

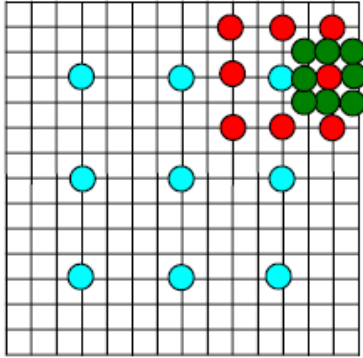
1. שיערוך תנועה

א. בחיפוש מלא, כאשר אזור החיפוש מוגדר 15×15 , מספר החיפושים הוא $15^2 = 225$.

לגבי חיפוש N-Step:

עבור אזור קטן יותר, כגון 14×14 מספר ההשוואות הנו כפי שראינו בכיתה:

9 חיפושים בשלב א, ועוד 8 בשני השלבים הבאים, סה"כ 25 חיפושים.



באזור חיפוש 15×15 לא ניתן בשלשה שלבים להגיע לכל נקודה בחלון החיפוש!

שימו לב לדוגמאות בעמודים הבאים שיבהירו את הבעייתיות במקרה זה ואת כמות החיפושים הנדרשים.

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
-7															
-6															
-5															
-4															
-3															
-2															
-1															
0															
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															

מקרה א':

נניח שוקטור התנועה האמיתי מצביע לכיוון הפיקסל המסומן ב-X, כלומר $V=[6,2]$, כאשר נקודת הייחוס היא הפיקסל $[0,0]$ המסומן באדום.

שלב 1: בודקים את הנקודה $[0,0]$ ועוד 8 נקודות (כחולות) במרחק 4 ממנה בכל כיוון.

יש לשים לב שאם נבדוק במרחק 3 ובצדדים הבאים נקטין את מרחק הבדיקה לא נוכל לכסות את כל חלון האפשרויות של 15×15 הנדרש!

שלב 2: אם נניח שנקודת המינימום התקבלה בנקודה $[4,-4]$, נבדוק עכשיו ב-8 הנקודות סביבה (ירוקות)

שלב 3: אם נקודת המינימום בין הירוקות היא בנקודה $[7,-1]$ נבדוק כעת בנקודות סביבה – הפעם יש לבדוק רק 5 נקודות נוספות, כי האחרות נמצאות מחוץ לגבולות חלון החיפוש!

שלב 4: נקודת המינימום בין הסגולות מתקבלת ב- $[5,1]$, ולכן עושים חיפוש אחרון ב-7 הנקודות סביבה שטרם חיפשנו בהן, והמינימום יתקבל כמצופה, בנקודה $[6,2]$.

בסה"כ חיפשנו ב: $9+8+5+6 = 28$ נקודות ב-4 שלבים (4-Step).

הערה: זה לא בהכרח המקרה הגרוע ביותר (Worst case) מבחינת מספר החיפושים הנדרש! שימו לב למקרה הבא, ולמספר החיפושים הנדרשים בו:

מקרה ב':

כאן, וקטור התנועה אמור להצביע לכיוון נקודה X בקורדינטות $[-4, -4]$. עיברו על השלבים וחשבו מהו מספר הנקודות אותן יש לבדוק כעת כדי להגיע לנקודה הנדרשת ...

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
-7															
-6															
-5															
-4															
-3															
-2															
-1															
0															
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															

בחיפוש אמיניים נהוג להשתמש בסף (Threshold) - אם בחיפוש מסוים נקודת המינימום שנמצאה נמוכה מסף שנקבע קודם לכן – מפסיקים את החיפוש ומשתמשים בנקודה זו כאילו היא המינימום הגלובלי, מתוך הנחה שתמונת ההפרש שתתקבל במקרה זה מספיק קטנה עבור קצב הסיביות (bit-rate) הנדרש.

אי לכך, בדיקה אמיתית לכמות החישובים היא **מיצוע על-פני מספר גדול של חיפוש** אמיתיים תוך שימוש בספים. מספר זה יתאים כמובן ליישום אותו נבדוק, בוג הסרטים והתנועה בהם, הרזולוציה וכדומה.

ב. חישובי PSNR / MAD להזזות השונות

אם נשתמש בחיפוש מלא נקבל בשתי שיטות המדידה (PSNR/MAD) וקטור תנועה נבחר זהה, בנקודה הנכונה:

[illegible]

נקודת המינימום מתקבלת ב- $[0, -3]$ (מוקפת באדום) לעומת נקודת המרכז (מוקפת

בשחור) . בתמונה למעלה חיפוש מלא עם קריטריון MAD .

לעומת זאת, בחיפוש N-Step "נפספס" קצת ונקבל נקודה אמנם סמוכה (בכחול), אך לא מדויקת ! (איזו נקודה – תלוי כמובן במימוש הספציפי של החיפוש. הסימון בכחול הוא למימוש שלי...)

תוצאות מלאות ומדויקות לכל האפשרויות הן :

PSNR	MAD	שיטת חיפוש
15.7	9.3	Full Search
15.7	14.5	3 Step
24.6	63.0	ללא חיפוש תנועה (MV=[0,0])

אם מחשבים את **תמונת הפרש** לאחר קיוז התנועה (המדויק או המקורב) נקבל כמובן הפרשים קטנים בהרבה מאשר תמונת ההפרש הנתונה בשאלה (הפרש ישיר, ללא קיוז!).

2. שיערוך תנועה ברזלוציה גבוהה

הסיבה ל"העלאת רזלוציה" מלאכותית זו היא ניסיון להשיג תמונת הפרש קטנה יותר, אותה נצטרך לשלוח למפענח, בליווי ווקטור תנועה "מדויק" יותר. יש לשים לב שיתקבל רווח אמיתי (בסיביות) אם סה"כ הסיביות המוקדשות לתמונת ההפרש ברזלוציה הגבוהה + הסיביות המוקדשות לווקטור תנועה מדויק יותר (יותר דיוק \Rightarrow יותר סיביות !), יהיה קטן יותר מאשר ברזלוציה המקורית.

במקרה שלנו, כאשר ה"תמונות" המקוריות הן:

מסגרת N-1:

0	0	0	0	0	0
0	0	100	0	0	0
0	100	100	100	0	0
0	0	100	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

מסגרת N:

0	0	0	0	0	0
0	0	0	50	0	0
0	0	50	100	50	0
0	0	50	100	50	0
0	0	0	50	0	0
0	0	0	0	0	0

קל לראות שבהזזה של $[-1,0]$ לדוגמא, נקבל נקודת מינימום:

תמונת ההפרש עבור וקטור תנועה $(-1,0)$:

0	0	0	0	0	0
0	0	-50	0	0	0
0	-50	0	-50	0	0
0	50	0	50	0	0
0	0	50	0	0	0
0	0	0	0	0	0

והקריטריון לקרבה ייתן: $MAD = 8.3333$

בעמוד הבא נראה מה קורה לעומת זאת, כאשר "נגדיל רזלוציה":

הגדלה המסגרת N לרזולוציית חצי פיקסל תיתן לנו את המסגרת הבאה :

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	50	0	100	0	50	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	50	0	100	0	50	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

הגדלה המסגרת N-1 לרזולוציית חצי פיקסל + אינטרפולציה תיתן לנו את המסגרת הבאה
(הערכים בירוק הם המקוריים, באדום ערכים אחרי אינטרפולציה, מודגשים בצהוב: ההזזה
התואמת למסגרת N)

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	25	50	25	0	0	0	0	0	0
0	0	0	50	100	50	0	0	0	0	0	0
0	25	50	75	100	75	50	25	0	0	0	0
0	50	100	100	100	100	100	50	0	0	0	0
0	25	50	75	100	75	50	25	0	0	0	0
0	0	0	50	100	50	0	0	0	0	0	0
0	0	0	25	50	25	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

תמונת ההפרש עבור וקטור תנועה (-1,-0.5)

0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

והפעם: $MAD = 0$, כלומר – התאמה מושלמת !

ניתן לראות כי יש יתרון לשימוש בשיטת שיערוך התנועה ברזולוציה גבוהה. שיטה זו מקטינה את תמונת ההפרש ומאפשרת הקטנת מספר הסיביות שצריך לשלוח למפענח (העלות ווקטור תנועה מדויק יותר !).