**המטרה: לזהות לבדל אובייקטים הנעים בצורה שונה מהסביבה שלהם.**

השגת המטרה נעשית על ידי שני שלבים עיקריים:

1. זיהוי יעיל של החזית (האובייקט)

המטרה העיקרית של שלב זה הינה להחליט אילו פיקסלים מהתמונה מצאים בתוך האובייקט ואילו לא על בסיס תנועה בלבד. ההחלטה נעשית על ידי מימוש optical-flow בין שתי תמונות עוקבות והבחנה בגבולות האובייקט. (אידיאלית עבור כל גוף נע נקבל עקום סגור מוגדר שבתוכו נמצא האובייקט ומבחוץ נמצאת הסביבה. אולם בשל טעויות שערוך לא ניתן להגיע למצב כזה ולכן הגבולות המתקבלים אינם מובהקים).

1. הבדלה של החזית (האובייקט) מהסביבה

שלב זה מבוסס על מציאת הגבולות של האובייקט (מניח קיום שלב ראשון), שבדרך כלל מצביע באופן כללי היכן ממוקם האובייקט בתמונה. המטרה של השלב הזה הינה למצוא את האובייקט על ידי סגמנטציה ולהבדיל אותו מהסביבה שלו עבור כל התמונות.

השגת המטרה נעשית על ידי ביצוע אינטגרציה כוללת על כל הוידאו וביניית אנליזה דינמית עבור האובייקט תחת ההנחה שהוא נע באופן רציף לאורך הזמן. הבנת המשמעות של המאפיינים של התמונה הינה מרכיב חשוב במציאת הפרטים הקטנים וביצוע ההבחנה בין האובייקט לרקע. הבנה כזו עוזרת במציאת האובייקט עבור תמונות בהן האובייקט היה סטטי.

פירוט השלב הראשון:

1. חישוב optical-flow עבור כל זוג פריימים – על ידי אלגוריתם שעושה שימוש ב-GPU (N. Sundaram, T. Brox, and K. Keutzer. Dense point trajectories by gpu-accelerated large displacement optical flow. In ECCV, 2010)
2. מציאת הגבולות של האובייקט – הדרך הפשוטה למצוא גבול של אובייקט הינה לחשב את עוצמת הנגזרת של וקטור ה-optical-flow עבור כל פיקסל בתמונה, האלגוריתם עושה זאת על ידי חישוב הפונקציה:

כאשר הערכים שמקבל הינם בין אפס לאחת ו הינו פרמטר הקובע את שיפוע הפונקציה. עבור עצמים שנעים מהם ביחס לסביבה שלהם הערכים עבור יהיו גבוהים וקרובים לאחת ועבורם תהיה הבחנה טובה באובייקט. עבור עצמים שהגבולות שלהם מקבלים ערכים נמוכים הקרובים לחצי או נמוכים ממנו האבחנה תהיה קשה יותר כיוון וכאן נכנסים לידי ביטוי שגיאות ורעשים. על מנת למצוא את העצמים הקשים לזיהוי מגדירים משערך חדש אשר בודק את כיוון הווקטור של הפירסל הבודד אל מול הפיקסלים השכנים שלו.

*הרעיון הוא שגבולות האובייקט ינועו באופן שונה מהשכנים שלהם. כלומר כל עוד האובייקט נע בכיוון שונה מהסביבה שלו, גם אם המהירות נמוכה יהיה אפשרי להבחין בו (עבור תמונות סטטיות האלגוריתם איננו מניב תוצאות טובות בשל העובדה כי התוצאות של ה-optical-flow רועשות). מכיוון שכל אחת מהשיטות מניבה שגיאות, עדיף לחבר בין השתיים כך שיתקבל קריטריון בודד עבורו תתקבל החלטה:*

*כאשר T הינו סף ממנו הערכים עבור מספיקים לבד. ומתחתיו נדרשת הכפלה בערכים שמקבל .*

1. זיהוי האם פיקסל בודד הינו בתוך או מחוץ לאובייקט על בסיס שיטה שנקראת מגיאומטריה חישובית. השיטה אומרת שעבור אובייקט בעל גבולות סגורים כל קרן שיוצאת מפיסקל הממוקם בתוך האובייקט תחתוך את הגבולות שלו מספר אי זוגי של פעמים. מכיוון שהגבולות של האובייקט לאו דווקא סגורים בשל שגיאות, רעשים וטעויות בזיהוי, קרן אחת איננה מספיקה ומתבצעת החלטה על פי רוב מתוך שמונה קרניים בזווית של 45 מעלות אחת מהשנייה.

לאחר הבנת הרעיון הכללי שגוזל זמן חישוב יקר נעשה שימוש באלגוריתם שנקרא integral intersections.

1. מימוש האלגוריתם integral intersections – יצירת מטריצה S בגודל התמונה mXn עבור ארבעה כיוונים, אופקי אנכי ושני אלכסונים. עבור כל כיוון (לדוגמא הכיוון האופקי) נעבור על כל שורה משמאל לימין ונספור את מספר הפעמים שנחצה גבול, כאשר הפיקסל השמאלי מכיל את הספרה אפס ועבור כל חצית גבול ערך הפיקסל עולה ב-1. לאחר מעבר על כל השורות נעשה מעבר נוסף עבור כל פיקסל על מנת להחליט האם מדובר בפנים האובייקט או לא. עבור קרן שמאלית עבור קרן ימנית .

*פירוט השלב השני:*

1. *מבצעים חלוקה של התמונות של כל הוידאו לסופרפיסלים שיכולים לקבל ערכים של אפס או אחד. אפס עבור הסביבה או הרקע ואחד עבור האובייקט. מגדירים פונקציית אנרגיה המורכבת מארבעה משקלים:*
   1. *Ai - פוטנציאל של הסופרפקסל להיות רקע או אובייקט*
   2. *Li - מיקום הסופרפיקסל בפריים*
   3. *V - פוטנציאל spatial smoothness – פרמטר המגדיר שכנות של סופרפיקסלים בפריים בודד*
   4. *W - פוטנציאל temporal smoothness – פרמטר המגדיר סופרפיקסלים זהים בתמונות עוקבות*

* *משקלים על שלושת הפרמטרים האחרונים*
* *הפונקציות המבטאות את V ו-W נקראות constant modulated potts potentials. השוני היחיד הוא במקדם של הפונקציה עבור W שמבטא את אחוז ההתאמה של ה-optical-flow בין שני פיקסלים הנמצאים בתוך שני הסופרפיקסלים.*

1. *מבצעים מינימיזציה לפונקציה בעזרת GrabCuts*
2. *קביעת המטריצה המבטאת את השיוך של המרכיבים בתמונה לסביבה או אובייקט נעשית באופן הבא:*
   1. *משוערך על ידי GMM עבור הסביבה ו-GMM עבור האובייקט על ידי לקיחה בחשבון של כל הפריימים בתמונה עם התחשבות בקירבה של הפריימים לפריים המקור. שיערוך ה-GMM נעשה בצורה אוטומטית מהמטריצה של גבולות האובייקטים שחושבה בשלב הראשון.*
   2. *עבור כל סופרפיקסל יחושב האם הוא אובייקט על ידי הנוסחא הבאה:*

*הגורם הראשון מתחשב במשקל על הסופרפיקסל לאורך הזמן, הגורם השני הוא האחוז סיכוי שהפיקסל שייך לאובייקט או רקע.*

1. *חישוב מטריצת המיקום – מבוצע בשני שלבים מקבילים – סכימה על קשרים בין סופרפיקסלים בין מסגרות עוקבות + 'הורדת ציון' על סופרפיקסל עם צבר גרדיאנטים גדולים (מסמן על רעש, איזור של יותר מאובייקט/רקע אחד) . המטרה לתת ציון גדול יותר על פיסקסלים שנשארים באותם סופרפיקסלים*
2. *ביצוע מספר איטרציות עד להתכנסות L\* - מיפוי הסגמנטציה הרצוי*

Frame, options

Optical flow

Super pixels

In-Out maps - עבור כל פריים, מחזיר הגברים עבור כל פיקסל , הגבר שיוך לסופרפיקסל, שיוך לרקע ושיוך לאובייקט

Create masks V,W

Create location mask Lt

Iterations on E

Creates Labels for foreground background masks

Get unary potentials

Create masks At

Get inside outside maps Mt

Get unary appearance

Fit GMM

Fit GMM

Find unique Foreground colors

Fin unique Background colors

Foreground colors

Background colors

Background masks

Foreground masks

Create unary mask

Accumulate in out maps

Compute pairwise potentials

Get SuperPixels in ratios

Get super pixel states

Make Superpixel Index Unique