

การเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการหาขอบของวัตถุในภาพถ่ายทางอากาศ

A Comparison of Edge Detection Algorithms in Aerial Images

วิศรุต คล้ายแจ้ง¹ ธนานพ ลิ้มสุวรรณโรจน์² วีระพล วิลามาศ³ สมภูมิ มีชานา⁴ สุภาวดี ลีลายุทธ์⁵
และ เทียนสิริ เหลืองวิไล⁶

Witsarut Kraychang¹ Tananop Limsuwanroj² Weerapol Welamas³ Sompoom Meechowna⁴
Supavadee Leelayuth⁵ and Thiansiri Luangwilai⁶

Received : April 7, 2022

Revised : May 9, 2022

Accepted : May 12, 2022

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการวิเคราะห์ภาพถ่ายมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นในอุตสาหกรรมและในหลาย ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านการเกษตร การแพทย์ การรักษาความปลอดภัย การลาดตระเวน การสำรวจและอื่น ๆ อีกมากมาย แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ภาพในปัจจุบันนั้นส่วนใหญ่จะใช้แรงงานมนุษย์ ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงและ

¹อาจารย์ กองวิชาคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
Lecturer of Department of Computer Science, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy
E-mail: Witsarut_popmath@hotmail.com

²อาจารย์ กองวิชาคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
Lecturer of Department of Computer Science, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy
E-mail: Tananop.lims@gmail.com

³อาจารย์ กองวิชาคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
Lecturer of Department of Computer Science, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy
E-mail: Welamas@gmail.com

⁴อาจารย์ กองวิชาคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
Lecturer of Department of Computer Science, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy
E-mail: Sompoom96@gmail.com

⁵อาจารย์ กองวิชาคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
Lecturer of Department of Computer Science, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy
E-mail: Supavadee_k@rtaf.mi.th

⁶อาจารย์ กองวิชาคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
Lecturer of Department of Computer Science, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy
E-mail: Thiansiri.L@gmail.com

และใช้เวลามาก ดังนั้นการพัฒนาขั้นตอนวิธีการที่ช่วยในการวิเคราะห์ภาพถ่ายจึงมีความจำเป็นอย่างมาก และการหาขอบวัตถุในภาพถือว่าเป็นหนึ่งในสาขาที่สำคัญของการวิเคราะห์ภาพถ่าย ในงานวิจัยชิ้นนี้จะเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการในการหาขอบของวัตถุชนิดต่าง ๆ และประยุกต์ใช้กับภาพถ่ายทางอากาศของอากาศยานไร้คนขับ โดยผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพและพฤติกรรมด้วย ดัชนี PR หรือค่าอัตราส่วนของความถูกต้องต่อความผิดพลาดทั้งหมด (Ratio of True to False Edges), ดัชนี PSNR หรือตัวชี้วัดที่ใช้ทดสอบความเหมือนระหว่างภาพ (Peak Signal to Noise Ratio) และ ดัชนี F-measure หรือการวัดประสิทธิภาพการทำนายของขั้นตอนวิธีการ โดยจุดประสงค์หลักของงานวิจัยชิ้นนี้คือการเพิ่มความรู้ความเข้าใจในพฤติกรรมและประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการในการหาขอบของวัตถุชนิดต่าง ๆ ต่อภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ

คำสำคัญ: ขั้นตอนวิธีการ, การหาขอบวัตถุ, ภาพถ่ายทางอากาศ

Abstract

Image analysis is becoming increasingly significant in a variety of industries, including agriculture, medicine, security, surveillance, observation and etc. The image analysis is still processed by humans. This is quite costly and time consuming. For improving image analysis, an image analysis algorithm is required. The edge detection is one of the most significant aspects of image analysis. In this research, various edge detection algorithms are compared and applied to aerial images captured by unmanned aerial vehicles (UAV). PR (Ratio of true to false edges), PSNR (Peak signal to noise ratio), and F-Measure are used to evaluate and analyze the results. The overall goal of this study is to gain a better knowledge of how each edge detection algorithm performs with the UAV aerial images.

Keywords: Algorithms, Edge Detection, Aerial Images

1. บทนำ

จากนโยบายผู้บัญชาการกองทัพอากาศที่มุ่งเน้นงานวิจัยและเพิ่มขีดความสามารถในการตรวจจับ [1] ซึ่งปัจจุบันกองทัพอากาศมีการใช้อากาศยาน อากาศยานไร้คนขับและดาวเทียมเป็นหนึ่งในเครื่องมือหลักในการตรวจจับและหาข้อมูลข่าว โดยในปัจจุบันการอ่านข้อมูลเหล่านี้ยังจำเป็นต้องพึ่งพาแรงงานของกำลังพลที่มีอยู่ ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการและจำนวนภาพที่เพิ่มมากขึ้นจากระบบตรวจจับหลาย ๆ ระบบ ดังนั้นขั้นตอนวิธีการในการวิเคราะห์ภาพเหล่านั้นเพื่อลดแรงงานกำลังพลลงนั้นเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง

โดยภาพถ่ายทางอากาศนั้น ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลาย ทั้งด้านเกษตร [2] การทหาร [3] การสำรวจ [4] และอื่น ๆ อีกมากมาย ซึ่งเมื่อได้ภาพมาแล้วขั้นตอนต่อไปคือการดึงข้อมูลที่สำคัญออกจากภาพ โดยที่การวิเคราะห์หาขอบของวัตถุในภาพถือว่าเป็นหนึ่งในกระบวนการที่สำคัญและได้มีงานวิจัยที่พยายามเปรียบเทียบคุณสมบัติของขั้นตอนวิธีการต่าง ๆ ในการหาขอบของวัตถุในภาพมากมาย [5,6] โดยพื้นฐาน

ขั้นตอนวิธีการในการหาขอบของวัตถุแต่ละชนิดจะมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันไปสำหรับรูปแบบภาพที่นำมาทดสอบ ดังนั้นก่อนการนำไปใช้จริงควรมีการวิเคราะห์คุณลักษณะของขั้นตอนวิธีการต่อภาพแต่ละชนิดเสียก่อน ดังเช่น [7] ได้ดำเนินการเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการในการหาขอบวัตถุสำหรับภาพของกระจกในอุตสาหกรรม

ดังนั้นในงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องดำเนินการวิเคราะห์เปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการที่เหมาะสมกับภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากอากาศยานหรืออากาศยานไร้คนขับเพื่อดูพฤติกรรมและความแตกต่างของขั้นตอนวิธีการแต่ละชนิดว่าขั้นตอนวิธีการแบบใดมีความเหมาะสมกับภาพถ่ายทางอากาศและภารกิจของกองทัพอากาศ เพื่อเป็นองค์ความรู้ในการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีทางการวิเคราะห์ภาพและอากาศยานไร้คนขับต่อไปในอนาคต ซึ่งการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศนั้นถือว่าเป็นงานวิจัยที่สำคัญของการพัฒนาเทคโนโลยีในอีกหลาย ๆ ด้าน [8]

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 ขั้นตอนวิธีการหาขอบของวัตถุภาพ

กระบวนการหาขอบของวัตถุนั้นถือว่าเป็นหนึ่งในกระบวนการที่สำคัญมากที่สุดที่จะดึงข้อมูลของภาพออกมา โดยหนึ่งในสมมติฐานที่ใช้กันก็คือ วัตถุแต่ละชนิดในภาพจะมีค่าความเข้มของพิกเซลในภาพที่ใกล้เคียงกัน เพราะฉะนั้นการเปลี่ยนแปลงที่ฉับพลันของค่าความเข้มของพิกเซลและการขาดความต่อเนื่องของพิกเซลในภาพก็จะสะท้อนถึงการเป็นขอบของวัตถุได้ ด้วยแนวความคิดนี้กระบวนการหรือขั้นตอนวิธีการต่าง ๆ ในการหาขอบของวัตถุนั้นจะเกี่ยวข้องกับการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มและความต่อเนื่องของพิกเซลในภาพนั้น ๆ แม้ว่าขั้นตอนวิธีการในการหาขอบของวัตถุนั้นมีอยู่มากมาย แต่โดยทั่วไปแล้วก็จะใช้แนวคิดเดียวกันดังที่กล่าวมาแล้ว โดยขั้นตอนวิธีการที่เป็นมาตรฐานและเป็นที่ยอมรับอยู่ 5 วิธีการ คือ ขั้นตอนวิธีการโรเบิร์ต ขั้นตอนวิธีการโซเบล ขั้นตอนวิธีการพรีวิตต์ ขั้นตอนวิธีการลาปลาเซียน แห่งเกาส์เซียน และ ขั้นตอนวิธีการแคนนี่ [7,9,10,11,12,13] ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนวิธีการโรเบิร์ต (Roberts Algorithm) เป็น กระบวนการหาขอบของวัตถุในภาพด้วยโรเบิร์ต [14] ถือว่าเป็นหนึ่งในวิธีที่มีความรวดเร็วและง่ายของโครงสร้างในการคำนวณมากที่สุดวิธีหนึ่ง โดยในกระบวนการนี้จะใช้ 2 เมทริกซ์ที่มีขนาด 2×2 หรือเมทริกซ์ที่ใช้ในการกรอง (Convolution Kernels) มาเป็นตัวคูณในทุก ๆ พิกเซลกับพิกเซลที่ใกล้เคียงของภาพต้นฉบับ แล้วนำผลรวมทั้งหมดที่ได้ใส่กลับไปในพิกเซลของจุดกลาง เพื่อให้ขอบของวัตถุมีความเด่นชัดยิ่งขึ้นมา จึงจะสามารถขีดเส้นหาขอบของวัตถุเหล่านี้ได้ง่ายขึ้น โดยเมทริกซ์ที่ใช้เป็นตัวกรองนั้นจะมีอยู่สองแนวคือทั้ง แนวทแยงซ้ายและแนวทแยงขวา ซึ่งทำมุมองศา 90 องศาต่อกัน จากนั้นจึงนำผลลัพธ์สุดท้ายมารวมกันเป็นผลลัพธ์ของขอบของวัตถุในภาพ โดยแนวคิดในกระบวนการนี้คือหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของจุดที่อยู่ใกล้ ๆ กัน (Adjacent Pixels) ถ้าบริเวณใดที่มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างสูงนั่นหมายถึงจะเป็นขอบของวัตถุได้ โดยเมทริกซ์ที่ใช้ในขั้นตอนวิธีการชนิดนี้อยู่ในรูปที่ 1

1	0
0	-1

	1
-1	0

รูปที่ 1 เมทริกซ์ตัวกรองของขั้นตอนวิธีการโรเบิร์ต (Robert Kernels Mask)

ขั้นตอนวิธีการโซเบล (Sobel Algorithm) ขั้นตอนวิธีการชนิดนี้ [15] จะเป็นกระบวนการในการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของเฉดสี ดังนั้นจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงสุดจะถูกพิจารณาว่าเป็นขอบของวัตถุในภาพ โดยในกระบวนการนี้จะใช้เมทริกซ์ตัวกรอง เป็น 2 เมทริกซ์ขนาด 3×3 ซึ่งแต่ละอันนั้นจะทำมุม 90 องศาต่อกัน เพื่อให้หาแนวขอบในแนวแกนอนและแนวขอบในแนวแกนตั้ง หลังจากให้นำเมทริกซ์ทั้งสองไปคูณกับทุก ๆ พิกเซลในภาพแล้ว จะนำผลคูณที่ได้จากทั้งสองกรณีมาบวกกันเพื่อวิเคราะห์หาขอบ

ของวัตถุในขั้นตอนสุดท้ายซึ่งจะคล้ายคลึงกันกับขั้นตอนวิธีการของโรเบิร์ต โดยเมทริกซ์ตัวคูณสำหรับขั้นตอนวิธีการชนิดนี้เป็นดังรูปที่ 2

1	2	1
0	0	0
1	-2	-1

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

รูปที่ 2 เมทริกซ์ตัวกรองของขั้นตอนวิธีการโซเบล (Sobel Kernels Mask)

ขั้นตอนวิธีการพรีวิตต์ (Prewitt Algorithm) [16] มีความคล้ายคลึงกับขั้นตอนวิธีการโซเบล โดยเป็นการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงของเฉดสี โดยใช้เมทริกซ์ตัวกรอง 2 เมทริกซ์ ขนาด 3×3 จากการเปรียบเทียบในอดีต สำหรับภาพที่มีความซับซ้อนนั้น ขั้นตอนวิธีการชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพที่เหนือกว่าขั้นตอนวิธีการโรเบิร์ตและโซเบล โดยเมทริกซ์ตัวคูณสำหรับขั้นตอนวิธีการชนิดนี้เป็นดังรูปที่ 3

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

	1	1
0	0	0
-1	-1	-1

รูปที่ 3 เมทริกซ์ตัวกรองของขั้นตอนวิธีการพรีวิตต์ (Prewitt Kernels Mask)

ขั้นตอนวิธีการลาปลาเซียนแห่งเกาส์เซียน (Laplacian of Gaussian Algorithm) ขั้นตอนวิธีการชนิดนี้ [17] เป็นการหาอนุพันธ์อันดับสองเมื่อเทียบกับแนวแกนนอนและแนวแกนตั้ง จากนั้นนำผลที่ได้ทั้งสองมารวมกัน จะทำให้ได้ค่าของจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของความเข้มของเม็ดสีในโทนสีเทา เนื่องจากเทคนิคนี้เป็นการใช้อนุพันธ์อันดับที่สอง ทำให้ขั้นตอนวิธีการมีความอ่อนไหวสูง (High Sensitive) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการลดสัญญาณรบกวน โดยการใช้ตัวกรอง (Gaussian Smooth Filter) กับรูปเสียก่อน หลังจากนั้นการคำนวณหาความเข้มของเม็ดสีในโทนสีเทาที่เปลี่ยนแปลงไปสำหรับจุดแต่ละจุดในภาพ สามารถคำนวณได้โดยสมการ Laplacian Pixel Density เป็นไปตามสมการที่ 1

$$L(x, y) = \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 I}{\partial y^2} \quad (1)$$

โดยทั่วไปหากภาพที่มีสัญญาณรบกวนน้อย สามารถใช้เมทริกซ์ขนาด 3×3 เป็นตัวกรองของขั้นตอนวิธีการลาปลาเซียนแห่งเกาส์เซียน เพื่อหาขอบได้ ผลลัพธ์ที่ได้ผลเป็นที่น่าพอใจและเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย โดยมีเมทริกซ์ตัวกรองดังรูปที่ 4

-1	2	-1
2	-4	2
-1	2	-1

รูปที่ 4 เมทริกซ์ตัวกรองของขั้นตอนวิธีการลาปลาเซียนแห่งเกาส์เซียน
(Laplacian of Gaussian Kernels Mask)

ขั้นตอนวิธีการแคนนี่ (Canny Algorithm) ขั้นตอนวิธีการชนิดนี้ [18] ถือว่าเป็นขั้นตอนวิธีการที่ทำให้เทคนิคที่มีความสมดูลมากที่สุดและเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยเทคนิคนี้เป็นการพัฒนาต่อยอดจากขั้นตอนวิธีการของโซเบล โดยพยายามลดค่าความผิดพลาดให้น้อยลง และพยายามแก้ไขการหาขอบของวัตถุที่อาจจะถูกข้ามไปด้วยกระบวนการปกติให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

โดยขั้นตอนวิธีการแคนนี่นั้นจะมีขั้นตอนในการดำเนินการหลัก ๆ คือ ขั้นตอนแรกเป็นการลดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ ในขั้นตอนที่สองคือหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีในแนวแกน x และในแนวแกน y การหาอัตราการเปลี่ยนแปลงนี้สามารถใช้เมทริกซ์ในการกรองดังรูปที่ 5

-1	0	1
-2	0	2
1	0	1

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

รูปที่ 5 เมทริกซ์ตัวกรองของขั้นตอนวิธีการแคนนี่ (Canny Kernels Mask)

หลังจากที่ได้อัตราการเปลี่ยนแปลงแล้ว จะนำมารวมกันเป็นผลรวมของค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความเข้มของเฉดสีดังสมการด้านล่าง

$$|G| = |G_x| + |G_y| \quad (2)$$

ในขั้นตอนต่อไปของกระบวนการนี้ก็คือการคำนวณหาทิศทางของการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีโดยการสแกนในทิศทางมุมต่าง ๆ หลังจากนั้นเมื่อพบขอบของวัตถุที่มีขนาดกว้าง ก็จะถูกลดขนาดลงให้เหลือเป็นขอบเส้นเดียวโดยกระบวนการนี้เรียกว่าการขจัดค่าที่ไม่มากที่สุด (Suppression of Non-Maximum Points) ในกรณีนี้หมายถึงจุดใดที่ไม่ใช่ขอบที่แท้จริงก็จะถูกลดค่าของเฉดสีลงให้เหลือ 0 และในกระบวนการสุดท้ายของขั้นตอนวิธีการชนิดนี้ก็คือการเลือกเทรชโฮลด์ (Threshold) ให้เหมาะสมสำหรับภาพ ๆ นั้น หลังจากนั้นจะใช้ค่าจำกัดเทรชโฮลด์ ค่านี้ ในการแปลงภาพจากโทนเทา (Gray Scale) ให้เป็นภาพขาวดำ

2.2 ตัวชี้วัดในการเปรียบเทียบผลทดสอบ

ในงานวิจัยชิ้นนี้จะทดสอบประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการแต่ละชนิดในการหาขอบของวัตถุในภาพต่าง ๆ โดยทำการเปรียบเทียบกัน จะใช้ตัวชี้วัดอยู่สามประเภท คือ

ดัชนี PR หรือค่าอัตราส่วนของความถูกต้องต่อความผิดพลาดทั้งหมด (Ratio of True to False Edges) [9,12,19] ตัวชี้วัดชนิดนี้ถือว่าเป็นแบบที่ง่ายที่สุด เป็นการพิจารณาอัตราส่วนของความถูกต้องต่ออัตราส่วนของความผิดพลาดทั้งหมด ในการตรวจจับขอบของวัตถุในภาพ เมื่อเทียบกับภาพอ้างอิง (Ground Truth) โดยใช้สูตรในการคำนวณค่า PR ดังนี้

$$PR = 100 \times \frac{T}{F} \quad (3)$$

โดยที่

T คือค่า True Edges (Edge Pixels Identified as Edges)

F คือค่า False Edges (Non Edge Pixel Identified as Edges + Edge Pixels Identified as Non-Edge Pixels)

ดัชนี PSNR หรือตัวชี้วัดที่ใช้ทดสอบความเหมือนระหว่างภาพ (Peak Signal to Noise Ratio) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่ใช้ทดสอบความเหมือนระหว่างภาพที่ได้จากขั้นตอนวิธีการในการหาขอบของวัตถุกับภาพอ้างอิง (Ground Truth) โดย PSNR นี้เป็นตัวบ่งชี้ว่าภาพต้นแบบที่ได้จากขั้นตอนวิธีการในการหาขอบของวัตถุกับภาพอ้างอิงมีความเหมือนกันมากแค่ไหน อัตราส่วนชนิดนี้เป็นที่นิยมในทางวิศวกรรมศาสตร์อย่างมาก เพราะเป็นการวัดความถูกต้องของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน โดยสูตรในการคำนวณคือ

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{\max_i}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (4)$$

$$MSE = \frac{1}{MN \sum_{i=1}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (I(i, j) - K(i, j))^2} \quad (5)$$

เมื่อ MSE (Mean Square Error) คือค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของทั้งรูปภาพที่เทียบกันทั้งสองรูป โดยในสมการนี้จะใช้คำนวณภาพที่มีขนาด $M \times N$ พิกเซล ในทุก ๆ ตำแหน่ง และ $\max_i$ คือค่ามากที่สุดของพิกเซล ซึ่งตัวชี้วัดชนิดนี้เป็นที่นิยมในงานวิจัยเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการหลายชนิด [9, 12, 19]

ดัชนี F - Measure หรือการวัดประสิทธิภาพการทำนายของขั้นตอนวิธีการ ตัวชี้วัดชนิดนี้ ประกอบไปด้วยตัวชี้วัดย่อยอีก 4 ตัวนั้นคือ ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความไว (Recall) และค่าวัดประสิทธิภาพ (F - measure) โดยค่าทั้ง 4 ตัวนี้ถ้ายังมีค่ามากก็จะถือว่า ขั้นตอนวิธีการชนิดนั้นสามารถพยากรณ์ได้แม่นยำ ซึ่งตัวชี้วัดชนิดนี้เป็นที่นิยมในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ เปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการหลายชนิด [19, 20, 21] โดยสูตรในการคำนวณเป็นดังนี้

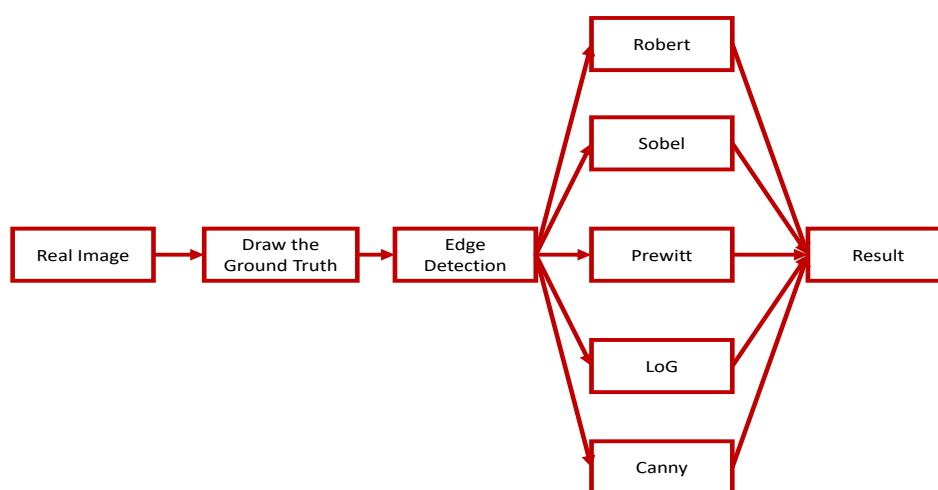
$$Accuracy = \frac{\sum True\ Position + \sum True\ Negative}{\sum Total\ Population} \quad (6)$$

$$Precision = \frac{\sum True\ Position}{\sum Prediction\ Positive} \quad (7)$$

$$Recall / Sensitivity = \frac{\sum True\ Position}{\sum Condition\ Position} \quad (8)$$

$$F - Measure = 2 \times \left(\frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \right) \quad (9)$$

3. วิธีการวิจัย



รูปที่ 6 ลำดับขั้นตอนการทดสอบขั้นตอนวิธีการ

รูปแบบการทดสอบขั้นตอนวิธีการในงานวิจัยชิ้นนี้ จะมีขั้นตอนที่คล้ายกับขั้นตอนของงานวิจัยของ [9, 12] โดยในงานวิจัยชิ้นนี้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังแผนภาพในรูปที่ 6 ขั้นตอนแรกคือการหาชุดข้อมูลที่จะใช้ในการทดสอบ ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ใช้ชุดข้อมูลจากบริษัทเอกชนผู้พัฒนาและให้บริการเทคโนโลยี

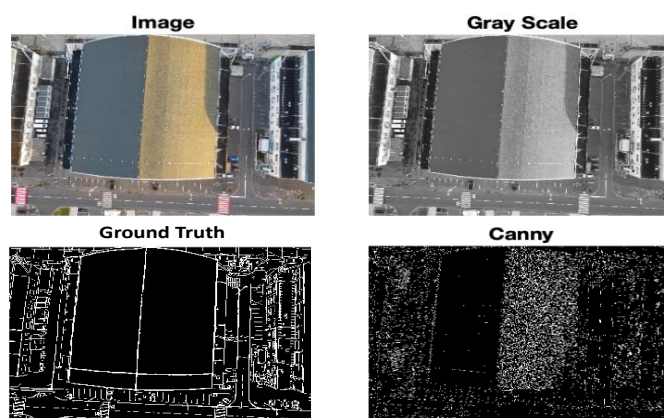
ด้านอากาศยานไร้คนขับ บริษัทเซนส์ฟลาย (SenseFly) (SenseFly, 2021) โดยเป็นภาพถ่ายทางอากาศของ สนามบินเลอบูร์เกต์ (Le Bourget Airport) ในเมืองปารีส ประเทศฝรั่งเศส โดยรูปเหล่านี้ดำเนินการถ่ายด้วย โดรนชนิด eBee Classic จำนวนสองระบบบินพร้อมกัน หลังจากนั้นภาพที่ได้จะถูกนำมาจัดการปรับภาพ ใหม่ด้วยซอฟต์แวร์ Pix4D Software ภาพที่ได้เป็นภาพที่ใกล้เคียงจากระบบตรวจจับจากอากาศยานไร้ คนขับของกองทัพอากาศ

ในขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินการเตรียมภาพอ้างอิง (Ground Truth) โดยภาพเหล่านี้ดำเนินการสร้าง มาจากทีมผู้วิจัย โดยการสร้างภาพขาวดำจากการวาดมือและใช้เส้นสีขาวแสดงขอบของวัตถุต่าง ๆ ภายในภาพ เพื่อใช้ในการอ้างอิงและทดสอบประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการในการหาขอบของวัตถุภายในภาพ ซึ่งผู้วิจัย จะต้องดำเนินการสร้างภาพอ้างอิงขึ้นมาเอง

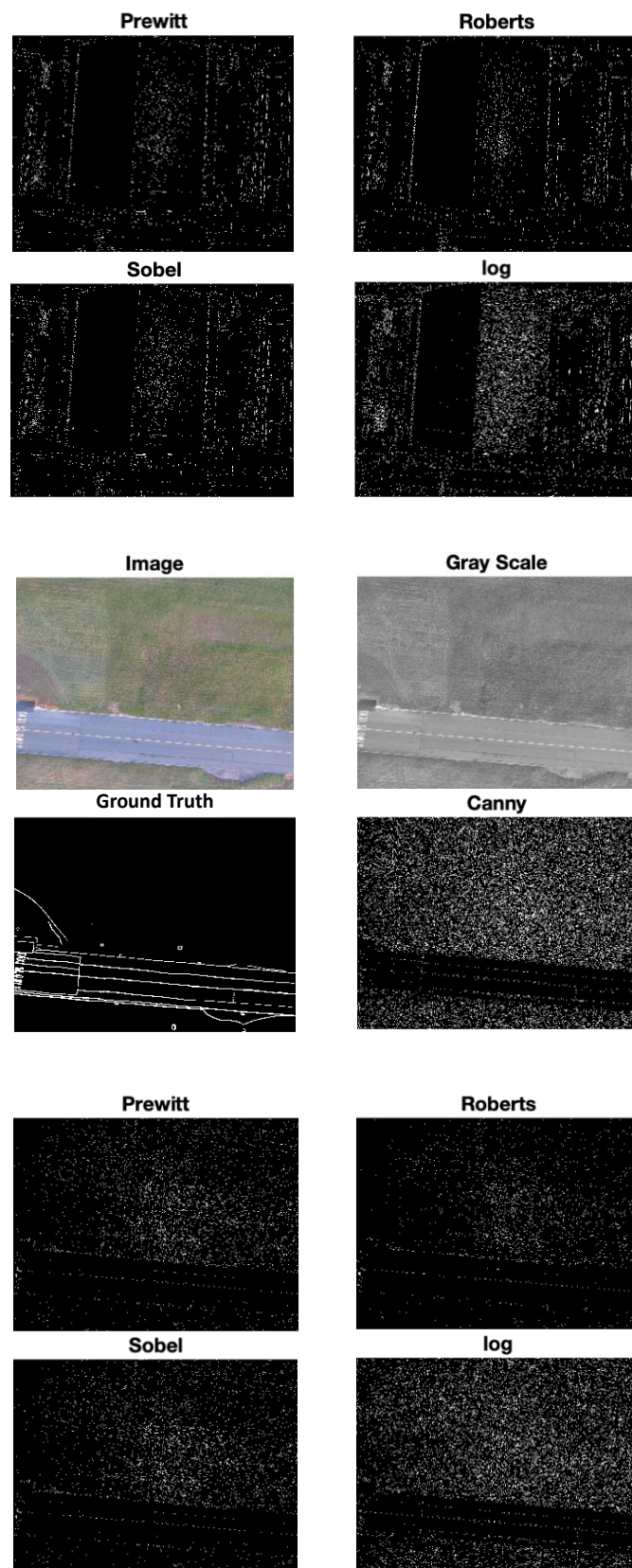
โดยขั้นตอนที่ 3 นั้นเป็นการหาขอบของวัตถุในภาพด้วยขั้นตอนวิธีการทั้งห้าชนิด จากนั้นเมื่อได้ภาพ ผลลัพธ์ออกมาจะนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการแต่ละชนิดด้วยตัวชี้วัดทั้งสามประเภท ที่กล่าวมาแล้ว โดยในงานวิจัยชิ้นนี้ กระบวนการแปลงภาพ การประยุกต์ขั้นตอนวิธีการแต่ละชนิด การ เปรียบเทียบผล และการแสดงผลทั้งหมด ดำเนินการพัฒนาขึ้นจากการเขียนโปรแกรมใน MATLAB

4. ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัย

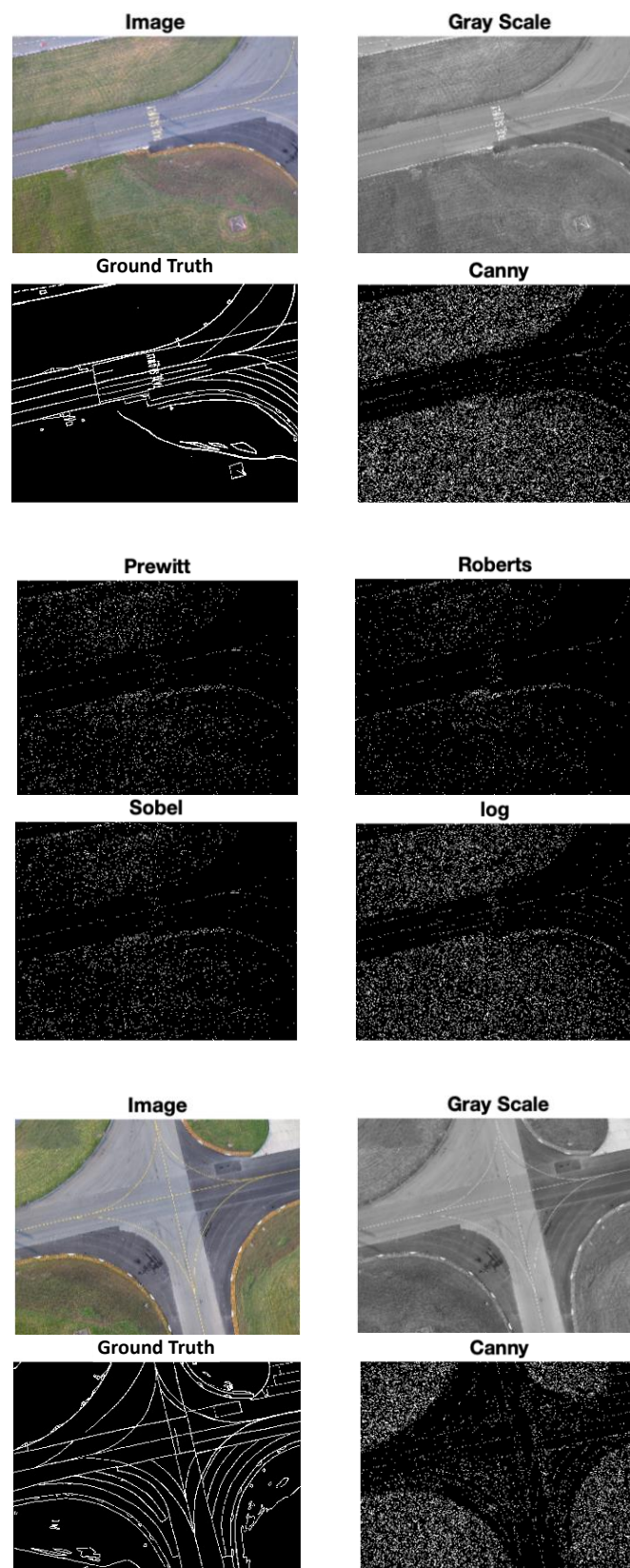
จากการวิเคราะห์ภาพที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับที่ดำเนินการถ่ายเหนือสนามบินเลอบูร์เกต์ ใน เมืองปารีส ประเทศฝรั่งเศส จำนวน 30 ภาพ โดยภาพที่ได้มาจะนำมาดำเนินการแปลงเป็นภาพโทนเทา (Gray Scale) จากการเขียนโปรแกรมใน MATLAB ซึ่งแปลงภาพระบบสี RGB จำนวน 3 ชั้น ให้เหลือเพียง ความเข้มข้นของจุดสีแต่ละจุด หลังจากนั้นจะใช้ขั้นตอนวิธีการในการหาขอบของวัตถุในภาพทั้ง 5 ชนิด มาทดสอบหาขอบของวัตถุ เมื่อได้ขอบของวัตถุจากขั้นตอนวิธีการต่าง ๆ แล้ว จะทำการเปรียบเทียบ ความถูกต้องกับภาพอ้างอิง (Ground Truth) โดยผลลัพธ์ที่ได้จะนำมาพิจารณาโดยใช้ตัวชี้วัดทั้ง 3 ที่กล่าว มาแล้วในหัวข้อก่อนหน้านี้



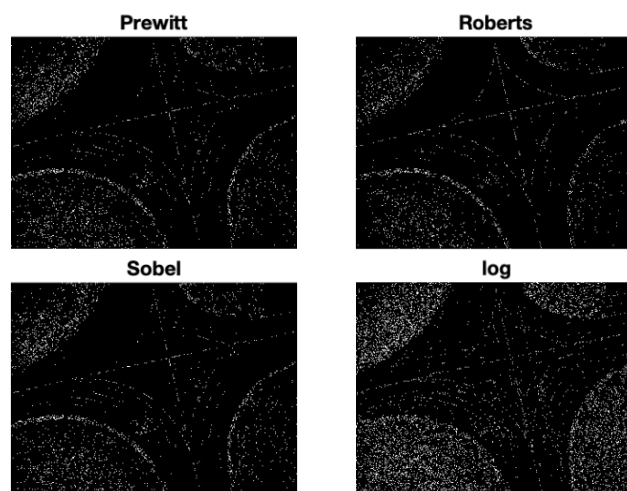
รูปที่ 7 ตัวอย่างของภาพเปรียบเทียบผลของภาพจริง, ภาพอ้างอิงและภาพขอบของวัตถุที่ได้จากขั้นตอน วิธีการแบบต่าง ๆ



รูปที่ 7 ตัวอย่างของภาพเปรียบเทียบผลของภาพจริง, ภาพอ้างอิงและภาพขอบของวัตถุที่ได้จากขั้นตอนวิธีการแบบต่าง ๆ (ต่อ)

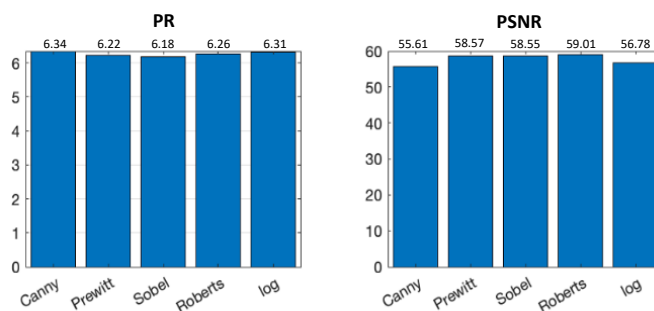


รูปที่ 7 ตัวอย่างของภาพเปรียบเทียบผลของภาพจริง, ภาพอ้างอิงและภาพขอบของวัตถุที่ได้จากขั้นตอนวิธีการแบบต่าง ๆ (ต่อ)



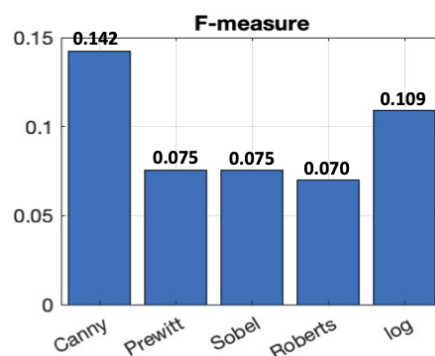
รูปที่ 7 ตัวอย่างของภาพเปรียบเทียบผลของภาพจริง, ภาพอ้างอิงและภาพขอบของวัตถุที่ได้จากขั้นตอนวิธีการแบบต่าง ๆ (ต่อ)

ในรูปที่ 7 ตัวอย่างของภาพเปรียบเทียบผลของภาพจริง, ภาพอ้างอิง และภาพขอบของวัตถุที่ได้จากขั้นตอนวิธีการแบบต่าง ๆ โดยในตัวอย่างนี้เป็นภาพถ่ายจำนวน 4 ชุดภาพ ซึ่งเป็นของอาคารบริเวณสนามบิน 1 ชุดภาพและภาพถ่ายลู่วิ่งในสนามบินอีกจำนวน 3 ชุดภาพ โดยในแต่ละชุดภาพนั้นประกอบไปด้วยภาพจริงแสดงเป็นภาพแรก ภาพที่ 2 เป็นภาพที่ได้ผ่านกระบวนการเปลี่ยนจากระบบสี RGB เป็นระบบสีโทนสีเทา (Gray Scale) เพื่อให้เหมาะกับการนำไปประยุกต์ใช้กับขั้นตอนวิธีการในการหาขอบของวัตถุในภาพต่อไป โดยภาพที่ 3 จะเป็นภาพอ้างอิงที่ใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของการหาขอบของวัตถุภายในภาพ ส่วนภาพที่ 4 - 8 เป็นภาพที่ได้จากขั้นตอนวิธีการในการหาขอบของวัตถุในภาพจากขั้นตอนวิธีการทั้ง 5 ชนิด จากผลลัพธ์ที่ได้จะเห็นว่าภาพที่ได้จากขั้นตอนวิธีการชนิดแคนนี่และลาปลาเซียนแห่งเกาส์เซียนจะเป็นภาพที่มีรายละเอียดของจำนวนจุดที่แสดงขอบอยู่เป็นจำนวนมากและมากกว่าขั้นตอนวิธีการที่เหลืออีก 3 ชนิด ทำให้มีการเก็บรายละเอียดได้เยอะมากกว่าขั้นตอนวิธีการที่เหลือ ซึ่งเมื่อได้รายละเอียดเป็นจำนวนมาก ก็จะต้องมีสัญญาณรบกวนมากตามมาเช่นกัน



รูปที่ 8 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพขั้นตอนวิธีการทั้ง 5 ด้วยตัวชี้วัด ดัชนี PR หรือค่าอัตราส่วนของความถูกต้องต่อความผิดพลาดทั้งหมด (Ratio of True to False Edges) และ ดัชนี PSNR หรือตัวชี้วัดที่ใช้ทดสอบความเหมือนระหว่างภาพ (Peak Signal to Noise Ratio)

ในรูปที่ 8 เป็นผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยใช้อัตราส่วนในการตรวจหาขอบวัตถุถูกต้องต่ออัตราส่วนของการตรวจสอบขอบวัตถุผิด (PR: Ratio of True to False Edges) โดยเป็นค่าเฉลี่ยของทุก ๆ ภาพที่นำมาทดสอบ โดยจากผลลัพธ์ที่ได้จะเห็นว่าค่า PR ของขั้นตอนวิธีการทั้ง 5 ชนิดนั้นมีความใกล้เคียงกัน เพราะแม้ว่าขั้นตอนวิธีการชนิดแคนนี่และลาปลาเซียนแห่งเกาส์เซียนจะสามารถค้นหาขอบของวัตถุได้มากกว่าแต่ก็มีจุดที่เป็นจุดผิดพลาดมากขึ้นทำให้อัตราส่วนที่ได้ใกล้เคียงกัน ส่วนเมื่อเปรียบเทียบตัวชี้วัดทดสอบความเหมือนระหว่างภาพ (PSNR: Peak Signal to Noise Ratio) โดยในกรณีนี้ผลที่ได้จากขั้นตอนวิธีการทั้ง 5 ชนิด ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกันอีกครั้ง โดยมีผลอยู่ในระดับ 50 - 60 dB ทั้งหมด ซึ่งค่า PSNR ในระดับนี้ถือว่าขั้นตอนวิธีการทั้ง 5 ชนิด มีขีดความสามารถเพียงพอในการวิเคราะห์ขอบของวัตถุในภาพถ่ายของอากาศได้โดยเพียงพอในการเก็บรายละเอียดข้อมูลภาพได้และสร้างเป็นภาพของขอบวัตถุได้



รูปที่ 9 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพขั้นตอนวิธีการทั้ง 5 ด้วยตัวชี้วัด F - Measure

รูปที่ 9 ผลของแสดงค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการทั้ง 5 ชนิด จากตัวอย่างกลุ่มตัวอย่างภาพถ่ายที่มาจากอากาศยานไร้คนขับ ด้วยตัวชี้วัดแบบ F - measure ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่สรุปผลของประสิทธิภาพทั้งหมด พบว่าอัตราส่วนค่าความถูกต้องของขั้นตอนวิธีการทั้ง 5 นั้น อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน แต่ค่าความแม่นยำ ค่าความไว และค่าวัดประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการนั้น พบว่าขั้นตอนวิธีการแคนนี่สามารถหาขอบของวัตถุจากภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับได้ดีที่สุด ตามมาด้วยขั้นตอนวิธีการลาปลาเซียนแห่งเกาส์เซียนเป็นอันดับที่สอง ส่วนขั้นตอนวิธีการโรเบิร์ต ขั้นตอนวิธีการโซเบล และขั้นตอนวิธีการพรีวิตต์ มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่ขั้นตอนวิธีการโรเบิร์ตนั้นมีความง่ายและรวดเร็วที่สุด

5. อภิปรายและสรุป

ในงานวิจัยชิ้นนี้เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการในการหาขอบของวัตถุในภาพ โดยชุดข้อมูลที่ใช้นั้นมาจากภาพถ่ายทางอากาศจากของบริษัทเซนส์ฟาย โดยถ่ายบริเวณสนามบินเลอบูร์เกต์ ในเมืองปารีส ประเทศฝรั่งเศส จากนั้นภาพจริงจากชุดข้อมูลทั้งสองชุดจะถูกแปลงเป็นภาพโทนสีเทาเพื่อลดมิติ

ของตัวแปรสี่ให้เหลือมิติเดียว เพื่อให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีการในการหาขอบของวัตถุภายในภาพ ซึ่งขั้นตอนวิธีการแต่ละชนิดจะใช้อัตราการเปลี่ยนแปลงของเอนทาลปีที่เปลี่ยนแปลงไปแต่ละจุด และพยายามแยกหาว่าส่วนใดมีความเป็นไปได้ที่จะเป็นขอบของวัตถุภายในภาพ โดยขั้นตอนวิธีการที่ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้ มี 5 ชนิดคือ ขั้นตอนวิธีการโรเบิร์ต, โซเบล, พรวิตต์, ลาปลาเซียนแห่งเกาส์เซียน และ แคนนี่

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าขั้นตอนวิธีการชนิด ลาปลาเซียนแห่งเกาส์เซียนและแคนนี่ สามารถหาขอบของวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าขั้นตอนวิธีการชนิดอื่นเมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีค่าวัดประสิทธิภาพ (F - measure) แต่อย่างไรก็ตามถ้าวัดด้วยตัวชี้วัดค่า PR หรือค่าอัตราส่วนของความถูกต้องต่อความผิดพลาดทั้งหมดและ PSNR หรือตัวชี้วัดที่ใช้ทดสอบความเหมือนระหว่างภาพ จะได้ผลที่ใกล้เคียงกับขั้นตอนวิธีการชนิดอื่น เพราะถึงแม้จะสามารถตรวจจับขอบของวัตถุได้ในปริมาณที่มาก แต่ขั้นตอนวิธีการชนิดลาปลาเซียนแห่งเกาส์เซียนและแคนนี่ใช้สมการเชิงอนุพันธ์อันดับสองเป็นหลัก ทำให้มีสัญญาณรบกวนค่อนข้างมากและมีเส้นขอบวัตถุเทียมที่ไม่ต้องการเป็นจำนวนมากในรูปผลลัพธ์

อีกหนึ่งข้อสังเกตคือ ขั้นตอนวิธีการโรเบิร์ตที่ถือว่าเป็นขั้นตอนวิธีการที่ง่ายที่สุดและสามารถดำเนินการคำนวณได้เร็วที่สุด โดยใช้เมทริกซ์ในการกรองเป็น 2 เมทริกซ์ ขนาด 2×2 สามารถให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับขั้นตอนวิธีการโซเบลและพรวิตต์

ดังนั้นในการนำไปใช้จริงในแต่ละภารกิจ ผู้ดำเนินการจะต้องกำหนดเป้าหมายในการตรวจจับว่าต้องการตรวจหาสิ่งใด ต้องการความละเอียดมากน้อยเพียงใด และต้องการความเร็วมากเพียงใด เพื่อเลือกขั้นตอนวิธีการให้เหมาะสมสำหรับแต่ละภารกิจ และแนวทางในการพัฒนาต่อยอดงานวิจัย คือการวิจัยในการเตรียมภาพและลดสัญญาณการรบกวนหรือกำหนดเป้าหมายที่ต้องการตรวจจับ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับให้ดียิ่งขึ้นของแต่ละขั้นตอนวิธีการ

เอกสารอ้างอิง

- [1] กองทัพอากาศ. นโยบายผู้บัญชาการกองทัพอากาศ ปี ๒๕๖๕. [กรุงเทพฯ]: กองทัพอากาศ; 2565.
- [2] Tsouros DC, Bibi S, Sarigiannidis PG. A review on UAV-based applications for precision agriculture. Information [Internet]. 2019 Nov [cited 2022 Jan 19];10(11):349. Available from: <https://www.mdpi.com/2078-2489/10/11/349>
- [3] Ma'Sum MA, Arrofi MK, Jati G, Arifin F, Kurniawan MN, Mursanto P, et al. Simulation of intelligent unmanned aerial vehicle (uav) for military surveillance. International conference on advanced computer science and information systems [Internet]. 2013 [cited 2022 Jan 21]:161-6. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6761569/authors#authors>
- [4] Park S, Choi Y. Applications of unmanned aerial vehicles in mining from exploration to reclamation: A review. Minerals [Internet]. 2020 Jul 26 [cited 2022 Jan 25];10(8):663. Available from: <https://www.mdpi.com/2075-163X/10/8/663>

- [5] Maini R, Aggarwal H. Study and comparison of various image edge detection techniques. International Journal of Image Processing [Internet]. 2009 Mar 5 [cited 2022 Jan 26];3(1):1-11. Available from: <https://www.cscjournals.org/manuscript/Journals/IJIP/Volume3/Issue1/IJIP-15.pdf>
- [6] Dharampal, Mutneja V. Methods of image edge detection: A review. J Electr Electron Syst [Internet]. 2015 [cited 2022 Jan 27];4(2):[about 5 p.]. Available from: <https://www.hilarispublisher.com/open-access/methods-of-image-edge-detection-a-review-2332-0796-1000136.pdf>
- [7] Öztürk S, Akdemir B. Comparison of edge detection algorithms for texture analysis on glass production. Procedia Soc Behav Sci [Internet]. 2015 Jul 3 [cited 2022 Jan 29];195:2675-82. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815039567>
- [8] Chen L, Liu F, Zhao Y, Wang W, Yuan X, Zhu J. VALID: A comprehensive virtual aerial image dataset. In: 2020 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA); 2020 May 31-Aug 31; Paris: IEEE; 2020. p. 2009-16.
- [9] Acharjya PP, Das R, Ghoshal D. Study and comparison of different edge detectors for image segmentation. Global Journal of Computer Science and Technology [Internet]. 2012 Oct 22 [cited 2022 Jan 29]. Available from: <https://www.semanticscholar.org/paper/Study-and-Comparison-of-Different-Edge-Detectors-Acharjya-Das/7177318f5f90c9addd76249a359c2e46a206e647?sort=is-influential>
- [10] Joshi M, Vyas A. Comparison of Canny edge detector with Sobel and Prewitt edge detector using different image formats. Int J Eng Sci Res Technol [Internet]. 2020 [cited 2022 Feb 1]; 1:133-7. Available from: <https://www.semanticscholar.org/paper/Comparison-of-Canny-edge-detector-with-Sobel-and-Joshi-Vyas/3eef57d7bb45742c0cd491f7582107e76b3a9147>
- [11] Katiyar SK, Arun PV. Comparative analysis of common edge detection techniques in context of object extraction. ArXiv [Internet]. 2014 Feb 5 [cited 2022 Feb 2];50(1):68-79. Available from: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1405/1405.6132.pdf>
- [12] Khaire PA, Thakur NV. A fuzzy set approach for edge detection. International Journal of Image Processing [Internet]. 2012 Oct [cited 2022 Feb 6];5(4):403-12. Available from: <https://scirp.org/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1308338>

-
- [13] Mohammad ES, JawadKadhim M, Hamad WI, Helyel SY, Alrsaak AAA, Kazraji FKS, et al. Study Sobel edge detection effect on the ImageEdges using MATLAB. *Int J Innov Res Sci Eng Technol* [Internet]. 2014 Mar [cited 2022 Feb 10];3(3):10408-15. Available from: http://www.ijirset.com/upload/2014/march/68_Study.pdf
- [14] Roberts LG. Machine Perception of Three-Dimensional. [dissertation Doctor of Philosophy]. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology; 1963.
- [15] Sobel I. Camera Models and Perception. [thesis Ph.D.]. California: Stanford University; 1970.
- [16] Prewitt JMS. Object Enhancement and Extraction. *Picture Processing and Psychopictorics*. 1970 Jan:75-149.
- [17] Maini R, Aggarwal H. Study and comparison of various image edge detection techniques. *International Journal of Image Processing* [Internet]. 2009 Mar 5 [cited 2022 Jan 26];3(1):1-11. Available from: <https://www.cscjournals.org/manuscript/Journals/IJIP/Volume3/Issue1/IJIP-15.pdf>
- [18] Canny J. A Computational Approach to Edge Detection. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* [Internet]. 1986 Nov [cited 2022 Feb 15];8(6):679-98. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4767851/authors#authors>
- [19] Lu S, Su S, Tan CL. Document image binarization using background estimation and stroke edges. *Int J Doc Anal Recognit* [Internet]. 2010 Dec [cited 2022 Feb 18];13(4):303-14. Available from: https://www.researchgate.net/publication/220163435_Document_image_binarization_using_background_estimation_and_stroke_edges
- [20] Lu S, Chen T, Tian S, Lim JH, Tan CL. Scene text extraction based on edges and support vector regression. *Int J Doc Anal Recognit* [Internet]. 2015 Jun [cited 2022 Feb 25];18(2):125-35. Available from: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1007/s10032-015-0237-z>
- [21] Lu T, Ming D, Lin X, Hong Z, Bai X, Fang J. Detecting building edges from high spatial resolution remote sensing imagery using richer convolution features network. *Remote Sens* [Internet]. 2018 Sep 19 [cited 2022 Mar 1];10(9):1496. Available from: <https://www.mdpi.com/2072-4292/10/9/1496>