การลดสัญญาณรบกวนแบบสุ่มของภาพโดยยังคงรักษาขอบวัตถุในภาพ

RANDOM NOISE ELIMINATION OF IMAGE BASED ON EDGE PRESERVATION

ทวีศักดิ์ ตรงติรกุล
ณัฐพงศ์ พันธุนะ
นิคม ดิษฐคลึ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การลดสัญญาณรบกวนแบบสุ่มของภาพโดยยังคงรักษาขอบวัตถุในภาพ

RANDOM NOISE ELIMINATION OF IMAGE BASED ON EDGE PRESERVATION

ทวีศักดิ์ ตรงติรกุล
ณัฐพงศ์ พันธุนะ
นิคม ดิษฐคลึ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การลดสัญญาณรบกวนแบบสุ่มของภาพโดยยังคงรักษาขอบวัตถุในภาพ

ทวีศักดิ์ ตรงติรกุล
ณัฐพงศ์ พันธุนะ
นิคม ดิษฐคลึ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

RANDOM NOISE ELIMINATION OF IMAGE BASED ON EDGE PRESERVATION

THAWEESAK TRONGTIRAKUL
NATTAPONG PHANTHUNA
NIKOM DISKLUD

This research was funded by the budget in fiscal year 2015 of
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

ชื่อเรื่อง การลดสัญญาณรบกวนแบบสุ่มของภาพโดยยังคงรักษาขอบวัตถุในภาพ
ผู้วิจัย นาย ทวีศักดิ์ ตรงติรกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพงศ์ พันธุนะ
นาย นิคม ดิษฐคลึ
ปีที่ทำการวิจัย พ.ศ. 2558
แหล่งทุนวิจัย งบประมาณเงินรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำเสนอการลดสัญญาณรบกวนแบบสุ่มโดยยังคงรักษาขอบวัตถุในภาพ โดยมีหน้ากากที่ใช้จำนวน 29 หน้ากาก สำหรับในแต่ละหน้ากากประกอบด้วยจุดภาพข้างเคียงเพื่อใช้ทำการหาค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเทา และนำมาทำการแทนลงในจุดภาพที่กำลังประมวลผล ซึ่งมีเงื่อนไขที่จะเลือกใช้หน้ากากเพียงหน้ากากเดียว จากจำนวน 29 หน้ากาก โดยเลือกหน้ากากที่ให้ค่าความแปรปรวนของกลุ่มข้อมูลน้อยที่สุด สำหรับการวัดประสิทธิภาพตัวกรองสัญญาณนั้น งานวิจัยนี้ได้วัดค่าความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ และค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด ทำการเปรียบเทียบกันตัวกรองเกาเซียนส์ และชุดหน้ากากดังเดิมของโตมิตะ ฟูคูดะ และนากาโอ

Title	Ramdon Noise Elimination of Image based on Edge Preservation
Researcher	Mr. THAWEESAK TRONGTIRAKUL Asst. Prof. Dr. NATTAPONG PHANTHUNA Mr. NIKOM DISKLUD
Research Year	2015
Research Funding	Budgeting in fiscal year 2015 of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

---

ABSTRACT

This report aims to present the random noise elimination of image based on edge preservation. This solution is a pixel processing using 29 templates. Each template consists of the considered pixel and its neighbor pixels. To eliminate noises, the smoothing process replaces the new pixel intensity into the same considered processing pixel by the mean intensity of neighbor pixels. The condition of the template selection is based on the minimum variance of templates. As the experimental results, this solution brings the peak signal-to-noise ratio (PSNR) higher than Gaussian filter, Tomita's marks, Fukuda's marks and Nagao's marks and also gains contrast difference.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วย ความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ และผู้ช่วยคณะ ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ที่ได้ให้การสั่งสอนอบรมเพื่อนำความรู้ ความเข้าใจมาประยุกต์ใช้กับการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในการสนับสนุนทุนการศึกษาตลอดงานวิจัยนี้

คุณงามความดีอันใดที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา และบุพการีทุก ๆ ท่าน ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนคุณอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้มอบวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ทวีศักดิ์ ตรงติรกุล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II
กิตติกรรมประกาศ..... III
สารบัญ..... IV
สารบัญตาราง..... VI
สารบัญรูป..... VII
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2
1.3 ทฤษฎีและแนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย..... 2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย..... 2
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา..... 3

บทที่ 2 การลดสัญญาณรบกวน..... 4
2.1 บทนำ..... 4
2.2 ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean Filter)..... 4
2.3 ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่ามัธยฐาน (Medium Filter)..... 5
2.4 ตัวกรองสัญญาณรบกวนเกาเซียน (Gaussian Filter)..... 6
2.5 หน้ากากโตมิตะ (Tomita's Masks) 8
2.6 หน้ากากนากาโอ (Nagao's Masks) 8
2.7 หน้ากากที่นำเสนอ (Purposed Mask)..... 9
2.8 สรุปผลการทดลอง..... 9

บทที่ 3 การวัดประสิทธิภาพตัวกรองสัญญาณ..... 11
3.1 บทนำ..... 11
3.2 การหาค่าตารางความแตกต่างระหว่างจุดภาพ..... 11
3.3 การหาค่าความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ (Homogeneity)..... 12
3.4 การหาค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มของจุดภาพ (Contrast)..... 13
3.5 การหาค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (Peak Signal-to-Noise Ratio: PSNR) 13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง 14

4.1 บทนำ 14

4.2 รูปภาพที่นำมาทดสอบ 14

4.3 ผลการทดลองและการเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ 15

4.4 สรุปผลการทดลอง 66

บทที่ 5 สรุปปัญหาและข้อเสนอแนะ 69

5.1 สรุปผลการทำวิจัย 69

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ 69

บรรณานุกรม 70

ภาคผนวก ก 71

ภาคผนวก ข 73

ภาคผนวก ค 75

ภาคผนวก ง 77

ภาคผนวก จ 79

ภาคผนวก ฉ 81

ประวัติผู้วิจัย 83

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 3.1	แสดงการแบ่งช่วงค่าระดับสีเทา	11
ตารางที่ 4.1	แสดงรายละเอียดของภาพที่นำมาทดสอบ	14
ตารางที่ 4.1	แสดงรายละเอียดของภาพที่นำมาทดสอบ (ต่อ)	15
ตารางที่ 4.2	แสดงค่าละเอียดค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด ค่าค่าเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ และค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพ	31
ตารางที่ 4.3	แสดงจำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากโตมิตะ	37
ตารางที่ 4.4	แสดงจำนวนครั้งการประมาลผลโดยใช้หน้ากากนากาโอ	39
ตารางที่ 4.5	แสดงจำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ	41
ตารางที่ 4.6	แสดงรายละเอียดค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.31	48
ตารางที่ 4.7	แสดงรายละเอียดค่าเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.31	50
ตารางที่ 4.8	แสดงรายละเอียดค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพจากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.31	52
ตารางที่ 4.9	แสดงรายละเอียดค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุดจากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.32	54
ตารางที่ 4.10	แสดงรายละเอียดค่าเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.32	56
ตารางที่ 4.11	แสดงรายละเอียดค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพจากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.32	58
ตารางที่ 4.12	แสดงรายละเอียดค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.33	60
ตารางที่ 4.13	แสดงรายละเอียดค่าเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.33	62
ตารางที่ 4.14	แสดงรายละเอียดค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพจากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.33	64

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 การเปรียบเทียบผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่าเฉลี่ย..... 5
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 5
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่าเฉลี่ยขนาด 3x3..... 5
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่าเฉลี่ยขนาด 5x5..... 5
รูปที่ 2.2 การแทนที่ข้อมูลโดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่ามัธยฐาน..... 5
(ก) ข้อมูลภาพต้นฉบับ..... 5
(ข) ข้อมูลภาพผลลัพธ์..... 5
รูปที่ 2.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่ามัธยฐาน 6
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 6
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่าเฉลี่ยขนาด 3x3..... 6
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่าเฉลี่ยขนาด 5x5..... 6
รูปที่ 2.4 ลักษณะตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์สองมิติขนาด 3x3..... 6
รูปที่ 2.5 การเปรียบเทียบผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์..... 7
(ก) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 3x3, σ = 0.5..... 7
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 0.5..... 7
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 7x7, σ = 0.5..... 7
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 3x3, σ = 1.0..... 7
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 7
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 7x7, σ = 1.0..... 7
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 3x3, σ = 1.5..... 7
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 7
(ฌ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 7x7, σ = 1.5..... 7
รูปที่ 2.6 หน้ากากโตมิตะ..... 8
รูปที่ 2.7 หน้ากากนากาโอ..... 9
รูปที่ 2.8 หน้ากากที่นำเสนอ..... 9
รูปที่ 2.9 การเปรียบเทียบผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ หน้ากากนากาโอ และหน้ากากที่นำเสนอ..... 10
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 10
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 10
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 10
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 10

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.1 การแทนที่ข้อมูลโดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่ามัธยมฐาน..... 12
(ก) ข้อมูลภาพต้นฉบับ..... 12
(ข) ข้อมูลความแตกต่างระหว่างจุดภาพ..... 12
(ค) ข้อมูลเมทริกซ์นับ..... 12
รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Girl02..... 16
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 16
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 16
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 16
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 16
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 16
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 16
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 16
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 16
รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Couple..... 16
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 16
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 16
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 16
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 16
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 16
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 16
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 16
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 16
รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Girl01..... 17
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 17
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 17
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 17
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 17
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 17
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 17
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 17
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 17

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Girl03 17
(ก) ภาพต้นฉบับ 17
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5 17
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5 17
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0 17
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5 17
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ 17
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ 17
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ 17
รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ House 18
(ก) ภาพต้นฉบับ 18
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5 18
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5 18
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0 18
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5 18
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ 18
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ 18
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ 18
รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Tree 18
(ก) ภาพต้นฉบับ 18
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5 18
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5 18
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0 18
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5 18
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ 18
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ 18
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ 18
รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Splash 19
(ก) ภาพต้นฉบับ 19
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5 19
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5 19
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0 19
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5 19
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ 19
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ 19
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ 19

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Tiffany..... 19
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 19
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 19
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 19
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 19
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 19
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 19
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 19
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 19
รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Lena 20
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 20
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 20
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 20
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 20
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 20
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 20
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 20
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 20
รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ F16..... 20
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 20
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 20
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 20
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 20
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 20
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 20
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 20
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 20
รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Sailboat on lake..... 21
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 21
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 21
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 21
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 21
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 21
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 21
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 21
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 21

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Peppers..... 21
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 21
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 21
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 21
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 21
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 21
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 21
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 21
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 21
รูปที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Moon Surface 22
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 22
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 22
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 22
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 22
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 22
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 22
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 22
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 22
รูปที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Aerial01..... 22
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 22
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 22
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 22
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 22
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 22
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 22
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 22
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 22
รูปที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Aiplane01..... 23
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 23
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 23
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 23
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 23
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 23
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 23
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 23
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 23

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Clock256..... 23
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 23
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 23
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 23
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 23
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 23
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 23
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 23
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 23
รูปที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Chemical Plant 24
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 24
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 24
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 24
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 24
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 24
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 24
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 24
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 24
รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Aerial02..... 24
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 24
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 24
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 24
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 24
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 24
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 24
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 24
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 24
รูปที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Stream and Bridge..... 25
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 25
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 25
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 25
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 25
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 25
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 25
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 25
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 25

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Man..... 25
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 25
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 25
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 25
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 25
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 25
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 25
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 25
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 25
รูปที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Airport..... 26
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 26
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 26
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 26
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 26
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 26
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 26
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 26
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 26
รูปที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Truck..... 26
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 26
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 26
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 26
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 26
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 26
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 26
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 26
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 26
รูปที่ 4.23 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Airplane02..... 27
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 27
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 27
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 27
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 27
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 27
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 27
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 27
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 27

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Tank01 27
(ก) ภาพต้นฉบับ 27
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5 27
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5 27
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0 27
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5 27
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ 27
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ 27
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ 27
รูปที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Car and APCs01 28
(ก) ภาพต้นฉบับ 28
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5 28
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5 28
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0 28
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5 28
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ 28
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ 28
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ 28
รูปที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Track and APCs01 28
(ก) ภาพต้นฉบับ 28
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5 28
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5 28
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0 28
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5 28
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ 28
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ 28
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ 28
รูปที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Track and APCs02 29
(ก) ภาพต้นฉบับ 29
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5 29
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5 29
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0 29
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5 29
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ 29
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ 29
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ 29

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Tank02..... 29
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 29
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 29
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 29
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 29
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 29
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 29
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 29
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 29
รูปที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Car and APCs02..... 30
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 30
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 30
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 30
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 30
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 30
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 30
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 30
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 30
รูปที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Tank03..... 30
(ก) ภาพต้นฉบับ..... 30
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5x5..... 30
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5x5..... 30
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.0..... 30
(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5x5, σ = 1.5..... 30
(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ..... 30
(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ..... 30
(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ..... 30
รูปที่ 4.31 หน้ากากโตมิตะ..... 35
(ก) หน้ากากโตมิตะที่ 1..... 35
(ข) หน้ากากโตมิตะที่ 2..... 35
(ค) หน้ากากโตมิตะที่ 3..... 35
(ง) หน้ากากโตมิตะที่ 4..... 35
(จ) หน้ากากโตมิตะที่ 5..... 35

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.31	หน้ากากนากาโอ	36
	(ก) หน้ากากนากาโอที่ 1	36
	(ข) หน้ากากนากาโอที่ 2	36
	(ค) หน้ากากนากาโอที่ 3	36
	(ง) หน้ากากนากาโอที่ 4	36
	(จ) หน้ากากนากาโอที่ 5	36
	(ฉ) หน้ากากนากาโอที่ 6	36
	(ช) หน้ากากนากาโอที่ 7	36
	(ซ) หน้ากากนากาโอที่ 8	36
	(ฌ) หน้ากากนากาโอที่ 9	36
รูปที่ 4.33	หน้ากากที่นำเสนอ	36
รูปที่ 4.34	แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยโดยใช้หน้ากากโตมิตะ	47
รูปที่ 4.35	แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยโดยใช้หน้ากากนากาโอ	47
รูปที่ 4.36	แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ	47
รูปที่ 4.37	แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยอัตราส่วนสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณสูงสุด	66
รูปที่ 4.38	แผนภูมิแสดงค่าเอกพันธ์ของเนื้อภาพ	67
รูปที่ 4.39	แผนภูมิแสดงค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพ	67

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การประมวลผลภาพดิจิตอลในปัจจุบันนี้ ได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว โดยใช้ถูกนำไปใช้ในหลากหลายการใช้งาน ในสาขาวิชาชีพต่าง ๆ เช่น การสำรวจทางการรั่วของน้ำมันดิบที่ได้จากการขุดเจาะในมหาสมุทรโดยใช้ภาพที่ได้จากการสะท้อนคลื่นไมโครเวพกับชั้นบรรยากาศโลก เพื่อตรวจจับขอบเขตของการกระจายตัวของน้ำมันดิบที่รั่วไหลออกมา โดยภาพที่ได้จากการสะท้อนของคลื่นไมโครเวพจะมีสัญญาณรบกวนปะปนเข้ามา เนื่องจากผิดของน้ำทะเลมีการเคลื่อนที่ของคลื่นในทะเลตลอดเวลา ทำให้ยากต่อการแยกแยะระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำทะเล

ในอดีตที่ผ่านมา ได้มีการใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนต่าง ๆ เช่น ตัวกรองเกาเซียนส์ความถี่ต่ำ (Gaussian Low Pass Filter: GLPF) เพื่อช่วยลดสัญญาณรบกวน โดยมีปัจจัย 2 ปัจจัย คือ ขนาดของตัวกรอง และค่าความแปรปรวนของตัวกรองเกาเซียนส์ความถี่ต่ำ (σ) ตัวกรองดังกล่าวนี้ เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความง่ายและสามารถควบคุมได้ง่ายจากปัจจัยทั้ง 2 ค่าที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น แต่เนื่องจากตัวกรองดังกล่าวนี้ ไม่สามารถรักษาขอบของวัตถุในภาพเอาไว้ได้ ทำให้ภาพที่ผ่านตัวกรองเกาเซียนส์ความถี่ต่ำนี้ มีคุณสมบัติของขอบภาพไม่ชัดเจน

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นนี้ ได้มีงานวิจัยต่าง ๆ มากมายนำเสนอกระบวนการลดสัญญาณแบบสุ่มโดยยังคงรักษาขอบของวัตถุในภาพเอาไว้ [2][3][4][5] เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับงานต่าง ๆ โดย Tomita [2] ได้นำเสนอหน้ากากสี่เหลี่ยมจัตุรัสจำนวน 5 หน้ากาก แต่ไม่สามารถรักษาขอบภาพที่เกิดจากการตัดกันของขอบวัตถุได้ (*Crossing Edge*) จากนั้น Fukuda [3] ได้นำเสนอหน้ากากรูปทรงตัวเอช (*H-Shape*) และรูปทรงตัวเอ็กซ์ (*X-shape*) เพิ่มเติมอีกจำนวน 3 หน้ากาก เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ภายหลังต่อมา แต่ก็ยังคงมีปัญหาอยู่ ทำให้ Nagao [4] ได้คิดค้นหน้ากากใหม่จำนวน 8 หน้ากาก ซึ่งประกอบไปด้วยหน้ากากของ Tomita จำนวน 1 หน้ากากและหน้ากากของ Nagao อีก 8 หน้ากาก รวมเป็นทั้งสิ้น 9 หน้ากาก เพื่อทำการลดสัญญาณรบกวนและรักษาขอบของวัตถุในภาพเอาไว้ในขณะเดียวกัน ภายหลังจากนั้นเทคโนโลยีของภาพดิจิตอลได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งภาพต้นฉบับมีความละเอียดสูงและประกอบไปด้วยขอบภาพที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ทำให้มีงานวิจัย [5][6] ได้คิดหน้ากากเพิ่มเติมอีกจำนวน 12 ชุด เพื่อแก้ปัญหาของภาพภาพแนวเฉียง แนวตั้ง แนวนอน และรูปทรงตัววี (*V-Shape*) และนำหน้ากากดังกล่าวไปเพิ่มเติมกับวิธีการของ Nagao ทำให้ได้หน้ากากทั้งสิ้นจำนวน 21 ชุด ส่งผลให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้มีความเป็นเอกพันธ์ (*Homogenous*) ของเนื้อภาพมากขึ้นและสามารถลดสัญญาณรบกวนโดยยังคงรักษาขอบของวัตถุในภาพเอาไว้ งานวิจัย [4][5] ได้นำเอากระบวนการลดสัญญาณรบกวนนี้ไปทำการรักษาขอบภาพเพื่อทำการแยกวัตถุออกจากภาพ (*Image Segmentation*) แต่เมื่อพิจารณาจากการจำนวนครั้งของการใช้หน้ากากแล้ว พบว่า ยังคงมีขอบภาพบางชนิด ซึ่งไม่สามารถรักษาขอบภาพได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เนื่องจากการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้ตัวกรองเกาเซียนส์ความถี่ต่ำ ส่งผลทำให้ขอบของวัตถุในภาพไม่ชัดเจน อีกทั้งยังทำให้ตำแหน่งของขอบภาพเคลื่อนที่ออกจากขอบภาพที่ตำแหน่งเดิม ซึ่งจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ก็คือ

1.2.1 เพื่อหาลักษณะของชุดหน้ากาก เพื่อใช้ลดสัญญาณรบกวน โดยที่ในขณะเดียวกันสามารถรักษาขอบของวัตถุภายในภาพเอาไว้ได้อย่างชัดเจน

1.2.2 เพื่อทำให้ภาพผลลัพธ์มีค่าความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพสูงสุด เมื่อเทียบกับตัวกรองเกาเซียนส์ความถี่ต่ำ

1.2.3 เพื่อทำให้ภาพผลลัพธ์มีค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลของสองวัตถุในภาพสูงสุด เมื่อเทียบกับภาพต้นฉบับ และง่ายต่อการตรวจจับขอบของวัตถุภายในภาพ

1.3 ทฤษฎีแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ จะเป็นการนำเสนอการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้หน้ากากของ Nagao เป็นชุดหน้ากากต้นแบบ และได้คิดค้นและเพิ่มเติมหน้ากากรูปทรงตัวอาร์ (*r-Shape*) ซึ่งรูปทรงดังกล่าวประกอบไปด้วยเส้นแนวขวางและเส้นแนวตั้งซึ่งสามารถช่วยรักษาขอบภาพเอาไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีเงื่อนไขการทำงานของในแต่ละหน้ากากโดยเลือกหน้ากากจำนวน 1 หน้ากาก ที่ให้ค่าความแปรปรวนของข้อมูลต่ำสูงจากหน้ากากจำนวน 29 หน้ากาก จากนั้น ทำการหาค่าเฉลี่ยค่าระดับสีเทาของจุดภาพภายในหน้ากากที่ถูกเลือก แล้วนำค่าเฉลี่ยดังกล่าวไปแทนในภาพใหม่ในตำแหน่งของจุดภาพ (i, j) ของหน้ากากที่ถูกเลือก

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

เป็นการนำเสนอวิธีการลดสัญญาณรบกวนแบบสุ่มโดยยังคงรักษาขอบของวัตถุในภาพ โดยทดสอบหน้ากากต้นแบบจำนวน 2 ชุด ดังนี้

1.4.1 ชุดหน้ากากของ Nagao จำนวน 8 หน้ากาก และหน้ากากของ Tomita จำนวน 1 หน้ากาก รวมทั้งสิ้นเป็น 9 หน้ากาก

1.4.2 ชุดหน้ากากของ Nagao จำนวน 8 หน้ากาก หน้ากากของ Tomita จำนวน 1 หน้ากาก และหน้ากากเพิ่มเติม จำนวน 12 หน้ากาก รวมทั้งสิ้นเป็น 21 หน้ากาก

จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรเดียว โดยเกิดจากจำนวนครั้งการประมวลผลของแต่ละหน้ากาก จากนั้นทำการวิเคราะห์และหาชุดหน้ากากที่ไม่มีประสิทธิภาพออก และเพิ่มเติมชุดหน้ากากใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาขอบภาพเข้าไปแทน โดยหน้ากากที่เพิ่มเข้าไปแทนที่จะต้องทำให้ค่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรเดียว โดยเกิดจากจำนวนครั้งการประมวลผลของแต่ละหน้ากากมีค่าที่เกิดนัยสำคัญ ซึ่งสามารถแปรความหมายได้ว่าหน้ากากทุกหน้ากากนั้น มีความสำคัญต่อการรักษาขอบภาพในระดับที่เท่า ๆ กัน

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

ในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอการแบ่งส่วนพื้นที่ของภาพโดยยังคงรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮีสโตแกรมกระจายตามพื้นที่ โดยมีรายละเอียดทั้งหมดแบ่งออกเป็น 5 บท ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 เป็นการกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา แนวความคิดที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา วัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำวิจัย

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงความรู้เบื้องต้นของการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้ตัวกรองเกาเซียนส์ความถี่ต่ำ หน้ากากของ Tomita และ หน้ากากของ Nagao

บทที่ 3 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีของการประเมินคุณสมบัติของภาพที่ได้จากการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้ Gray-Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) และค่า Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)

บทที่ 4 เป็นการกล่าวถึงการออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์ผลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนครั้งการประมวลผลของแต่ละหน้ากาก การเปรียบเทียบผลการทดลองจากหน้ากากทั้งหมด และตัวกรองประเภทต่าง ๆ โดยใช้ค่า Homogeneity, Contrast และ PSNR ของภาพผลลัพธ์

บทที่ 5 กล่าวถึงผลสรุปจากการนำเอาภาพดิจิตอลมาผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวนแบบสุ่มโดยยังคงรักษาขอบภาพ โดยใช้ภาพมาตรฐานนำมาทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าในบทที่ 4 พร้อมทั้งวิจารณ์ถึงข้อดี ข้อเสีย และแนวทางในการทำการวิจัยที่สามารถพัฒนาได้ต่อไป

และในส่วนสุดท้ายซึ่งจะเป็นภาพผนวก เป็นการแสดงรายละเอียดของข้อมูลที่สำคัญอื่น ๆ

บทที่ 2
การลดสัญญาณรบกวน

2.1 บทนำ

ในกระบวนการประมวลผลภาพ (Image Processing) นับว่ามีประโยชน์อย่างมหาศาลต่อวงการอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพื่อให้มนุษย์ใช้เป็นเครื่องมือที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป ดังนั้น กระบวนการการปรับปรุงภาพ (Image Enhancement) จะอาศัยหลักการการปรับเท่าฮีสโตแกรมของภาพ (Histogram Equalization: HE) ทำให้ภาพที่ได้มีความคมชัดเจนขึ้น ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานอื่น ๆ ต่อไป

2.2 ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean Filter)

ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่าเฉลี่ยของความเข้มของจุดภาพ (Intensity) โดยนำค่าระดับสีเทาที่อยู่บนตำแหน่งของตัวกรองสัญญาณรบกวนมาบวกกัน จากนั้น ทำการหารด้วยขนาดของตัวกรองสัญญาณรบกวน จะได้ค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเทาใหม่ สามารถเขียนเป็นสมการที่ (2.1) ได้ดังนี้

$$f(i,j)=\frac{1}{N\times M}\begin{bmatrix}1 & 1 & \cdots & 1\\ 1 & \ddots & \ddots & 1\\ \vdots & \ddots & \ddots & 1\\ 1 & 1 & \cdots & 1\end{bmatrix} \tag{2.1}$$

โดยที่ $f(i,j)$ เป็นฟังก์ชันตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่าเฉลี่ย เมื่อ N และ M เป็นขนาดของตัวกรองสัญญาณรบกวน จากนั้น ทำการนำฟังก์ชันตัวกรองสัญญาณรบกวนดังกล่าวไปประสาน (Convolution) กับภาพต้นฉบับ X ที่มาสัญญาณรบกวน สามารถเขียนเป็นสมการที่ (2.2) ได้ดังนี้

$$\mathrm{Y}(x,y)=\sum_{i=-\infty}^{\infty}\sum_{j=-\infty}^{\infty} f(i,j)\mathrm{X}(x-i,y-j) \tag{2.2}$$

ภาพผลลัพธ์ $\mathrm{Y}(x,y)$ ที่ได้จากการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่าเฉลี่ย สามารถแสดงให้เห็นถึงการลดสัญญาณรบกวนได้ แต่ในขณะเดียวกันขอบของวัตถุภายในภาพต้นฉบับเกิดความไม่ชัดเจนและมีการเลื่อนออกจากตำแหน่งเดิม ส่งผลทำให้ข้อมูลภายในภาพผลลัพธ์ดังกล่าวไม่มีความเป็นเอกพันธ์ (Homogeneity) ของข้อมูลภาพต้นฉบับเอาไว้ ดังที่แสดงในรูปที่ 2.1(ข) และรูปที่ 2.1(ค)

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2.1 การเปรียบเทียบผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่าเฉลี่ย
(ก) ภาพต้นฉบับ
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่าเฉลี่ยขนาด 3×3
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่าเฉลี่ยขนาด 5×5

จากรูปที่ 2.1(ข) และรูปที่ 2.1(ค) แสดงให้เห็นการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลของภาพผลลัพธ์และขนาดหน้ากากของตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่าเฉลี่ย สามารถอธิบายได้ว่า ถ้ายิ่งขนาดของหน้ากากของตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่าเฉลี่ยมีค่าสูง ทำให้ภาพเกิดการพร่ามัวได้ถึงแม้ว่าจะสามารถลดสัญญาณรบกวนแบบสุ่มได้ก็ตาม

2.3 ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่ามัธยฐาน (Medium Filter)

ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่ามัธยฐานของค่าระดับสีเทาที่อยู่บนตำแหน่งของตัวกรองสัญญาณ จากนั้น ทำการเลือกค่ามัธยฐานของค่าระดับสีเทาดังกล่าวมาแทนที่บนภาพต้นฉบับ

221	204	221	221	204
221	221	204	221	221
187	187	204	204	204
102	102	119	153	170

(ก)

221	204	221	221	204
221	204	204	221	221
187	187	204	204	204
102	102	119	153	170

(ข)

รูปที่ 2.2 การแทนที่ข้อมูลโดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่ามัธยฐาน
(ก) ข้อมูลภาพต้นฉบับ
(ข) ข้อมูลภาพผลลัพธ์

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่ามัธยฐาน
(ก) ภาพต้นฉบับ
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่ามัธยฐานขนาด 3×3
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่ามัธยฐานขนาด 5×5

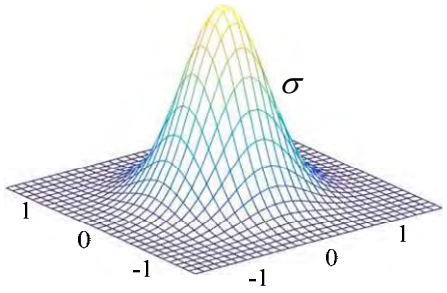
จากรูปที่ 2.3(ข) และรูปที่ 2.3(ค) แสดงให้เห็นการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลของภาพผลลัพธ์และขนาดหน้ากากของตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่ามัธยฐาน สามารถอธิบายได้ว่า ขนาดของหน้ากากมีผลต่อการลดสัญญาณรบกวนโดยตรง ผลลัพธ์ที่ได้ทำให้ขอบวัตถุภายในภาพชัดเจนขึ้นบางส่วนเท่านั้น และบริเวณที่ถูกลดสัญญาณรบกวนทำให้เกิดความเป็นเอกพันธ์ของพื้นที่มากขึ้น

2.4 ตัวกรองสัญญาณรบกวนเกาเซียนส์ (Gaussian Filter)

ตัวกรองสัญญาณรบกวนเกาเซียนส์เป็นตัวกรองสัญญาณรบกวนสองมิติที่ใช้กับข้อมูลภาพ โดยความคมชัดของภาพผลลัพธ์ขึ้นกับตัวแปรสองตัว คือ ขนาดของตัวกรองเกาเซียนส์และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเกาเซียนส์ (σ) โดยสามารถหาค่าตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ได้จากสมการที่ (2.3)

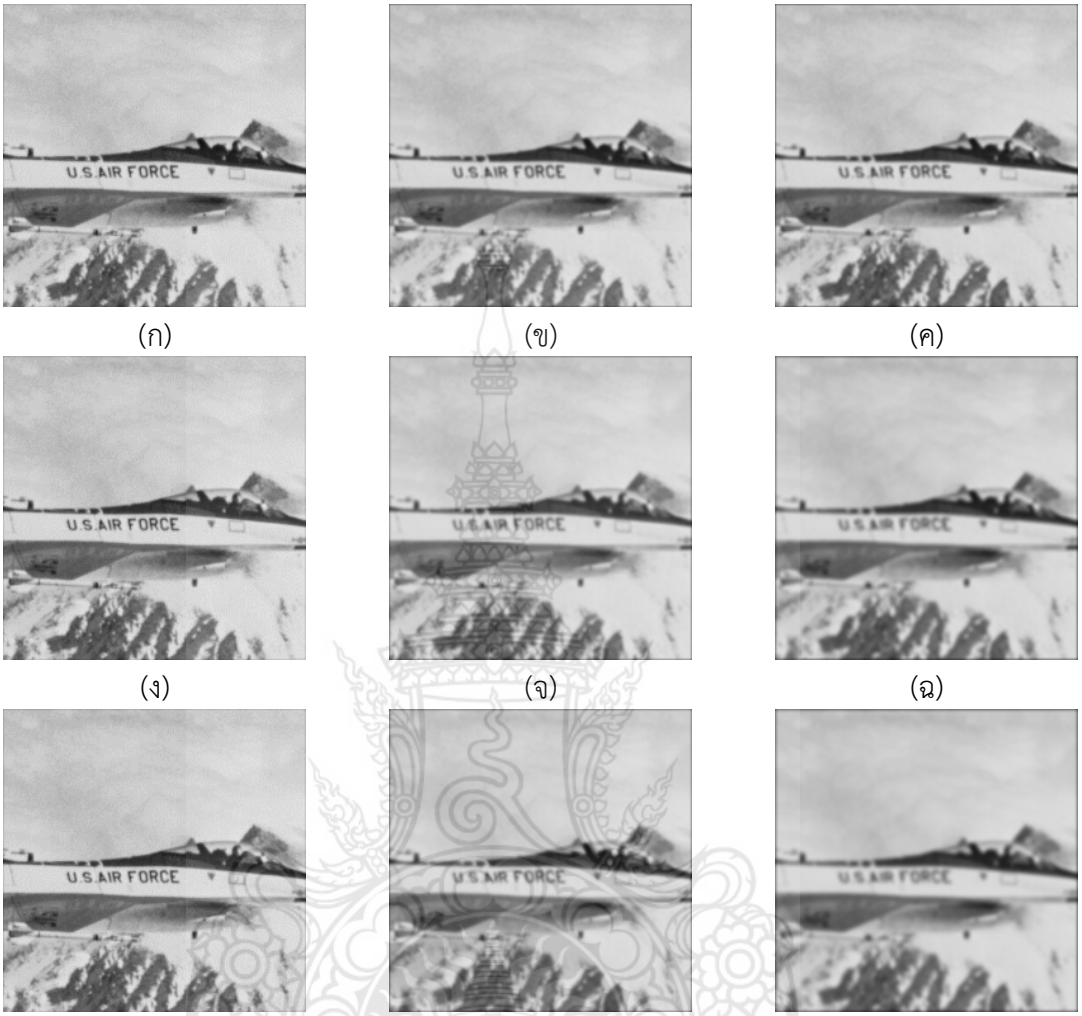
$$G(i,j)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}e^{-\frac{\left(i^2+j^2\right)}{2\sigma^2}} \qquad (2.3)$$

โดยที่ $G(i,j)$ เป็นฟังก์ชันตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ที่ตำแหน่ง i,j ใด ๆ ของตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ตามตัวอย่างรูปที่ 2.4 และ σ เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเกาเซียนส์ จากนั้น ทำการนำฟังก์ชันตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ไปประสาน (Convolution) กับภาพต้นฉบับ $\mathbf{X}$ ที่มาสัญญาณรบกวน สามารถเขียนเป็นสมการที่ (2.4)



รูปที่ 2.4 ลักษณะตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์สองมิติขนาด 3×3

$$\mathbf{Y_G}(x,y)=\sum_{i=-\infty}^{\infty}\sum_{j=-\infty}^{\infty}G(i,j)\mathbf{X}(x-i,y-j) \tag{2.4}$$



(ก) (ข) (ค)

(ง) (จ) (ฉ)

(ช) (ซ) (ฌ)

รูปที่ 2.5 การเปรียบเทียบผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์

(ก) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 3×3, $\sigma = 0.5$

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5×5, $\sigma = 0.5$

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 7×7, $\sigma = 0.5$

(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 3×3, $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5×5, $\sigma = 1.0$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 7×7, $\sigma = 1.0$

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 3×3, $\sigma = 1.5$

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 5×5, $\sigma = 1.5$

(ฌ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ขนาด 7×7, $\sigma = 1.5$

ภาพผลลัพธ์โดยภาพผลลัพธ์ $\mathbf{Y_G}$ ที่ได้จากการลดสัญญาณเกาเซียนส์โดยใช้ขนาดของตัวกรองที่ต่างกัน และค่า σ ที่ต่างกันนั้น ทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้ออกมามีความสามารถในการลดสัญญาณ

รบกวนไม่เท่ากัน โดยตัวกรองเกาเซียนส์สามารถลดสัญญาณรบกวนได้ดีที่ค่าของ σ และขนาดของตัวกรองเกาเซียนส์ที่ใหญ่ แต่ส่งผลทำให้ขอบของวัตถุภายในภาพ และข้อมูลภาพต้นฉบับสูญหายไปด้วยเช่นกัน

2.5 หน้ากากโตมิตะ (Tomita's Masks)

การลดสัญญาณรบกวนโดยใช้หน้ากากโตมิตะ (Tomita's Marks) นั้น อาศัยหลักการหาค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเทาในหน้ากากที่ถูกเลือก และนำมาแทนค่าตำแหน่งของจุดภาพที่ประมวลผล โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ดังแสดงในสมการที่ (2.5) ในแต่ละหน้ากาก โดยในแต่ละหน้ากากมีตำแหน่ง (i, j) เป็นตำแหน่งของจุดภาพที่ประมวลผลในทุกหน้ากาก ดังรูปที่ 2.6

$$\sigma = \left(\frac{\sum_{i,j \in T_k} \left[x(i,j) - \overline{X} \right]}{N} \right)^{0.5} \qquad k = 1, 2, ..., 5 \tag{2.5}$$

ขั้นตอนที่ 2 เลือกหน้ากากที่ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุด

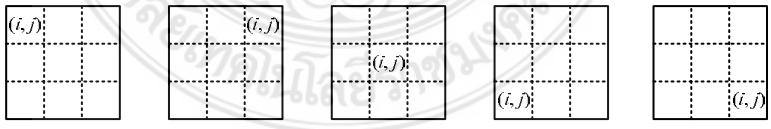
ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าระดับสีเทาใหม่ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเทาทุกจุดภาพในหน้ากากที่เลือก ดังแสดงในสมการที่ (2.6)

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i,j \in T_k} x(i,j)}{N} \quad k = 1, 2, ..., 5 \tag{2.6}$$

ขั้นตอนที่ 4 แทนค่าระดับมีเทาใหม่จากค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเทาที่คำนวณลงในตำแหน่ง (i, j) ของรูปใหม่

ขั้นตอนที่ 5 ทำซ้ำจนกระทั่งครบทั้งรูป

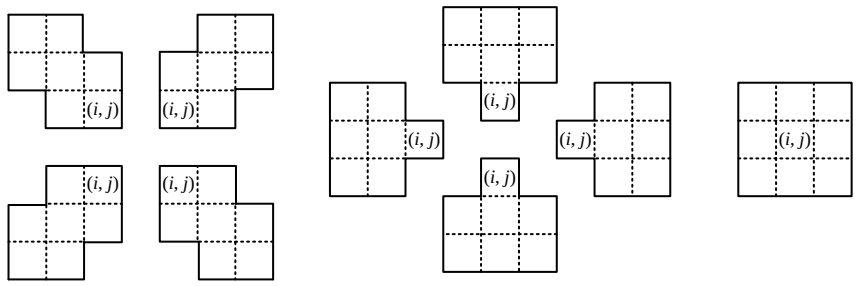
โดยที่ x คือค่าระดับสีเทาของภาพที่ตำแหน่ง (i, j) ใด ภายในชุดหน้ากาก T_k และ k เป็นลำดับของหน้ากากที่ใช้ทำการประมวลผล และ N กำหนดให้เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดภายในหน้ากากที่ทำการประมวลผล



รูปที่ 2.6 หน้ากากโตมิตะ

2.6 หน้ากากนากาโอ (Nagao's Masks)

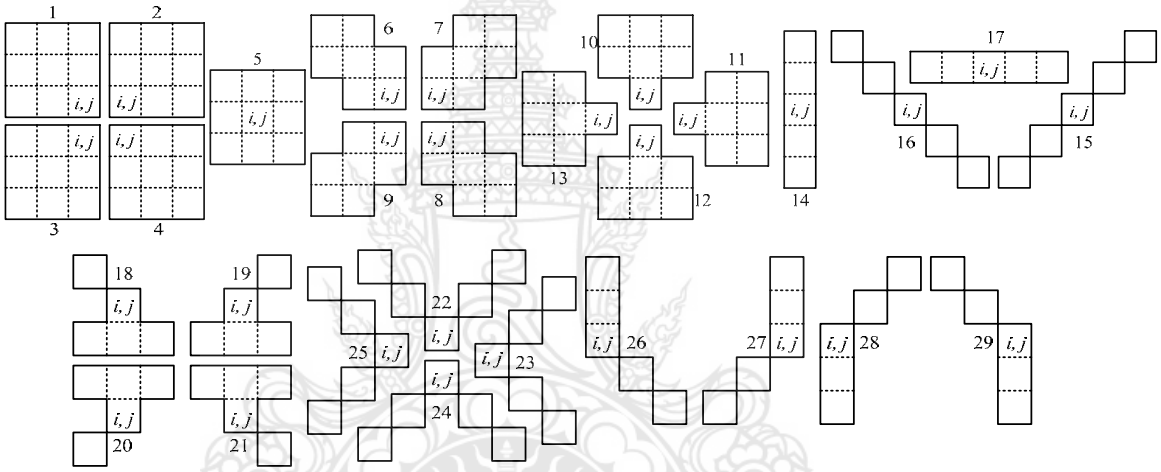
การลดสัญญาณรบกวนโดยใช้หน้ากากนากาโอ (Nagao's Marks) นั้น อาศัยหลักการเดียวกับหน้ากากโตมิตะ แต่จำนวนหน้ากากของนากาโอจะเพิ่มขึ้นมาอีก 8 หน้ากาก และยังคงหน้ากากเดิมของโตมิตะไว้จำนวน 1 หน้ากาก ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 หน้ากากนากาโอ

2.7 หน้ากากที่นำเสนอ (Purposed Masks)

การลดสัญญาณรบกวนโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอนั้น อาศัยหลักการเดียวกับการการประมวลผลหน้ากากนากาโอ แต่หน้ากากที่นำเสนอ มีจำนวนชุดของหน้ากากที่มากกว่า เพื่อที่ต้องการรักษาขอบภาพที่มีความซับซ้อนกว่าหน้ากากของนากาโอและโตมิตะ ดังที่แสดงในรูปที่ 2.8

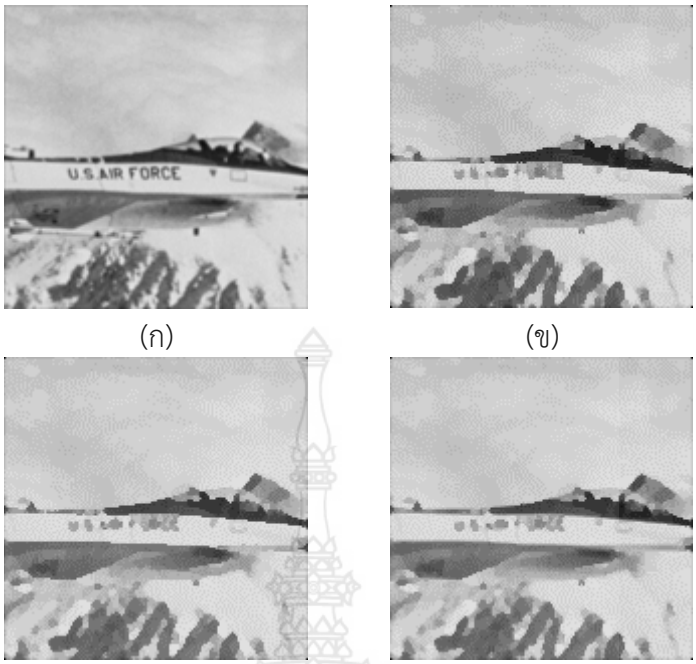


รูปที่ 2.8 หน้ากากที่นำเสนอ

2.8 สรุปผลการทดลอง

จากรูปที่ 2.9(ข), รูปที่ 2.9(ค) และรูปที่ 2.9(ง) แสดงให้เห็นการเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลจากชุดหน้ากากต่าง ๆ จำนวน 1 ครั้ง พบว่าภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลโดยใช้หน้ากากนากาโอและหน้ากากที่ได้นำเสนอนั้น สามารถรักษาขอบภาพไว้ได้ดีกว่าหน้ากากของโตมิตะ เนื่องจากหน้ากากของโตมิตะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม เมื่อทำการลดสัญญาณรบกวนแล้วขอบภาพที่ได้ จะไม่สามารถรักษาขอบภาพในแนวเฉียงได้ ดังนั้น หน้ากากนากาโอและหน้ากากที่ได้นำเสนอสามารถรักษาขอบภาพที่มีลักษณะซับซ้อนได้ดีกว่า โดยเมื่อทำการสังเกตุด้วยตาเปล่า

เมื่อทำการเปรียบเทียบกับการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้ชุดหน้ากากต่าง ๆ กับตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ พบว่าตัวกรองสัญญาณเหล่านั้นไม่สามารถรักษาขอบของวัตถุภายในภาพเอาไว้ได้ เนื่องจากใช้ฟังก์ชันเดียวกันทำการลดสัญญาณรบกวนทั้งภาพ ดังนั้น ในกรณีที่มีขอบวัตถุภายในภาพ (Texture) ที่มีความละเอียดกว่า การลดสัญญาณรบกวนโดยใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์จึงไม่เหมาะสมกับการรักษาขอบของวัตถุภายในภาพเอาไว้ได้



(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ 2.9 การเปรียบเทียบผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ หน้ากากนากาโอ และหน้ากากที่นำเสนอ
(ก) ภาพต้นฉบับ
(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ
(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ

บทที่ 3
การวัดประสิทธิภาพตัวกรองสัญญาณ

3.1 บทนำ

การประเมินภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้วิธีต่าง ๆ สามารถบอกถึงคุณสมบัติ และประสิทธิภาพของตัวกรองสัญญาณรบกวนนั้น ๆ โดยในบทนี้ จะได้นำเสนอวิธีการวัดประสิทธิภาพตัวกรองสัญญาณรบกวน ได้แก่ ค่าความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ (Homogeneity) ค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (Peak Signal-to-Noise Ratio) ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มของจุดภาพ (Contrast)

3.2 การหาค่าตารางความแตกต่างระหว่างจุดภาพ (Grey Level Co-occurrence Matrix: GLCM)

การหาค่าตารางความแตกต่างระหว่างจุดภาพ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวัดหาค่าความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ (Homogeneity) ค่าความเหมือนของเนื้อภาพหรือลวดลายภายในภาพ (Similarity) ค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพ (Contrast) การหาค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูลภาพ (Correlation) และการหาค่าพลังงานที่เกิดขึ้นจากการแสดงผล (Energy) โดยสามารถหาตารางความแตกต่างระหวางจุดภาพได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการแบ่งช่วงของค่าระดับสีเทาออกเป็นช่วง

ขั้นตอนที่ 2 ทำการแทนค่าช่วงที่กำหนดในขั้นตอนที่ 1 ลงในจุดภาพ

ขั้นตอนที่ 3 ทำการนับจำนวนครั้งการเปลี่ยนแปลงจำนวนช่วงในขั้นตอนที่ 2 ลงในเมทริกซ์ที่ใช้นับ (Count Matrix)

ขั้นตอนที่ 4 ทำการหาเมทริกซ์สมมาตร (Symmetric Matrix) จากเมทริกซ์ที่ใช้นับ ในขั้นตอนนี้ จะได้เมทริกซ์สมมาตร (Normalized Symmetrical Metrix) ซึ่งอยู่ในรูปแบบมาตรฐานและสามารถพร้อมที่จะนำไปใช้หาค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของภาพได้

ตัวอย่าง

ตารางที่ 3.1 แสดงการแบ่งช่วงค่าระดับสีเทา

ระดับค่าสีเทา	ช่วงที่	ระดับค่าสีเทา	ช่วงที่
0 – 31	1	128 – 159	5
32 – 63	2	160 – 191	6
64 – 95	3	192 – 223	7
96 – 127	4	224 – 255	8

ขั้นตอนที่ 1 ทำการแบ่งช่วงของค่าระดับสีเทาออกเป็นช่วง โดยกำหนดให้แบ่งออกเป็น 8 ช่วง ในแต่ละช่วงห่างกัน 32 ระดับค่าสีเทา ดังแสดงในตารางที่ 3.1

10	31	129	189	250
33	90	132	220	30
126	151	195	20	36
241	142	5	40	150

(ก)

1	1	5	6	8
2	3	5	7	1
4	5	7	1	2
8	5	1	2	5

(ข)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	2	0	0	1	0	0	0
2	0	0	1	0	1	0	0	0
3	0	0	0	0	1	0	0	0
4	0	0	0	0	1	0	0	0
5	1	0	0	0	0	1	2	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1
7	2	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	1	0	0	0

(ค)

รูปที่ 3.1 การแทนที่ข้อมูลโดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่ามัธยฐาน
(ก) ข้อมูลภาพต้นฉบับ
(ข) ข้อมูลความแตกต่างระหว่างจุดภาพ
(ค) ข้อมูลเมทริกซ์นับ

ขั้นตอนที่ 2 ทำการแทนค่าช่วงที่กำหนดในขั้นตอนที่ 1 ลงในจุดภาพดังที่แสดงในรูปที่ 3.1(ข)

ขั้นตอนที่ 3 ทำการนับจำนวนครั้งการเปลี่ยนแปลงจำนวนช่วงในขั้นตอนที่ 2 ลงในเมทริกซ์ที่ใช้นับ (Count Matrix) ดังที่แสดงในรูปที่ 3.1(ค) เช่น ในตำแหน่งที่ (1, 2) เป็นการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเมื่อพิจารณาในแนวนอนจากรูปที่ 3.1(ข) จากช่วงที่ 1 ไปเป็นช่วงที่ 2 มีทั้งหมดจำนวน 2 ครั้ง

ขั้นตอนที่ 4 ทำการหาเมทริกซ์สมมาตร (Symmetric Matrix) โดยกำหนดให้เมทริกซ์ในรูปที่ 3.1(ค) เป็นเมทริกซ์ C สามารถเขียนเป็นสมการที่ 3.1

$$\mathrm{GLCM} = CC' \tag{3.1}$$

3.3 การหาค่าความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ (Homogeneity)

การหาค่าความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพสามารถทำได้โดยนำค่าเมทริกซ์ GLCM ทำการคูณตามตำแหน่งจุดภาพ (Dot Product) สามารถเขียนได้เป็นสมการที่ 3.2

$$\mathrm{Homogeneity} = [\mathrm{GLCM}] \cdot \left[\sum_{i,j} \frac{p_{i,j}}{1+|i-j|} \right] \tag{3.2}$$

$$\left[\sum_{i,j} \frac{p_{i,j}}{1+|i-j|} \right] = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & \cdots & \frac{1}{i} \\ \frac{1}{2} & 1 & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{j} & \cdots & \cdots & 1 \end{bmatrix} \tag{3.3}$$

3.4 การหาค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มของจุดภาพ (Contrast)

การหาค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มของจุดภาพสามารถทำได้โดยนำค่าเมทริกซ์ GLCM ทำการคูณตามตำแหน่งจุดภาพ (Dot Product) สามารถเขียนได้เป็นสมการที่ 3.4

$$\text{Contrast} = [\text{GLCM}] \cdot \left[\sum_{i,j} |i-j|^2 \cdot p_{i,j} \right] \tag{3.4}$$

$$\left[\sum_{i,j} |i-j|^2 \cdot p_{i,j} \right] = \begin{bmatrix} 0 & 1^2 & \cdots & i^2 \\ 1^2 & 0 & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ j^2 & \cdots & \cdots & 0 \end{bmatrix} \tag{3.5}$$

3.5 การหาค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (Peak Signal-to-Noise Ratio: PSNR)

การหาค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (PSNR) เป็นค่าที่ใช้ในการบ่งชี้ว่าสามารถลดสัญญาณรบกวนภายในภาพได้ดีกว่าหรือไม่ โดยสามารถเขียนได้เป็นสมการที่ 3.6

$$\text{PSNR} = 10 \log \left(\frac{255}{\sqrt{\text{MSE}}} \right) \tag{3.6}$$

$$\text{MSE} = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \left(\text{X}(i,j) - \text{Y}(i,j) \right)^2 \tag{3.7}$$

กำหนดให้ X เป็นภาพก่อนการลดสัญญาณรบกวน และ Y เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการลดสัญญาณรบกวน โดยที่ m และ n เป็นขนาดของภาพแนวนอนและแนวตั้งตามลำดับ

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอวิธีการลดสัญญาณรบกวนแบบสุ่มของภาพโดยยังคงรักษาขอบของวัตถุในภาพ โดยทดลองจากภาพขาวดำจำนวน 30 ภาพ โดยเปรียบเทียบจากทั้งหมด 6 วิธี ดังนี้ วิธีการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่าเฉลี่ย วิธีการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่ามัธยฐาน วิธีการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนเกาเซียนส์ วิธีการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้หน้ากากโตมิตะ วิธีการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้หน้ากากนากาโอ และวิธีการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้หน้ากากที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้

4.2 รูปภาพที่นำมาทดสอบ

รูปภาพทั้งหมดที่ได้นำมาทดสอบนี้เป็นรูปภาพมาตรฐานที่ใช่กันอย่างแพร่งหลายในวงการงานวิจัยทางด้านการประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing) ซึ่งภาพทั้งหมดนี้สามารถดาว์นโหลดได้จากเว็บไซต์ http://sipi.usc.edu/database/database.php?volume=misc&image=11 ซึ่งรายละเอียดภาพขอแต่ละภาพถูกแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดของภาพที่นำมาทดสอบ

ลำดับ	ชื่อไฟล์	ชื่อที่ถูกเรียกในปริญญานิพนธ์	ขนาด
1	4.1.01	Girl02	256x256
2	5.2.08	Couple	512x512
3	4.1.03	Girl01	256x256
4	4.1.04	Girl03	256x256
5	4.1.05	House	256x256
6	4.1.06	Tree	256x256
7	4.2.01	Splash	512x512
8	4.2.02	Tiffany	512x512
9	4.2.04	Lena	512x512
10	4.2.05	F16	512x512
11	4.2.06	Sailboat on lake	512x512
12	4.2.07	Peppers	512x512
13	5.1.09	Moon Surface	256x256
14	5.1.10	Aerial01	256x256
15	5.1.11	Airplane01	256x256
16	5.1.12	Clock256	256x256
17	5.1.14	Chemical Plant	256x256
18	5.2.09	Aerial02	512x512

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดของภาพที่นำมาทดสอบ(ต่อ)

ลำดับ	ชื่อไฟล์	ชื่อที่ถูกเรียกในปริญญานิพนธ์	ขนาด
19	5.2.10	Stream and Bridge	512x512
20	5.3.01	Man	1024x1024
21	5.3.02	Airport	1024x1024
22	7.1.01	Truck	512x512
23	7.1.02	Airplane02	1024x1024
24	7.1.03	Tank01	512x512
25	7.1.04	Car and APCs01	512x512
26	7.1.05	Track and APCs01	512x512
27	7.1.06	Track and APCs02	512x512
28	7.1.07	Tank02	512x512
29	7.1.08	Car and APCs02	512x512
30	7.1.09	Tank03	512x512

4.3 ผลการทดลองและการเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ

ในส่วนนี้คณะผู้จัดทำจะนำเสนอการผลการทดลองโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอจำนวน 29 หน้ากาก เพื่อทำการเปรียบเทียบกับภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้วิธีต่างกัน โดยภาพผลลัพธ์ทั้งหมดผ่านการลดสัญญาณรบกวนจำนวน 1 รอบการประมวลผล ดังได้แสดงในรูปที่ 4.1 – รูปที่ 4.30 และแสดงผลของการหาค่าความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ (Homogeneity) ค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (Peak Signal-to-Noise Ratio) ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มของจุดภาพ (Contrast) และตารางแสดงความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ (Homogeneity) ค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (Peak Signal-to-Noise Ratio) ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มของจุดภาพ (Contrast) ในตารางที่ 4.2

(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ช)

รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Girl02

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

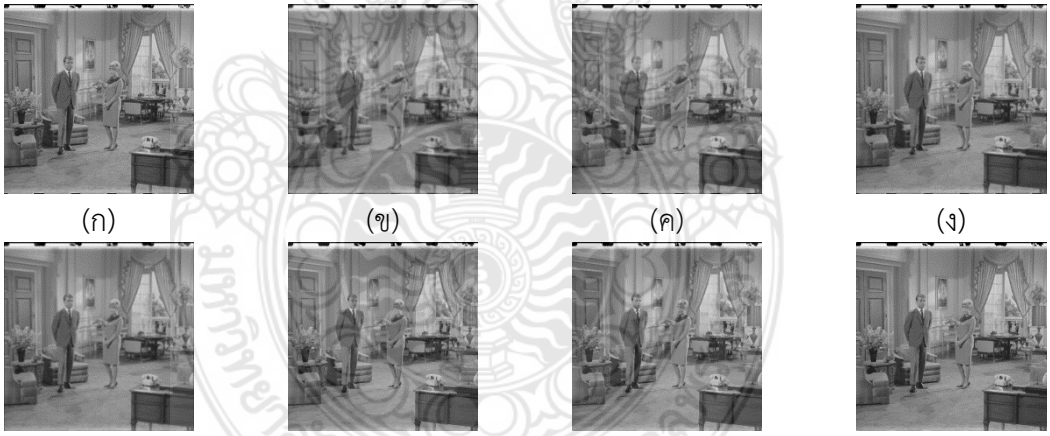
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ช)

รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Couple

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

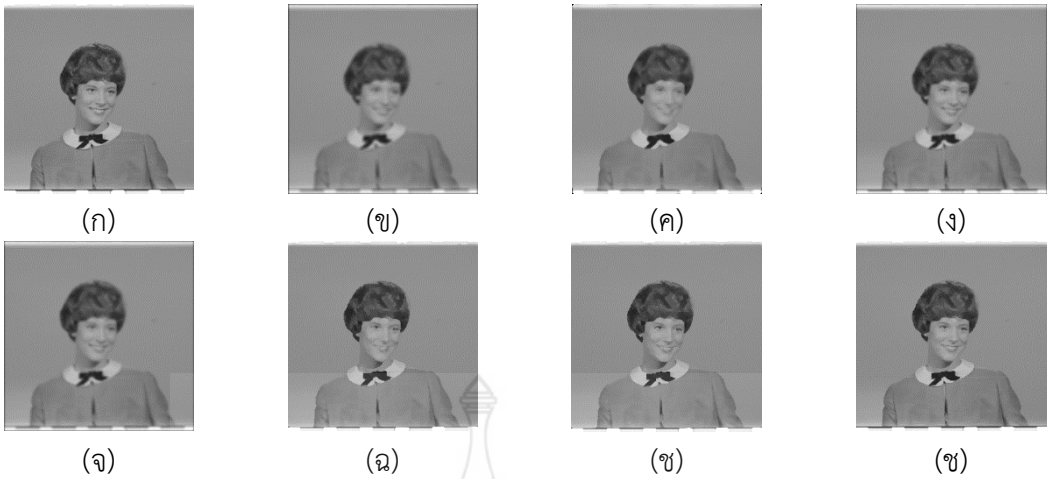
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ช)

รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Girl01

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ

(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ช)

รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Girl03

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

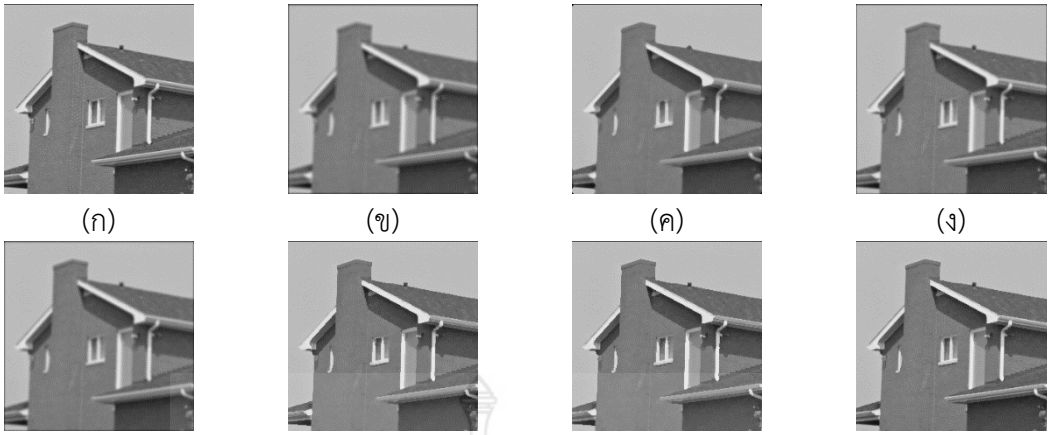
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ House

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

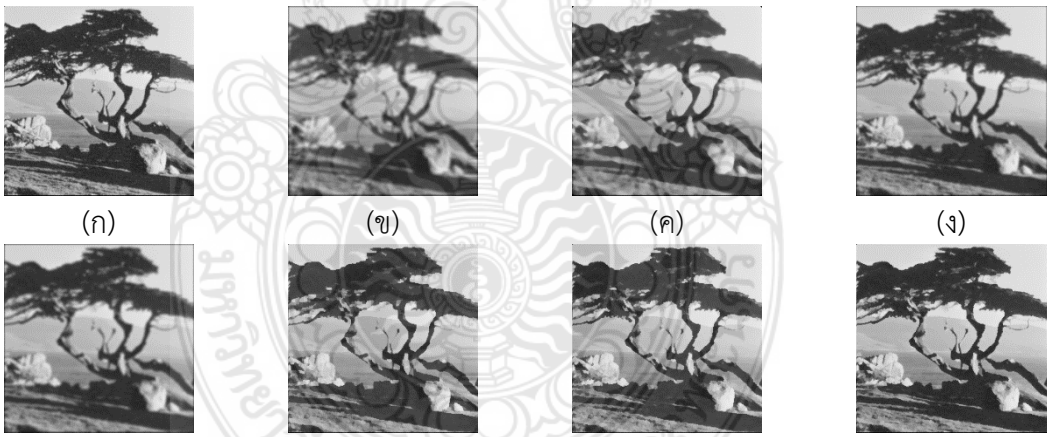
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Tree

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

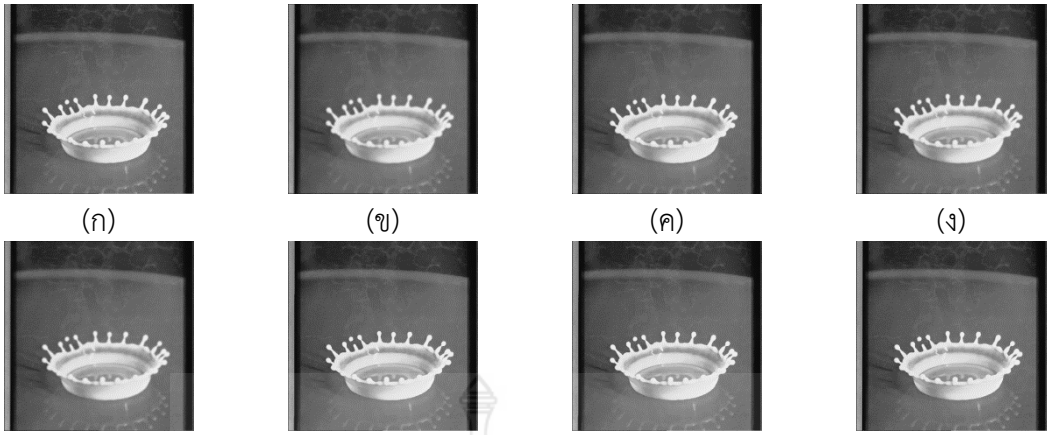
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Splash

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

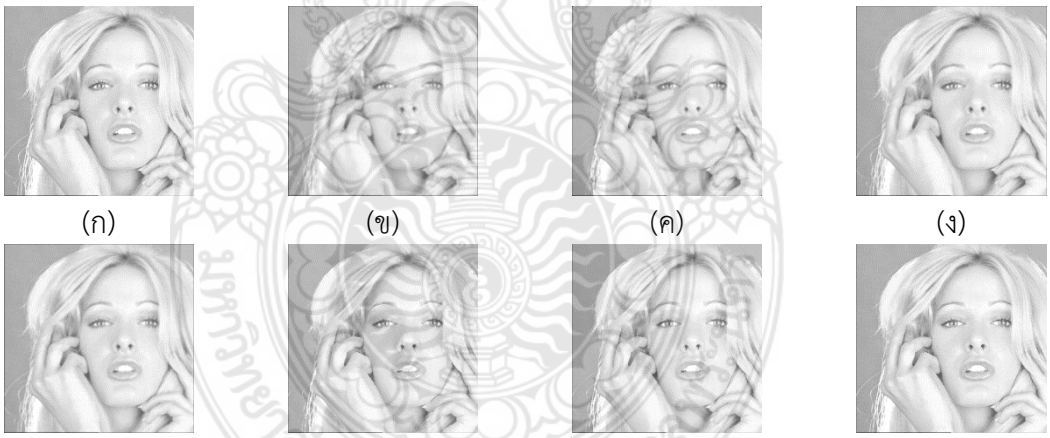
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Tiffany

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ

(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Lena

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

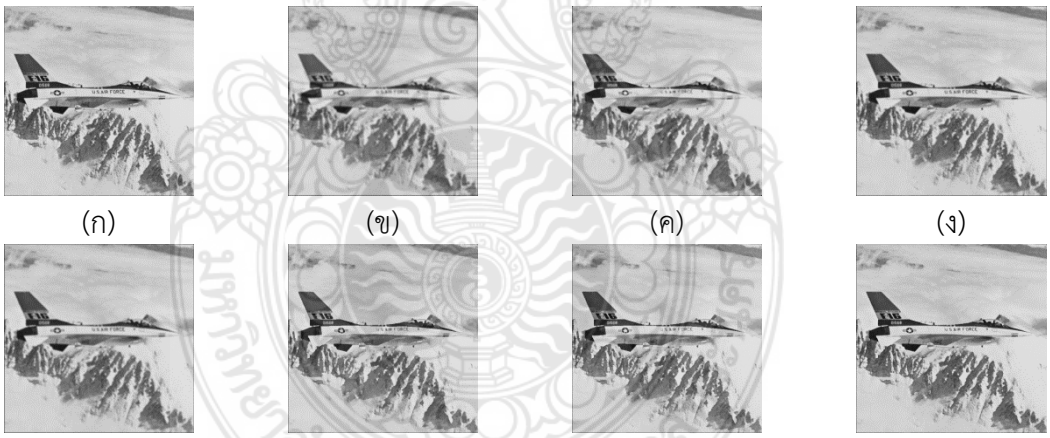
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ F16

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

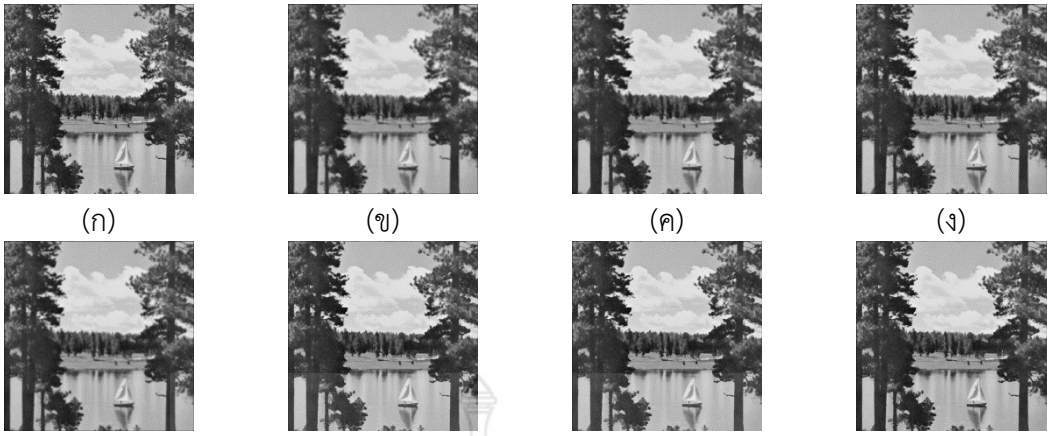
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Sailboat on lake

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

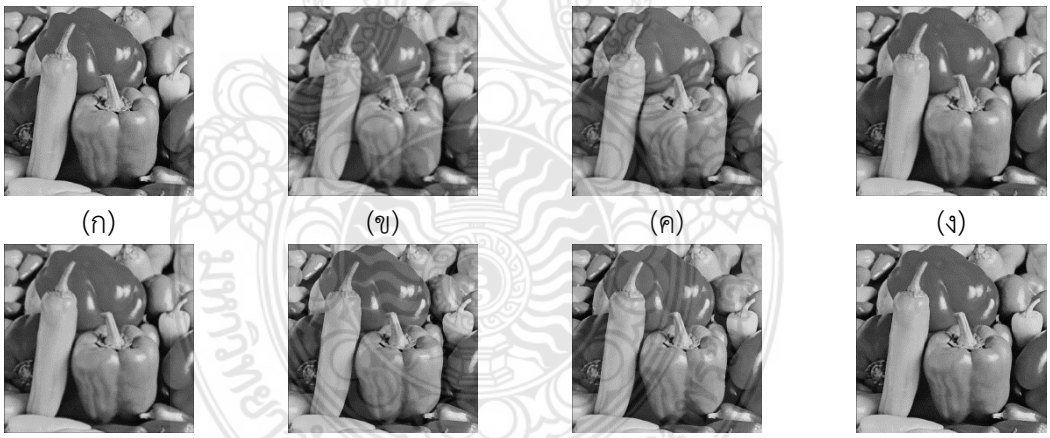
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Peppers

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

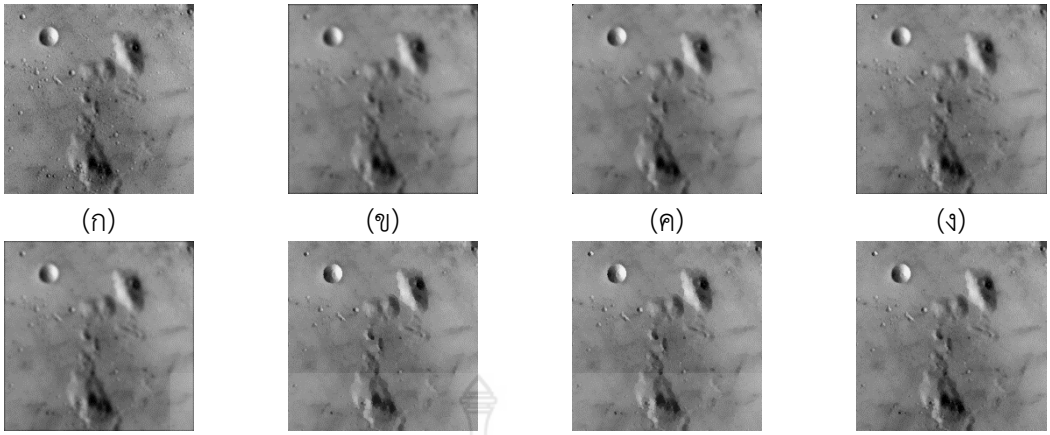
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Moon Surface

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

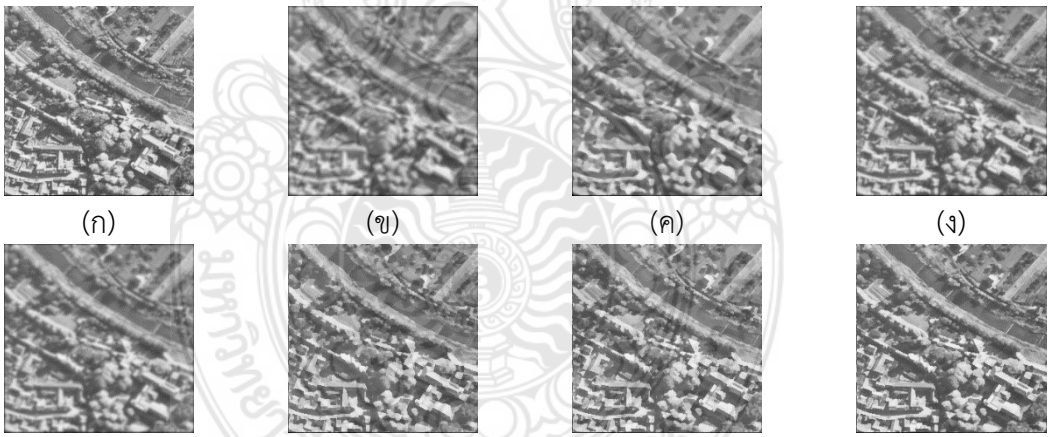
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Aerial01

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

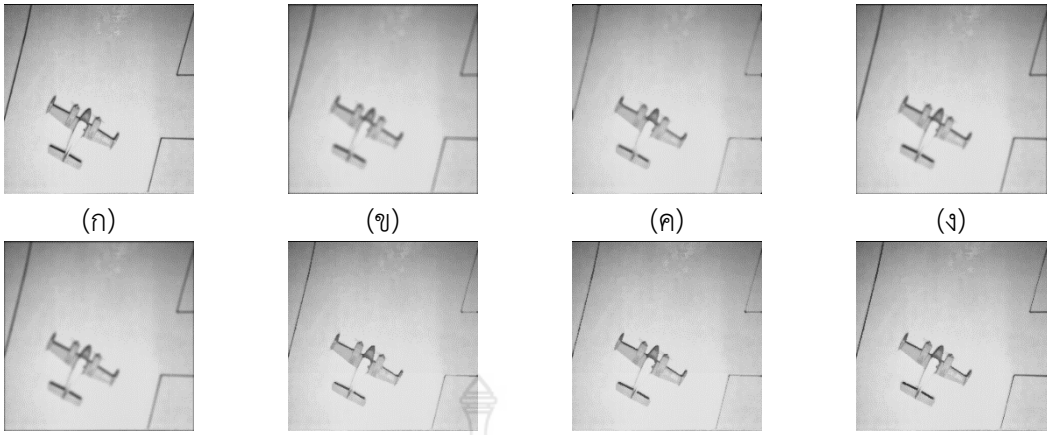
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Airplane01

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

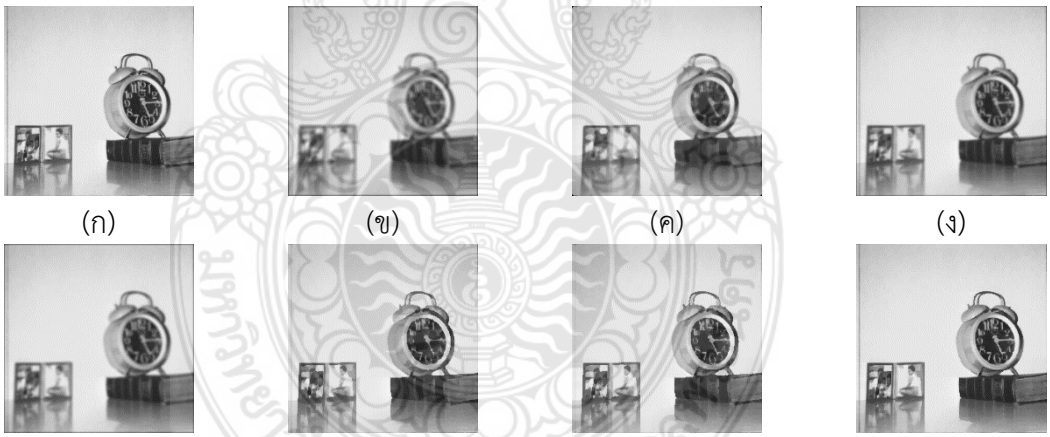
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Clock256

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

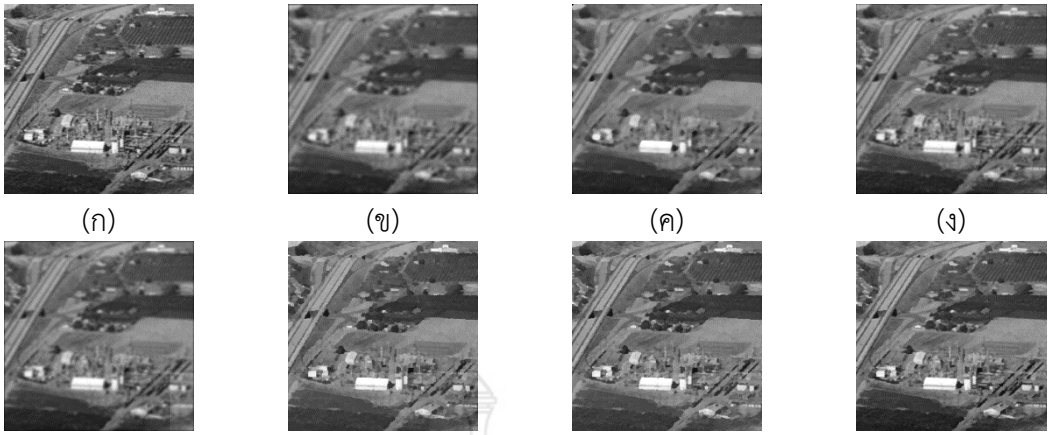
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Chemical Plant

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

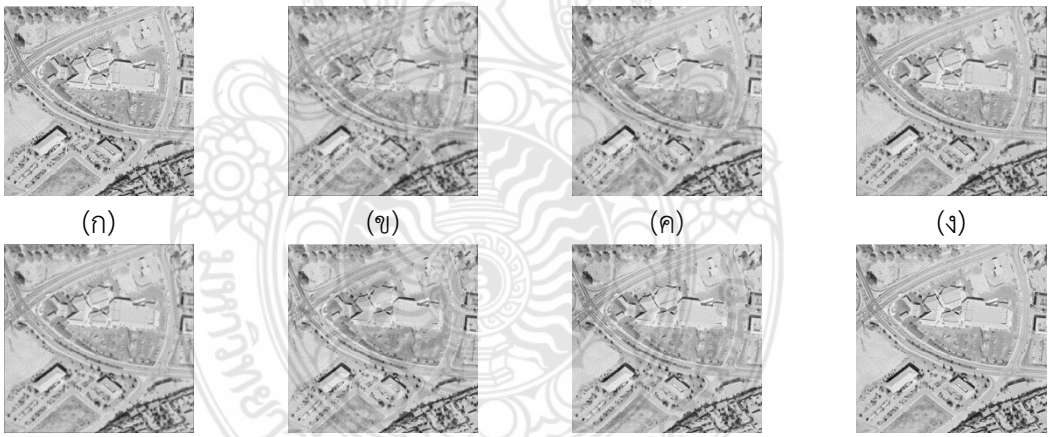
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Aerial02

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

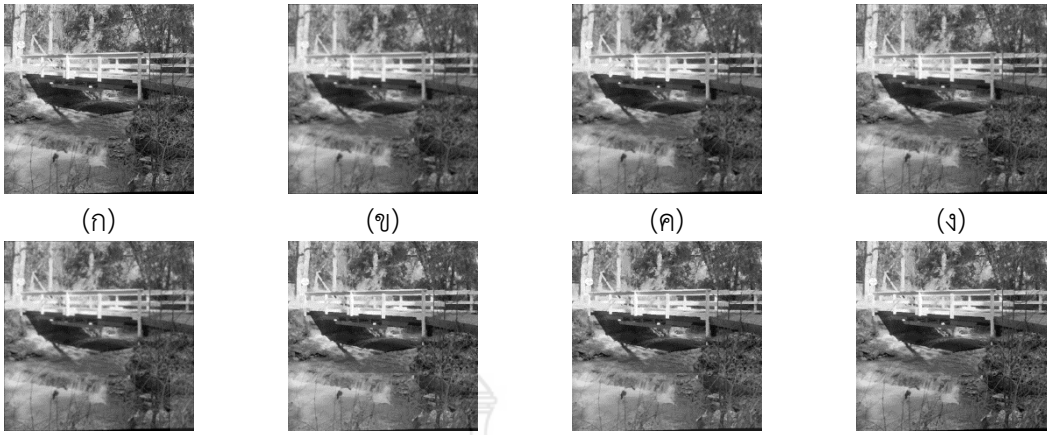
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Stream and Bridge

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

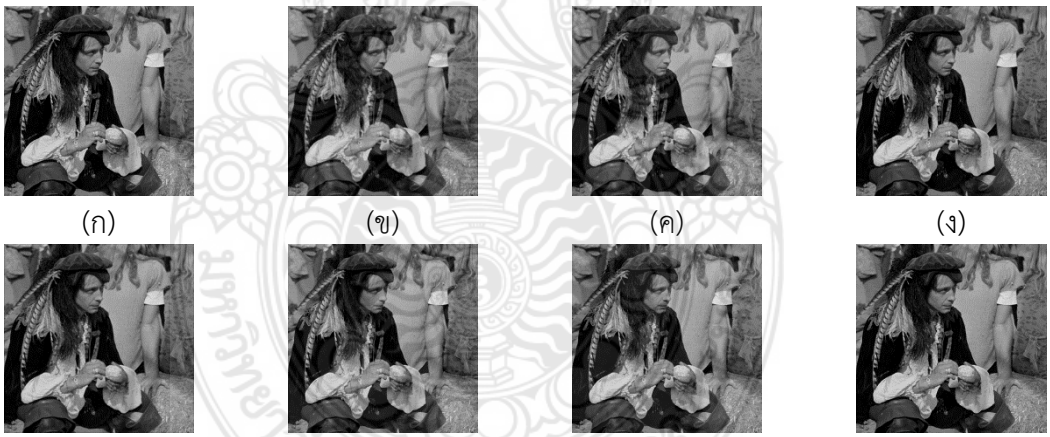
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Man

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

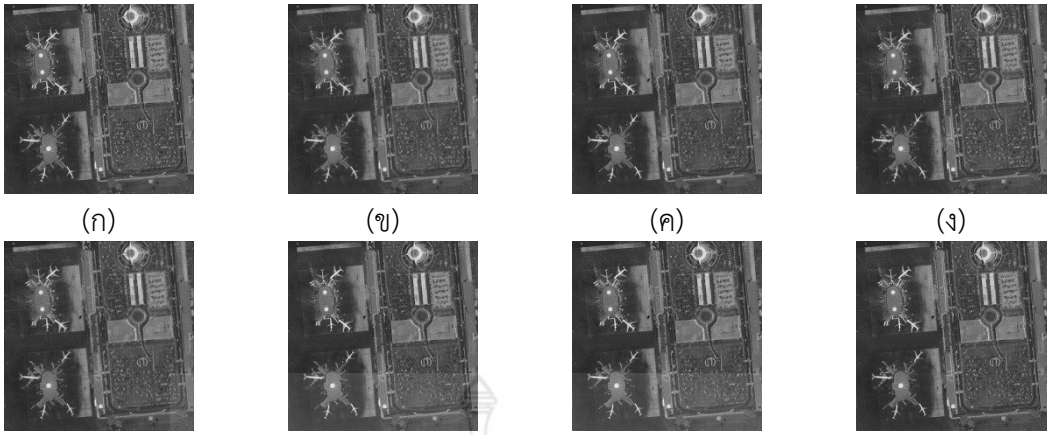
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ช)

รูปที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Airport

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

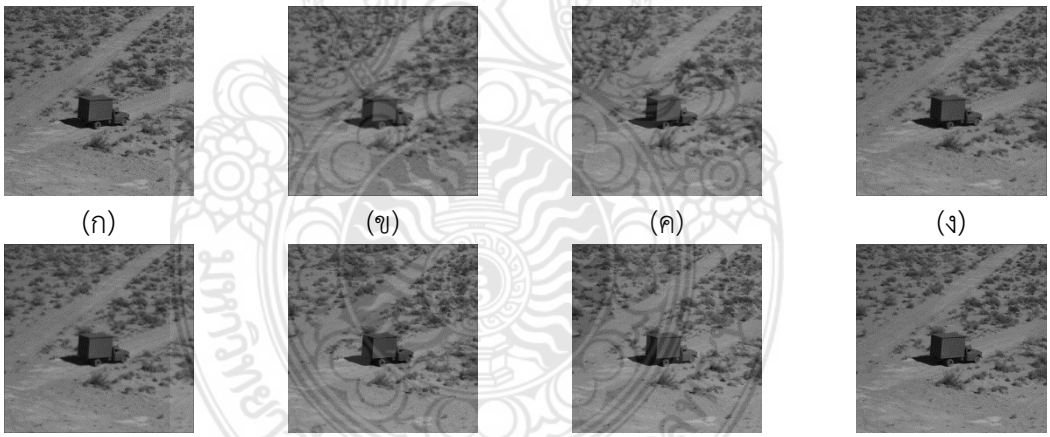
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ช)

รูปที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Truck

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

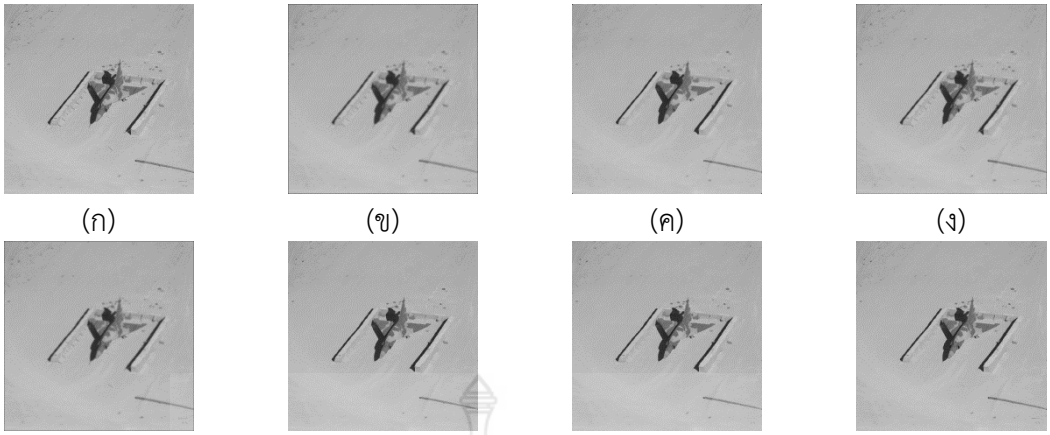
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.23 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Airplane02

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

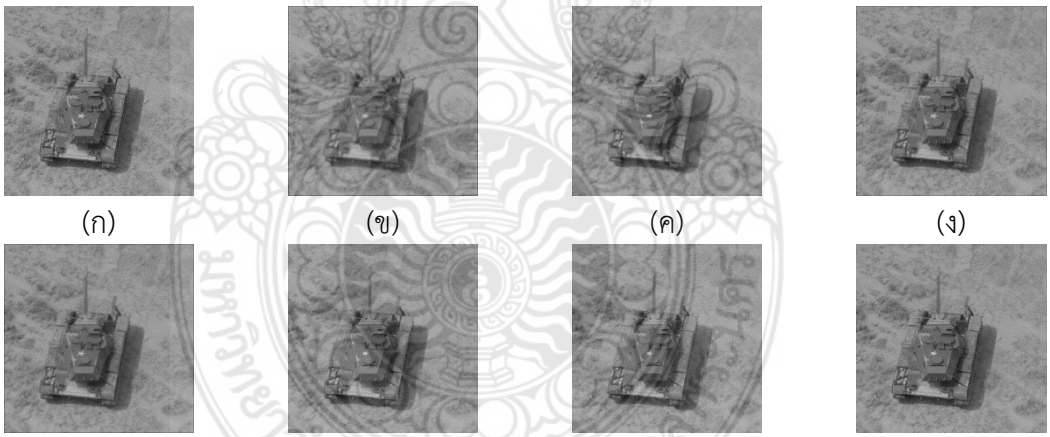
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Tank01

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

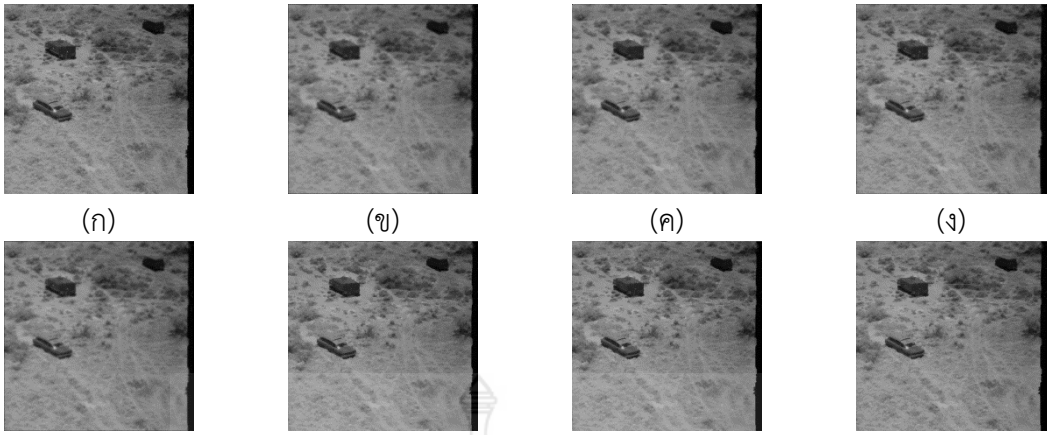
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Car and APCs01

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

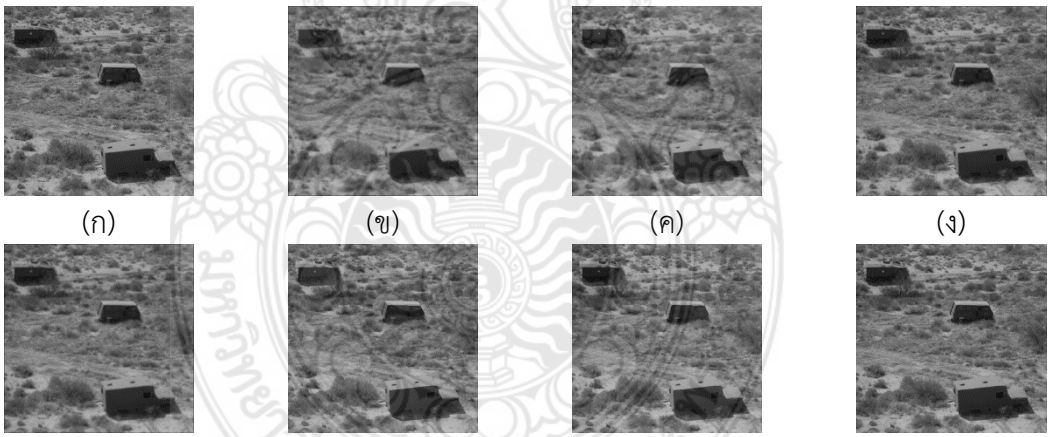
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Track and APCs01

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

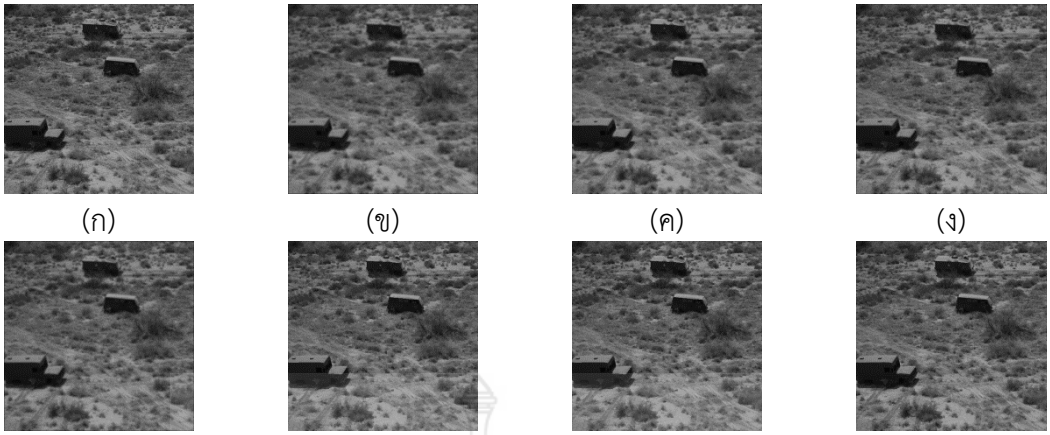
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Track and APCs02

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

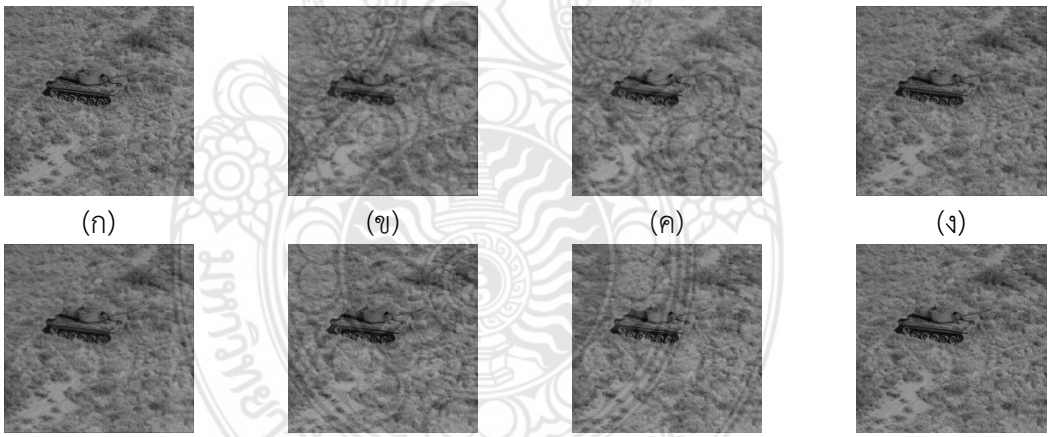
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Tank02

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

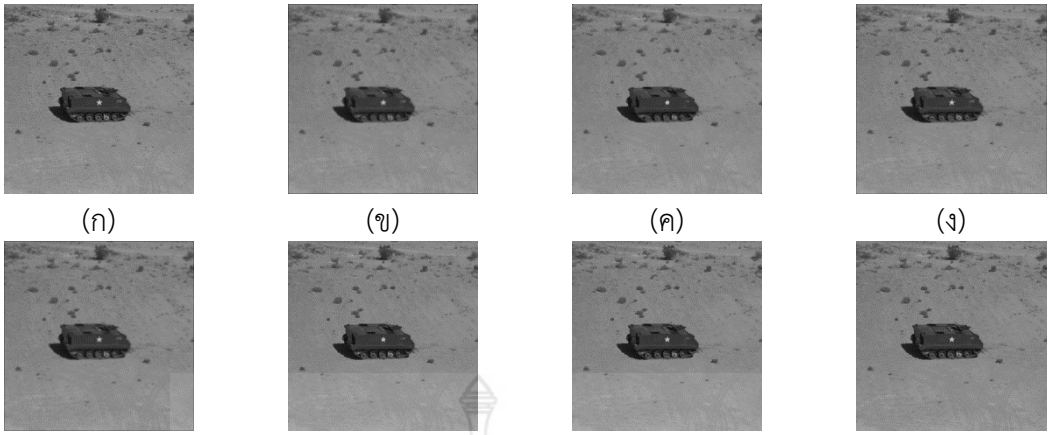
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Car and APCs02

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

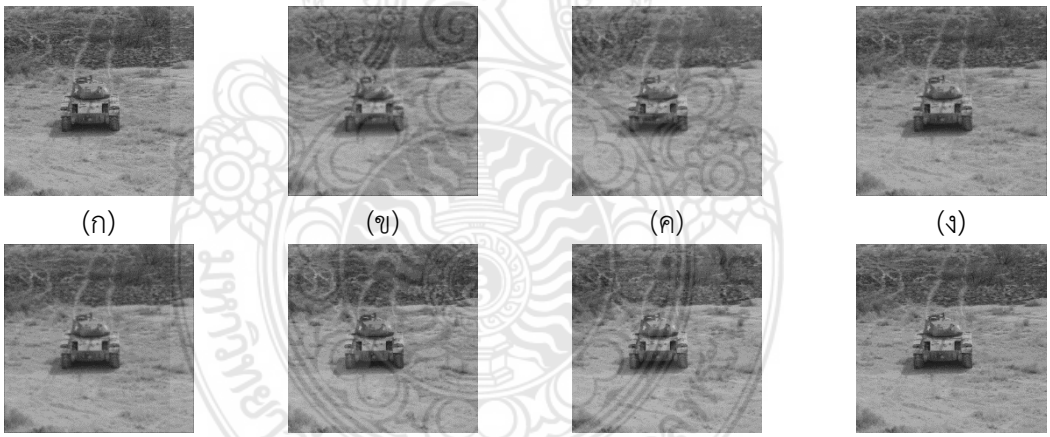
(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

รูปที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Tank03

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ขนาด 5×5

(ค) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณโดยใช้ค่ามัธยฐาน ขนาด 5×5

(ง) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.0$

(จ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเกาเซียนส์ ขนาด 5×5 $\sigma = 1.5$

(ฉ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากโตมิตะ

(ช) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากนากาโอ

(ซ) ภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ

ตารางที่ 4.2 แสดงรายละเอียดค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด ค่าค่าเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ และค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพ

ลำดับ	ชื่อรูป	Mean Filter 5×5			Median Filter 5×5			Gaussian 5×5 $\sigma = 1.0$			Gaussian 5×5 $\sigma = 1.5$		
		PSNR	Homogeneity	Contrast	PSNR	Homogeneity	Contrast	PSNR	Homogeneity	Contrast	PSNR	Homogeneity	Contrast
1	Girl02	28.6519	0.9653	0.0693	30.5230	0.9630	0.0792	32.1876	0.9586	0.0833	30.2339	0.9631	0.0740
2	Couple	24.5039	0.9636	0.0733	25.7630	0.9608	0.1102	27.4451	0.9537	0.0951	25.8365	0.9605	0.0799
3	Girl01	24.8009	0.9786	0.0431	29.4578	0.9841	0.0450	28.3670	0.9790	0.0426	26.4387	0.9799	0.0404
4	Girl03	25.2366	0.9398	0.1205	30.9013	0.9424	0.1704	29.0442	0.9365	0.1307	26.9965	0.9388	0.1327
5	House	26.0289	0.9652	0.0696	30.3429	0.9651	0.0955	29.7743	0.9612	0.0792	27.7298	0.9650	0.0801
6	Tree	22.3031	0.9399	0.1212	24.6920	0.9402	0.1678	25.8668	0.9265	0.1588	23.9026	0.9360	0.1340
7	Splash	30.6903	0.9727	0.0547	35.2919	0.9745	0.0991	34.1994	0.9701	0.0637	32.2854	0.9719	0.0564
8	Tiffany	27.5167	0.9699	0.0623	31.3644	0.9712	0.0691	30.6429	0.9648	0.0758	28.9352	0.9686	0.0717
9	Lena	28.2908	0.9523	0.0961	31.2408	0.9526	0.1141	31.9145	0.9440	0.1138	29.9067	0.9494	0.1019
10	F16	26.5041	0.9596	0.0818	29.5039	0.9616	0.1156	30.6269	0.9514	0.1061	28.3530	0.9564	0.0882
11	Sailboat on lake	25.6693	0.9503	0.0996	26.8926	0.9448	0.1367	29.2349	0.9398	0.1250	27.2816	0.9461	0.1085
12	Peppers	28.2897	0.9580	0.0843	32.3547	0.9559	0.1287	31.6326	0.9539	0.0967	29.8218	0.9566	0.0881
13	Moon Surface	26.6142	0.9638	0.0723	28.9379	0.9669	0.0693	29.4470	0.9559	0.0888	27.8918	0.9627	0.0747
14	Aerial01	21.9515	0.9214	0.1577	23.5495	0.9036	0.2227	25.4968	0.9017	0.2012	23.5131	0.9146	0.1727
15	Airplane01	25.9535	0.9758	0.0509	29.3570	0.9797	0.0465	29.5114	0.9719	0.0582	27.5720	0.9743	0.0564
16	Clock256	23.4510	0.9575	0.0871	26.4820	0.9569	0.1374	26.9408	0.9505	0.1180	25.0429	0.9545	0.0979
17	Chemical Plant	23.9831	0.9492	0.1015	25.2469	0.9401	0.1284	27.5585	0.9310	0.1395	25.5911	0.9412	0.1180

ตารางที่ 4.2 แสดงรายละเอียดค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด ค่าค่าเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ และค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อรูป	Mean Filter 5×5			Median Filter 5×5			Gaussian 5×5 $\sigma = 1.0$			Gaussian 5×5 $\sigma = 1.5$		
		PSNR	Homogeneity	Contrast	PSNR	Homogeneity	Contrast	PSNR	Homogeneity	Contrast	PSNR	Homogeneity	Contrast
18	Aerial02	22.4789	0.9395	0.1237	23.6122	0.9356	0.1543	25.8830	0.9214	0.1614	23.9736	0.9327	0.1372
19	Stream and Bridge	23.1786	0.9491	0.1022	24.0237	0.9402	0.1324	26.0996	0.9306	0.1403	24.4792	0.9432	0.1141
20	Man	27.6949	0.9578	0.0844	29.2600	0.9559	0.1058	31.1800	0.9471	0.1082	29.2516	0.9537	0.0931
21	Airport	25.6822	0.9564	0.0873	26.3050	0.9541	0.1074	28.8073	0.9394	0.1230	27.1032	0.9507	0.0990
22	Truck	28.9921	0.9726	0.0548	30.4508	0.9695	0.0619	32.1487	0.9648	0.0704	30.4141	0.9700	0.0600
23	Airplane02	28.8549	0.9859	0.0283	34.3311	0.9872	0.0433	32.0212	0.9848	0.0357	30.2911	0.9852	0.0309
24	Tank01	28.3107	0.9801	0.0398	30.2507	0.9790	0.0429	31.2242	0.9747	0.0507	29.6258	0.9786	0.0427
25	Car and APCs01	29.8943	0.9749	0.0502	31.8960	0.9725	0.0602	33.0304	0.9688	0.0624	31.3095	0.9728	0.0545
26	Track and APCs01	26.4696	0.9666	0.0668	27.5114	0.9595	0.0828	29.3416	0.9559	0.0884	27.7617	0.9631	0.0737
27	Track and APCs02	26.8604	0.9647	0.0706	27.6789	0.9580	0.0851	29.7229	0.9541	0.0918	28.1420	0.9614	0.0772
28	Tank02	27.5577	0.9677	0.0645	28.5471	0.9606	0.0795	30.3370	0.9557	0.0886	28.8017	0.9641	0.0718
29	Car and APCs02	29.5083	0.9785	0.0430	31.7986	0.9809	0.0399	32.3613	0.9725	0.0551	30.8033	0.9767	0.0465
30	Tank03	26.9937	0.9724	0.0552	28.2233	0.9683	0.0652	30.0089	0.9633	0.0735	28.3497	0.9697	0.0606

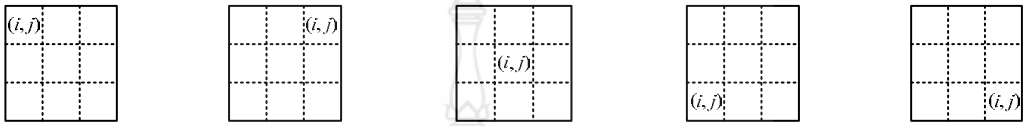
ตารางที่ 4.2 แสดงรายละเอียดค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด ค่าค่าเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ และค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อรูป	Tomita Marks			Nagao Marks			Purpose Marks		
		PSNR	Homogeneity	Contrast	PSNR	Homogeneity	Contrast	PSNR	Homogeneity	Contrast
1	Girl02	31.2762	0.9475	0.1382	32.8278	0.945647	0.1636	34.6618	0.9435	0.1585
2	Couple	28.5761	0.9437	0.1703	29.0430	0.942693	0.2103	31.7735	0.9313	0.2325
3	Girl01	31.4665	0.9788	0.0673	32.3562	0.977894	0.0824	37.8053	0.9763	0.0758
4	Girl03	32.1575	0.9391	0.2315	32.2836	0.940949	0.3012	37.3316	0.9326	0.2356
5	House	30.6086	0.9645	0.1451	31.0829	0.961871	0.2121	34.3359	0.9532	0.1892
6	Tree	25.5780	0.9226	0.3509	26.7374	0.916559	0.4679	28.2331	0.9087	0.4297
7	Splash	34.8619	0.9689	0.1272	35.0402	0.968193	0.1667	37.7696	0.9662	0.1433
8	Tiffany	32.7198	0.9576	0.1085	33.8735	0.955839	0.1243	36.4943	0.9467	0.1419
9	Lena	30.8681	0.9381	0.2000	31.8822	0.936784	0.2360	34.5793	0.9289	0.2224
10	F16	29.7826	0.9465	0.2230	30.7074	0.945253	0.2630	33.0459	0.9414	0.2328
11	Sailboat on lake	27.5358	0.9308	0.2663	28.2964	0.929269	0.3364	30.5882	0.9178	0.3139
12	Peppers	31.4271	0.9460	0.1927	32.4712	0.943273	0.2390	34.6417	0.9332	0.2371
13	Moon Surface	30.5302	0.9468	0.1242	31.4604	0.943001	0.1579	32.6017	0.9356	0.1653
14	Aerial01	24.9318	0.8819	0.4411	26.5032	0.876144	0.5998	27.6070	0.8705	0.5786
15	Airplane01	31.3829	0.9731	0.0867	31.9267	0.972135	0.1299	35.0236	0.9690	0.1619
16	Clock256	28.1313	0.9539	0.2266	28.2772	0.956149	0.3249	32.5269	0.9433	0.3792
17	Chemical Plant	26.3947	0.9137	0.2544	28.1963	0.909055	0.3405	29.9268	0.9086	0.3202

ตารางที่ 4.2 แสดงรายละเอียดค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด ค่าค่าเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ และค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อรูป	Tomita Marks			Nagao Marks			Purpose Marks		
		PSNR	Homogeneity	Contrast	PSNR	Homogeneity	Contrast	PSNR	Homogeneity	Contrast
18	Aerial02	25.2855	0.9123	0.3258	26.9035	0.907722	0.4450	28.3548	0.9009	0.4249
19	Stream and Bridge	25.8113	0.9039	0.2625	27.0960	0.898993	0.3530	28.9522	0.8888	0.3631
20	Man	29.7865	0.9359	0.1981	30.9499	0.933453	0.2379	32.8390	0.9276	0.2275
21	Airport	27.7263	0.9236	0.2347	29.0999	0.917792	0.2972	30.4682	0.9059	0.3006
22	Truck	31.8334	0.9472	0.1108	33.2246	0.944372	0.1320	34.6852	0.9435	0.1309
23	Airplane02	35.2385	0.9891	0.0596	36.3127	0.988271	0.0865	36.9588	0.9873	0.0892
24	Tank01	31.7977	0.9659	0.0749	33.1205	0.962689	0.1085	34.8090	0.9597	0.1147
25	Car and APCs01	33.1870	0.9539	0.1043	34.5614	0.951854	0.1254	36.2101	0.9516	0.1219
26	Track and APCs01	29.0018	0.9278	0.1587	30.3804	0.923463	0.1974	31.9719	0.9208	0.1982
27	Track and APCs02	29.1166	0.9249	0.1617	30.5220	0.920613	0.1972	32.0378	0.9186	0.1973
28	Tank02	30.1760	0.9284	0.1498	31.5694	0.9252	0.1832	32.9457	0.9209	0.1901
29	Car and APCs02	33.3121	0.9649	0.0764	34.5946	0.961797	0.0909	35.7336	0.9584	0.0962
30	Tank03	29.8881	0.9409	0.1248	31.3643	0.936885	0.1587	33.1368	0.9362	0.1563

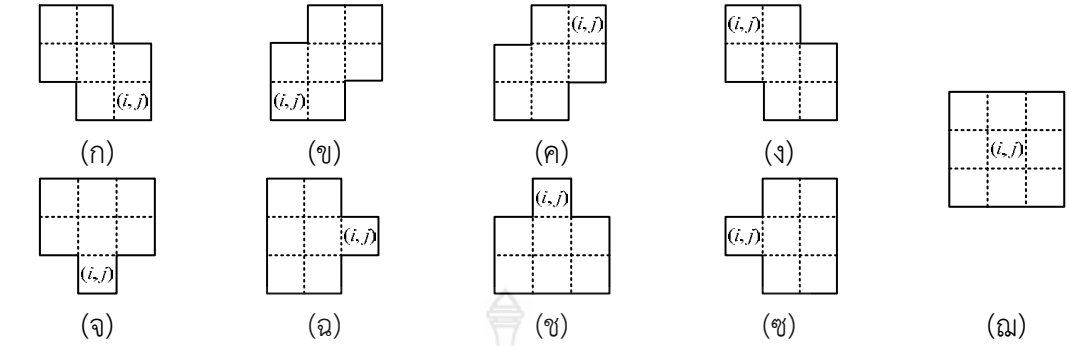
จากผลการทดลองดังกล่าว พบว่าการใช้ตัวกรองโดยใช้ชุดหน้ากากโตมิตะ นากาโอ และหน้ากากที่นำเสนอจำนวน 29 หน้ากากนั้น ให้ค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุดสูงกว่าตัวกรองประเภทอื่น ๆ ซึ่งใช้ชุดหน้ากากเดียวกันประมวลผลทุกตำแหน่งของภาพ เนื่องจากชุดหน้ากากโตมิตะ นากาโอ และหน้ากากที่นำเสนอจำนวน 29 หน้ากากนั้น ได้มีการใช้ค่าเฉลี่ยจากหน้ากากที่ให้ค่าความแปรปรวนของสมาชิกภายในหน้ากากต่ำสุด ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะสามารถลดสัญญาณรบกวนได้ดีและในขณะเดียวกันยังคงสามารถรักษาขอบของวัตถุภายในภาพได้ดีกว่าตัวกรองประเภทอื่นอีกด้วย



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ)

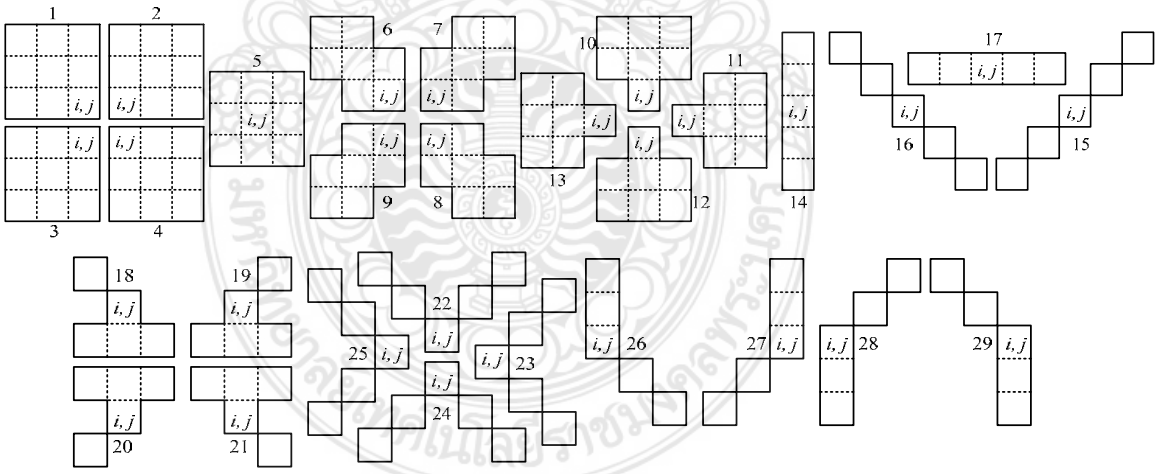
รูปที่ 4.31 หน้ากากโตมิตะ
(ก) หน้ากากโตมิตะที่ 1
(ข) หน้ากากโตมิตะที่ 2
(ค) หน้ากากโตมิตะที่ 3
(ง) หน้ากากโตมิตะที่ 4
(จ) หน้ากากโตมิตะที่ 5

เมื่อพิจารณาการใช้ตัวกรองโดยใช้ชุดหน้ากากโตมิตะ นากาโอ และหน้ากากที่นำเสนอจำนวน 29 หน้ากากนั้น โดยทำการประมวลผลจำนวน 1 รอบ พบว่าลักษณะของหน้ากากของโตมิตะทั้ง 5 หน้ากาก เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสทั้ง 5 หน้ากาก ทำให้สามารถลดสัญญาณรบกวนได้ แต่ขอบของวัตถุภายในภาพที่ได้จากการลดสัญญาณรบกวนนั้น มีลักษณะเป็นรูปทรงเหลี่ยมตามหน้ากากทั้ง 5 ด้วย ซึ่งจากเหตุผลดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 2.9(ข) และจำนวนหน้ากากทั้ง 5 ที่ใช้ในการประมวลผลมีจำนวนครั้งในการประมวลผลเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.3 จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำหน้านากาโอได้คิดค้นหน้ากากใหม่เพิ่มเติม โดยยังคงหน้ากากเดิมของโตมิตะอยู่จำนวน 1 หน้ากาก และเพิ่มเติมหน้ากากใหม่อีกจำนวน 8 หน้ากาก เพื่อใช้รักษาขอบภาพที่มีความซับซ้อนขึ้น ทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลจากหน้ากากของนากาโอนั้น สามารถทำให้ภาพผลลัพธ์มีค่าความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพสูงกว่าภาพผลลัพธ์ที่ได้จากหน้ากากโตมิตะ แต่ภาพผลลัพธ์นั้นยังไม่สามารถรักษาขอบภาพแนวตรง แนวเฉียง หรือขอบภาพที่มีรูปทรงซับซ้อนไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นหน้ากากที่นำเสนอจำนวน 29 หน้ากากนั้น เกิดจากการนำเอาหน้ากากของโตมิตะ หน้ากากนากาโอ หน้ากากเพิ่มเติมของรองศาสตราจารย์ ดร.ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์ และทีมงานวิจัย ในหัวข้อ Segmentation on Edge Preserving Smoothing Image based on Graph Theory [7] และหน้ากากเพิ่มเติมอีกจำนวน 8 หน้ากาก รวมทั้งสิ้นจำนวน 29 หน้ากากนั้น เพื่อทำการรักษาขอบของวัตถุภายในภาพที่มีความละเอียดและซับซ้อน เพื่อใช้กับภาพดิจิตอลในปัจจุบันที่มีขนาดของภาพที่มีความละเอียดสูง จากผลการทดลองโดยใช้หน้ากากจำนวนทั้ง 29 หน้ากาก พบว่าภาพผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถลดสัญญาณรบกวนได้ดี รักษาขอบของวัตถุภายในภาพ โดยสามารถดูได้จากค่าความเป็นเอกพันธ์ของภาพที่มีค่าสูงขึ้น



รูปที่ 4.32 หน้ากากนากาโอ

(ก) หน้ากากนากาโอที่ 1
(ข) หน้ากากนากาโอที่ 2
(ค) หน้ากากนากาโอที่ 3
(ง) หน้ากากนากาโอที่ 4
(จ) หน้ากากนากาโอที่ 5
(ฉ) หน้ากากนากาโอที่ 6
(ช) หน้ากากนากาโอที่ 7
(ซ) หน้ากากนากาโอที่ 8
(ฌ) หน้ากากนากาโอที่ 9



รูปที่ 4.33 หน้ากากที่นำเสนอ

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากโตมิตะ

ชื่อรูป	จำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากโตมิตะ					
	หน้ากากที่ 1	หน้ากากที่ 2	หน้ากากที่ 3	หน้ากากที่ 4	หน้ากากที่ 5	รวม
Girl02	19,003	11,034	12,724	12,800	7,943	63,504
Couple	74,565	44,312	50,294	50,149	38,744	258,064
Girl01	18,976	10,887	12,038	12,898	8,705	63,504
Girl03	18,179	11,654	12,930	13,010	7,731	63,504
House	19,002	10,362	12,224	12,980	8,936	63,504
Tree	19,470	10,667	11,962	13,044	8,361	63,504
Splash	77,075	44,378	49,864	51,906	34,841	258,064
Tiffany	75,711	46,626	51,071	50,292	34,364	258,064
Lena	76,206	46,105	53,066	49,387	33,300	258,064
F16	76,734	44,018	49,919	51,830	35,563	258,064
Sailboat on lake	76,827	45,734	50,538	52,154	32,811	258,064
Peppers	76,210	45,380	52,852	51,326	32,296	258,064
Moon Surface	18,960	11,199	12,270	12,951	8,124	63,504
Aerial01	19,281	10,866	12,043	13,829	7,485	63,504
Airplane01	18,006	10,656	12,399	12,448	9,995	63,504
Clock256	16,915	10,515	12,507	13,160	10,407	63,504
Chemical Plant	19,226	10,489	13,438	11,874	8,477	63,504
Aerial02	77,501	43,747	53,932	52,186	30,698	258,064
Stream and Bridge	75,406	44,425	50,266	50,995	36,972	258,064
Man	307,700	187,341	202,824	205,382	137,153	1,040,400
Airport	301,014	188,407	199,402	208,515	143,062	1,040,400
Truck	80,635	43,952	49,334	50,011	34,132	258,064

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากโตมิตะ (ต่อ)

ชื่อรูป	จำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากโตมิตะ					
	หน้ากากที่ 1	หน้ากากที่ 2	หน้ากากที่ 3	หน้ากากที่ 4	หน้ากากที่ 5	รวม
Airplane02	64,222	42,124	51,066	51,066	46,358	254,836
Tank01	46,358	45,109	50,545	49,917	35,709	227,638
Car and APCs01	79,344	44,715	48,825	49,956	35,224	258,064
Track and APCs01	80,306	44,624	48,351	49,740	35,043	258,064
Track and APCs02	80,984	44,128	48,657	49,242	35,053	258,064
Tank02	79,365	45,759	47,852	49,943	35,145	258,064
Car and APCs02	77,526	44,991	48,421	52,135	34,991	258,064
Tank03	79,820	43,519	48,732	49,451	36,542	258,064
รวม	2,150,527	1,287,723	1,430,346	1,454,577	1,004,165	7,327,338

ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากนากาโอ

ชื่อรูป	จำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากนากาโอ									
	หน้ากากที่ 1	หน้ากากที่ 2	หน้ากากที่ 3	หน้ากากที่ 4	หน้ากากที่ 5	หน้ากากที่ 6	หน้ากากที่ 7	หน้ากากที่ 8	หน้ากากที่ 9	รวม
Girl02	7,425	10,029	7,874	7,410	7,004	7,295	7,643	8,081	743	63,504
Couple	28,561	38,699	29,977	29,466	31,200	32,244	32,923	34,665	329	258,064
Girl01	6,653	10,098	6,781	6,931	7,923	7,923	9,134	8,526	10	63,979
Girl03	7,140	9,267	7,623	7,503	6,636	8,465	7,405	9,330	135	63,504
House	7,089	9,675	7,125	7,548	7,511	7,368	8,734	8,204	250	63,504
Tree	7,301	9,632	6,944	7,662	8,056	7,186	8,512	7,870	341	63,504
Splash	28,850	39,766	29,537	29,589	29,418	31,621	32,403	35,032	1,848	258,064
Tiffany	29,929	41,152	31,057	30,522	29,167	29,967	31,268	32,667	2,335	258,064
Lena	30,102	40,869	31,718	29,747	28,496	31,570	29,686	33,872	2,004	258,064
F16	29,004	38,628	29,588	30,139	31,277	30,188	34,493	33,724	1,023	258,064
Sailboat on lake	22,740	34,252	24,501	22,976	17,936	34,491	33,491	34,688	32,989	258,064
Peppers	29,314	43,005	30,516	30,204	29,351	30,169	32,098	32,528	879	258,064
Moon Surface	7,962	9,932	7,291	7,924	7,359	6,737	7,910	7,411	978	63,504
Aerial01	8,142	9,519	7,277	8,297	7,248	6,773	7,953	7,490	805	63,504
Airplane01	6,622	9,208	7,082	6,883	7,746	7,843	8,684	9,436	0	63,504
Clock256	6,274	8,375	7,020	6,722	7,599	8,200	9,330	9,845	139	63,504
Chemical Plant	6,837	6,837	8,505	6,847	7,033	7,552	7,407	7,955	611	59,584
Aerial02	30,333	39,923	32,028	32,278	30,244	28,984	33,546	30,688	40	258,064
Stream and Bridge	27,826	39,534	30,000	28,686	31,185	30,461	34,050	33,950	2,372	258,064
Man	123,207	168,552	124,483	123,434	117,968	119,791	124,879	131,149	6,937	1,040,400
Airport	122,724	171,055	121,904	123,187	113,267	120,621	121,393	129,349	16,900	1,040,400

ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากนากาโอ (ต่อ)

ชื่อรูป	จำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากนากาโอ									
	หน้ากากที่ 1	หน้ากากที่ 2	หน้ากากที่ 3	หน้ากากที่ 4	หน้ากากที่ 5	หน้ากากที่ 6	หน้ากากที่ 7	หน้ากากที่ 8	หน้ากากที่ 9	รวม
Truck	30,268	41,617	29,604	30,875	30,505	29,809	32,464	31,061	1,861	258,064
Airplane02	19,708	33,070	26,343	23,951	32,518	35,021	40,864	44,156	2,433	258,064
Tank01	28,475	43,036	31,139	29,169	29,340	29,630	30,884	31,245	5,146	258,064
Car and APCs01	30,747	42,140	30,555	30,992	29,264	29,632	31,191	31,265	2,278	258,064
Track and APCs01	31,110	42,503	30,071	30,257	29,989	28,493	31,083	30,600	3,958	258,064
Track and APCs02	31,420	42,447	29,899	30,778	29,751	28,633	30,828	30,337	3,971	258,064
Tank02	32,178	41,605	28,925	32,318	29,494	28,058	30,584	29,474	5,428	258,064
Car and APCs02	29,543	40,766	29,128	30,250	30,161	29,813	32,353	31,902	4,148	258,064
Tank03	30,250	42,350	30,429	30,708	29,520	29,576	31,251	31,331	2,649	258,064
รวม	837,734	1,157,541	854924	853,253	834,166	864,114	914,444	937,831	103,540	7,357,547

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ

ชื่อรูป	จำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ									
	หน้ากากที่ 1	หน้ากากที่ 2	หน้ากากที่ 3	หน้ากากที่ 4	หน้ากากที่ 5	หน้ากากที่ 6	หน้ากากที่ 7	หน้ากากที่ 8	หน้ากากที่ 9	หน้ากากที่ 10
Girl02	1,355	2,096	1,087	1,045	262	2,348	2,418	2,216	2,214	395
Couple	5,473	8,729	4,607	4,762	1,188	8,738	8,834	8,066	8,191	11
Girl01	1,123	2,110	1,060	1,097	380	1,953	1,916	1,842	1,858	6
Girl03	1,216	1,916	1,119	1,143	293	2,261	2,176	2,097	2,176	51
House	1,363	2,533	1,389	1,132	321	2,134	1,882	2,010	1,731	337
Tree	1,806	3,455	1,951	1,600	393	2,625	2,187	2,348	1,874	225
Splash	5,396	8,691	4,660	4,820	1,555	8,785	8,513	8,163	7,818	927
Tiffany	4,891	7,820	3,919	4,190	1,033	8,488	8,840	8,032	8,129	1,215
Lena	4,799	6,951	3,544	4,224	1,000	7,923	8,397	7,514	7,814	1,036
F16	5,987	10,018	5,541	5,434	1,667	10,221	9,850	9,655	8,954	814
Sailboat on lake	4,944	8,973	4,585	4,375	1,108	9,068	8,587	8,400	7,379	1,344
Peppers	4,200	7,102	3,517	3,613	914	7,592	7,432	7,075	7,121	577
Moon Surface	1,243	2,101	1,037	1,153	354	2,281	1,980	2,037	1,737	495
Aerial01	1,629	3,556	2,093	1,427	246	3,426	2,754	3,119	2,381	452
Airplane01	1,374	2,231	1,299	1,390	483	2,111	2,071	1,935	1,992	108
Clock256	1,406	2,200	1,364	1,318	501	1,995	1,986	1,938	2,008	85
Chemical Plant	1,958	2,003	981	1,667	202	2,609	2,967	2,344	2,677	485
Aerial02	9,246	11,403	6,449	7,554	1,082	11,111	11,839	10,793	10,724	1,010
Stream and Bridge	6,103	9,298	5,020	5,310	1,398	10,132	10,851	9,175	9,032	2,080
Man	21,203	34,696	18,309	18,630	5,065	36,943	36,987	34,659	33,457	3,503
Airport	18,992	32,804	16,946	17,346	5,165	34,768	34,447	33,512	30,122	8,015

ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ (ต่อ)

ชื่อรูป	จำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ									
	หน้ากากที่ 1	หน้ากากที่ 2	หน้ากากที่ 3	หน้ากากที่ 4	หน้ากากที่ 5	หน้ากากที่ 6	หน้ากากที่ 7	หน้ากากที่ 8	หน้ากากที่ 9	หน้ากากที่ 10
Truck	7,033	10,625	5,848	5,509	1,378	11,448	11,402	10,354	9,157	1,024
Airplane02	7,789	10,612	6,270	7,489	3,593	6,963	8,561	6,655	7,505	1,396
Tank01	5,337	8,651	4,240	4,845	1,480	9,211	10,566	8,619	8,335	3,027
Car and APCs01	5,394	9,943	4,921	4,439	1,425	11,608	11,316	10,306	9,490	1,755
Track and APCs01	5,494	9,464	4,467	4,611	1,297	10,956	10,612	9,403	8,504	2,159
Track and APCs02	5,550	9,566	4,563	4,497	1,260	11,365	10,755	9,898	8,648	2,096
Tank02	4,786	9,570	4,590	3,953	1,288	11,029	9,669	10,285	7,802	2,678
Car and APCs02	5,996	10,275	5,459	5,192	1,682	9,467	9,223	8,841	7,343	2,331
Tank03	5,690	9,641	4,756	4,752	1,319	10,492	10,435	9,591	8,994	1,237
รวม	158,776	259,033	135,591	138,517	39,332	270,051	269,453	250,882	235,167	40,874

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ (ต่อ)

ชื่อรูป	จำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ									
	หน้ากากที่ 11	หน้ากากที่ 12	หน้ากากที่ 13	หน้ากากที่ 14	หน้ากากที่ 15	หน้ากากที่ 16	หน้ากากที่ 17	หน้ากากที่ 18	หน้ากากที่ 19	หน้ากากที่ 20
Girl02	2,186	2,250	2,398	5,434	1,632	1,572	5,673	2,029	2,305	2,280
Couple	8,227	8,623	8,889	37,321	3,468	3,225	39,867	7,815	8,735	8,590
Girl01	1,960	1,920	2,085	2,651	1,481	1,463	8,333	1,732	2,060	1,811
Girl03	2,333	2,063	2,505	9,111	1,317	1,386	3,729	1,969	2,178	2,145
House	1,798	2,280	2,077	3,492	1,534	1,321	11,742	2,152	2,223	2,061
Tree	2,192	2,792	2,298	2,045	989	1,528	8,500	2,283	2,008	1,996
Splash	8,407	8,876	8,874	23,323	5,660	5,596	26,934	8,478	9,369	9,205
Tiffany	8,585	8,293	9,193	21,694	10,635	7,625	16,651	8,087	9,267	9,487
Lena	8,208	7,449	8,899	33,895	10,432	5,977	12,666	7,596	9,394	9,269
F16	9,649	10,663	10,472	14,132	4,754	4,971	25,971	8,554	9,356	9,418
Sailboat on lake	8,801	8,813	9,243	14,038	7,435	9,070	21,108	9,541	9,870	9,754
Peppers	7,998	7,539	8,348	14,694	10,803	9,340	17,224	8,938	9,972	9,764
Moon Surface	2,027	2,060	2,162	4,791	1,720	2,213	3,823	2,382	2,253	2,348
Aerial01	2,672	3,256	2,946	2,164	1,174	2,239	5,742	2,642	2,079	2,265
Airplane01	2,352	2,226	2,715	4,457	1,130	1,085	3,691	2,052	2,420	2,215
Clock256	2,261	2,256	2,503	7,320	917	897	4,329	1,888	2,269	2,031
Chemical Plant	2,698	2,677	2,843	1,331	2,048	669	10,594	2,109	2,968	3,177
Aerial02	10,113	13,104	10,722	13,189	8,247	7,873	27,191	8,340	9,072	9,558
Stream and Bridge	9,811	10,597	10,368	14,819	5,672	4,244	33,126	8,289	9,873	9,643
Man	36,141	34,495	38,659	80,091	30,496	28,476	78,761	36,077	38,764	40,068
Airport	38,649	30,570	41,168	69,385	28,132	29,945	88,889	39,359	40,680	42,062

ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ (ต่อ)

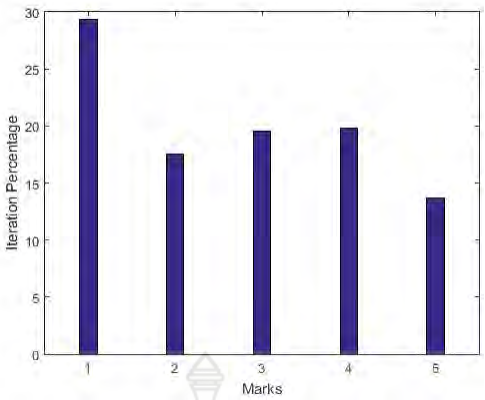
ชื่อรูป	จำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ									
	หน้ากากที่ 11	หน้ากากที่ 12	หน้ากากที่ 13	หน้ากากที่ 14	หน้ากากที่ 15	หน้ากากที่ 16	หน้ากากที่ 17	หน้ากากที่ 18	หน้ากากที่ 19	หน้ากากที่ 20
Truck	9,649	11,264	10,159	6,603	4,730	4,888	39,766	9,706	10,281	10,578
Airplane02	8,770	9,295	9,567	4,225	5,680	2,567	16,556	4,999	7,937	7,070
Tank01	9,673	9,191	9,993	12,130	6,922	4,938	28,692	9,181	10,963	11,398
Car and APCs01	9,751	10,770	10,408	9,188	5,353	5,504	32853	9,968	10,563	11,100
Track and APCs01	9,247	10,072	9,800	9,898	5,241	5,761	36,488	10,294	10,556	11,176
Track and APCs02	9,452	10,230	9,812	9,304	5,520	5,855	36,215	10,713	10,625	11,494
Tank02	9,346	9,942	9,686	14,920	4,927	7,455	23,659	10,748	9,830	10,486
Car and APCs02	8,963	9,363	9,570	7,540	5232	6262	30,961	8,996	9,836	9,662
Tank03	8,976	10,028	9,531	7,561	4,732	4,825	47,032	10,555	10,945	11,405
รวม	260,895	262,957	277,893	460,746	188,013	178,770	746,766	257,472	278,651	283,516

ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ (ต่อ)

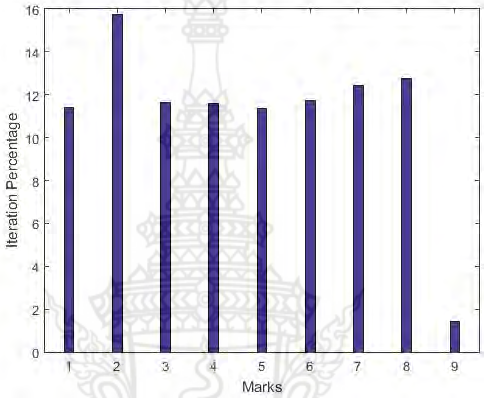
ชื่อรูป	จำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ									
	หน้ากากที่ 21	หน้ากากที่ 22	หน้ากากที่ 23	หน้ากากที่ 24	หน้ากากที่ 25	หน้ากากที่ 26	หน้ากากที่ 27	หน้ากากที่ 28	หน้ากากที่ 29	รวม
Girl02	2,433	1,634	1,568	1,470	1,619	2,722	2,955	3,018	2,890	63,504
Couple	9,513	6,935	4,807	6,226	4,957	7,903	8,162	7,899	8,303	258,064
Girl01	2,333	2,351	1,940	2,788	2,098	3,086	3,298	3,070	3,699	63,504
Girl03	2,396	1,382	1,450	1,208	1,537	2,924	3,325	3,199	2,899	63,504
House	2,642	1,799	1,387	1,798	1,427	2,079	2,289	2,271	2,300	63,504
Tree	2,574	2,655	1279	2,261	1,296	2,082	1,973	1,964	2,325	63,504
Splash	10,555	8,705	6,569	8,241	6,775	10,467	10,722	10,792	11,188	258,064
Tiffany	10,026	7,821	7,089	7,361	7,253	12,927	12,757	12,778	13,978	258,064
Lena	9,379	6,920	7,395	6,456	7,686	11,802	14,520	14,498	12,421	258,064
F16	10,677	8,240	5,395	7,851	5,575	10,632	11,168	10,673	11,772	258,064
Sailboat on lake	11,073	11,257	9,511	10,032	9,647	10,203	9,705	9,684	10,516	258,064
Peppers	10,633	12,081	11,512	11,760	11,408	11,302	12,183	12,074	11,348	258,064
Moon Surface	2,708	2,267	2,085	2,116	2,012	3,325	2,666	2,737	3,391	63,504
Aerial01	2,869	2,043	1,039	1,628	1,015	1,800	1,488	1,516	1,844	63,504
Airplane01	2,821	1,885	1,730	1,905	1,729	3,100	3,839	3,533	3,625	63,504
Clock256	2,707	1,536	1,489	1,584	1,481	3,083	3,260	3,202	3,690	63,504
Chemical Plant	2,425	1,673	1,038	1,408	1,085	919	2,544	2,406	999	63,504
Aerial02	9,373	6,625	3,604	5,524	3,548	7,861	7,279	7,525	8,105	258,064
Stream and Bridge	10,703	7,990	4,977	7,583	5,139	8,046	9,685	9,823	9,277	258,064
Man	42,342	32,790	28,945	29,806	29,381	45,794	48,564	48,053	49,245	1,040,400
Airport	44,747	36,589	38,048	33,875	38,045	43,160	40,450	40,704	43,826	1,040,400

ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ (ต่อ)

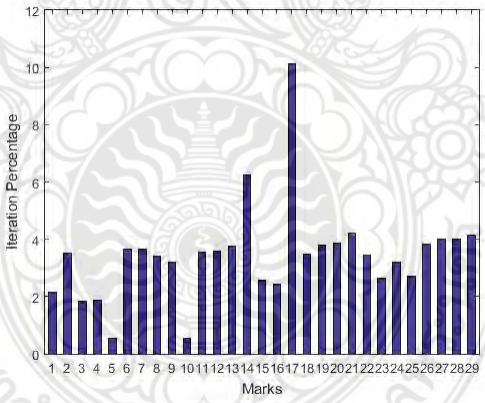
ชื่อรูป	จำนวนครั้งการประมวลผลโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ									
	หน้ากากที่ 21	หน้ากากที่ 22	หน้ากากที่ 23	หน้ากากที่ 24	หน้ากากที่ 25	หน้ากากที่ 26	หน้ากากที่ 27	หน้ากากที่ 28	หน้ากากที่ 29	รวม
Truck	12,223	10,019	4,616	8,647	4,686	6,674	6,467	6,423	6,907	258,064
Airplane02	8,216	9,590	7,049	11,076	9,258	11,515	19,741	18,567	19,553	258,064
Tank01	11,103	9,264	6,744	8,379	6,666	8,500	10,496	10,583	8,937	258,064
Car and APCs01	12,462	9,550	5,180	8,571	5,115	7,794	7,588	7,747	8,002	258,064
Track and APCs01	11,933	10,490	5,185	9,040	5,281	7,846	7,365	7,448	7,976	258,064
Track and APCs02	12,112	10,098	5,095	8,743	5,148	7,343	7,323	7,352	7,432	258,064
Tank02	12,400	9,454	6,087	8,283	5,885	10,724	8,733	8,780	11,069	258,064
Car and APCs02	11,918	11,331	6,910	10,443	7,335	9,570	9,291	8,991	10,081	258,064
Tank03	12,267	9,780	4,774	8,459	4,736	6,426	6,313	6,354	6,458	258,064
รวม	309,563	254,754	194,497	234,522	198,823	281,609	296,149	293,664	304,056	7,360,992



รูปที่ 4.34 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยโดยใช้หน้ากากโตมิตะ



รูปที่ 4.35 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยโดยใช้หน้ากากนากาโอ



รูปที่ 4.36 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอ

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้หน้ากากโตมิตะ หน้ากากนากาโอ และหน้ากากที่นำเสนอจำนวน 29 หน้ากาก กับ การลดสัญญาณรบกวนโดยใช้ตัวกรองเกาเซียนส์ ขนาด 5x5 $\sigma = 1.0$ และ $\sigma = 1.5$ นั้น การลดสัญญาณรบกวนโดยใช้หน้ากากโตมิตะ หน้ากากนากาโอ และหน้ากากที่นำเสนอจำนวน 29 หน้ากากสามารถทำการลดสัญญาณรบกวนได้ ในขณะที่ยังคงรักษาความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพและขอบของวัตถุต่าง ๆ ภายในภาพได้อย่างดี เมื่อเปรียบเทียบกับการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้ตัวกรองเกาเซียนส์

ตารางที่ 4.6 แสดงรายละเอียดค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.31

ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Girl02	31.2762	29.0580	28.1649	27.7473	27.5011	27.3570	27.2624	27.2006	27.1629	27.1365
2	Couple	28.5761	26.8901	26.2591	25.9708	25.8121	25.7078	25.6429	25.5901	25.5610	25.5312
3	Girl01	31.4665	29.3024	28.7712	28.5353	28.4010	28.3186	28.2725	28.2483	28.2286	28.2133
4	Girl03	32.1575	29.7336	28.7643	28.2865	28.0390	27.9028	27.8245	27.7636	27.7262	27.7000
5	House	30.6086	28.8581	28.2640	28.0088	27.8764	27.8033	27.7471	27.7080	27.6723	27.6476
6	Tree	25.5780	23.3274	22.4762	22.0670	21.8567	21.7385	21.6503	21.5812	21.5195	21.4742
7	Splash	34.8619	32.8353	32.1349	31.8212	31.6604	31.5822	31.5355	31.5068	31.4902	31.4794
8	Tiffany	32.7198	30.7511	29.9361	29.5403	29.3142	29.1909	29.1122	29.0527	29.0084	28.9700
9	Lena	30.8681	28.4956	27.5688	27.1023	26.8330	26.6728	26.5720	26.4920	26.4360	26.4007
10	F16	29.7826	27.5107	26.6216	26.1673	25.9141	25.7549	25.6530	25.5822	25.5315	25.4856
11	Sailboat on lake	27.5358	25.1752	24.2216	23.7517	23.4869	23.3224	23.2204	23.1493	23.0970	23.0522
12	Peppers	31.4271	29.2228	28.3405	27.9146	27.6769	27.5427	27.4543	27.3988	27.3645	27.3392
13	Moon Surface	30.5302	28.8670	28.2456	27.9492	27.7758	27.6796	27.6158	27.5640	27.5289	27.4971
14	Aerial01	24.9318	22.8204	21.9770	21.5553	21.3067	21.1594	21.0676	20.9925	20.9430	20.9087
15	Airplane01	31.3829	27.5986	26.1806	25.6287	25.3859	25.2830	25.2168	25.1736	25.1372	25.1036
16	Clock256	28.1313	25.8807	25.0054	24.5965	24.3623	24.2283	24.1401	24.0740	24.0337	24.0036
17	Chemical Plant	26.3947	24.2901	23.4876	23.1406	22.9458	22.8140	22.7107	22.6343	22.5812	22.5387
18	Aerial02	25.2855	23.1080	22.3361	21.9776	21.7675	21.6285	21.5311	21.4594	21.4044	21.3674
19	Stream and Bridge	25.8113	24.2002	23.5615	23.2409	23.0620	22.9504	22.8760	22.8243	22.7851	22.7576
20	Man	29.7865	27.7955	27.0070	26.6164	26.3981	26.2647	26.1767	26.1164	26.0723	26.0360

ตารางที่ 4.6 แสดงรายละเอียดค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.31

ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Airport	27.7263	25.7220	24.9313	24.5469	24.3335	24.2038	24.1156	24.0519	24.0023	23.9595
22	Truck	31.8334	29.9370	29.1971	28.8305	28.6174	28.4797	28.3881	28.3262	28.2810	28.2462
23	Airplane02	35.2385	33.5670	33.0584	32.8497	32.7241	32.6441	32.5971	32.5509	32.5040	32.4671
24	Tank01	31.7977	30.1036	29.4643	29.1621	28.9926	28.8862	28.8206	28.7750	28.7406	28.7164
25	Car and APCs01	33.1870	31.3463	30.5706	30.1742	29.9478	29.8067	29.7163	29.6579	29.6149	29.5833
26	Track and APCs01	29.0018	27.3886	26.7170	26.3805	26.1894	26.0701	25.9927	25.9373	25.8962	25.8648
27	Track and APCs02	29.1166	27.5096	26.8424	26.5044	26.3144	26.1980	26.1230	26.0697	26.0298	25.9977
28	Tank02	30.1760	28.5270	27.8350	27.4858	27.2841	27.1532	27.0669	27.0061	26.9651	26.9356
29	Car and APCs02	33.3121	31.6127	30.9925	30.7155	30.5625	30.4799	30.4219	30.3816	30.3568	30.3354
30	Tank03	29.8881	28.2942	27.6643	27.3548	27.1839	27.0775	27.0064	26.9570	26.9191	26.8910
ค่าเฉลี่ย		30.0130	27.9910	27.2199	26.8541	26.6509	26.5300	26.4510	26.3942	26.3531	26.3213

ตารางที่ 4.7 แสดงรายละเอียดค่าเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.31

ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Girl02	0.9475	0.9549	0.9584	0.9609	0.9622	0.9636	0.9642	0.9647	0.9649	0.9651
2	Couple	0.9437	0.9542	0.9591	0.9616	0.9630	0.9642	0.9647	0.9651	0.9654	0.9657
3	Girl01	0.9788	0.9826	0.9842	0.9849	0.9855	0.9857	0.9859	0.9861	0.9862	0.9862
4	Girl03	0.9391	0.9475	0.9512	0.9530	0.9542	0.9546	0.9549	0.9553	0.9556	0.9557
5	House	0.9645	0.9731	0.9754	0.9765	0.9770	0.9775	0.9777	0.9780	0.9780	0.9781
6	Tree	0.9226	0.9426	0.9502	0.9538	0.9563	0.9576	0.9586	0.9590	0.9594	0.9597
7	Splash	0.9689	0.9745	0.9765	0.9777	0.9783	0.9785	0.9787	0.9788	0.9789	0.9789
8	Tiffany	0.9576	0.9661	0.9696	0.9713	0.9722	0.9728	0.9732	0.9734	0.9736	0.9739
9	Lena	0.9381	0.9496	0.9546	0.9576	0.9590	0.9601	0.9608	0.9612	0.9615	0.9618
10	F16	0.9465	0.9567	0.9615	0.9641	0.9655	0.9665	0.9671	0.9676	0.9680	0.9682
11	Sailboat on lake	0.9308	0.9450	0.9511	0.9547	0.9570	0.9585	0.9594	0.9600	0.9604	0.9608
12	Peppers	0.9460	0.9559	0.9597	0.9617	0.9628	0.9636	0.9639	0.9642	0.9644	0.9644
13	Moon Surface	0.9468	0.9608	0.9661	0.9691	0.9705	0.9712	0.9716	0.9719	0.9723	0.9725
14	Aerial01	0.8819	0.9028	0.9119	0.9172	0.9205	0.9233	0.9244	0.9253	0.9258	0.9266
15	Airplane01	0.9731	0.9811	0.9853	0.9863	0.9869	0.9872	0.9873	0.9873	0.9873	0.9874
16	Clock256	0.9539	0.9624	0.9666	0.9691	0.9706	0.9713	0.9718	0.9719	0.9722	0.9725
17	Chemical Plant	0.9137	0.9310	0.9406	0.9453	0.9483	0.9498	0.9507	0.9515	0.9523	0.9530
18	Aerial02	0.9123	0.9313	0.9402	0.9453	0.9486	0.9504	0.9516	0.9525	0.9533	0.9539
19	Stream and Bridge	0.9039	0.9259	0.9349	0.9401	0.9434	0.9455	0.9469	0.9476	0.9484	0.9489
20	Man	0.9359	0.9483	0.9539	0.9569	0.9588	0.9599	0.9606	0.9612	0.9615	0.9619

ตารางที่ 4.7 แสดงรายละเอียดค่าเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.31

ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Airport	0.9236	0.9442	0.9524	0.9567	0.9591	0.9606	0.9616	0.9622	0.9627	0.9631
22	Truck	0.9472	0.9585	0.9635	0.9660	0.9676	0.9687	0.9694	0.9698	0.9702	0.9705
23	Airplane02	0.9891	0.9918	0.9927	0.9930	0.9933	0.9935	0.9936	0.9936	0.9937	0.9937
24	Tank01	0.9659	0.9749	0.9784	0.9801	0.9811	0.9819	0.9823	0.9827	0.9829	0.9830
25	Car and APCs01	0.9539	0.9628	0.9665	0.9688	0.9699	0.9707	0.9713	0.9717	0.9720	0.9722
26	Track and APCs01	0.9278	0.9440	0.9507	0.9544	0.9563	0.9578	0.9588	0.9595	0.9598	0.9601
27	Track and APCs02	0.9249	0.9410	0.9476	0.9514	0.9539	0.9555	0.9563	0.9569	0.9572	0.9575
28	Tank02	0.9284	0.9448	0.9516	0.9550	0.9574	0.9588	0.9596	0.9603	0.9607	0.9610
29	Car and APCs02	0.9649	0.9762	0.9803	0.9820	0.9831	0.9838	0.9842	0.9845	0.9846	0.9847
30	Tank03	0.9409	0.9542	0.9600	0.9630	0.9649	0.9661	0.9669	0.9675	0.9679	0.9680
ค่าเฉลี่ย		0.9475	0.9549	0.9584	0.9609	0.9622	0.9636	0.9642	0.9647	0.9649	0.9651

ตารางที่ 4.8 แสดงรายละเอียดค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพจากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.31

ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Girl02	0.1382	0.1321	0.1294	0.1263	0.1255	0.1237	0.1227	0.1218	0.1211	0.1209
2	Couple	0.1703	0.1531	0.1448	0.1410	0.1378	0.1351	0.1336	0.1326	0.1319	0.1209
3	Girl01	0.0673	0.0613	0.0593	0.0565	0.0553	0.0554	0.0551	0.0552	0.0550	0.1209
4	Girl03	0.2315	0.2690	0.2791	0.2820	0.2835	0.2846	0.2850	0.2856	0.2854	0.1209
5	House	0.1451	0.1445	0.1502	0.1513	0.1506	0.1500	0.1491	0.1483	0.1481	0.1209
6	Tree	0.3509	0.3587	0.3657	0.3702	0.3691	0.3661	0.3642	0.3643	0.3627	0.1209
7	Splash	0.1272	0.1376	0.1429	0.1437	0.1437	0.1440	0.1439	0.1437	0.1436	0.1209
8	Tiffany	0.1085	0.0948	0.0891	0.0868	0.0846	0.0838	0.0830	0.0825	0.0823	0.1209
9	Lena	0.2000	0.1994	0.1984	0.1978	0.1986	0.1989	0.1990	0.1984	0.1980	0.1209
10	F16	0.2230	0.2264	0.2251	0.2234	0.2202	0.2190	0.2179	0.2171	0.2168	0.1209
11	Sailboat on lake	0.2663	0.2775	0.2866	0.2852	0.2811	0.2795	0.2787	0.2773	0.2771	0.1209
12	Peppers	0.1927	0.2000	0.2052	0.2072	0.2070	0.2064	0.2064	0.2063	0.2064	0.1209
13	Moon Surface	0.1242	0.1025	0.0949	0.0921	0.0902	0.0900	0.0898	0.0889	0.0889	0.1209
14	Aerial01	0.4411	0.4289	0.4331	0.4306	0.4291	0.4270	0.4271	0.4247	0.4240	0.1209
15	Airplane01	0.0867	0.0561	0.0440	0.0402	0.0383	0.0372	0.0367	0.0364	0.0358	0.1209
16	Clock256	0.2266	0.2181	0.2154	0.2144	0.2142	0.2144	0.2141	0.2134	0.2127	0.1209
17	Chemical Plant	0.2544	0.2272	0.2094	0.2004	0.1948	0.1913	0.1885	0.1874	0.1864	0.1209
18	Aerial02	0.3258	0.3000	0.2885	0.2785	0.2699	0.2663	0.2627	0.2592	0.2569	0.1209
19	Stream and Bridge	0.2625	0.2236	0.2105	0.2032	0.1985	0.1947	0.1919	0.1908	0.1892	0.1209
20	Man	0.1981	0.1860	0.1793	0.1752	0.1720	0.1699	0.1687	0.1677	0.1669	0.1209

ตารางที่ 4.8 แสดงรายละเอียดค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพ จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.31

ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Airport	0.2347	0.1976	0.1820	0.1723	0.1660	0.1619	0.1590	0.1572	0.1551	0.1537
22	Truck	0.1108	0.0900	0.0812	0.0769	0.0739	0.0721	0.0710	0.0701	0.0693	0.0688
23	Airplane02	0.0596	0.0593	0.0585	0.0582	0.0572	0.0569	0.0569	0.0566	0.0564	0.0564
24	Tank01	0.0749	0.0572	0.0510	0.0477	0.0454	0.0439	0.0431	0.0425	0.0420	0.0418
25	Car and APCs01	0.1043	0.0910	0.0851	0.0815	0.0800	0.0786	0.0775	0.0770	0.0765	0.0762
26	Track and APCs01	0.1587	0.1295	0.1185	0.1119	0.1085	0.1059	0.1038	0.1025	0.1020	0.1014
27	Track and APCs02	0.1617	0.1335	0.1229	0.1168	0.1127	0.1097	0.1083	0.1073	0.1068	0.1063
28	Tank02	0.1498	0.1191	0.1064	0.1007	0.0962	0.0937	0.0922	0.0909	0.0901	0.0896
29	Car and APCs02	0.0764	0.0563	0.0492	0.0463	0.0443	0.0431	0.0424	0.0418	0.0416	0.0414
30	Tank03	0.1248	0.0993	0.0885	0.0829	0.0796	0.0773	0.0758	0.0745	0.0738	0.0737
ค่าเฉลี่ย		0.1799	0.1677	0.1631	0.1600	0.1576	0.1560	0.1549	0.1541	0.1534	0.1076

ตารางที่ 4.9 แสดงรายละเอียดค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.32

ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Girl02	32.8278	30.4221	29.4449	28.9891	28.7696	28.6556	28.6034	28.5760	28.5615	28.5515
2	Couple	29.0430	27.3582	26.8181	26.5743	26.4654	26.4103	26.3857	26.3726	26.3654	26.3604
3	Girl01	32.3562	29.7283	29.0330	28.7809	28.6647	28.5998	28.5735	28.5613	28.5544	28.5508
4	Girl03	32.2836	30.2434	29.4988	29.1459	28.9696	28.8807	28.8351	28.8095	28.7967	28.7865
5	House	31.0829	29.2941	28.7513	28.5316	28.4198	28.3496	28.3091	28.2877	28.2751	28.2664
6	Tree	26.7374	24.4412	23.5349	23.1265	22.9286	22.8350	22.7898	22.7677	22.7547	22.7450
7	Splash	35.0402	33.1063	32.5094	32.2727	32.1731	32.1287	32.1073	32.0972	32.0907	32.0872
8	Tiffany	33.8735	31.7139	30.8925	30.5336	30.3605	30.2744	30.2307	30.2083	30.1951	30.1868
9	Lena	31.8822	29.4544	28.4752	27.9995	27.7559	27.6414	27.5855	27.5551	27.5379	27.5275
10	F16	30.7074	28.3682	27.5260	27.1498	26.9723	26.8828	26.8358	26.8125	26.7988	26.7894
11	Sailboat on lake	28.2964	25.7885	24.7698	24.2887	24.0359	23.8959	23.8111	23.7528	23.7122	23.6868
12	Peppers	32.4712	30.2302	29.3600	28.9489	28.7455	28.6400	28.5867	28.5582	28.5399	28.5287
13	Moon Surface	31.4604	29.6421	29.0187	28.7262	28.5666	28.4797	28.4263	28.3953	28.3764	28.3625
14	Aerial01	26.5032	24.2332	23.3418	22.9235	22.7096	22.5986	22.5360	22.4985	22.4773	22.4645
15	Airplane01	31.9267	28.1585	27.1055	26.6741	26.4492	26.3382	26.2813	26.2609	26.2531	26.2502
16	Clock256	28.2772	26.2857	25.5355	25.2092	25.0859	25.0248	24.9893	24.9583	24.9322	24.9207
17	Chemical Plant	28.1963	25.9931	25.0011	24.4768	24.2142	24.0828	24.0281	23.9994	23.9817	23.9686
18	Aerial02	26.9035	24.6153	23.7362	23.3268	23.1213	23.0241	22.9771	22.9495	22.9286	22.9148
19	Stream and Bridge	27.0960	25.1563	24.4201	24.0930	23.9349	23.8570	23.8154	23.7908	23.7755	23.7655
20	Man	30.9499	28.8391	28.0338	27.6560	27.4741	27.3850	27.3383	27.3129	27.2966	27.2850

ตารางที่ 4.9 แสดงรายละเอียดค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.32

ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Airport	29.0999	26.9669	26.1298	25.7331	25.5336	25.4288	25.3698	25.3338	25.3100	25.2930
22	Truck	33.2246	31.0651	30.2489	29.8807	29.7112	29.6282	29.5828	29.5581	29.5423	29.5319
23	Airplane02	36.3127	34.4168	33.8282	33.6213	33.5415	33.5074	33.4873	33.4747	33.4686	33.4644
24	Tank01	33.1205	31.1680	30.4318	30.0983	29.9374	29.8538	29.8123	29.7897	29.7771	29.7686
25	Car and APCs01	34.5614	32.4966	31.6864	31.3243	31.1523	31.0650	31.0200	30.9930	30.9761	30.9652
26	Track and APCs01	30.3804	28.5132	27.7910	27.4530	27.2815	27.1937	27.1463	27.1199	27.1047	27.0938
27	Track and APCs02	30.5220	28.6325	27.9006	27.5599	27.3926	27.3053	27.2590	27.2305	27.2143	27.2040
28	Tank02	31.5694	29.6425	28.8585	28.4867	28.3116	28.2294	28.1877	28.1653	28.1524	28.1436
29	Car and APCs02	34.5946	32.5965	31.9044	31.6063	31.4723	31.4071	31.3718	31.3541	31.3438	31.3370
30	Tank03	31.3643	29.4365	28.7044	28.3660	28.2027	28.1213	28.0804	28.0564	28.0409	28.0316
ค่าเฉลี่ย		31.0888	28.9336	28.1430	27.7852	27.6118	27.5241	27.4788	27.4533	27.4378	27.4277

ตารางที่ 4.10 แสดงรายละเอียดค่าเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.32

ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Girl02	0.9456	0.9534	0.9568	0.9591	0.9601	0.9606	0.9609	0.9611	0.9611	0.9612
2	Couple	0.9427	0.9504	0.9588	0.9607	0.9617	0.9621	0.9623	0.9624	0.9625	0.9626
3	Girl01	0.9779	0.9818	0.9834	0.9843	0.9849	0.9850	0.9851	0.9851	0.9851	0.9851
4	Girl03	0.9409	0.9476	0.9503	0.9519	0.9526	0.9529	0.9531	0.9532	0.9532	0.9532
5	House	0.9619	0.9726	0.9756	0.9769	0.9772	0.9772	0.9774	0.9775	0.9776	0.9776
6	Tree	0.9166	0.9377	0.9459	0.9497	0.9518	0.9528	0.9533	0.9535	0.9535	0.9537
7	Splash	0.9682	0.9738	0.9759	0.9769	0.9773	0.9775	0.9775	0.9776	0.9776	0.9777
8	Tiffany	0.9558	0.9647	0.9684	0.9699	0.9707	0.9710	0.9712	0.9713	0.9713	0.9713
9	Lena	0.9368	0.9482	0.9534	0.9560	0.9574	0.9580	0.9583	0.9585	0.9585	0.9586
10	F16	0.9453	0.9551	0.9600	0.9623	0.9632	0.9639	0.9642	0.9644	0.9644	0.9645
11	Sailboat on lake	0.9293	0.9455	0.9523	0.9558	0.9579	0.9591	0.9597	0.9600	0.9604	0.9606
12	Peppers	0.9433	0.9538	0.9583	0.9602	0.9610	0.9614	0.9617	0.9618	0.9619	0.9619
13	Moon Surface	0.9430	0.9586	0.9641	0.9666	0.9674	0.9680	0.9685	0.9687	0.9689	0.9690
14	Aerial01	0.8761	0.8964	0.9069	0.9118	0.9144	0.9163	0.9171	0.9175	0.9179	0.9181
15	Airplane01	0.9721	0.9806	0.9843	0.9855	0.9859	0.9862	0.9864	0.9864	0.9864	0.9864
16	Clock256	0.9561	0.9633	0.9670	0.9690	0.9695	0.9696	0.9697	0.9698	0.9699	0.9700
17	Chemical Plant	0.9091	0.9229	0.9310	0.9363	0.9399	0.9416	0.9422	0.9427	0.9429	0.9430
18	Aerial02	0.9077	0.9259	0.9345	0.9388	0.9413	0.9429	0.9435	0.9439	0.9442	0.9444
19	Stream and Bridge	0.8990	0.9213	0.9309	0.9361	0.9386	0.9397	0.9403	0.9406	0.9408	0.9411
20	Man	0.9335	0.9460	0.9516	0.9543	0.9556	0.9563	0.9566	0.9568	0.9569	0.9570

ตารางที่ 4.10 แสดงรายละเอียดค่าเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.32

ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Airport	0.9178	0.9397	0.9487	0.9529	0.9551	0.9561	0.9567	0.9570	0.9572	0.9573
22	Truck	0.9444	0.9551	0.9601	0.9626	0.9637	0.9644	0.9647	0.9650	0.9651	0.9652
23	Airplane02	0.9883	0.9912	0.9923	0.9926	0.9927	0.9928	0.9928	0.9928	0.9928	0.9929
24	Tank01	0.9627	0.9720	0.9757	0.9774	0.9782	0.9786	0.9789	0.9791	0.9792	0.9627
25	Car and APCs01	0.9519	0.9603	0.9643	0.9662	0.9670	0.9674	0.9677	0.9679	0.9680	0.9680
26	Track and APCs01	0.9235	0.9400	0.9468	0.9498	0.9516	0.9524	0.9529	0.9531	0.9533	0.9534
27	Track and APCs02	0.9206	0.9372	0.9436	0.9468	0.9485	0.9494	0.9498	0.9500	0.9502	0.9502
28	Tank02	0.9252	0.9411	0.9475	0.9508	0.9523	0.9530	0.9533	0.9536	0.9537	0.9538
29	Car and APCs02	0.9618	0.9735	0.9778	0.9799	0.9809	0.9812	0.9814	0.9815	0.9815	0.9816
30	Tank03	0.9369	0.9506	0.9563	0.9592	0.9608	0.9614	0.9618	0.9622	0.9624	0.9625
ค่าเฉลี่ย		0.9398	0.9521	0.9574	0.9600	0.9613	0.9620	0.9623	0.9625	0.9626	0.9622

ตารางที่ 4.11 แสดงรายละเอียดค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพจากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.32

ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Girl02	0.1636	0.1644	0.1655	0.1663	0.1655	0.1654	0.1660	0.1664	0.1664	0.1664
2	Couple	0.2103	0.1916	0.1831	0.1783	0.1765	0.1758	0.1755	0.1753	0.1749	0.1747
3	Girl01	0.0824	0.0786	0.0763	0.0738	0.0732	0.0729	0.0725	0.0725	0.0726	0.0726
4	Girl03	0.3012	0.3118	0.3155	0.3176	0.3193	0.3202	0.3200	0.3200	0.3199	0.3196
5	House	0.2121	0.2260	0.2269	0.2269	0.2284	0.2308	0.2315	0.2309	0.2311	0.2313
6	Tree	0.4679	0.5203	0.5339	0.5403	0.5437	0.5444	0.5435	0.5437	0.5445	0.5445
7	Splash	0.1667	0.1734	0.1739	0.1738	0.1736	0.1734	0.1734	0.1734	0.1733	0.1733
8	Tiffany	0.1243	0.1072	0.1005	0.0982	0.0975	0.0969	0.0966	0.0963	0.0960	0.0960
9	Lena	0.2360	0.2383	0.2371	0.2354	0.2341	0.2338	0.2337	0.2339	0.2337	0.2336
10	F16	0.2630	0.2777	0.2831	0.2850	0.2848	0.2846	0.2844	0.2845	0.2843	0.2839
11	Sailboat on lake	0.3364	0.3499	0.3567	0.3614	0.3640	0.3655	0.3659	0.3656	0.3655	0.3651
12	Peppers	0.2390	0.2411	0.2451	0.2468	0.2481	0.2485	0.2487	0.2489	0.2489	0.2489
13	Moon Surface	0.1579	0.1307	0.1230	0.1205	0.1202	0.1208	0.1203	0.1200	0.1198	0.1199
14	Aerial01	0.5998	0.6353	0.6497	0.6546	0.6596	0.6609	0.6631	0.6638	0.6643	0.6646
15	Airplane01	0.1299	0.0969	0.0856	0.0822	0.0815	0.0787	0.0780	0.0779	0.0784	0.0784
16	Clock256	0.3249	0.3416	0.3427	0.3419	0.3447	0.3445	0.3449	0.3444	0.3440	0.3437
17	Chemical Plant	0.3405	0.3442	0.3308	0.3203	0.3106	0.3060	0.3044	0.3034	0.3028	0.3023
18	Aerial02	0.4450	0.4370	0.4232	0.4158	0.4099	0.4072	0.4052	0.4043	0.4035	0.4028
19	Stream and Bridge	0.3530	0.3115	0.2949	0.2874	0.2837	0.2815	0.2809	0.2803	0.2795	0.2793
20	Man	0.2379	0.2278	0.2208	0.2173	0.2155	0.2148	0.2145	0.2143	0.2142	0.2140

ตารางที่ 4.11 แสดงรายละเอียดค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพ จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.32

ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Airport	0.2972	0.2692	0.2530	0.2437	0.2387	0.2357	0.2341	0.2329	0.2318	0.2310
22	Truck	0.1320	0.1143	0.1064	0.1028	0.1009	0.0996	0.0990	0.0986	0.0984	0.0983
23	Airplane02	0.0865	0.0781	0.0753	0.0742	0.0735	0.0732	0.0732	0.0732	0.0732	0.0731
24	Tank01	0.1085	0.0846	0.0750	0.0712	0.0695	0.0685	0.0681	0.0676	0.0671	0.0671
25	Car and APCs01	0.1254	0.1112	0.1050	0.1017	0.1003	0.0994	0.0993	0.0989	0.0988	0.0989
26	Track and APCs01	0.1974	0.1681	0.1564	0.1518	0.1492	0.1480	0.1471	0.1462	0.1458	0.1456
27	Track and APCs02	0.1972	0.1700	0.1596	0.1555	0.1533	0.1516	0.1509	0.1507	0.1504	0.1503
28	Tank02	0.1832	0.1505	0.1380	0.1322	0.1290	0.1281	0.1274	0.1269	0.1267	0.1266
29	Car and APCs02	0.0909	0.0718	0.0637	0.0601	0.0584	0.0578	0.0573	0.0572	0.0571	0.0571
30	Tank03	0.1587	0.1297	0.1178	0.1119	0.1089	0.1076	0.1068	0.1062	0.1058	0.1056
ค่าเฉลี่ย		0.2323	0.2251	0.2206	0.2183	0.2172	0.2165	0.2162	0.2159	0.2158	0.2156

ตารางที่ 4.12 แสดงรายละเอียดค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.33

ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Girl02	34.6618	31.8889	30.7019	30.0668	29.7041	29.4442	29.2975	29.2118	29.1535	29.1131
2	Couple	31.7735	29.4421	28.4209	27.8943	27.5937	27.3948	27.2405	27.1302	27.0516	26.9870
3	Girl01	37.8053	35.0731	33.8927	33.2188	32.7972	32.5117	32.2489	32.0353	31.8557	31.7208
4	Girl03	37.3316	34.1484	32.6890	31.9011	31.3951	31.0583	30.8129	30.6156	30.4556	30.3274
5	House	34.3359	31.7467	30.6931	30.0383	29.5470	29.2298	29.0284	28.8909	28.8082	28.7521
6	Tree	28.2331	25.2553	24.0432	23.4773	23.1843	23.0282	22.9367	22.8730	22.8300	22.8038
7	Splash	37.7696	34.9998	34.0670	33.6482	33.4273	33.3017	33.2174	33.1578	33.1152	33.0854
8	Tiffany	36.4943	33.6324	32.3770	31.7032	31.3018	31.0505	30.8835	30.7683	30.6832	30.6140
9	Lena	34.5793	31.6734	30.3366	29.6275	29.2024	28.9248	28.7472	28.6208	28.5259	28.4539
10	F16	33.0459	29.8566	28.5504	27.9109	27.5676	27.3839	27.2705	27.1844	27.1215	27.0730
11	Sailboat on lake	30.5882	27.4466	26.1338	25.4782	25.1283	24.9311	24.8138	24.7396	24.6882	24.6502
12	Peppers	34.6417	31.8810	30.6655	30.0040	29.6132	29.3709	29.2233	29.1229	29.0523	29.0066
13	Moon Surface	32.6017	30.4058	29.5531	29.1463	28.9258	28.7810	28.6820	28.6119	28.5567	28.5209
14	Aerial01	27.6070	24.9507	23.8391	23.3087	23.0206	22.8536	22.7512	22.6859	22.6377	22.6051
15	Airplane01	35.0236	31.2563	29.4429	28.3317	27.7921	27.5177	27.3213	27.1841	27.1011	27.0347
16	Clock256	32.5269	29.3443	27.9737	27.2327	26.7725	26.4995	26.2901	26.1368	26.0273	25.9388
17	Chemical Plant	29.9268	27.1916	26.0201	25.4066	25.0514	24.8158	24.6458	24.5216	24.4299	24.3663
18	Aerial02	28.3548	25.5176	24.3055	23.6970	23.3567	23.1443	23.0109	22.9299	22.8759	22.8350
19	Stream and Bridge	28.9522	26.3775	25.3197	24.7821	24.4806	24.3019	24.1945	24.1208	24.0671	24.0296
20	Man	32.8390	30.1405	28.9990	28.4154	28.0939	27.8970	27.7694	27.6803	27.6207	27.5776

ตารางที่ 4.12 แสดงรายละเอียดค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.33

ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Airport	30.4682	27.7887	26.7006	26.1360	25.8081	25.6015	25.4611	25.3617	25.2873	25.2299
22	Truck	34.6852	32.0258	30.9431	30.4290	30.1643	30.0218	29.9413	29.8912	29.8553	29.8284
23	Airplane02	36.9588	34.7731	34.0773	33.7595	33.6115	33.5336	33.4853	33.4661	33.4562	33.4490
24	Tank01	34.8090	32.2795	31.2369	30.7304	30.4453	30.2774	30.1756	30.1043	30.0549	30.0246
25	Car and APCs01	36.2101	33.5963	32.5112	31.9716	31.6778	31.5076	31.4026	31.3346	31.2933	31.2669
26	Track and APCs01	31.9719	29.5267	28.5204	28.0181	27.7462	27.5895	27.4979	27.4407	27.4004	27.3708
27	Track and APCs02	32.0378	29.5761	28.5656	28.0668	27.7908	27.6336	27.5415	27.4819	27.4445	27.4212
28	Tank02	32.9457	30.5395	29.5386	29.0437	28.7734	28.6187	28.5189	28.4492	28.4057	28.3717
29	Car and APCs02	35.7336	33.2848	32.3368	31.9165	31.7069	31.5925	31.5267	31.4851	31.4584	31.4391
30	Tank03	33.1368	30.5742	29.5218	29.0082	28.7331	28.5730	28.4710	28.4075	28.3676	28.3411
ค่าเฉลี่ย		33.2683	30.5398	29.3992	28.8123	28.4804	28.2797	28.1469	28.0548	27.9894	27.9413

ตารางที่ 4.13 แสดงรายละเอียดค่าเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.33

ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Girl02	0.9435	0.9508	0.9555	0.9583	0.9596	0.9604	0.9610	0.9612	0.9617	0.9619
2	Couple	0.9313	0.9407	0.9463	0.9501	0.9524	0.9540	0.9551	0.9560	0.9567	0.9573
3	Girl01	0.9763	0.9805	0.9828	0.9840	0.9847	0.9852	0.9855	0.9857	0.9857	0.9858
4	Girl03	0.9326	0.9379	0.9413	0.9432	0.9449	0.9459	0.9468	0.9473	0.9477	0.9481
5	House	0.9532	0.9641	0.9690	0.9532	0.9532	0.9532	0.9532	0.9532	0.9532	0.9532
6	Tree	0.9087	0.9318	0.9425	0.9483	0.9516	0.9535	0.9543	0.9550	0.9553	0.9556
7	Splash	0.9662	0.9712	0.9739	0.9751	0.9759	0.9762	0.9764	0.9764	0.9765	0.9766
8	Tiffany	0.9467	0.9564	0.9619	0.9652	0.9672	0.9684	0.9691	0.9696	0.9700	0.9703
9	Lena	0.9289	0.9289	0.9289	0.9289	0.9289	0.9289	0.9289	0.9289	0.9289	0.9289
10	F16	0.9414	0.9520	0.9579	0.9610	0.9630	0.9641	0.9647	0.9650	0.9652	0.9654
11	Sailboat on lake	0.9178	0.9343	0.9431	0.9481	0.9511	0.9526	0.9536	0.9542	0.9547	0.9550
12	Peppers	0.9332	0.9446	0.9512	0.9554	0.9577	0.9588	0.9596	0.9601	0.9604	0.9606
13	Moon Surface	0.9356	0.9522	0.9608	0.9647	0.9668	0.9682	0.9691	0.9694	0.9698	0.9701
14	Aerial01	0.8705	0.8916	0.9032	0.9100	0.9136	0.9158	0.9173	0.9181	0.9187	0.9190
15	Airplane01	0.9690	0.9757	0.9794	0.9820	0.9838	0.9838	0.9846	0.9851	0.9853	0.9855
16	Clock256	0.9433	0.9503	0.9546	0.9577	0.9594	0.9608	0.9616	0.9623	0.9630	0.9634
17	Chemical Plant	0.9086	0.9214	0.9296	0.9350	0.9384	0.9405	0.9418	0.9430	0.9435	0.9441
18	Aerial02	0.9009	0.9192	0.9297	0.9359	0.9396	0.9420	0.9433	0.9441	0.9449	0.9455
19	Stream and Bridge	0.8888	0.9115	0.9237	0.9311	0.9354	0.9379	0.9394	0.9404	0.9412	0.9417
20	Man	0.9276	0.9398	0.9470	0.9511	0.9535	0.9549	0.9558	0.9564	0.9568	0.9571

ตารางที่ 4.13 แสดงรายละเอียดค่าเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.33

ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Airport	0.9059	0.9282	0.9400	0.9469	0.9508	0.9532	0.9547	0.9556	0.9563	0.9568
22	Truck	0.9435	0.9541	0.9602	0.9635	0.9651	0.9660	0.9665	0.9668	0.9670	0.9671
23	Airplane02	0.9873	0.9904	0.9917	0.9923	0.9927	0.9928	0.9929	0.9929	0.9930	0.9930
24	Tank01	0.9597	0.9688	0.9735	0.9761	0.9774	0.9781	0.9786	0.9789	0.9791	0.9792
25	Car and APCs01	0.9516	0.9599	0.9642	0.9668	0.9683	0.9689	0.9693	0.9696	0.9698	0.9699
26	Track and APCs01	0.9208	0.9366	0.9449	0.9496	0.9520	0.9534	0.9542	0.9547	0.9550	0.9552
27	Track and APCs02	0.9186	0.9345	0.9429	0.9473	0.9496	0.9510	0.9518	0.9522	0.9526	0.9528
28	Tank02	0.9209	0.9376	0.9459	0.9502	0.9526	0.9542	0.9550	0.9555	0.9558	0.9561
29	Car and APCs02	0.9584	0.9705	0.9763	0.9793	0.9808	0.9816	0.9821	0.9824	0.9825	0.9827
30	Tank03	0.9362	0.9497	0.9564	0.9599	0.9619	0.9632	0.9638	0.9643	0.9647	0.9648
ค่าเฉลี่ย		0.9342	0.9462	0.9526	0.9557	0.9577	0.9589	0.9597	0.9602	0.9605	0.9608

ตารางที่ 4.14 แสดงรายละเอียดค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพจากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.33

ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Girl02	0.1585	0.1545	0.1531	0.1526	0.1547	0.1540	0.1541	0.1537	0.1534	0.1533
2	Couple	0.2325	0.2182	0.2079	0.2016	0.1970	0.1940	0.1915	0.1895	0.1877	0.1864
3	Girl01	0.0758	0.0721	0.0703	0.0699	0.0698	0.0695	0.0686	0.0679	0.0675	0.0669
4	Girl03	0.2356	0.2369	0.2408	0.2447	0.2475	0.2509	0.2538	0.2557	0.2579	0.2598
5	House	0.1892	0.1929	0.1958	0.1976	0.2002	0.2051	0.2095	0.2125	0.2147	0.2169
6	Tree	0.4297	0.4854	0.5058	0.5166	0.5156	0.5160	0.5157	0.5141	0.5128	0.5148
7	Splash	0.1433	0.1500	0.1506	0.1504	0.1506	0.1503	0.1503	0.1503	0.1502	0.1503
8	Tiffany	0.1419	0.1249	0.1145	0.1083	0.1042	0.1017	0.1004	0.0989	0.0979	0.0971
9	Lena	0.2224	0.2226	0.2228	0.2220	0.2216	0.2213	0.2212	0.2216	0.2221	0.2220
10	F16	0.2328	0.2550	0.2630	0.2668	0.2683	0.2690	0.2689	0.2686	0.2690	0.2691
11	Sailboat on lake	0.3139	0.3350	0.3482	0.3557	0.3593	0.3620	0.3641	0.3666	0.3679	0.3691
12	Peppers	0.2371	0.2335	0.2323	0.2338	0.2348	0.2368	0.2375	0.2382	0.2384	0.2387
13	Moon Surface	0.1653	0.1308	0.1162	0.1097	0.1075	0.1056	0.1041	0.1043	0.1041	0.1031
14	Aerial01	0.5786	0.6123	0.6219	0.6240	0.6257	0.6282	0.6297	0.6294	0.6285	0.6278
15	Airplane01	0.1619	0.1390	0.1241	0.1095	0.1018	0.0961	0.0934	0.0907	0.0895	0.0888
16	Clock256	0.3792	0.3951	0.3976	0.3982	0.3978	0.3979	0.3991	0.3984	0.3984	0.3971
17	Chemical Plant	0.3202	0.3299	0.3272	0.3237	0.3176	0.3120	0.3076	0.3046	0.3015	0.2992
18	Aerial02	0.4249	0.4302	0.4211	0.4129	0.4041	0.3978	0.3929	0.3895	0.3873	0.3853
19	Stream and Bridge	0.3631	0.3201	0.2988	0.2868	0.2792	0.2749	0.2724	0.2707	0.2691	0.2681
20	Man	0.2275	0.2214	0.2165	0.2134	0.2109	0.2093	0.2084	0.2078	0.2076	0.2070

ตารางที่ 4.14 แสดงรายละเอียดค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพ จากการใช้หน้ากากในรูปที่ 4.33

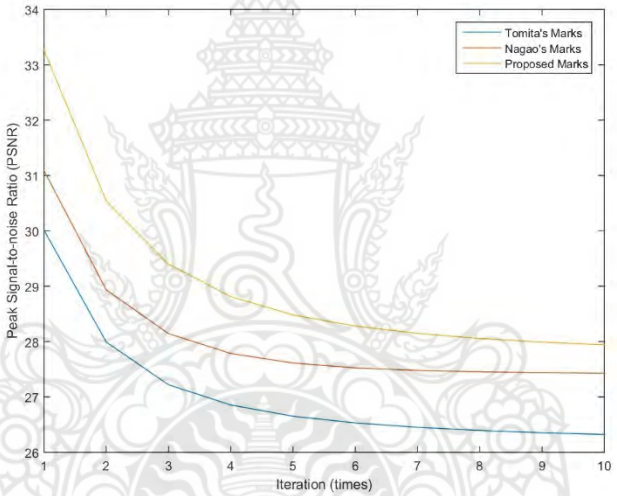
ลำดับ	ชื่อรูป	จำนวนครั้งการทำซ้ำ (ครั้ง)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Airport	0.3006	0.2863	0.2727	0.2609	0.2516	0.2444	0.2395	0.2357	0.2327	0.2301
22	Truck	0.1309	0.1121	0.1023	0.0969	0.0942	0.0925	0.0918	0.0911	0.0908	0.0906
23	Airplane02	0.0892	0.0802	0.0760	0.0736	0.0730	0.0725	0.0723	0.0722	0.0722	0.0721
24	Tank01	0.1147	0.0920	0.0801	0.0739	0.0711	0.0696	0.0685	0.0679	0.0673	0.0669
25	Car and APCs01	0.1219	0.1078	0.1002	0.0963	0.0943	0.0937	0.0929	0.0923	0.0921	0.0918
26	Track and APCs01	0.1982	0.1662	0.1518	0.1439	0.1406	0.1386	0.1372	0.1362	0.1359	0.1354
27	Track and APCs02	0.1973	0.1670	0.1527	0.1454	0.1421	0.1396	0.1382	0.1375	0.1371	0.1367
28	Tank02	0.1901	0.1549	0.1388	0.1297	0.1256	0.1230	0.1212	0.1203	0.1197	0.1191
29	Car and APCs02	0.0962	0.0751	0.0649	0.0596	0.0570	0.0556	0.0545	0.0538	0.0537	0.0535
30	Tank03	0.1563	0.1285	0.1136	0.1061	0.1020	0.0998	0.0985	0.0977	0.0971	0.0969
ค่าเฉลี่ย		0.2276	0.2210	0.2161	0.2128	0.2107	0.2094	0.2086	0.2079	0.2075	0.2071

4.4 สรุปผลการทดลอง

การลดสัญญาณรบกวนโดยใช้หน้ากากโตมิตะ หน้ากากนากาโอ และหน้ากากที่นำเสนอ จำนวน 29 หน้ากาก จำนวน 1 รอบการทำซ้ำนั้น ไม่สามารถทำให้ภาพลดสัญญาณรบกวนที่แทรกเข้ามาได้หมดภายใน 1 รอบการทำซ้ำ ดังนั้น การประมวลจำนวนหลายรอบการทำซ้ำ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดสัญญาณรบกวนได้ ดังที่ได้แสดงในตารางที่ 4.6 - ตารางที่ 4.14

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.6 - ตารางที่ 4.14 แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด การเปรียบเทียบค่าความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพ และการเปรียบเทียบค่าค่าแตกต่างระหว่างจุดภาพ

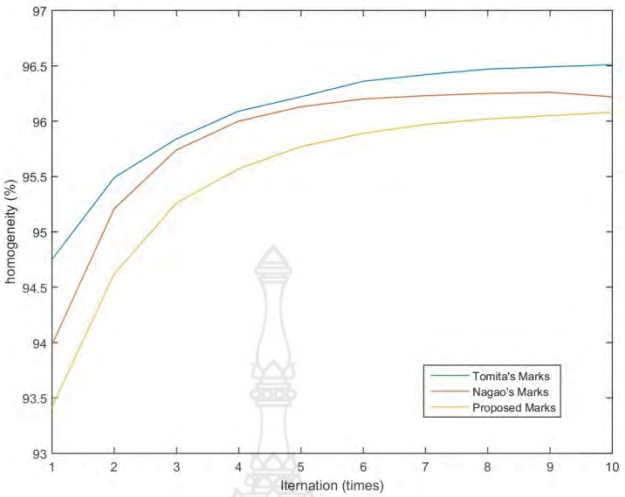
การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด โดยใช้ผลการทดลองในตารางที่ 4.6 ตารางที่ 4.9 และตารางที่ 4.12 พบว่าค่าอัตราส่วนสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณรบกวนสูงสุดลดลงดังแสดงในรูปที่ 4.37



รูปที่ 4.37 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยอัตราส่วนสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด

จากรูปที่ 4.37 พบว่า การใช้หน้ากากที่นำเสนอ จำนวน 29 หน้ากาก สามารถรักษาค่าอัตราส่วนสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณรบกวนสูงสุดได้ดีกว่าหน้ากากโตมิตะ และหน้ากากนากาโอ แต่การประมวลผลตั้งแต่รอบที่ 6 ค่าอัตราส่วนสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณรบกวนสูงสุดเริ่มเกิดการอิ่มตัว แสดงถึงการประมวลผลตั้งแต่รอบที่ 6 ขึ้นไป ค่าอัตราส่วนสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณรบกวนสูงสุดลดลงไม่มาก

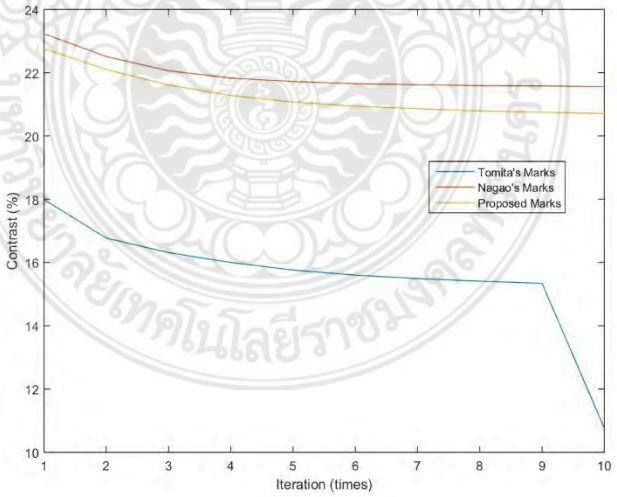
การเปรียบเทียบค่าเอกพันธ์ของเนื้อภาพ โดยใช้ผลการทดลองในตารางที่ 4.7 ตารางที่ 4.10 และตารางที่ 4.13 พบว่าค่าเอกพันธ์ของเนื้อภาพเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.38



รูปที่ 4.38 แผนภูมิแสดงค่าเอกพันธ์ของเนื้อภาพ

จากรูปที่ 4.38 พบว่า การใช้หน้ากากทั้ง 3 แบบ สามารถเพิ่มค่าความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพได้ แต่การทำซ้ำตั้งแต่รอบที่ 6 นั้น ค่าความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพเริ่มเกิดการอิ่มตัว และไม่แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่า การประมวลผลตั้งแต่รอบที่ 6 ขึ้นไปนั้น ไม่สามารถเพิ่มค่าความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อภาพได้มาก เมื่อเปรียบเทียบกับเวลาที่เสียไปสำหรับการประมวลผล

การเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพ โดยใช้ผลการทดลองในตารางที่ 4.9 ตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.14 พบว่าค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพ ลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.39



รูปที่ 4.39 แผนภูมิแสดงค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพ

จากรูปที่ 4.39 พบว่า การใช้หน้ากากที่นำเสนอ จำนวน 29 หน้ากาก ให้ค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพได้ดีกว่า แต่การประมวลผลตั้งแต่รอบที่ 6 ค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพเริ่มเกิดการอิ่มตัว แสดงถึงการประมวลผลตั้งแต่รอบที่ 6 ขึ้นไป ค่าความแตกต่างระหว่างจุดภาพลดลงไม่มาก เมื่อนำภาพผลลัพธ์โดยใช้หน้ากากที่นำเสนอไปทำการหาขอบภาพ จะสามารถหาได้ชัดเจนกว่าวิธีอื่น

บทที่ 5
สรุปปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการลดสัญญาณรบกวนแบบสุ่มโดยยังคงรักษาขอบของวัตถุภายในภาพโดยใช้หน้ากากรูปทรงต่าง ๆ เพื่อทำการรักษาขอบวัตถุภายในภาพที่มีความซับซ้อนนั้น จำเป็นต้องใช้เวลานานในการประมวลผล ซึ่งระยะเวลาในการประมวลผลขึ้นอยู่กับจำนวนหน้ากากและขนาดของภาพ

จากผลการทดลองในบทที่ 4 นั้น ทำให้ทราบถึงจำนวนรอบการทำซ้ำที่มีผลต่อการลดสัญญาณรบกวนและทำให้เนื้อภาพมีความเป็นเอกพันธ์มากขึ้น จากเหตุผลดังกล่าวนี้ การลดสัญญาณโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอนั้น จะเหมาะสมกับภาพบางประเภท เช่น ภาพที่เกิดจากการสะท้องของคลื่นไมโครเวพเพื่อใช้สำหรับการตรวจวัดคราบน้ำมันรั่วไหลทางทะเล ซึ่งภาพดังกล่าวเกิดจากการสะท้อนคลื่นบนชั้นบรรยากาศของโลกและตกกระทบกันผิดน้ำทะเล ซึ่งผิวน้ำทะเลไม่มีความราบเรียบเกิดมีคลื่นเล็กน้อยตลอดเวลา ทำให้ภาพที่ได้ดังกล่าวเกิดมีคุณลักษณะเหมือนมีสัญญาณรบกวนแบบสุ่มเกิดขึ้นตลอดเวลา

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่พบในการทำวิจัยนี้ คือ การประมวลผลสัญญาณดิจิตอลโดยใช้หน้ากากที่นำเสนอนั้นใช้เวลานานมาก ซึ่งได้มีงานวิจัยหลายงานที่นำเสนอโดยใช้หน้ากากที่ต่างกัน ได้ใช้ระยะเวลาสำหรับการประมวลผลที่นานเช่นกัน ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขและขนาดของภาพ ดังนั้น สำหรับแนวทางในการพัฒนาตัวกรองสัญญาณรบกวน อาจทำการลดขนาดของภาพ หรือทำการแปลงโดเมนของภาพ เพื่อทำการประมวลผลบนโดเมนอื่นก่อน เช่น ระนาบบิต (Bit Plane) แปลงเวฟเล็ต (Discrete Wavelet Transform) หรือการแปลงโคซายน์ (Cosine Transform) จากนั้น ทำการลดสัญญาณรบกวนที่ระนาบที่มีข้อมูลสำคัญ (Most Siginificant Layer: MSL) แทน ซึ่งอาจจะทำให้ลดสัญญาณรบกวนได้บางส่วน แต่อาจจะใช้ระยะเวลาในการประมวลผลน้อยกว่าถึงร้อยละ 75

บรรณานุกรม

[1] R.A. Haddad and A.N. Akansu, "A Class of Fast Gaussian Binomial Filters for Speech and Image Processing," IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. 39, pp 723-727, 1991.

[2] F. Tomita and **S.** Tsuji, “Extraction of multiple regions by smoothing in selected neighbourhood”, IEEE Trans. System Man and Cybernetics SMC-7, pp. 107-109, 1977.

[3] S. Fukuda, H. Hirosawa, “Smoothing Effect of Wavelet Based Speckle Filtering: The haar Basis Case”, IEEE Trans. On Geoscience and Remote Sensing, pp.1168-1172, 1999.

[4] M. Nagao and T. Matsuyama, “Edge preserving smoothing”, Computer Graphics and Image Processing, vo1.9, pp. 374-407, 1979.

[5] F. N. S. Medeiros, N. D. A. Mascarenhas. R. C. P. Marques and C. M. Laprano, “Edge preserving wavelet speckle filtering”, Image Analysis and Interpretation.

[6] S. Fukuda, H. Hirosawa, “Supresion of Speckle in Synthetic Aperture Radar Images Using Wavelets”, Int. Journal of Remote Sensing, pp. 507-519, 1998.

[7] S. Chitwong, F. Cheevasuvit, K. Dejhan, S. Mitatha, C. Nokyoo and T. Paungma, “Segmentation on edge preserving smoothing image based on graph theory”, Geoscience and Remote Sensing, pp. 621-623, 2000.

ภาคผนวก ก.

ต้นแบบโปรแกรมการแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำ

```
tic
clc
clear all
close all
img = imread('.....filename.....');
[X, Y] = size(img);
for i = 1:X
        for j = 1:Y
                newimg(i, j) = (img(i, j, 1) + img(i, j, 2) + img(i, j, 3)) / 3);
        end
end
toc
```

ภาคผนวก ข.

ต้นแบบโปรแกรมการปรับเท่าฮีสโตแกรมภาพแบบ GHE

```
tic
clc
clear all
close all
img = imread('.....filename.....');
histeq(img);
toc
```

ภาคผนวก ค.

ต้นแบบโปรแกรมการปรับค่าการกระจายตัวของค่าระดับสีเทา

```
function [newimg] = imscaling(img);
    xmax = max(max(img));
    xmin = min(min(img));
    range = 255;
    newimg = ((img - xmin) / (xmax - xmin)) * range;
    newimg = uint8(newimg);
```

ภาคผนวก ง.

ต้นแบบโปรแกรมการปรับค่าการกระจายตัวของค่าระดับสีเทาผกผัน

```
function [newimg] = invimscaling(img, min1, max1);
    img = double(img);
    newimg = (((img - 0) / 255) * (max1 - min1)) + min1;
```

ภาคผนวก จ.

ต้นแบบโปรแกรมการปรับเท่าฮีสโตแกรมออกเป็นสองส่วน

```
function [newimg] = histeq2(img)
    lower = 0;
    upper = 255;
          nn = cumsum(imhist(img));
    c = nn/max(nn);
    threshold(1) = max(find(c <= 0.5));
          oldlevel = lower:upper;
    clear c
    %------------CDF recalculation-----------
    nn = imhist(img);
    p1 = nn(lower+1:threshold(1)+1)/max(cumsum(nn(lower+1:threshold(1)+1)));
    c1 = cumsum(p1); clear p1
          p2 = nn(threshold(1)+2:upper+1)/max(cumsum(nn(threshold(1)+2:upper+1)));
    c2 = cumsum(p2); clear p2
          [x1, y1] = size(c1);
          for i = 1:x1
       newlevel(i) = round(lower + (threshold(1) - lower)*c1(i));
    end
          [x2, y2] = size(c2);
          for i = 1:x2
       newlevel(i+x1) = round(threshold(1) + (upper - threshold(1))*c2(i));
    end
          newimg = img;
    for i = 1:(upper-lower)
       newimg(find(img==oldlevel(i))) = newlevel(i);
    end
end
```

ภาคผนวก ฉ.

ต้นแบบโปรแกรมหลัก

```
clc
clear all
close all
img = imread(‘filename’);
imgR = img(:,:,1);
imgG = img(:,:,2);
imgB = img(:,:,3);
[rA,rB,rC,rD] = dwt2(imgR,'db1','mode','sym');
A = imscaling(rA);
B = imscaling(rB);
C = imscaling(rC);
D = imscaling(rD);
temp = histeq2(A);
rA = invimscaling(temp, min(min(rA)), max(max(rA)));
sX = size(imgR);
newimg = idwt2(rA,rB,rC,rD,'db1',sX);
newimgR = uint8(newimg);
newimg = cat(3, newimgR, newimgG, newimgB);
imshow(img);figure;imshow(newimg);
imwrite(newimg, '1_class.tiff','tiff');
```

ประวัติผู้วิจัย

นายทวีศักดิ์ ตรงติรกุล

วศ.ม. การวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วศ.บ. ไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

รางวัลและเกียรติประวัติ

- ได้รับทุนการศึกษาต่อ ณ สหรัฐอเมริกา แคนาดา ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ หรือประเทศในทวีปยุโรป กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ประจำปี พ.ศ. 2555
- ได้รับทุนการศึกษาต่อ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ปี พ.ศ. 2551
- ได้รับปริญญาตรีเกียรตินิยม อันดับที่ 1 จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- ได้รับรางวัลงานวิจัยดีเด่น ในการประชุมทางวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้ง 5 ประเภทบทความวิจัยด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

ประสบการณ์งานสอน

อาจารย์ประจำ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

งานวิจัยที่สนใจ

- พลศาสตร์ และการเดินอากาศ (Aviation and Aerodynamic)
- การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal Processing: DSP)

งานวิจัย

- Improvement Program for Heat Balance Analysis Fuel to Steam Efficiency ปีที่พิมพ์ พ.ศ. 2551 8th International Conference on Electronics, Hardware, Wireless, Optical Communications(EHAC'08)
- Improvement Program for Heat Balance Analysis Fuel to Steam Efficiency Boiler and Wireless Transducer Controlled ปีที่พิมพ์ พ.ศ. 2551International Journal of Computers and Communications Issue 3, Volume 2, 2008, pp. 69-76
- เครื่องตรวจสอบความขาวของเม็ดพลาสติกในงานอุตสาหกรรม ปีที่พิมพ์ พ.ศ. 2553 2nd ECTI-Card 2010
- Sub-region enhancement with mean brightness preserving ปีที่พิมพ์ พ.ศ. 2554 33rd ECCON
- Mean Brightness Preserving in Sub-Region Sharpening via Histogram Equalization 2010 the 3rd IEEE International Conference on Machine Vision (ICMV)

ประวัติผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพงศ์ พันธุนะ

วศ.ม. การวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วศ.ด. วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รางวัลและเกียรติประวัติ

- ได้รับรางวัลงานวิจัยดีเด่น ในการประชุมทางวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้ง 5 ประเภทบทความวิจัยด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

ประสบการณ์งานสอน

อาจารย์ประจำ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

งานวิจัยที่สนใจ

- การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal Processing: DSP)

งานวิจัย

- Improvement of Histogram Equalization for Minimum Mean Brightness Error" Proceedings of the WORLD SCIENTIFIC AND ENGINEERING ACADEMY AND SOCIETY WSEAS International Conference 2007 ในสาขา on CIRCUITS, SYSTEMS, SIGNAL and TELECOMMUNICATIONS (CISST'07) จัดขึ้น ณ Gold Coast, Queensland ประเทศ Australia วันที่ 17-19 มกราคม 2550
- "Image Enhancement with Minimum Mean Brightness Error Via Automatic Histogram Dividing" The journals Publication of WSEAS TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING Issue 2, Volume 3, February 2007 page 255-2 61, ISSN: 1790-5022
- " Analysis and control of Shunt-Compensator for mitigating Unbalanced Voltages " The journals publication of AUPEC'07 Australasian Universities Power Engineering Conference , เมือง PERTH ประเทศ Australia ,December 2007
- "การพัฒนาโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์และควบคุมประสิทธิภาพของการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงเป็นไปน้ำด้วยวิธีสมดุลความร้อนของหม้อไอน้ำ" วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 พฤษภาคม 2550

ประวัติผู้วิจัย

นายนิคม ดิษฐคลึ

วศ.บ. ไฟฟ้ากำลัง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลเทคนิคกรุงเทพ
คอ.ม. แมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (กำลังศึกษาต่อ)

รางวัลและเกียรติประวัติ

- ได้ถูกคัดเลือกให้ไปอบรมหลักสูตรระยะสั้น ณ นันยางโพลีเทคนิค สาธารณรัฐสิงคโปร์

ประสบการณ์งานสอน

อาจารย์ประจำ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

งานวิจัยที่สนใจ

- ระบบทรงตัวของหุ่นยนต์ (Balancing Robotics)