

บทที่ 4

ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

ในส่วนผลการวิจัย และการอภิปรายผลนี้ จะกล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับ เครื่องมือ อุปกรณ์ โปรแกรม ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย ผลการตรวจจับภาพเสาไฟฟ้าแรงสูง และ ผลการทดสอบ ประสิทธิภาพของระบบตรวจจับภาพเสาไฟฟ้าแรงสูง

4.1 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

ข้อมูลวิดิทัศน์ที่ใช้สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของระบบสำหรับงานวิจัยนี้ มีสอง ส่วน ประกอบด้วย ข้อมูลซึ่งได้จากการบินสำรวจแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงระหว่างได้จากการบินสำรวจแนวสายส่ง 2 แนว ได้แก่ 1) แนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงระหว่าง โรงไฟฟ้าเขื่อนภูมิพล ไปยัง สถานีไฟฟ้านครสวรรค์ (BB-NS) และ 2) แนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูง ระหว่างสถานีไฟฟ้าตาก 2 ไปยังโรงไฟฟ้าเขื่อนภูมิพล (TA2-BB) โดยข้อมูลวิดิทัศน์ทั้งสองเพิ่ม มีลักษณะข้อมูลสรุปได้ ดังตาราง 4-1

ตาราง 4-1 ลักษณะเพิ่มข้อมูลวิดิทัศน์ที่นำมาใช้ในการทดสอบ

แนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูง	ระหว่าง โรงไฟฟ้าเขื่อนภูมิพล ไปยัง สถานีไฟฟ้านครสวรรค์ (BB-NS)	ไฟฟ้าแรงสูง ระหว่างสถานีไฟฟ้าตาก 2 ไปยังโรงไฟฟ้าเขื่อนภูมิพล (TA2-BB)
สภาพอากาศระหว่างการบันทึกภาพ	ถ่ายในสภาวะอากาศที่มีฝนตก ทำให้มีเมฆฝนติดอยู่บริเวณหน้ากล้อง และแสงธรรมชาติมีน้อย	ถ่ายในสภาวะอากาศแจ่มใส มีแสงสว่าง เพียงพอทำให้ได้ภาพค่อนข้างชัดเจนกว่า
สภาพภูมิประเทศระหว่างการบันทึกภาพ	ทุ่งนาสลับกับเทือกเขา และผืนป่าเบญจพรรณ	ทุ่งนาสลับกับเทือกเขาและผืนป่าเบญจพรรณ
จำนวนภาพที่นำมาทดสอบระบบ	595 รูป	499 รูป
จำนวนภาพเสาที่มี	562 ภาพเสา	318 ภาพเสา

4.2 ผลการตรวจจับภาพเสาไฟฟ้าแรงสูง

เนื้อหาในส่วนนี้ประกอบด้วยผลการดำเนินงานของขั้นตอนการสกัดเส้นองค์ประกอบของเสาไฟฟ้าแรงสูง ซึ่งเป็นผลการทดสอบระบบในหัวข้อ 3.2.1 และ ขั้นตอนการเลือกจุดสมาชิกภาพเสาไฟฟ้าแรงสูงในหัวข้อ 3.2.2

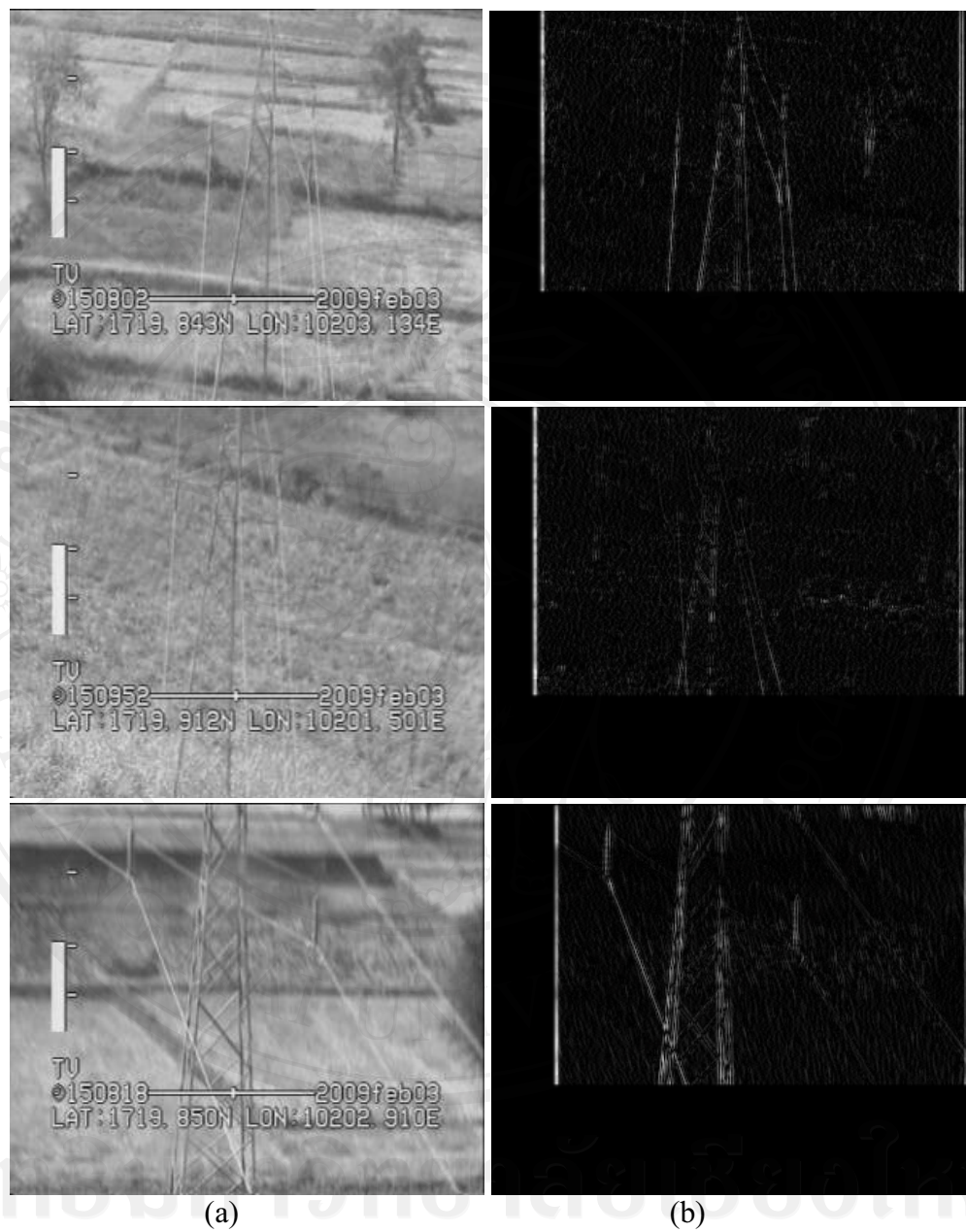
4.2.1 ผลการทำงานของขั้นตอนการสกัดเส้นองค์ประกอบของเสาไฟฟ้าแรงสูง

4.2.1.1 ผลการกรองในทิศทาง x

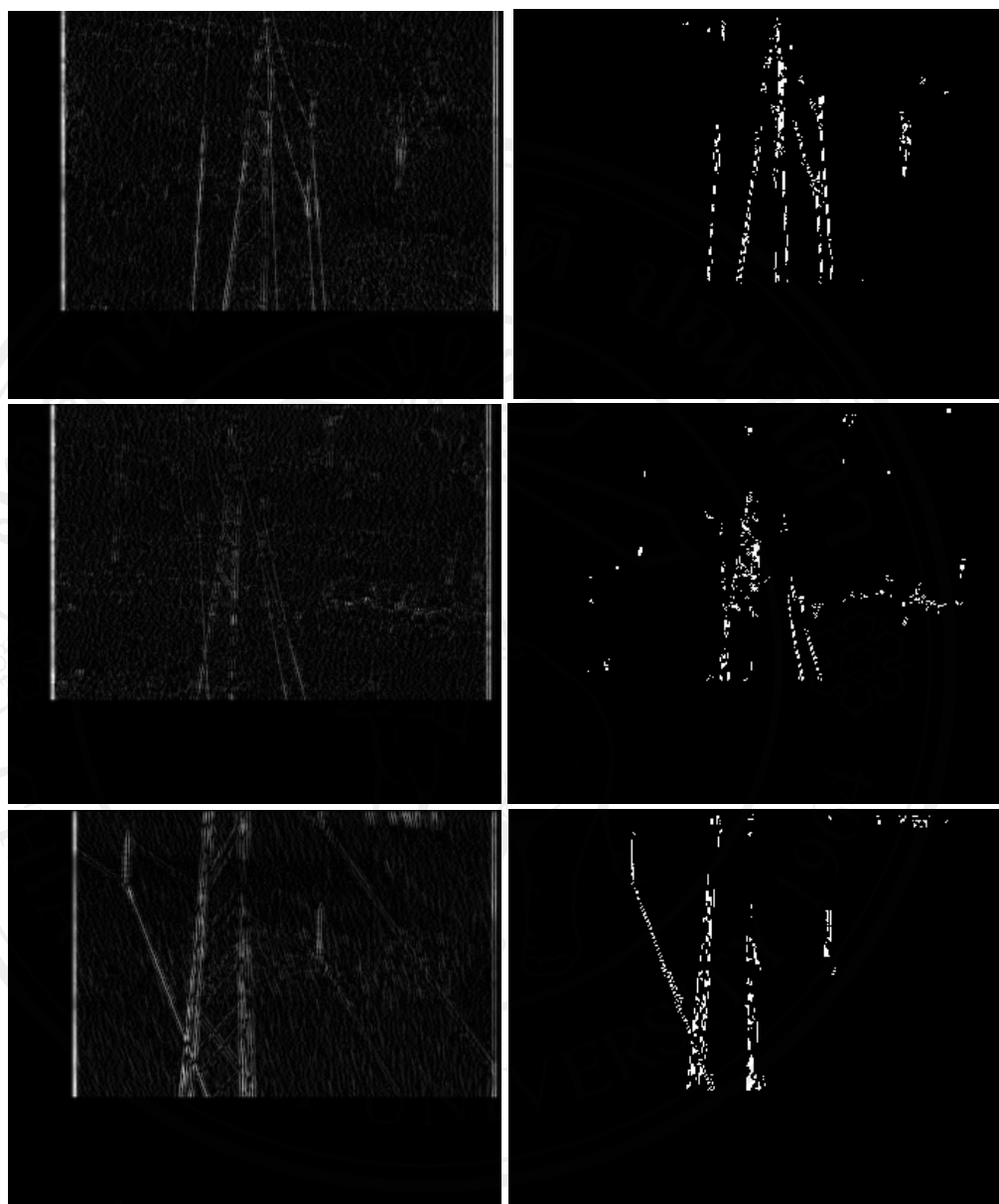
ผลการกรองในทิศทาง x เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองภาพเสาไฟฟ้าแรงสูง ตามขั้นตอนในหัวข้อ 3.2.1.2 (ดังรูป 4-1) ซึ่งเป็นรูปเปรียบเทียบระหว่าง ภาพเริ่มต้นที่ใช้สำหรับการวิจัย กับ ภาพที่ผ่านการกรองในทิศทาง x โดยการใช้ตัวกรองเรียกซ้ำ (หัวข้อ 3.2.1.1 และ 3.2.1.2) ซึ่งผลแสดงให้เห็นว่า ระบบมีความสามารถในการยกระดับสัญญาณบริเวณภาพ (บริเวณที่มีสีขาวเป็นบริเวณที่มีระดับสัญญาณแรงกว่าบริเวณที่มีมืด) ที่มีลักษณะเป็นเส้น และแยกออกจากพื้นหลังได้อย่างชัดเจน

4.2.1.2 ผลการจัดค่าที่ไม่มากที่สุด และการกำหนดค่าขีดแบ่ง

ภาพสัญญาณที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้าถูกดำเนินการจัดค่าที่ไม่มากที่สุดและการกำหนดค่าขีดแบ่ง ตามหัวข้อ 3.2.1.3 ผลที่ได้ทำให้สามารถระบุตำแหน่งของจุดสมาชิกของเส้นที่อยู่ในภาพได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น ดังรูป 4-2(a)



รูป 4-1 (a) ตัวอย่างรูปเสาไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการวิจัย
(b) ตัวอย่างผลที่ได้จากการกรองภาพ (a) ในทิศทาง x



(a)

(b)

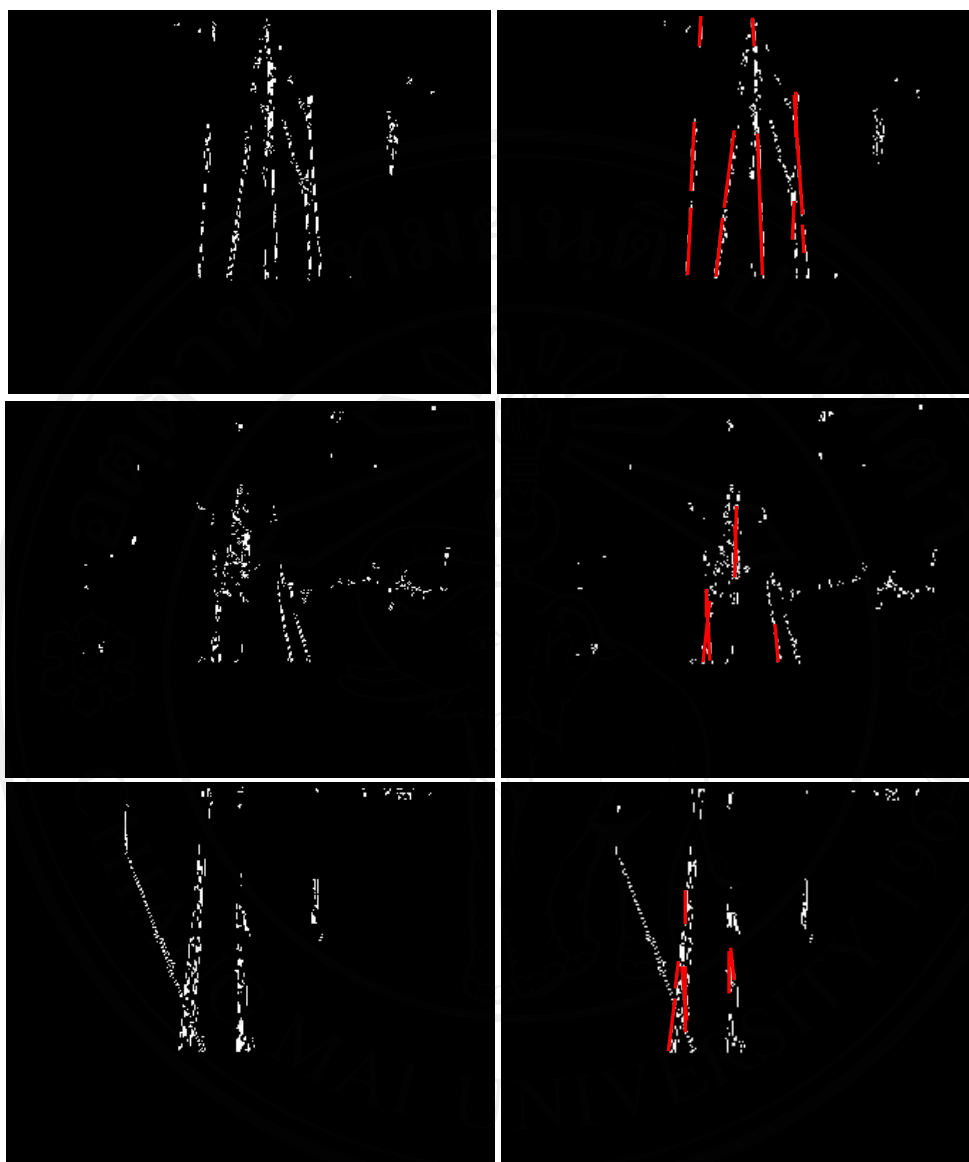
รูป 4-2 (a) ตัวอย่างผลที่ได้จากการกรองภาพ ในทิศทาง x
 (b) ภาพหลังจากผ่านการขจัดค่าที่ไม่มากที่สุด และการกำหนดค่าขีดแบ่ง

4.2.1.3 ผลการเลือกจุดที่เรียงตัวเป็นเส้นตรงแนวดิ่ง

เมื่อได้รูปของจุดสมาชิกของเส้นที่มีตำแหน่งแน่นอนแล้วจากนั้นจึง ดำเนินการในขั้นตอนการกำจัดภาพที่มีจำนวนจุดมากเกินไป (หัวข้อ 3.2.1.4) การเลือกจุดที่เรียงตัวเป็นเส้นตรง (หัวข้อ 3.2.1.5) การเลือกเส้นที่วางตัวในแนวดิ่ง (หัวข้อ 3.2.1.6) การเลือกเส้นตรงที่มีจุดสมาชิกมากที่สุด (หัวข้อ 3.2.1.7) และ การแปลงจุดในปริภูมิพารามิเตอร์ กลับไปเป็น เส้นในปริภูมิตั้งฉาก (หัวข้อ 3.2.1.8) ซึ่งผลที่ได้ เป็นเส้นที่คาดว่าจะป็นองค์ประกอบของภาพเสาดังแสดงในรูป 4-3

4.2.2 ผลการเลือกจุดสมาชิกของภาพเสาไฟฟ้าแรงสูง

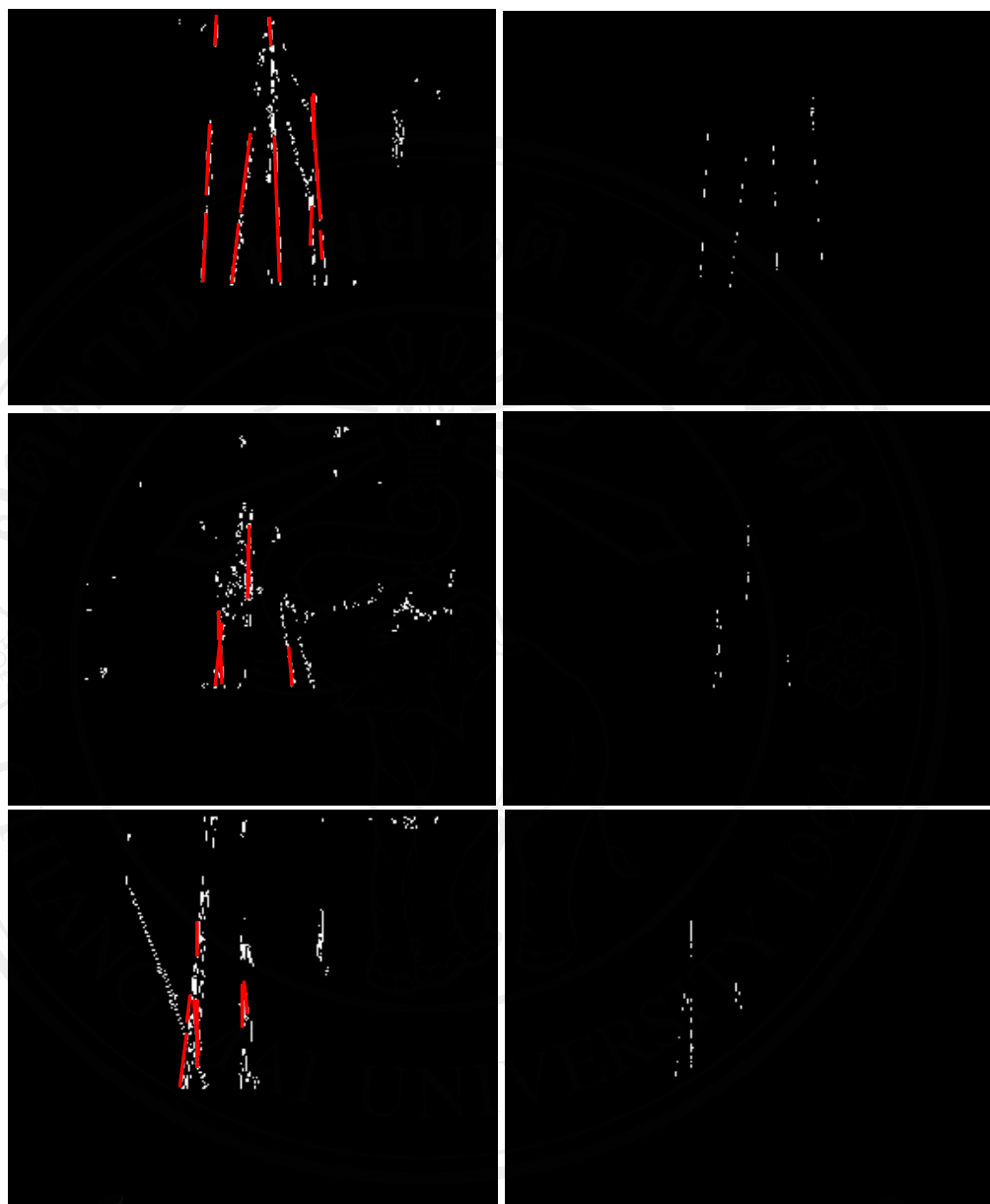
เส้นที่ได้จากการดำเนินการสกัดเส้นองค์ประกอบของเสาไฟฟ้าแรงสูงในขั้นตอนก่อนหน้านี้ เมื่อนำมาดำเนินการเลือกจุดสมาชิกภาพเสาไฟฟ้าแรงสูง (หัวข้อ 3.2.2) แล้ว ผลที่ได้เป็นจุดของภาพที่คาดว่าจะป็นสมาชิกของภาพเสาไฟฟ้าแรงสูงภายในภาพ ดังแสดงในรูป 4-4



(a)

(b)

รูป 4-3 (a) ผลที่ได้จากการขจัดค่าที่ไม่มากที่สุด และการกำหนดค่าขีดแบ่ง
 (b) ผลการเลือกเส้นตรงที่เรียงตัวเป็นเส้นตรงแนวตั้ง ภาพ (a)



(a)

(b)

รูป 4-4 (a) ผลการเลือกเส้นตรงที่เรียงตัวเป็นเส้นตรงแนวดิ่ง

(b) ผลการเลือกจุดสมาชิกของภาพเสาไฟฟ้าแรงสูงจาก ภาพ (a)

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ

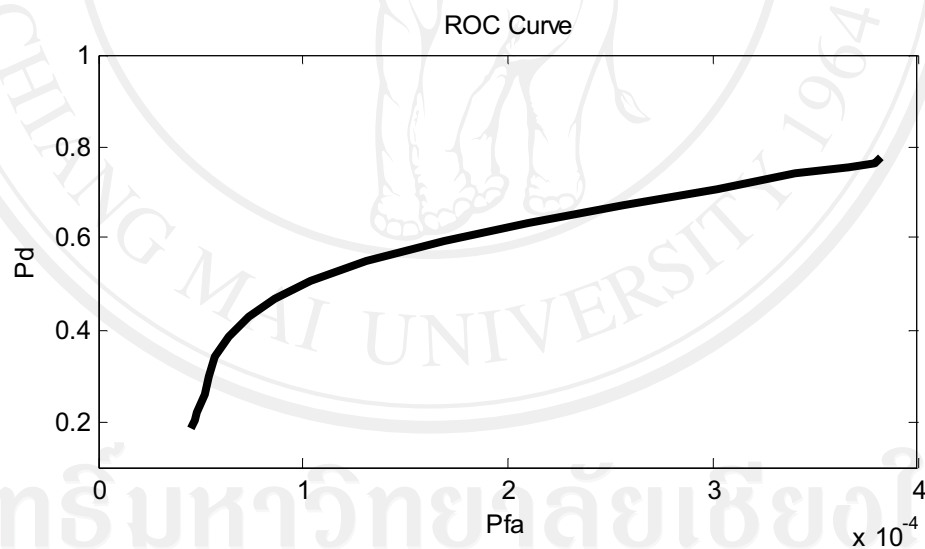
เมื่อรูปภาพที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมดผ่านกระบวนการตรวจจับภาพเสาไฟฟ้าแรงสูง ตามหัวข้อ 3.2 แล้วจึงนำผลที่ได้มาดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพ และนำเสนอในรูปแบบเส้นโค้ง ROC โดยมีกรณีศึกษาดังต่อไปนี้

4.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้น

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ ข้อมูลจากการสำรวจแนวสายส่ง BB-NS และแนวสายส่ง TA2-BB รวมทั้งสิ้น 1,094 รูป โดยกำหนดค่าความยาวที่สั้นที่สุดของเส้นที่ใช้ในการเลือกเส้น เป็นตัวแปร MinLength (รายละเอียดอยู่ในหัวข้อ 3.2.1.9) และมีค่า 15 จุดภาพ

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้นของระบบ

ผลที่ได้จากการทดสอบ



รูป 4-5 เส้นโค้ง ROC แสดงประสิทธิภาพเบื้องต้นของระบบ (ทดสอบกับภาพทั้งหมด)

ตาราง 4-2 ข้อมูล P_{fa} และ P_d จากการวัดประสิทธิภาพของระบบ
เมื่อปรับเปลี่ยนค่าขีดแบ่งตั้งแต่ 0-100 และค่า MinLength = 15

Threshold	Pfa	Pd	Threshold	Pfa	Pd
1	0.000382	0.776136	35	0.000256	0.673864
2	0.000382	0.776136	40	0.00021	0.634091
3	0.000382	0.776136	45	0.000169	0.592045
4	0.000382	0.776136	50	0.000131	0.55
5	0.000382	0.776136	55	0.000104	0.507955
6	0.000382	0.776136	60	8.61E-05	0.467045
7	0.000382	0.776136	65	7.32E-05	0.427273
8	0.000382	0.776136	70	6.4E-05	0.384091
9	0.000382	0.776136	75	5.71E-05	0.343182
10	0.000382	0.776136	80	5.43E-05	0.297727
15	0.000379	0.764773	85	5.17E-05	0.260227
20	0.000366	0.755682	90	4.86E-05	0.221591
25	0.00034	0.740909	95	4.71E-05	0.202273
30	0.000302	0.707955	100	4.5E-05	0.182955

อภิปรายผล

ผลที่ได้จากเส้นโค้ง ROC ในรูป 4-5 และ ตาราง 4-2 สามารถสรุปได้ดังนี้

1) เมื่อค่าขีดแบ่งจำนวนของจุดสมาชิกเส้น ที่ใช้ตัดสินใจว่าจะนับเอาเส้นนั้นเป็นส่วนประกอบของเสาไฟฟ้าหรือไม่ (ขั้นตอน 3.2.1.8) มีค่ามากขึ้น จะจำกัดจำนวนของเส้นที่มีโอกาสถูกนับเป็นเสาไฟฟ้า ทำให้ค่า P_d ลดลง แต่ก็ทำให้ค่า P_{fa} ซึ่งแสดงโอกาสในการตรวจพบจุดที่ไม่ได้เป็นเสาไฟฟ้าผิดพลาดลดลงไปด้วยเช่นกัน

2) หากกำหนดให้ค่าขีดแบ่งมีค่าเท่ากับ 1 แล้ว จุดทุกจุดที่ผ่านจากขั้นตอนการเลือกจุดที่เรียงตัวเป็นเส้นตรง (ขั้นตอน 3.2.1.5) จะเป็นสมาชิกของเส้นทั้งหมดจะทำให้สามารถตรวจจับกรอบภาพเสาไฟฟ้าได้มากที่สุดที่ 77 เปอร์เซ็นต์ แต่ P_{fa} ซึ่งแสดงโอกาสที่จะตรวจไปเจอจุดที่ไม่ได้เป็นสมาชิกของภาพเสาก็มีค่า 0.038 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุดเช่นกัน

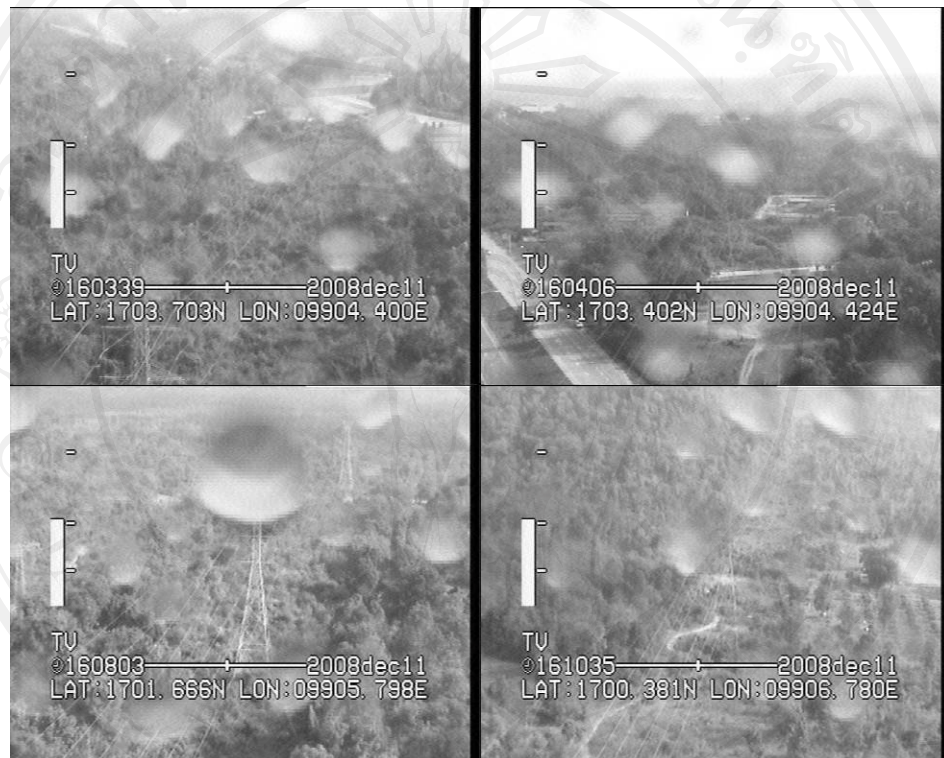
4.3.2 การทดสอบเพื่อศึกษาผลกระทบของสภาพอากาศที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ การสำรวจแนวสายส่ง BB-NS และแนวสายส่ง TA2-BB รวมทั้งสิ้น 1,094 รูป และกำหนดค่า MinLength มีค่า 15 จุดภาพคล้ายกับการ

วัตถุประสงค์

ทดสอบในหัวข้อ 4.3.1 แต่แยกคำนวณหาเส้นโค้งของแต่ละแนวสาย เพื่อศึกษาผลกระทบของสภาพอากาศที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบด้วยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้รับจากเพิ่มวิถีทัศนทั้ง

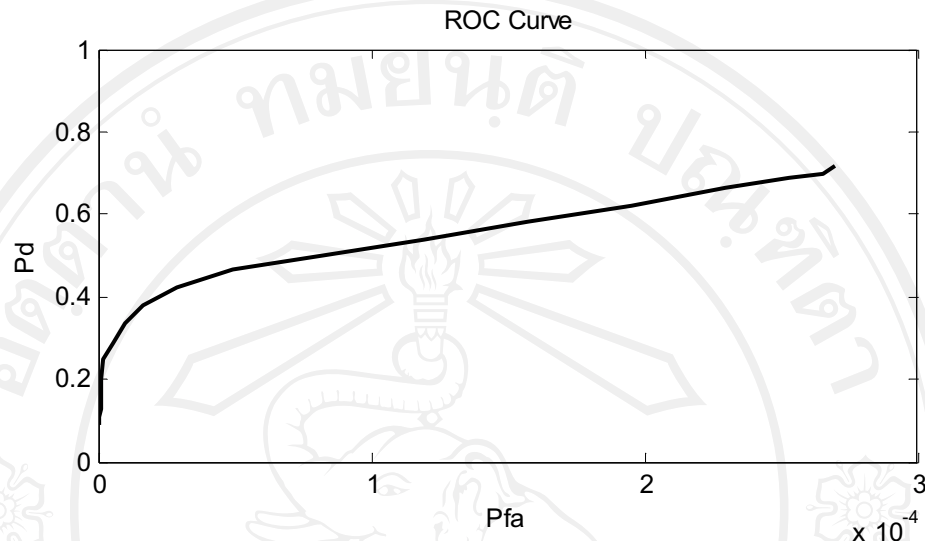
สองที่ถ่ายในสภาพอากาศที่แตกต่างกัน เนื่องจาก แฟ้มวีดิทัศน์ BB-NS นั้น ถ่ายทำขณะมีฝนตกทำให้มีหยดน้ำบดบังหน้ากล้อง ดังแสดง ตัวอย่างในรูป 4-6 แล้วจึงเปรียบเทียบกับผลการวัดประสิทธิภาพ เบื้องต้นในหัวข้อ 4.3.1



รูป 4-6 ตัวอย่างภาพจากวีดิทัศน์แนวสายส่ง BB-NS ที่มีหยดน้ำเกาะอยู่หน้ากล้อง

ผลที่ได้จากการทดสอบ

4.3.2.1 ผลการทดสอบกับข้อมูลแนวสายส่ง BB-NS และค่า MinLength = 15

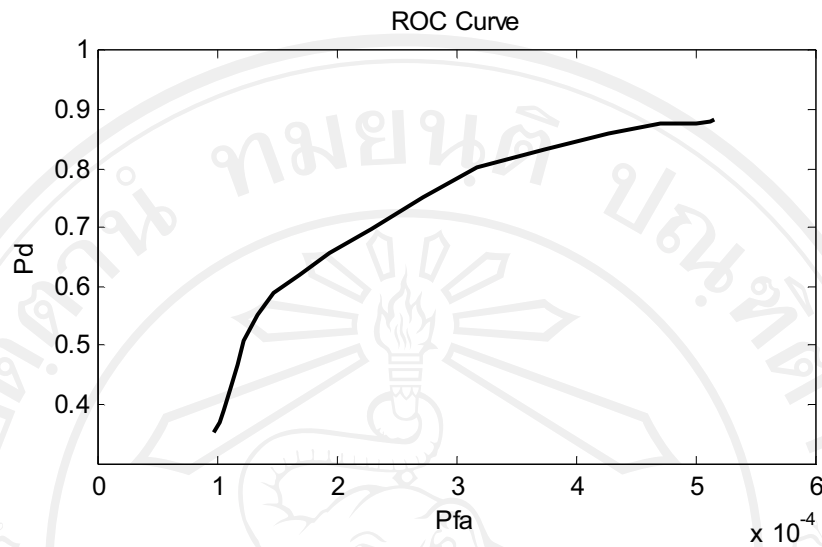


รูป 4-7 เส้นโค้ง ROC จากการทดสอบกับข้อมูลแนวสายส่ง BB-NS และค่า MinLength = 15

ตาราง 4-3 ผลการทดสอบกับข้อมูลแนวสายส่ง BB-NS และค่า MinLength = 15

Threshold	Pfa	Pd	Threshold	Pfa	Pd
1	0.00027	0.715302	35	0.000158	0.58363
2	0.00027	0.715302	40	0.000119	0.539146
3	0.00027	0.715302	45	8.18E-05	0.501779
4	0.00027	0.715302	50	4.92E-05	0.466192
5	0.00027	0.715302	55	2.85E-05	0.423488
6	0.00027	0.715302	60	1.62E-05	0.380783
7	0.00027	0.715302	65	1E-05	0.336299
8	0.00027	0.715302	70	5.35E-06	0.288256
9	0.00027	0.715302	75	1.74E-06	0.25089
10	0.00027	0.715302	80	1.2E-06	0.201068
15	0.000265	0.699288	85	1.01E-06	0.161922
20	0.000253	0.686833	90	8.16E-07	0.126335
25	0.000229	0.663701	95	4.06E-07	0.108541
30	0.000195	0.622776	100	2.21E-07	0.087189

4.3.2.2 ผลการทดสอบกับข้อมูลแนวสายส่ง TA2-BB และค่า MinLength = 15

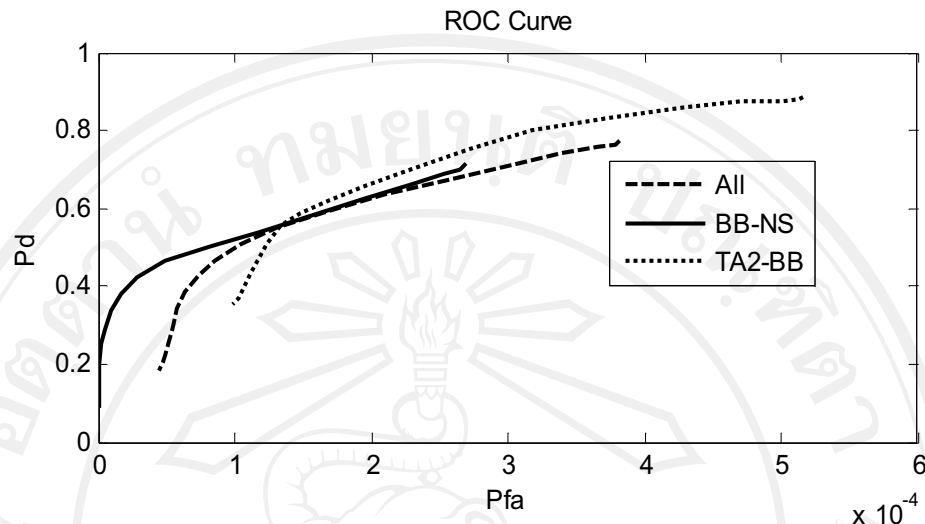


รูป 4-8 เส้นโค้ง ROC จากการทดสอบกับข้อมูลแนวสายส่ง TA2-BB และค่า MinLength = 15

ตาราง 4-4 ผลการทดสอบกับข้อมูลแนวสายส่ง TA2-BB และค่า MinLength = 15

Threshold	Pfa	Pd	Threshold	Pfa	Pd
1	0.000516	0.883648	35	0.000374	0.833333
2	0.000516	0.883648	40	0.000318	0.801887
3	0.000516	0.883648	45	0.000272	0.751572
4	0.000516	0.883648	50	0.000229	0.698113
5	0.000516	0.883648	55	0.000195	0.657233
6	0.000516	0.883648	60	0.000169	0.619497
7	0.000516	0.883648	65	0.000148	0.58805
8	0.000516	0.883648	70	0.000134	0.553459
9	0.000516	0.883648	75	0.000123	0.506289
10	0.000515	0.883648	80	0.000117	0.468553
15	0.000513	0.880503	85	0.000112	0.433962
20	0.000501	0.877358	90	0.000105	0.389937
25	0.000471	0.877358	95	0.000103	0.367925
30	0.000428	0.858491	100	9.82E-05	0.352201

4.3.2.3 นำผลการทดสอบกรณี 4.3.1 4.3.2.1 และ 4.3.2.2 เปรียบเทียบกัน



รูป 4-9 เส้นโค้ง ROC เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบที่ได้จากข้อมูลสายส่งแต่ละแนว (BB-NS และ TA2-BB) และข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลทั้งหมดรวมกัน (All)

อภิปรายผล

ผลที่ได้จาก เส้น โค้ง ROC ตามรูป 4-9 และข้อมูลจากตาราง 4-5 พบว่า กรณีที่ทดสอบกับข้อมูลแนวสายส่ง TA2-BB (เส้นประ) นั้นมีประสิทธิภาพดีกว่า กรณีที่ทดสอบกับข้อมูลแนวสายส่ง BB-NS (เส้นทึบสีอ่อน) และ กรณีที่ทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้น (เส้นทึบสีเข้ม) มาก

ข้อมูลในตาราง 4-5 แสดงให้เห็นว่าในกรณีที่เกิดฝนตกและมีเม็ดฝนบดบังบริเวณหน้ากล้องนั้น เมื่อค่าขีดแบ่งมีค่าไม่มาก (ไม่เกิน 30) ผลที่ได้จะมีความแตกต่างจากกรณีประสิทธิภาพเบื้องต้นไม่มากนัก เนื่องจากในกรณีดังกล่าว ค่าขีดแบ่งมีค่าน้อยทำให้เส้นที่มีจำนวนจุดสมาชิกไม่มากเนื่องจากถูกบดบังด้วยหยดน้ำ ก็สามารถถูกนับเป็นเส้นที่ต้องการได้

แต่เมื่อค่าขีดแบ่งมีค่ามากขึ้น ผลที่ได้จะมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก เพราะเส้นแต่ละเส้นที่จะถือเป็นส่วนประกอบของภาพเสานั้นจะต้องมีจำนวนจุดสมาชิกมากขึ้น แต่จุดดังกล่าวกลับถูกบดบังด้วยหยดน้ำทำให้มีโอกาสน้อยลง และได้ผลลัพธ์ P_d ที่มีค่าลดลง

เมื่อเปรียบเทียบกรณีที่ภาพมีความชัดเจนเนื่องจาก อากาศแจ่มใสและไม่มีหยดน้ำบดบังกล้องในกรณี แนวสายส่ง TA2-BB แล้วพบว่า ในกรณีดังกล่าวประสิทธิภาพของระบบสูงขึ้นอย่างมาก ทั้งนี้ การที่ไม่มีหยดน้ำบดบังหน้ากล้องทำให้มีโอกาสมากกว่า ที่จำนวนของจุดที่เหลือจากขั้นตอนการกรอง จะมีจำนวนมากพอที่จะถูกนับเป็นสมาชิกของภาพเส้นเสาไฟฟ้าทำให้ค่า P_d มีค่าสูงขึ้น และจำนวนจุดซึ่งเกิดจากการรบกวนของหยดน้ำแล้วทำให้เกิดการตรวจจับภาพเสาไฟฟ้าที่ผิดพลาดก็น้อยลงตามไปด้วย

จากข้อมูลข้างต้นทำให้สามารถสรุปได้ว่า การที่แหล่งข้อมูลมีคุณภาพลดลง อย่างในกรณี
แนวสายส่ง BB-NS ซึ่งมีหยดน้ำเกาะอยู่บริเวณหน้ากล้อง ทำให้คุณภาพของภาพต่ำลง และ
ตรวจจับภาพเสาไฟฟ้าแรงสูงได้น้อยลงด้วย อย่างไรก็ตามระบบในงานวิจัยนี้สามารถตรวจจับภาพ
เสาไฟฟ้าแรงสูงได้ แม้ว่าจะเกิดการบดบังกล้องจากหยดน้ำแต่จะทำให้ประสิทธิภาพในการ
ตรวจจับลดลง

ตาราง 4-5 ข้อมูลเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบที่ได้จากจากข้อมูลสายส่งในแนว
BB-NS และ TA2-BB แต่ละแนว และข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลทั้งหมดรวมกัน (All)

Threshold	All		BB-NS		TA2-BB	
	Pfa	Pd	Pfa	Pd	Pfa	Pd
1	0.000382	0.776136	0.00027	0.715302	0.000516	0.883648
2	0.000382	0.776136	0.00027	0.715302	0.000516	0.883648
3	0.000382	0.776136	0.00027	0.715302	0.000516	0.883648
4	0.000382	0.776136	0.00027	0.715302	0.000516	0.883648
5	0.000382	0.776136	0.00027	0.715302	0.000516	0.883648
6	0.000382	0.776136	0.00027	0.715302	0.000516	0.883648
7	0.000382	0.776136	0.00027	0.715302	0.000516	0.883648
8	0.000382	0.776136	0.00027	0.715302	0.000516	0.883648
9	0.000382	0.776136	0.00027	0.715302	0.000516	0.883648
10	0.000382	0.776136	0.00027	0.715302	0.000515	0.883648
15	0.000379	0.764773	0.000265	0.699288	0.000513	0.880503
20	0.000366	0.755682	0.000253	0.686833	0.000501	0.877358
25	0.00034	0.740909	0.000229	0.663701	0.000471	0.877358
30	0.000302	0.707955	0.000195	0.622776	0.000428	0.858491
35	0.000256	0.673864	0.000158	0.58363	0.000374	0.833333
40	0.00021	0.634091	0.000119	0.539146	0.000318	0.801887
45	0.000169	0.592045	8.18E-05	0.501779	0.000272	0.751572
50	0.000131	0.55	4.92E-05	0.466192	0.000229	0.698113
55	0.000104	0.507955	2.85E-05	0.423488	0.000195	0.657233
60	8.61E-05	0.467045	1.62E-05	0.380783	0.000169	0.619497
65	7.32E-05	0.427273	1.00E-05	0.336299	0.000148	0.58805
70	6.40E-05	0.384091	5.35E-06	0.288256	0.000134	0.553459
75	5.71E-05	0.343182	1.74E-06	0.25089	0.000123	0.506289
80	5.43E-05	0.297727	1.20E-06	0.201068	0.000117	0.468553
85	5.17E-05	0.260227	1.01E-06	0.161922	0.000112	0.433962
90	4.86E-05	0.221591	8.16E-07	0.126335	0.000105	0.389937
95	4.71E-05	0.202273	4.06E-07	0.108541	0.000103	0.367925
100	4.50E-05	0.182955	2.21E-07	0.087189	9.82E-05	0.352201

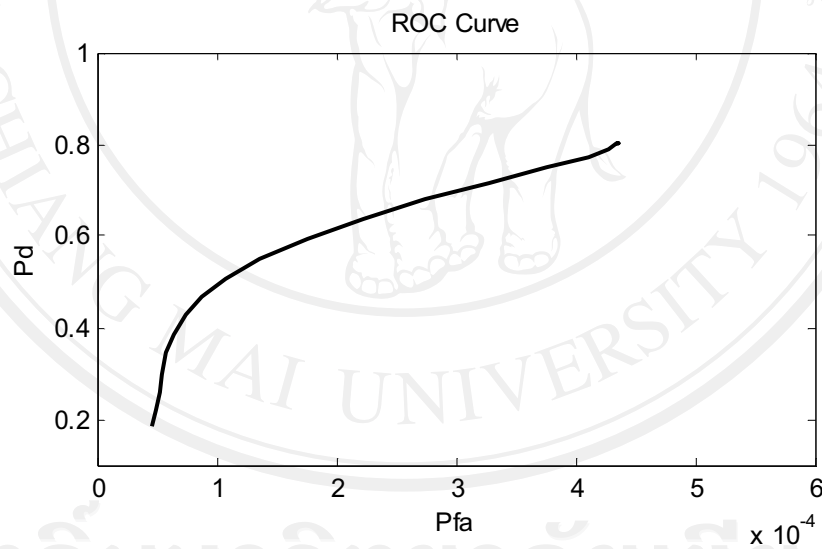
4.3.3 การทดสอบเพื่อศึกษาผลของการปรับเปลี่ยนความยาวของเส้นที่สั้นที่สุดที่ใช้ในการเลือกเส้น (MinLength) ต่อประสิทธิภาพของระบบ

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ ใช้ข้อมูลการในการทดสอบทั้งสองแนวสายส่ง แต่ปรับเปลี่ยนค่าตัวแปร MinLength ให้มีค่าเท่ากับ 1 จุดภาพ เพื่อนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับกรณีที่ค่าตัวแปร MinLength มีค่าเท่ากับ 15

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการปรับเปลี่ยน MinLength ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

ผลการทดสอบ

4.5.3.1 ข้อมูลการวัดประสิทธิภาพจากข้อมูลทุกแนวสายส่ง และกำหนดให้ MinLength มีค่าเท่ากับ 1

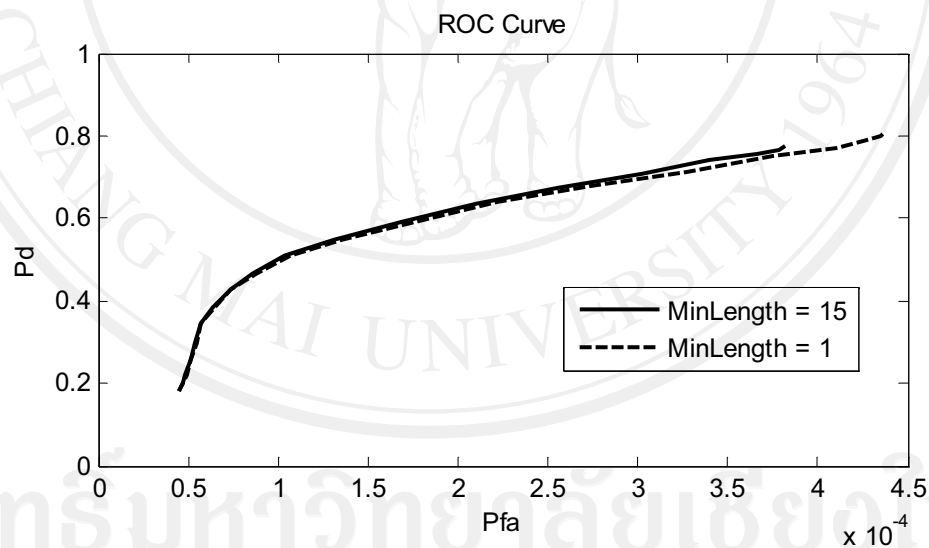


รูป 4-10 เส้นโค้ง ROC แสดงผลการวัดประสิทธิภาพจากข้อมูลทุกแนวสายส่ง และค่า MinLength = 1

ตาราง 4-6 ข้อมูลผลการวัดประสิทธิภาพจากข้อมูลทุกแนวสายส่ง และค่า MinLength = 1

Threshold	Pfa	Pd	Threshold	Pfa	Pd
1	0.000436	0.804545	35	0.000274	0.678409
2	0.000436	0.804545	40	0.000222	0.638636
3	0.000436	0.804545	45	0.000176	0.592045
4	0.000436	0.804545	50	0.000136	0.55
5	0.000436	0.804545	55	0.000107	0.507955
6	0.000436	0.804545	60	8.78E-05	0.468182
7	0.000435	0.804545	65	7.43E-05	0.428409
8	0.000435	0.802273	70	6.47E-05	0.385227
9	0.000435	0.802273	75	5.76E-05	0.344318
10	0.000435	0.801136	80	5.46E-05	0.297727
15	0.000428	0.7875	85	5.19E-05	0.260227
20	0.00041	0.771591	90	4.88E-05	0.221591
25	0.000375	0.75	95	4.73E-05	0.202273
30	0.000328	0.714773	100	4.51E-05	0.182955

4.5.3.2 ข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างกรณี MinLength = 15 กับกรณี MinLength = 1



รูป 4-11 ROC Curve เปรียบเทียบข้อมูลประสิทธิภาพระบบ
กรณีเมื่อกำหนดให้ MinLength = 15 และกรณี MinLength = 1

ตาราง 4-7 ข้อมูลเปรียบเทียบข้อมูลประสิทธิภาพระบบ
กรณีเมื่อกำหนดให้ MinLength = 15 และกรณี MinLength = 1

Threshold	MinLength = 15		MinLength = 1	
	Pfa	Pd	Pfa	Pd
1	0.000382	0.776136	0.000436	0.804545
2	0.000382	0.776136	0.000436	0.804545
3	0.000382	0.776136	0.000436	0.804545
4	0.000382	0.776136	0.000436	0.804545
5	0.000382	0.776136	0.000436	0.804545
6	0.000382	0.776136	0.000436	0.804545
7	0.000382	0.776136	0.000435	0.804545
8	0.000382	0.776136	0.000435	0.802273
9	0.000382	0.776136	0.000435	0.802273
10	0.000382	0.776136	0.000435	0.801136
15	0.000379	0.764773	0.000428	0.7875
20	0.000366	0.755682	0.00041	0.771591
25	0.00034	0.740909	0.000375	0.75
30	0.000302	0.707955	0.000328	0.714773
35	0.000256	0.673864	0.000274	0.678409
40	0.00021	0.634091	0.000222	0.638636
45	0.000169	0.592045	0.000176	0.592045
50	0.000131	0.55	0.000136	0.55
55	0.000104	0.507955	0.000107	0.507955
60	8.61E-05	0.467045	8.78E-05	0.468182
65	7.32E-05	0.427273	7.43E-05	0.428409
70	6.40E-05	0.384091	6.47E-05	0.385227
75	5.71E-05	0.343182	5.76E-05	0.344318
80	5.43E-05	0.297727	5.46E-05	0.297727
85	5.17E-05	0.260227	5.19E-05	0.260227
90	4.86E-05	0.221591	4.88E-05	0.221591
95	4.71E-05	0.202273	4.73E-05	0.202273
100	4.50E-05	0.182955	4.51E-05	0.182955

อภิปรายผล

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า เมื่อเปลี่ยนค่า MinLength ซึ่งเป็นค่ากำหนดความยาวที่สั้นที่สุดที่จะใช้เลือกเส้น จาก 15 ไปเป็น 1 นั่นคือถือเอาทุกๆจุดเป็นสมาชิกของเส้นภาพเสาไฟฟ้า ทำให้จำนวนของเส้นที่เลือกมีจำนวนมากขึ้น และโอกาสที่จะตรวจจับพบภาพเสาไฟฟ้าภายในภาพมีมากขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งมีผลทำให้ค่า P_d ของระบบมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย

จากเส้นโค้ง ROC แสดงให้เห็นว่าการปรับเปลี่ยนค่า MinLength ในการทดสอบข้างต้นมีผลเพียงเพิ่มโอกาสในการตรวจพบภาพเสาไฟฟ้าแรงสูงเพียงเล็กน้อย ซึ่งที่ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 1 นั้นมีค่า P_d สูงขึ้นเพียงแค่ 2 เปอร์เซ็นต์ ในขณะเดียวกัน ทำให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจจับเพิ่มขึ้น

มาก อันเป็นผลจากการที่ไม่มีการคัดกรองจุดใดๆที่ปรากฏเพิ่มมากขึ้นจากการลดค่าMinLengthนั่นเอง

ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า การปรับเปลี่ยนค่า MinLength จาก 15 ไปเป็น 1 ตามการทดสอบนี้ ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของการตรวจจับภาพเสาไฟฟ้าในงานวิจัยนี้แต่อย่างใด

ข้อสังเกตที่พบอีกประการคือ แม้ว่าเราจะยอมให้ทุกๆจุดที่อยู่ในปริภูมิพารามิเตอร์เป็นจุดสมาชิกของภาพเสาไฟฟ้าแรงสูงแล้ว แต่ก็ยังมีเสาบางเสาไม่ถูกตรวจจับพบอีกถึง 20 เสา ซึ่งเห็นได้ชัดว่าเป็นโอกาสที่จะใช้ในการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบให้ดียิ่งขึ้น

4.3.4 การทดสอบเพื่อศึกษาผลกระทบของคุณภาพของภาพวิดีโอที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบตรวจจับภาพเสาไฟฟ้าแรงสูง

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแนวสายส่ง TA2-BB กำหนดให้ MinLength มีค่าเท่ากับ 1 แต่มีการทำข้อมูล 2 ชุด ได้แก่ 1) ข้อมูลแนวสายส่ง TA2- BB ที่ใช้ในการทดสอบในหัวข้อ 4.3.3 จำนวน 499 รูป 2) ข้อมูลแนวสายส่ง TA2-BB ที่ถูกกำจัดภาพซึ่งภาพเสาที่ได้มีคุณภาพต่ำอันเนื่องมาจากการเคลื่อนไหว และการเคลื่อนที่ของกล้องวิดีโอ ดังตัวอย่างในรูป 4-12 ซึ่งจะเหลือเพียงภาพที่มีความชัดเจนเพียงพอที่จะบอกได้ว่าบริเวณนั้นเป็นภาพของเสาไฟฟ้าเพื่อใช้ในการทดสอบจำนวน 418 รูป



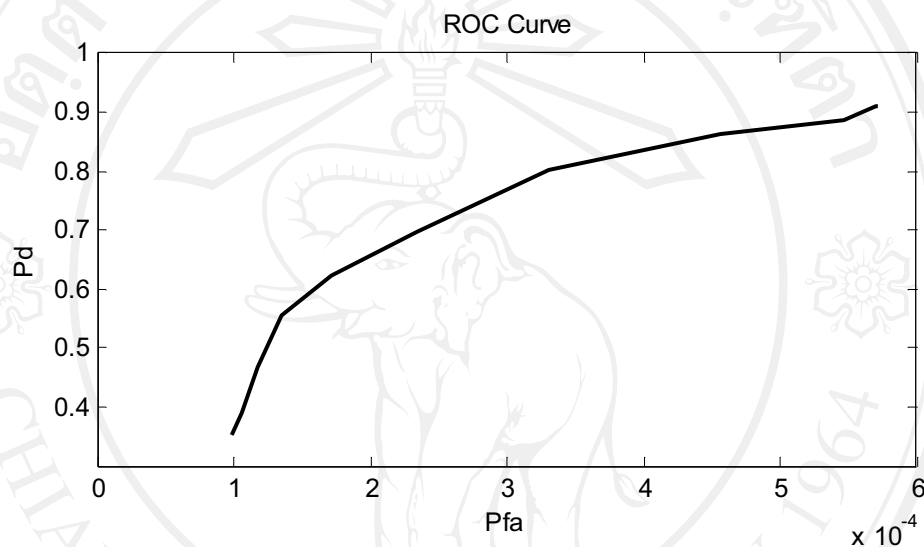
รูป 4-12 ตัวอย่างภาพที่ตัดทิ้งไปเนื่องจากความไม่ชัดเจนของภาพ

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาเพื่อศึกษาผลกระทบของคุณภาพของภาพวิดีโอที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบตรวจจับภาพเสาไฟฟ้าแรงสูงโดยการเปรียบเทียบกับกลุ่มข้อมูลที่กำลังจัดภาพที่มีคุณภาพต่ำไม่ชัดเจนออกไป

ผลการทดสอบ

4.3.4.1 การทดสอบกับข้อมูลภาพ จาก TA2-BB โดยกำหนดค่า MinLength มีค่า 1 จุดภาพ



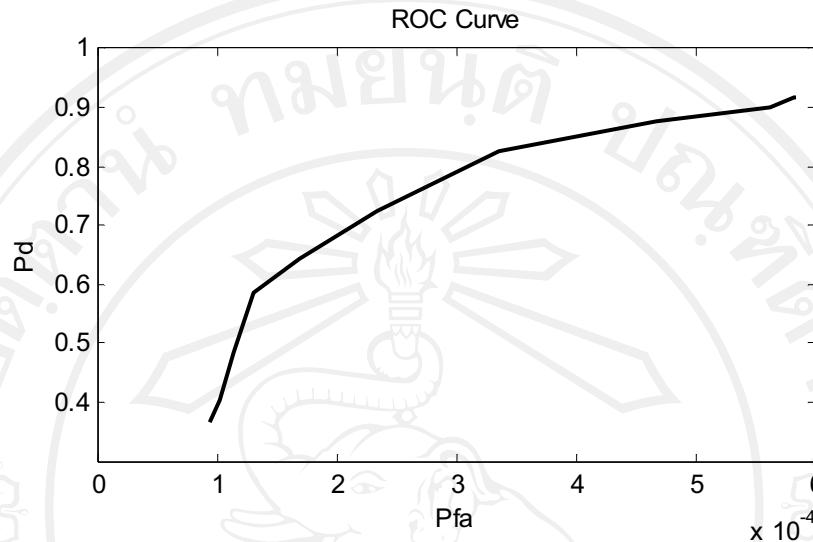
รูป 4-13 เส้นโค้ง ROC แสดงประสิทธิภาพของระบบเมื่อทดสอบกับข้อมูลภาพจาก TA2-BB และกำหนดค่า MinLength มีค่า 1 จุดภาพ

ตาราง 4-8 ข้อมูลประสิทธิภาพของระบบเมื่อทดสอบกับข้อมูลภาพจาก TA2-BB และกำหนดค่า MinLength มีค่า 1 จุดภาพ

Threshold	Pfa	Pd	Threshold	Pfa	Pd
1	0.0006	0.908805	40	0.000331	0.801887
2	0.0006	0.908805	50	0.000234	0.698113
4	0.0006	0.908805	60	0.000171	0.622642
6	0.0006	0.908805	70	0.000135	0.556604
8	0.0006	0.908805	80	0.000118	0.468553
10	0.0006	0.908805	90	0.000106	0.389937
20	0.0005	0.8867925	100	9.84E-05	0.352201
30	0.0005	0.8616352			

4.3.4.2 การทดสอบกับข้อมูลภาพ จาก TA2-BB ที่ตัดภาพคุณภาพต่ำออกไป

และค่า MinLength = 1 จุดภาพ

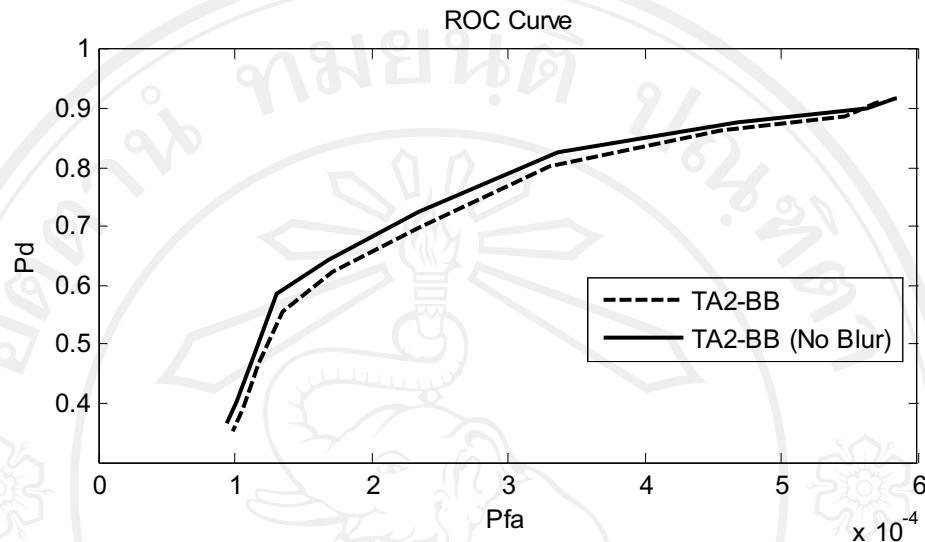


รูป 4-14 เส้นโค้ง ROC แสดงประสิทธิภาพของระบบเมื่อทดสอบกับข้อมูลภาพ จาก TA2-BB ที่ตัดภาพคุณภาพต่ำออกไป และค่า MinLength = 1 จุดภาพ

ตาราง 4-9 ข้อมูลประสิทธิภาพของระบบเมื่อทดสอบกับข้อมูลภาพ จาก TA2-BB ที่ตัดภาพคุณภาพต่ำออกไป และค่า MinLength = 1 จุดภาพ

Threshold	Pfa	Pd	Threshold	Pfa	Pd
1	0.000584	0.917266	40	0.000336	0.827338
2	0.000584	0.917266	50	0.000234	0.723022
4	0.000584	0.917266	60	0.000168	0.643885
6	0.000584	0.917266	70	0.000131	0.586331
8	0.000583	0.917266	80	0.000114	0.485612
10	0.000583	0.917266	90	0.000102	0.402878
20	0.000563	0.899281	100	9.47E-05	0.366906
30	0.000468	0.877698			

4.3.4.3 ผลการเปรียบเทียบผลการวัดประสิทธิภาพระหว่างกรณี ข้อมูล TA1-BB ปกติ (TA2-BB) กับข้อมูล TA2-BB ที่ตัดภาพคุณภาพต่ำออกไป (TA2-BB No blur)



รูป 4-15 เส้นโค้ง ROC เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบระหว่างกรณี ข้อมูล TA1-BB ปกติ (TA2-BB) กับกรณีข้อมูล TA2-BB ที่ตัดภาพที่คุณภาพต่ำออกไป (TA2-BB No blur)

อภิปรายผล

จากผลการเปรียบเทียบเส้นโค้ง ROC ทำให้ทราบว่าเมื่อตัดภาพที่มีคุณภาพต่ำ รูปภาพไม่ชัดเจนออกทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบดีขึ้น โดยมีค่า P_d ที่สูงขึ้น และ ค่า P_{fa} ที่ต่ำลง

ภาพที่ไม่ชัดเจนในที่นี้เป็นภาพที่เกิดการเบลอเนื่องจากการเคลื่อนไหวของอากาศยานทำให้กล้องมีการเคลื่อนไหวขณะบันทึกภาพ และภาพที่ได้ไม่มีความชัดเจน ลักษณะของภาพที่ไม่ชัดเจนนี้เป็นภาพที่สูญเสียองค์ประกอบความถี่สูงในโดเมนเชิงพื้นที่ (Spatial Domain) เหลือเพียงข้อมูลความถี่ต่ำ ซึ่งเมื่อข้อมูลเหล่านี้ ผ่านเข้าไปในขั้นตอนการกรองด้วยตัวกรองเรียกซ้ำในหัวข้อ 3.2.1.1 ก็จะถูกกำจัดออกไปหมดจนไม่เหลือข้อมูลของเสาที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงซึ่งเป็นองค์ประกอบความถี่สูง

ดังนั้นภาพที่ชัดเจนจะทำให้ระบบตรวจจับภาพเสาไฟฟ้าในงานวิจัยนี้ สามารถทำได้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า เมื่อตัดเอาข้อมูลที่ไม่ชัดเจนออกไปแล้ว จะทำให้ที่ค่าขีดแบ่งมีค่า 40 ค่า P_d ของระบบเพิ่มขึ้น 3 เปอร์เซนต์ในขณะที่สามารถลด P_{fa} ลงได้อีก 0.054 เปอร์เซนต์

ตาราง 4-10 ข้อมูลประสิทธิภาพเปรียบเทียบกัน ระหว่างกรณีข้อมูล TA1-BB ปกติ กับกรณี
ข้อมูล TA2-BB ที่ตัดภาพที่คุณภาพต่ำออกไป

Threshold	TA2-BB		TA2-BB (No Blur)	
1	0.000571	0.908805	0.000584	0.917266
2	0.000571	0.908805	0.000584	0.917266
4	0.000571	0.908805	0.000584	0.917266
6	0.0005709	0.908805	0.000584	0.917266
8	0.0005706	0.908805	0.000583	0.917266
10	0.0005698	0.908805	0.000583	0.917266
20	0.0005472	0.8867925	0.000563	0.899281
30	0.000456	0.8616352	0.000468	0.877698
40	0.0003306	0.8018868	0.000336	0.827338
50	0.0002339	0.6981132	0.000234	0.723022
60	0.0001713	0.6226415	0.000168	0.643885
70	0.0001345	0.5566038	0.000131	0.586331
80	0.0001178	0.4685535	0.000114	0.485612
90	0.0001056	0.3899371	0.000102	0.402878
100	9.844E-05	0.3522013	9.47E-05	0.366906