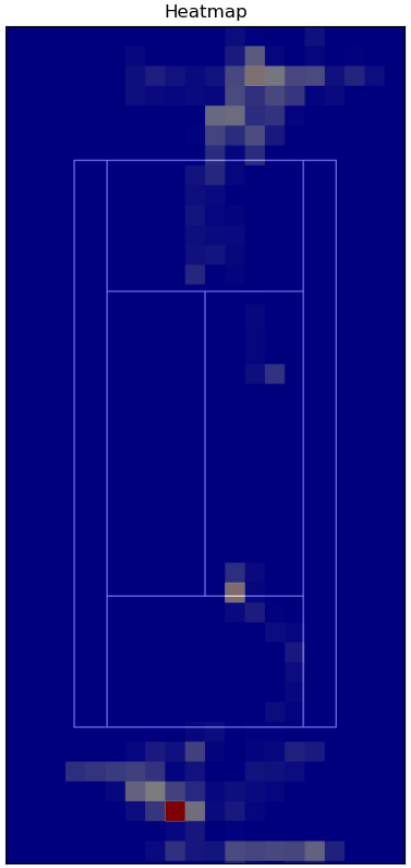




סיווג חבטה – סרטון לדוגמא

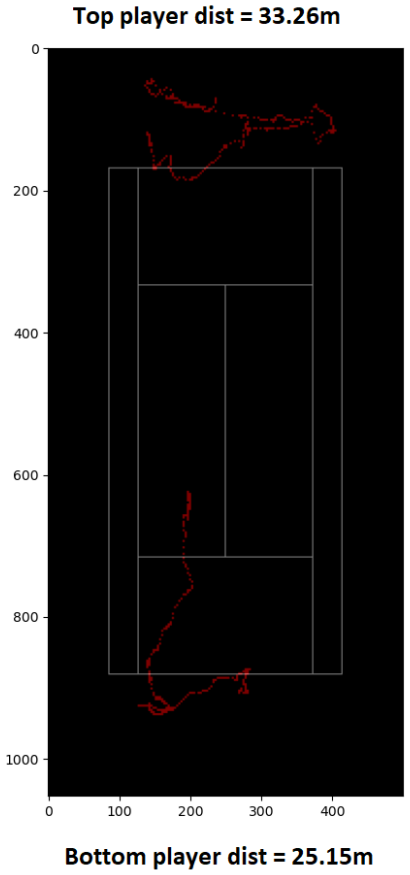
https://youtu.be/5JTNWhpJWz0

סטטיסטיקות



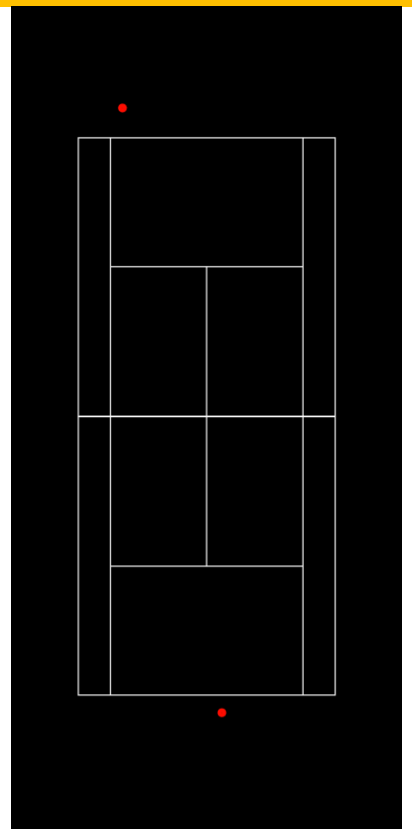
- חישוב הסטטיסטיקות נעשה בשלב הPost processing, לאחר שיש בידי את כל המידע מהחלקים הקודמים.
- מיקום השחקנים במגרש לאורך הסרטון חושב באמצעות הטרנספורמציה ההופכית של המגרש בפריים ומיקום כפות הרגליים של השחקנים.

סטטיסטיקות

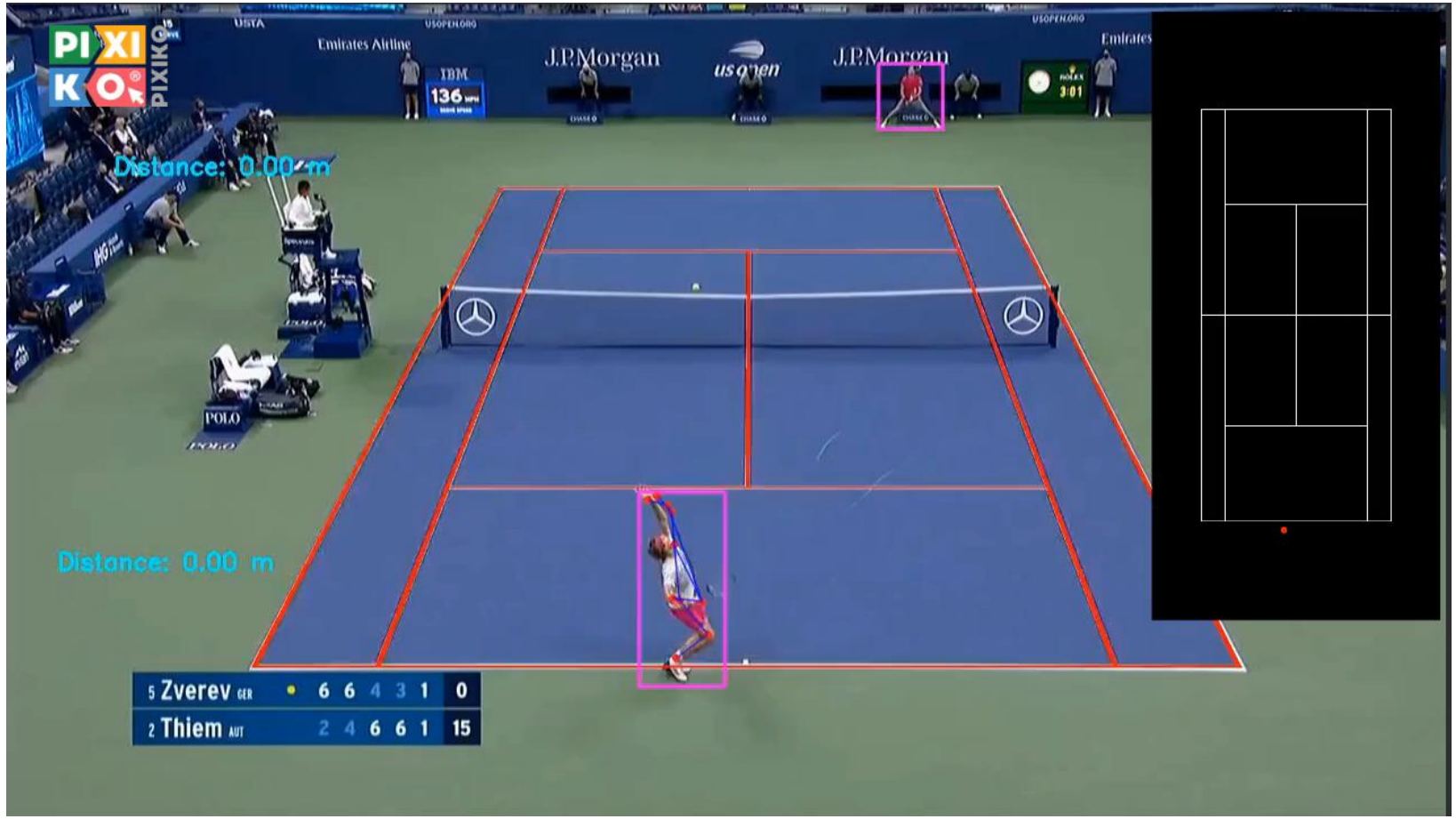


- חישוב מרחק ריצה לכל שחקן נעשה על ידי שימוש במיקום השחקן במגרש בכל פריים (באמצעות הטרנספורמציה ההופכית של המגרש), סכימת המרחקים בין מיקומי השחקן במגרש והמרת מרחק זה מיחידות של פיקסלים למטרים.

מודל משחק ממבט על



- לאחר שיש בידי את מיקום השחקנים במגרש ממבט על מחלק הסטטיסטיקות, יצירת סרטון המציג את מיקום השחקנים בכל פריים הינה פשוטה



תוצאה סופית

https://youtu.be/cpvOmtjOhDg

פרטי מימוש המודלים

- הפרויקט נכתב כולו בPython.
- בפרויקט זה השתמשתי בכמה ספריות הממשות חלק מהאלגוריתמים ומהרשתות העמוקות שהצגתי בפרויקט, ביניהם:
  - OpenCV – עבודה עם הסרטונים, אלגוריתם לזיהוי והתאמת קווים כגון Least squares, Hough transform.
  - PyTorch, Torchvision – מימוש של חלק מהרשתות העמוקות כגון TrackNet, ושימוש ברשתות שאומנו מראש כגון Faster RCNN.
  - Scipy – ביצוע החלקות למידע ואינטרפולציה.

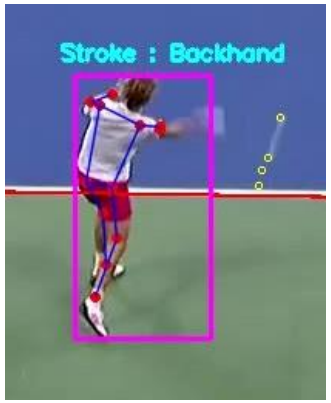
סיכום ומסקנות

- בפרויקט זה הצגתי כי ניתן ליצור מודל קצה-לקצה, אשר מבוסס על כלים לראיה ממוחשבת, שמסוגל לבצע עיבוד וניתוח לסרטונים של משחקי טניס רשמיים, על ידי שימוש במחשב סטנדרטי ובזמן סביר.
- מספר האפשרויות לפיתוח עתידי ושדרוג המודל הינו גדול מאד, וניתן לשפר עד רמת פעילות בזמן אמת.
- לדעתי המודלים שהצגתי יכולים לאפשר למאמנים ושחקני טניס שונים לשפר את יכולות האימון, לדעת לנתח משחקים בצורה איכותית ויעילה ולשפר את תוכניות האימון השונות לפני משחקים. לדוגמא, לפני משחק מול שחקן כלשהו, ניתן לבצע ניתוח להרבה משחקים של אותו שחקן ולקבל תובנות לגבי צורת המשחק של השחקן.

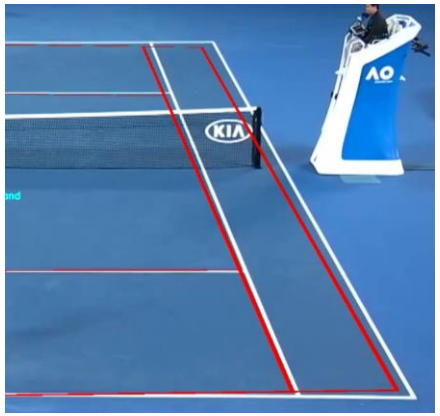
הצעות להמשך פיתוח

- עבור כל אחת מהמשימות שהצגתי עד כה, ישנם מקרים בהם האלגוריתם אינו עובד בצורה טובה. לדוגמא: סיווג החבטות משתמש במודל עם 83% דיוק ולכן מבצע חיזוי שגוי לכמעט חמישית מהחבטות, איכות הסרטון יכולה לגרור שגיאה בזיהוי המגרש, השחקנים והכדור. לכן, הצעה ראשונה להמשך עבודה היא שיפור כל אלגוריתם, על מנת לקבל מודל יותר "עמיד" (Robust) אשר עובד באחוז גדול יותר של מקרים.

שגיאת סיווג



שגיאה בזיהוי המגרש



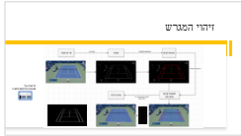
שגיאה בזיהוי השחקן

הצעות להמשך פיתוח

- הגדלת סט הסרטונים Strokes ושיפור המודל לסיווג חבטה (אפשרות לסיווג מספר גדול יותר של סוגי חבטות)
- ביצוע סיווג לחבטות השחקן העליון בפריים (הוספת סט סרטונים המתאים לשחקן זה)
- ייעול החישובים על מנת להאיץ את פעולת המודל
- הוספת כדור למודל ממבט על
- ביצוע העיבוד בזמן אמת וחיזוי חבטה עתידית
- זיהוי האם הכדור נחת בתוך המגרש או לא (שימוש כשופט בזמן משחק)
- הוספת סטטיסטיקות מורכבות כמו ספין הכדור ומהירות החבטה.

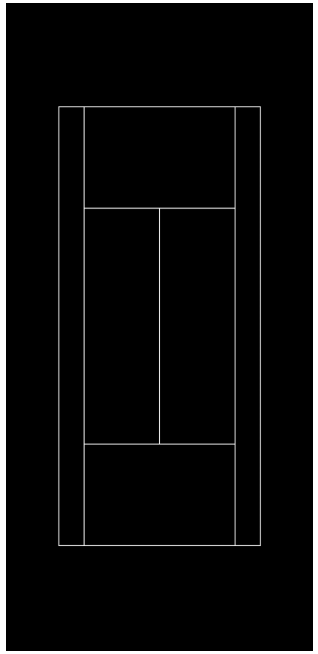
נספחים

חזרה

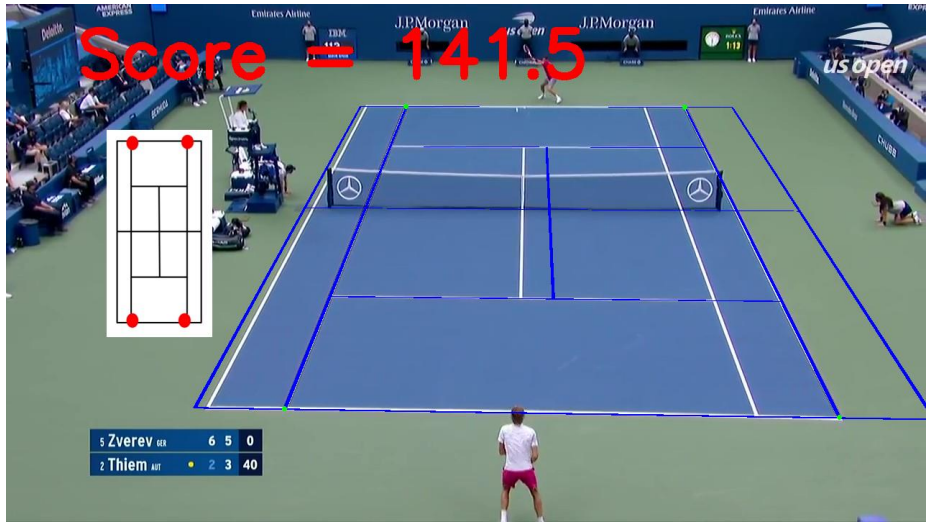


זיהוי מגרש – המשך

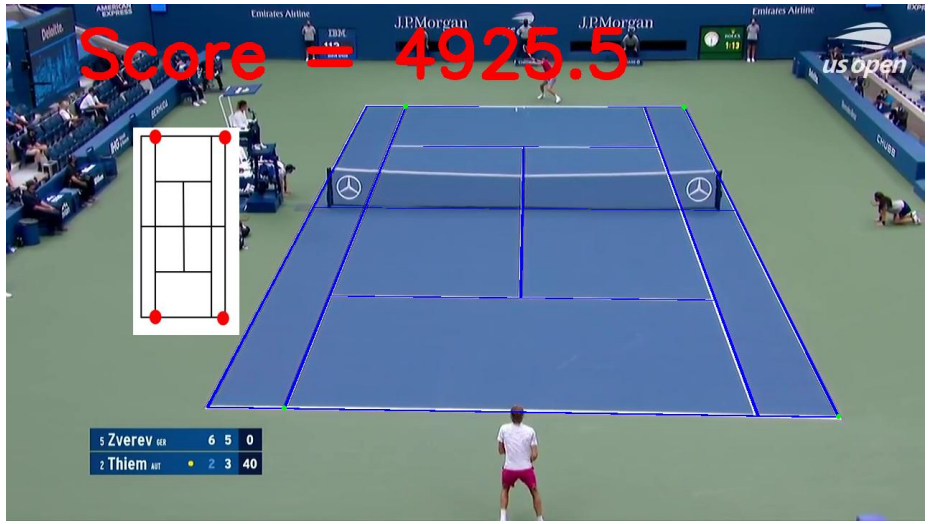
- **שלב 3** – מציאת טרנספורמציה, מתמונת רפרנס של מגרש, למגרש בפריים.
  על ידי מציאת נק' חיתוך בין זוג קווים אנכיים ולזוג קווים אופקיים, ומציאת טרנספורמציה מ-4 נק' החיתוך לנק' על מגרש הרפרנס.



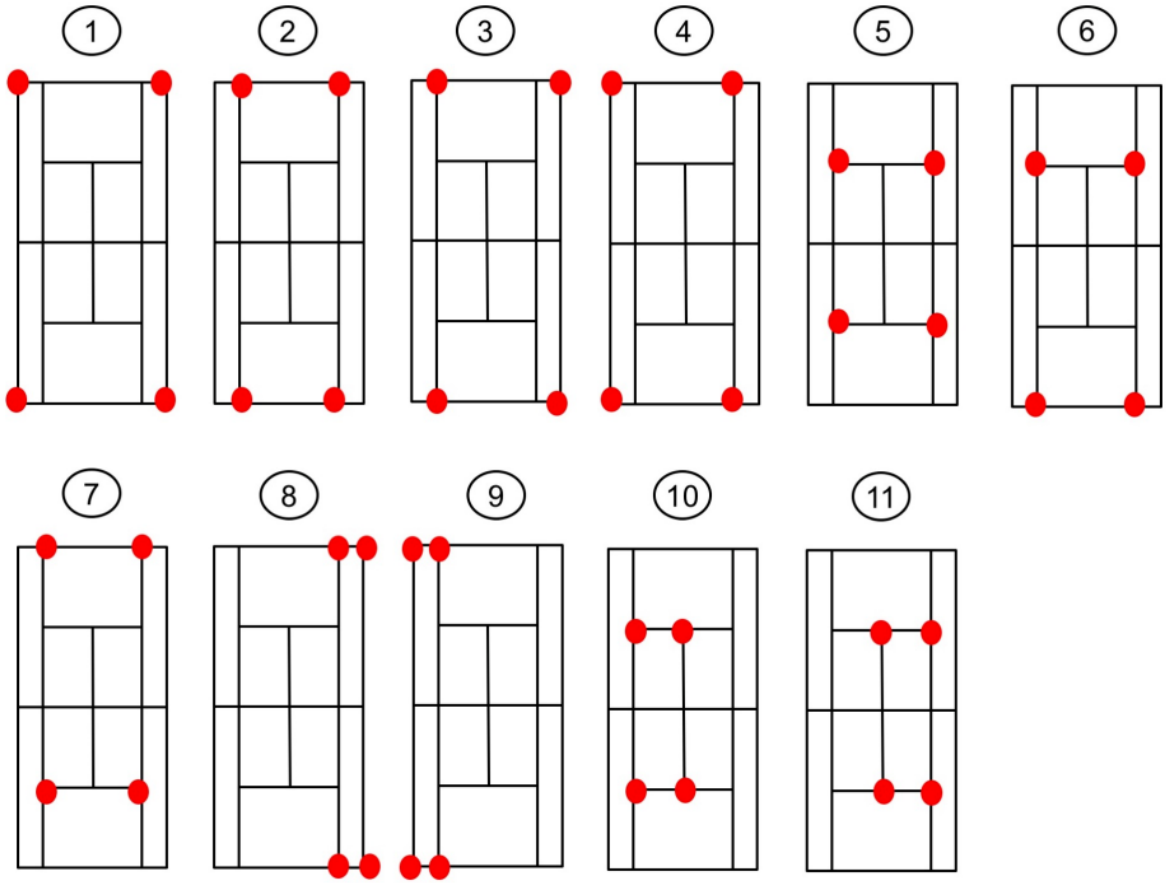
זיהוי שגוי – ניקוד נמוך

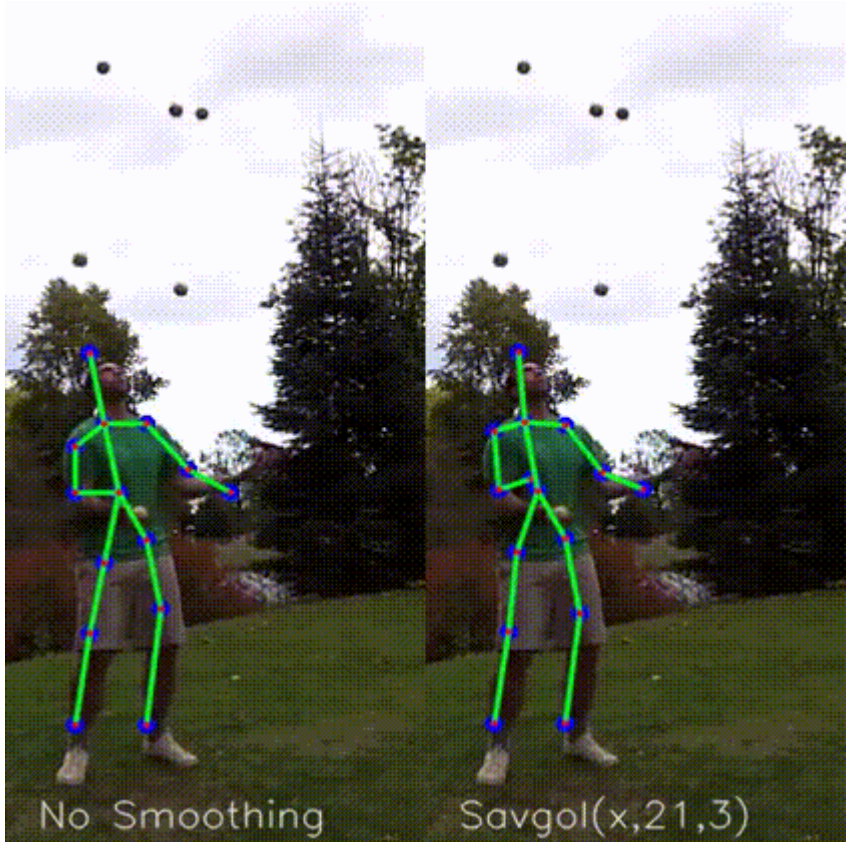


זיהוי נכון – ניקוד גבוה



קונפיגורציות מגרש



הדגמת ההחלקה

חזרה