

# Image Processing - Exercise 3

Ofek Avidan, ofek.avidan, 318879574

## מבוא

מטרת התרגיל היא לחקור וליישם טכניקות מיזוג תמונה וטכניקות תמונות-היברידיות ליצירת תמונות. מיזוג תמונות כולל שילוב חלק של שתי תמונות באמצעות מסכה כדי לשלוט במעבר ביניהן. יצירת תמונה היברידית שואפת ליצור תמונה אחת המציגה פרשנויות או הופעות של דמויות שונות כאשר אנו צופים בה ממרחקים שונים. הטכניקה העיקרית המשמשת לפתרון משימות אלו היא הרעיון של מניפולציה של תחום התדרים, במיוחד באמצעות שימוש בפירמידות גאוסיאניות ולפלסיאניות. פירמידות אלו מאפשרות פירוק של תמונות לתדרים שונים, מה שמאפשר מיזוג חלק והכלאה של תמונות בקנה מידה שונה.

## אלגוריתם

### יצירת תמונה היברידית:

תיאור:

אלגוריתם יצירת התמונות ההיברידיות ממנף את תופעת התפיסה החזותית (ניתן לקרוא על זה כאן - [https://en.wikipedia.org/wiki/Visual\\_perception](https://en.wikipedia.org/wiki/Visual_perception)) כדי ליצור תמונה שנראית אחרת על סמך מרחק הצפייה. בתחילה, האלגוריתם מחיל מסנן של לואו-פאס פילטר, בדרך כלל גאוסיאני (בחרתי בכך כי הטשטוש יוצא יותר "חלק" בצורה הזו, וללא "רינגים"/"טבעות"), על תמונת הקלט הראשונה. פעולה זו מסירה פרטים בתדר גבוה, ומשמרת רק את המבנה הגלובלי (כלומר פנים הגוף ולא קווי מתאר) ורכיבים בתדר נמוך. במקביל, מסנן של היי-פאס פילטר, שמושג לעתים קרובות על ידי הפחתת התמונה המסוננת בלואו-פאס מהתמונה המקורית, מוחל על תמונת הקלט השנייה. זה מדגיש פרטים עדינים (קווי מתאר, מעברים, אדג'ים) ורכיבים בתדר גבוה. על ידי הוספת התמונה המסוננת בלואו-פאס והתמונה המסוננת בהיי-פאס, נוצרת תמונה היברידית. במבט מרחוק, רכיבי התדר הנמוך שולטים, מה שגורם לנו לזהות את התמונה הראשונה. עם זאת, במבט מקרוב, הפרטים בתדר הגבוה הופכים בולטים יותר, וחושפים את התכונות מהתמונה השנייה.

### פרטי יישום:

**ספריות:** היישום מסתמך בעיקר על OpenCV (cv2) עבור משימות עיבוד תמונה כגון טשטוש גאוסיאני, חיסור תמונה וחיבור.

**היפרפרמטרים:** היפרפרמטרים מרכזיים כוללים את גודל הגרעין ("קרנל") עבור טשטוש גאוסיאני, הקובע את מידת ההחלקה המוחלת על תמונות הקלט. בחרתי את גודל הגרעין להיות 67 לאחר ניסוי וטועה.

**אתגרים:** אתגר אחד הוא למצוא איזון בין רכיבי הלואו-פאס ורכיבי ההיי-פאס כדי להבטיח שהתמונה ההיברידית המתקבלת תציג את האפקט התפיסתי המיועד. זה דורש כוונן קפדני של פרמטרים וניסוי איטרטיבי.

### תפירת תמונות (מיזוג פירמידות):

תיאור:

מיזוג פירמידה כולל מיזוג שתי תמונות ב"צורה חלקה" באמצעות פירמידות גאוסיאניות ולפלסיאניות. בתחילה, פירמידות גאוסיאניות בנויות עבור שתי תמונות הקלט על ידי יישום איטרטיבי של טשטוש גאוסיאני ופעולות דגימה מטה. זה גורם לסדרה של תמונות מוחלקות ומוקטנות ברמות פירוט שונות. פירמידות לפלאסיאניות מתאימות נגזרות לאחר מכן על ידי הפחתת כל רמה של הפירמידה הגאוסיאנית מהגרסה הקודמת שלה, ויוצרות סדרה של תמונות מסוננות במעבר גבוה (היי-פאס).

תהליך המיזוג מתרחש על ידי שילוב של רמות תואמות של הפירמידות הלפלסיאניות על בסיס מסכת מיזוג (פירמידות לפלסיאן לכל אחת משתי התמונות שנרצה למזג, פירמידת גאוסיאן לתמונת המסכה). מסכה זו קובעת את התרומה של כל תמונה בתדרים מרחביים שונים (כך ניצור כל שכבה ושכבה של פירמידה חדשה – הפירמידה המשולבת). לבסוף, התמונה המשולבת נבנית מחדש על ידי חיבור של רמות הפירמידה המשולבת.

**פרטי יישום:**

**ספריות:** בעוד ש-OpenCV משמש לפעולות מסוימות כמו שינוי גודל תמונה ופעולות אריתמטיות, הבנייה של פירמידות גאוסיאניות ולפלסיאניות מיושמת מאפס.

**טיפול במסכה:** גודל מסכת המיזוג משתנה כך שיתאים לממדים של תמונות הקלט, ומיזוג פיקסלים מבוצע בהתבסס על ערכי המסכה. זה מבטיח שתהליך המיזוג נשלט ומותאם לפי מפרט המשתמש.

**אתגרים:** האתגרים באלגוריתם זה כוללים אופטימיזציה של תהליך בניית הפירמידה ליעילות, הבטחת יישור נכון של רמות הפירמידה במהלך המיזוג, וטיפול ביעילות בשינוי גודל המסכה ואינטרפולציה כדי למנוע חורים. אתגר נוסף היה הניסוי והתהייה בעת יצירת המסכה.

**ההבדל בין האלגוריתמים:**

אלגוריתם יצירת התמונות ההיברידיות מתמקד בניצול תפיסה חזותית (הוסבר לעיל) ליצירת תמונה אחת שנראית כאחת או כאחרת על סמך מרחק צפייה, תוך מינוף טכניקות סינון במעבר נמוך ומעבר גבוה. הוא משתמש בטשטוש גאוסיאני כדי ליצור גרסה מסוננת במעבר נמוך של תמונה אחת ומחסיר אותה מהמקור כדי לחלץ פרטים בתדר גבוה. לאחר מכן משולבים רכיבים אלו ליצירת תמונה היברידית, כאשר הרכיבים בתדר הנמוך שולטים במבט מרחוק, ופרטים בתדר גבוה הופכים בולטים יותר מקרוב.

לעומת זאת, מיזוג פירמידה שואף למזג בצורה חלקה שתי תמונות יחד באמצעות גישה היררכית המבוססת על פירמידות - גאוסיאנית ולפלסיאניות. הוא מאפשר מעברים מבוקרים בין התמונות, כאשר מיזוג מתרחש בתדרים מרחביים שונים. אלגוריתם זה בונה פירמידות גאוסיאנית ולפלסיאניות עבור כל תמונת קלט, כאשר תהליך המיזוג מתרחש על ידי שילוב רמות מתאימות של הפירמידות הלפלסיאניות על בסיס מסכת מיזוג. בניגוד לאלגוריתם יצירת התמונות ההיברידיות, מיזוג פירמידה אינו מסתמך על תפיסה חזותית אלא מכון לשליטה מדויקת על תהליך המיזוג ברמות תדר שונות, וכתוצאה מכך מעברים חלקים בין התמונות. בנוסף, מיזוג פירמידה משתמש במסכה גאוסיאנית כדי לשלוט במיזוג, מה שמציע גמישות בהתאמת מאפייני המיזוג.

**תוצאות**

יצירת תמונה היברידית		
תמונה A	תמונה B	תוצאת התמונה ההיברדית
<div>זמן שחסכת: סמסטר</div>  <div>מטשטשים ואז דוגמים</div>	<div>10:27</div>  <div></div>	<div>זמן שחסכת: סמסטר</div>  <div>מטשטשים ואז דוגמים</div>

תפירת תמונות			
תמונה A	תמונה B	מסכה M	תוצאת המיזוג
זמן שחסכת: סמסטר  מטשטשים ואז דוגמים			זמן שחסכת: סמסטר  מטשטשים ואז דוגמים

### דוגמא לא טובה ליצירת תמונה היברידית:

תמונה A	תמונה B	תוצאה
זמן שחסכת: סמסטר  מטשטשים ואז דוגמים		

בדוגמא הלא טובה הזו בחרתי גודל גרעין (קרנל) קטן יחסית לטשטוש הגאוסיאני (11 לעומת 71). פרמטר גודל הגרעין במיזוג תמונות היברידי מתייחס לגודל הטשטוש הגאוסיאני המוחל על כל תמונת קלט לפני שילובם. לפרמטר זה תפקיד מכריע בקביעת האיכות והיעילות של תהליך המיזוג. גודל גרעין גדול יותר מביא לטשטוש נרחב יותר, שעוזר להחליק פרטים ורעש בתדר גבוה בתמונה. על ידי החלת טשטוש גדול יותר, אנו מדכאים ביעילות תכונות עדינות ומדגישים את רכיבי התדר הנמוך, מה שמוביל לאינטגרציה חלקה יותר של שתי התמונות. לעומת זאת, גודל גרעין קטן יותר מייצר טשטוש פחות בולט, מה שמאפשר ליותר פרטים בתדר גבוה להישאר בתמונה. למרות שזה עשוי לשמר תכונות עדינות יותר, זה יכול גם לגרום למיזוג פחות טבעי או הרמוני, שכן המעבר בין התמונות עשוי להיראות פתאומי או מפורק. בדוגמא ה"רעה" שלנו, שבה נמצא כוכב רשת והמרצה של הקורס, שימוש בגודל גרעין קטן של 11 הוביל לתוצאות גרועות. הקטנת הקרנל הביאה לכך שאנו רואים רק את המרצה ולא את כוכב הרשת (גם אם נתקרב למסך). על ידי הגדלת גודל הקרנל, נוכל להשיג שילוב חלק ונעים יותר מבחינה ויזואלית בין התמונות, שכן הטשטוש הגדול יותר עוזר לשלב את הרכיבים הנמוכים והגבוהים בצורה יעילה יותר. לכן, בחירת גודל קרנל מתאים חיונית להשגת תוצאות אופטימליות במיזוג תמונות היברידי, מה שמבטיח מעבר חלק וטבעי בין תמונות הקלט.

### דוגמא לא טובה לתפירת תמונות:

תמונה A	תמונה B	תוצאה
 shutterstock.com · 506914330		 shutterstock.com · 506914330

ניתן לראות שתי תמונות בצבע שונה. עד כאן נשמע טכני למדי, אך הבעיה האמיתית מגיעה כשמספר הרמות שבחרנו הוא 4 בלבד. שילוב של שתי תמונות עם תכונות שונות בתכלית, כמו תמונות המתארות אנשים עם גווני עור שונים, יכול להציג אתגרים בהשגת מעבר חלק. בניסוי שלנו, ניסינו למזג תמונה של בהיר עור עם זו של גבר כהה עור, וכתוצאה מכך תוצאה לא טובה של מיזוג. גורם מכריע אחד התורם לתוצאת המיזוג הלא אופטימלית הוא מספר הרמות בפירמידות גאוסיאן ולפליסיאן המשמשות לפירוק תמונה ושחזור. בניסוי שלנו, בחרנו להשתמש רק בארבע רמות בכל פירמידה, מה שמוביל לייצוג גס של תכונות תמונה על פני סולמות שונים. ייצוג בקנה מידה מוגבל זה הביא ללכידה לא מספקת של הפרטים העדינים והמעברים בין שתי התמונות, מה שהוביל לאפקט מיזוג מפורק ולא טבעי. מספר רמות הפירמידה משחק תפקיד משמעותי בקביעת איכות תוצאת המיזוג. מספר רמות גבוה יותר מאפשר פירוק ושחזור עדינים יותר של

תכונות התמונה, מה שמאפשר מעברים חלקים יותר בין התמונות המשולבות. לעומת זאת, מספר נמוך יותר של רמות עלול להוביל לייצוג פשטני מדי של תכונות תמונה, ולגרום לחפצים בולטים ולחוסר עקביות בתוצאה המשולבת. לפיכך, הניסוי שלנו משמש דוגמה נוקבת לכך שהבחירה במספר רמות הפירמידה היא חיונית להשגת תוצאות מיזוג משביעות רצון. על ידי הגדלת מספר רמות הפירמידה, נוכל להשיג תוצאות מיזוג חלקות יותר, ללכוד את הניואנסים והדקויות של התמונות המשולבות בצורה מדויקת יותר.

## פירמידות

פירמידת גאוסיאן של אחת התמונות (מימין) ופירמידת לפלסיאן של אחת התמונות (משמאל):



ניתן לראות ב**פירמידת הגאוסיאן** כי כל רמה מטושטשת ומוקטנת פי 2 בכל שכבה, בדיוק כפי שלמדנו בכיתה. כמובן שיש עוד **פירמידת גאוסיאן** גם לתמונה השניה, כדי שנוכל לאחר מכן לעשות את האלגוריתם שהסברנו בכל שכבה ושכבה.

ניתן לראות ב**פירמידת הלפלסיאן** כי כל שכבה מייצגת תמונה בתדרים גבוהים יחסית, ושוב כי כל רמה מוקטנת פי 2. כל רמה בפירמידת הלפלסיאן מייצגת חיסור של הרמה בפירמידה הגאוסיאנית פחות הרמה שקדמה לה, בדיוק כמו שלמדנו בכיתה. לכן, אנו מקבלים את התמונה הראשונה כתדרים הגבוהים ביותר (קווי מתאר בלבד), ולאחר מכן תדרים קצת יותר נמוכים בשאר הרמות (אך עדיין גבוהים יחסית, הגבוהים ביותר ממה ש"נשאר" ברמות שנותרו, כלומר בנד-פאס), ולבסוף אפילו אפשר כמעט לראות את הצורה עצמה של המרצה שלנו.

## מסקנות

לסיכום, הממצאים והתובנות העיקריות מפרויקט זה הם כדלקמן:  
השתמשנו בטכניקות מיזוג שראינו בכיתה. באמצעות יישום וחקירה של שתי טכניקות מיזוג שונות, כלומר מיזוג פירמידות (תפירת תמונה) ויצירת תמונות היברידיות, השגנו תובנות חשובות לגבי הגישות המגוונות לשילוב תמונות. כמו כן הושגה הבנה אלגוריתמית: על ידי התעמקות בפרטי היישום של טכניקות מיזוג אלה, העמקנו את ההבנה שלנו באלגוריתמים של עיבוד תמונה כגון טשטוש גאוסיאני, בניית פירמידה לאפלסיאנית וסינון במעבר גבוה (היי-פאס). ליישם אלגוריתמים מהכיתה בקוד ולכתוב עליהם את הממצאים, עוזרים לי להבין החומר טוב יותר.  
כמו כן במהלך הפרויקט, נתקלנו באתגרים הקשורים לכוונון פרמטרים, בחירת גודל גרעין לטשטוש גאוסיאני ומספר הרמות בפירמידות. ניסוי עם ערכי פרמטרים שונים אפשרו לנו לייעל את תהליך המיזוג ולהשיג תוצאות רצויות. תהליך איטרטיבי זה הדגיש את החשיבות של כונון עדין של פרמטרים להשגת תוצאות מיזוג אופטימליות.  
בסך הכל, פרויקט זה שימש כחקירה מקיפה של טכניקות מיזוג תמונות, מתן תובנות חשובות לגבי יישומים אלגוריתמיים, אופטימיזציה של פרמטרים ופרשנות חזותית של ייצוגי תמונה מרובי קנה מידה. אני מאמין כי הידע והנימוניות הנרכשים ישימים במגוון רחב של משימות עיבוד תמונה, מה שהופך אותם לנכסים בעלי ערך בהקשרים אקדמיים ומעשיים כאחד. ולבסוף, אהבתי את התוצאה שיצאה לי, אז נהניתי מאוד מהתרגיל.