

שבוע שעבר למדנו איך לזהות ספים - עכשיו נרצה להתקדם עוד שלב ולזהות צורות. למדנו בהרצאה על Hough Transform המרה ממרחב הנקודות למרחב האובייקטים שאנחנו מחפשים.

- לדוגמה: אם אנחנו מחפשים קו, אז כל קו מאופיין ע"י המרחק r מהפינה השמאלית התחתונה ומהזווית θ . צירוף הפרמטרים האלה (r, θ) מגדיר קו.
- אם אנחנו מחפשים מעגלים, אז כל מעגל מאופיין ע"י מרכז (C_x, C_y) ורדיוס r - כלומר ע"י (C_x, C_y, r) .

התא במעגל יכול את כמות הפיקסלים שנמצאים על כל צורה (כל קו, כל מעגל...). אם יש מעט פיקסלים על הצורה כנראה שזה במקרה (קו אחר שחותך את אותו קו), אבל אם יש הרבה פיקסלים כנראה שזו באמת צורה בתמונה.

הגדרה: Hough Transform מעביר אותנו ממרחב התמונה למרחב רב מימדי (תלוי במספר דרגות החופש) של counter.

זהו אלגוריתם brute force - עוברים על כל האפשרויות:

```
for y = 1 : rows
    for x = 1 : cols
        if Edge(y,x)
            for C_y = 1 : rows
                for C_x = 1 : cols
                    r = round( sqrt((C_x - x)^2 + (C_y - y)^2) )
                    count(C_x, C_y, r) ++
                end
            end
        end
    end
end
```

האלגוריתם עובד ב $O(n^4)$, אבל הוא נכנס לשתי הלולאות הפנימיות רק במקרה של פיקסלי שפה.

הערה: נרצה להגביל את $\max R = (\max(M, N))$ כדי לא לקבל דברים מחוץ לתמונה.

אחרי זה צריך למצוא את המעגלים שעוברים סף מסויים:

```
for C_x = 1 : cols
    for C_y = 1 : rows
        for r = 1 : max R
            if counter(C_y, C_x, r) > T
                FOUND CIRCLE!
            end
        end
    end
end
```

נשים ♡: • מה צריך להיות T ? במקרה של מעגלים כדאי שהוא יהיה תלוי ברדיוס. למשל $\frac{r}{4}$ אמור להיות מספיק טוב.

• לא כדאי לצפות למעגלים מושלמים, וכנראה שה"מרכז" יתפזר על איזה אזור. כדאי להסתכל על איזו "גבעה" ולא על נקודה בודדת במרחב Hough.

כדי לשפר את האלגוריתם, נעשה Non Maximum Supression - נסתכל על השכנים של אותה נקודה וניקח רק מעגלים שהם מקסימום מקומי.

ככל שה Edge Detection יהיה יותר טוב, מציאת המעגלים תהיה יותר טובה.

שיפור זמן הריצה¹

מכיוון שעל כל נקודת שפה יש לנו כיוון גרדיינט, במקום לעבור על כל המרכזים האפשריים אפשר לעבור רק על אלו שנמצאים בכיוון של הגרדיינט. $\tan \theta = \frac{s_y}{s_x}$ הוא השיפוע של משוואת הקו הישר. אז אפשר פשוט לרוץ על x לשני הכיוונים² ולקדם את y לפי $\tan \theta$. נשים לב שכאשר $\tan \theta > 1$ מפספסים פיסקלים - ולכן במקרה כזה במקום לרוץ על x ולהוסיף $\tan \theta$ נרוץ על y ונוסיף $\frac{1}{\tan \theta}$ ל y .

¹זמן הריצה בכל מקרה ארוך, אבל אם לוקח בתרגיל יותר מ-5 שניות למצוא מעגלים - צריך לשפר אותו.
²כזי הגרדיינט הוא לפי שינוי הצבע, ואנחנו לא יודעים אם הוא עולה או יורד.