



การปรับปรุงคุณภาพภาพโดยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรม  
ออกเป็นสองส่วนผ่านทางเวฟเล็ต

CONTRAST ENHANCEMENT USING BI-HISTOGRAM EQUALIZATION  
VIA ๒-D DISCRETE WAVELET TRANSFORM

ทวีศักดิ์ ตรงศิริกุล  
ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๕๗  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การปรับปรุงคุณภาพภาพโดยวิธีการปรับเท่าสีสโตแกรม  
ออกเป็นสองส่วนผ่านทางเวฟเล็ต

ทวิศักดิ์ ตรงศิริกุล  
ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๕๗  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

CONTRAST ENHANCEMENT USING BI-HISTOGRAM EQUALIZATION  
VIA ๒-D DISCRETE WAVELET TRANSFORM

THAWEESAK TRONGTIRAKUL  
NATTAPONG PHANTHUNA



This research was funded by the budget in fiscal year ๒๐๑๔ of  
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

ชื่อเรื่อง	การปรับปรุงคุณภาพภาพโดยวิธีการปรับเท่าฮีสโตแกรมออกเป็นสองส่วนผ่านทางเวฟเล็ต
ผู้วิจัย	นาย ทวีศักดิ์ ตรงตริกุล ดร. ญัฐพงศ์ พันธนะ
ปีที่ทำการวิจัย	พ.ศ. ๒๕๕๗
แหล่งทุนวิจัย	งบประมาณเงินรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๗ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

## บทคัดย่อ

กระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายดิจิทัล เป็นส่วนหนึ่งของการประมวลผลสัญญาณทางดิจิทัลซึ่งเข้ามามีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรม การระบุเอกลักษณ์เฉพาะของบุคคล หรือวัตถุ การสำรวจทางไกลผ่านดาวเทียมหรือภาพถ่ายทางอากาศ การมองเห็นของหุ่นยนต์ การรักษามะเร็ง เป็นต้น การนำไปใช้ต่าง ๆ เหล่านี้ มีความจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรมากมาย ทั้งทางด้าน การโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้านฮาร์ดแวร์กายภาพ รวมไปถึงการพัฒนาอัลกอริทึมในการประมวลผล ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อใช้สำหรับการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายดิจิทัลให้มีความชัดเจนเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์โดยมนุษย์

ในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอการการปรับปรุงคุณภาพภาพโดยวิธีการปรับเท่าฮีสโตแกรมออกเป็นสองส่วนผ่านทางเวฟเล็ต โดยใช้นำกระบวนการการแปลงเวฟเล็ตสองมิติแบบไม่ต่อเนื่องเข้ามาช่วยในการแยกสัญญาณหลัก ออกจากสัญญาณรบกวนอื่น ๆ เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการดังกล่าวแล้ว ได้นำข้อมูลที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตสองมิติในข้อมูลชุด Approximation มาทำการแบ่งฮีสโตแกรมออกเป็นช่วง ๆ โดยทำการปรับเท่าฮีสโตแกรมในแต่ละช่วงอย่างอิสระซึ่งกันและกัน และทำการแปลงกลับโดยใช้เวฟเล็ตสองมิติผกผันแบบไม่ต่อเนื่อง ทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้มีความชัดเจน และยังส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์ของภาพผลลัพธ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าต้นฉบับ อีกทั้งยังทำให้ฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์มีความสม่ำเสมอในทุกช่วงค่าระดับสีเทาด้วย

<b>Title</b>	Contrast Enhancement using Bi-Histogram Equalization Via ๒-D Discrete Wavelet Transform	
<b>Researcher</b>	Mr. THAWEESAK	TRONGTIRAKUL
	Dr NATTAPONG	PHANTHUNA
<b>Research Year</b>	๒๐๑๔	
<b>Research Funding</b>	Budgeting in fiscal year ๒๐๑๔ of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon	

---

## ABSTRACT

The image enhancement process of a digital image is a part of digital signal processing which it plays an important role in some industrial segments, for instance, object classification or bio-identification, satellite exploration or aerial images, robot vision, cancer treatment, etc. These image applications are necessary to consume many resources in physical hardware and computer programming including the intelligent algorithm development of complexly advanced processing in order to enhance digital images – as well as be easy to analyse by humans.

This research is aimed to present on Contrast Enhancement using Bi-Histogram Equalization via Two Dimensional Discrete Wavelet Transform (BHE๒DWT) in order to compose the coefficient wavelet from other signals. At the end of the process, information on the approximation band from DWT will be divided into two sub-histograms, and then histograms will be independently equalized. After that resulting histograms will be decomposed by IDWT. Resulting images will be not only more displaying in high contrast than their original images, but also preserve the absolute mean brightness error (AMBE) to close their original images.

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วย ความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. พุศศักดิ์ ชิวสุวิทย์ อาจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์ และคณะ ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาตลอดจน ช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ที่ได้ให้การส่งมอบบรมเพื่อนำความรู้ ความเข้าใจมาประยุกต์ใช้กับการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในการสนับสนุนทุนการศึกษาตลอดงานวิจัยนี้

คุณงามความดีอันใดที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา และบุพการีทุก ๆ ท่าน ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนคุณอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้มอบวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ทวิศักดิ์ ตรงศิริกุล



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ ๑ บทนำ.....	๑
๑.๑ ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	๑
๑.๒ วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	๒
๑.๓ ทฤษฎีและแนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย.....	๒
๑.๔ ขอบเขตของงานวิจัย.....	๒
๑.๕ ขั้นตอนของการศึกษา.....	๒
บทที่ ๒ การปรับเท่าฮีสโตแกรมภาพ.....	๔
๒.๑ บทนำ.....	๔
๒.๒ ลักษณะของข้อมูลภาพดิจิทัล.....	๔
๒.๓ ฮีสโตแกรมของภาพดิจิทัล.....	๕
๒.๔ การปรับปรุงภาพโดยใช้การปรับเท่าฮีสโตแกรม.....	๗
๒.๕ การปรับปรุงภาพโดยใช้การปรับเท่าฮีสโตแกรมย่อย.....	๙
๒.๖ การปรับเท่าฮีสโตแกรมในแต่ละพื้นที่ของฮีสโตแกรมย่อยแต่ละพื้นที่ย่อย ที่แบ่งออกมา.....	
๑๑	
๒.๗ การตรวจสอบความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยความสว่าง.....	๑๓
๒.๘ สรุปผลการทดลอง.....	๑๓
บทที่ ๓ การแปลงเวฟเล็ต.....	๑๔
๓.๑ บทนำ.....	๑๔
๓.๒ การแปลงเวฟเล็ต.....	๑๕
๓.๓ รูปแบบเส้นโครงร่างที่มีประสิทธิภาพ.....	๑๗
๓.๔ การวัดประสิทธิภาพของสัญญาณรบกวน.....	๑๘
๓.๕ การแปลงเวฟเล็ตแบบต่อเนื่อง.....	๑๙
๓.๖ การแปลงเวฟเล็ตต่อเนื่องสองมิติ.....	๒๐
๓.๗ การแปลงเวฟเล็ตไม่ต่อเนื่องสองมิติ.....	๒๑
๓.๘ สรุปผลการทดลอง.....	๒๔

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ ๔ ผลการทดลอง	๒๕
๔.๑ บทนำ.....	๒๕
๔.๒ รูปภาพที่นำมาทดสอบ.....	๒๕
๔.๓ ผลการทดลองการเปรียบเทียบการทดลองภาพต้นฉบับกับวิธีการ BHE๒DW.....	๒๖
๔.๔ สรุปผลการทดลอง.....	๓๒
บทที่ ๕ สรุปปัญหาและข้อเสนอแนะ	๓๔
๕.๑ สรุปผลการทำวิจัย.....	๓๔
๕.๒ ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ.....	๓๔
บรรณานุกรม.....	๓๖
ภาคผนวก ก ต้นแบบโปรแกรมการแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำ.....	๓๙
ภาคผนวก ข ต้นแบบโปรแกรมการปรับเท่าสีโตแกรมภาพแบบ GHE.....	๔๑
ภาคผนวก ค ต้นแบบโปรแกรมการปรับค่าการกระจายตัวของค่าระดับสีเทา.....	๔๓
ภาคผนวก ง ต้นแบบโปรแกรมการปรับค่าการกระจายตัวของค่าระดับสีเทาผกผัน.....	๔๕
ภาคผนวก จ ต้นแบบโปรแกรมการปรับเท่าสีโตแกรมออกเป็นสองส่วน.....	๔๗
ภาคผนวก ฉ ต้นแบบโปรแกรมหลัก.....	๔๙
ประวัติผู้วิจัย.....	๕๑



## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ ๒.๑ แสดงค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับ รูปที่ ๒.๕(ก) และ..... ๘  
ภาพผลลัพธ์รูปที่ ๒.๕(ข)

ตารางที่ ๒.๒ แสดงค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับ รูปที่ ๒.๕(ก) และ.....

๑๐

ภาพผลลัพธ์รูปที่ ๒.๖(ค)

ตารางที่ ๒.๓ แสดงค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับรูป ๒.๕(ก) และ.....

๑๓

ภาพผลลัพธ์รูป ๒.๗(ก) – (ค)

ตารางที่ ๔.๑ แสดงรายละเอียดของภาพที่นำมาทดสอบ.....

๒๕

ตารางที่ ๔.๒ แสดงค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสมบูรณ์ของภาพผลลัพธ์ HE, BBHEและBHEDW.....๓๒



## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ ๒.๑ ข้อมูลดิจิทัลของภาพขาวดำ.....	๔
รูปที่ ๒.๒ ข้อมูลดิจิทัลของภาพสี.....	๕
รูปที่ ๒.๓ ข้อมูลภาพดิจิทัลและฮิสโตแกรม.....	๖
รูปที่ ๒.๔ (ก) ภาพต้นฉบับสว่างและฮิสโตแกรมของภาพ.....	๖
(ข) ภาพต้นฉบับมืดและฮิสโตแกรมของภาพ.....	๖
รูปที่ ๒.๕ (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ.....	๘
(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมและฮิสโตแกรมของภาพ.....	๘
รูปที่ ๒.๖ (ก) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมและฮิสโตแกรมที่สอดคล้องของ.....	๙
ภาพพื้นที่ย่อยที่ ๑	
(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมและฮิสโตแกรมที่สอดคล้องของ.....	๑๐
ภาพพื้นที่ย่อยที่ ๒	
(ค) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมและฮิสโตแกรมของภาพผลลัพธ์.....	๑๐
รูปที่ ๒.๗ (ก) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น ๒ ส่วนและ.....	๑๒
ฮิสโตแกรมของภาพ	
(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น ๓ ส่วนและ.....	๑๒
ฮิสโตแกรมของภาพ	
(ค) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น ๔ ส่วนและ.....	๑๒
ฮิสโตแกรมของภาพ	
รูปที่ ๓.๑ ผังขั้นตอนการแปลงเวฟเล็ทสองมิติ.....	๑๔
รูปที่ ๓.๒ ผลลัพธ์จากการแปลงเวฟเล็ทสองมิติ.....	๑๔
รูปที่ ๓.๓ ภาพการแปลงเวฟเล็ทจากภาพชนิดขาวดำ	
(ก) ภาพต้นฉบับ.....	๑๕
(ข) ภาพที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ท.....	๑๕
รูปที่ ๓.๔ ภาพสัญลักษณ์ที่ใช้ในการแปลงเวฟเล็ทแบบ <i>Harr</i> .....	๑๕
รูปที่ ๓.๕ ภาพกระบวนการแปลงเวฟเล็ทกับข้อมูลภาพสองมิติ.....	๑๖
รูปที่ ๓.๖ ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ทของข้อมูลภาพขาวดำ	
(ก) ภาพต้นฉบับ Baboon.....	๑๖
(ข) ภาพผลลัพธ์จากการแปลงเวฟเล็ทในแนวตั้ง.....	๑๖
(ค) ภาพผลลัพธ์จากการแปลงเวฟเล็ทสองมิติ.....	๑๖
รูปที่ ๓.๗ ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ท โดยใช้วิธี <i>Harr</i> .....	๒๑
รูปที่ ๓.๘ ภาพสัญญาณไซน์ซอนด์สองช่วงสั้น ๒ ความถี่ปนกับสัญญาณรบกวน	
(ก) สัญญาณความถี่.....	๒๑
(ข) สเปกตรัมของ Amplitude spectrum และ Phase spectrum.....	๒๒

รูปที่ ๓.๙	ตัวกรองคามถี่โดยการแบ่งส่วนของแกนความถี่	
	(ก) การตอบสนองอิมพัลส์.....	๒๒
	(ข) ฟังก์ชันส่งผ่านของ (ก).....	๒๒

## สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ๓.๑๐	ภาพจากการแปลงเวฟเล็ทสองมิติ	
	(ก) ภาพผลลัพธ์จากการแปลงเวฟเล็ทย่านความถี่ Approximation.....	๒๓
	(ข) ภาพผลลัพธ์จากการแปลงเวฟเล็ทย่านความถี่ Horizontal.....	๒๓
	๒๓(ข) ภาพผลลัพธ์จากการแปลงเวฟเล็ทย่านความถี่ Vertical.....	๒๓
	๒๓(ข) ภาพผลลัพธ์จากการแปลงเวฟเล็ทย่านความถี่ Diagonal.....	๒๓
รูปที่ ๓.๑๑	ภาพจากการแปลงเวฟเล็ทสองมิติ	
	(ก) ภาพฮีสโตแกรมของรูป ๓.๑๐(ก).....	๒๓
	(ข) ภาพฮีสโตแกรมของรูป ๓.๑๐(ข).....	๒๓
	(ค) ภาพฮีสโตแกรมของรูป ๓.๑๐(ค).....	๒๓
	(ง) ภาพฮีสโตแกรมของรูป ๓.๑๐(ง).....	๒๓
รูปที่ ๔.๑	แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Aerial๑๑	
	(ก) ภาพต้นฉบับและฮีสโตแกรมภาพต้นฉบับ.....	๒๗
	(ข) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE.....	๒๗
	(ค) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑.....	๒๗
	(ง) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒.....	๒๗
รูปที่ ๔.๒	แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Aerial๑๒	
	(ก) ภาพต้นฉบับและฮีสโตแกรมภาพต้นฉบับ.....	๒๗
	(ข) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE.....	๒๗
	(ค) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑.....	๒๗
	(ง) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒.....	๒๗
รูปที่ ๔.๓	แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Airport	

(ก) ภาพต้นฉบับและฮีสโตแกรมภาพต้นฉบับ.....

๒๘

(ข) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE.....๒๘

(ค) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑.....

๒๘

(ง) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒.....

๒๘

รูปที่ ๔.๔ แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Car and APCs

(ก) ภาพต้นฉบับและฮีสโตแกรมภาพต้นฉบับ.....

๒๘

(ข) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE.....๒๘

(ค) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑.....

๒๘

(ง) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒.....

๒๘

รูปที่ ๔.๕ แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Girl

(ก) ภาพต้นฉบับและฮีสโตแกรมภาพต้นฉบับ.....

๒๙

(ข) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE.....๒๙

(ค) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑.....

๒๙

(ง) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒.....

๒๙

## สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ๔.๖	แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Splash	
	(ก) ภาพต้นฉบับและฮีสโตแกรมภาพต้นฉบับ.....	๒๙
	(ข) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE.....	๒๙
	(ค) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑.....	๒๙
	(ง) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒.....	๒๙
รูปที่ ๔.๗	แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Tank	
	(ก) ภาพต้นฉบับและฮีสโตแกรมภาพต้นฉบับ.....	๓๐
	(ข) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE.....	๓๐
	(ค) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑.....	๓๐
	(ง) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒.....	๓๐
รูปที่ ๔.๘	แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Tiffany	
	(ก) ภาพต้นฉบับและฮีสโตแกรมภาพต้นฉบับ.....	๓๐
	(ข) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE.....	๓๐
	(ค) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑.....	๓๐
	(ง) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒.....	๓๐
รูปที่ ๔.๙	แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Truck and APCs	
	(ก) ภาพต้นฉบับและฮีสโตแกรมภาพต้นฉบับ.....	๓๑
	(ข) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE.....	๓๑
	(ค) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑.....	๓๑
	(ง) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒.....	๓๑
รูปที่ ๔.๑๐	แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ U๒	
	(ก) ภาพต้นฉบับและฮีสโตแกรมภาพต้นฉบับ.....	๓๑
	(ข) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE.....	๓๑

(ค) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑.....

๓๑

(ง) ภาพผลลัพธ์และฮีสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒.....

๓๑



## บทที่ ๑ บทนำ

ปัจจุบันการประมวลผลภาพดิจิทัลเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น โดยที่เห็นชัดเจนมากที่สุด ได้ปรากฏอยู่บนอุปกรณ์พกพาสมัยใหม่ ซึ่งมีหน้าจอแสดงผลแบบดิจิทัลความละเอียดสูง ดังนั้น การประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์จึงถูกนำไปใช้ในสาขาวิชาซีพีต่าง ๆ เช่น ด้านวิศวกรรม ด้านการแพทย์ และงานอุตสาหกรรมแขนงต่าง ๆ โดยเฉพาะงานทางด้านวิศวกรรมนั้น การประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์จะถูกนำมาออกแบบ งานประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม ตลอดจนไปถึงงานเอกสารในสำนักงานที่มีการติดต่อเชื่อมโยงเครือข่ายของข้อมูลสู่ระบบเครือข่ายสากล และในปัจจุบันได้เข้าสู่ยุคของการแข่งขันทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ความสามารถของคอมพิวเตอร์ถูกวัดด้วยความเร็วในการประมวลผล การเก็บข้อมูลที่มากขึ้น ความละเอียดและความคมชัดของภาพและเสียง ตลอดจนเวลาที่ใช้ในการติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างเครื่องและแหล่งข้อมูล

ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ที่สำคัญนั้นนอกจากจะอยู่ในรูปแบบของเสียง เอกสาร และสัญลักษณ์ต่าง ๆ แล้ว ข้อมูลอีกอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากันก็คือภาพ โดยภาพนั้นอาจจะอยู่ในรูปของภาพถ่ายดาวเทียม ภาพจากเครื่องสแกนเนอร์ ภาพทางจอโทรทัศน์ ภาพจากกล้องดิจิทัล และข้อมูลภาพอื่น ๆ ที่แสดงออกมาทางจอภาพ ข้อมูลภาพเหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เป็นต้นว่า ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมได้นำมาใช้ในการพัฒนาและการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ สภาพแวดล้อมของโลก และการสำรวจหรือพยากรณ์สภาพอากาศ นอกจากนี้ยังมีการนำข้อมูลภาพไปใช้ในระบบฐานข้อมูลที่เป็นแฟ้มประวัติบุคคล เพื่อสามารถตรวจสอบได้ทั้งประวัติและหน้าตาของผู้เป็นเจ้าของประวัตินั้น ๆ โดยภาพที่นำมาใช้ในงานต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนั้น จะอยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัล การที่จะทำให้ภาพแต่ละภาพมีรายละเอียดและความคมชัดเพียงพอต่อการใช้งานนั้น จึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก

### ๑.๑ ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการประมวลผลภาพมีการพัฒนาไปอย่างมาก เพื่อการจำแนกข้อมูลและทำการแปลความหมายภาพ แต่เนื่องจากภาพในแต่ละภาพมีคุณสมบัติไม่เหมือนกัน ภาพบางภาพรายละเอียดของภาพสูง ภาพบางภาพมีรายละเอียดของภาพต่ำ ส่งผลให้การปรับปรุงคุณภาพของ ภาพนั้น ๆ ทำได้ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ในอดีตที่ผ่านมา ได้มีการใช้วิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพ แต่ภาพที่ผ่านกระบวนการปรับเท่าฮิสโตแกรมนั้นจะทำให้ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ที่ได้มีความผิดพลาดสูง เมื่อเทียบกับภาพต้นฉบับแล้ว ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ จึงต้องทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพโดยแบ่งฮิสโตแกรมต้นฉบับออกเป็นสองส่วน จากนั้นทำการคำนวณตัวถ่วงน้ำหนักของฮิสโตแกรมย่อยทั้งสอง เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้นโดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการปรับปรุงคุณภาพภาพโดยยังคงรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่

## ๑.๒ วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เนื่องจากการประมวลผลภาพโดยวิธีการปรับเท่าสีสโตแกรมโดยปกติ ส่งผลทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้ไม่มีความเป็นธรรมชาติแล้ว และยังคงทำให้มีค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ที่ได้มีความผิดพลาดสูงขึ้นด้วย ซึ่งจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ก็คือ

๑.๒.๑ เพื่อหาลักษณะฟังก์ชันสำหรับการปรับปรุงภาพดิจิทัล เพื่อใช้สำหรับการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายดิจิทัลให้มีความคมชัดมากขึ้น โดยพิจารณาจากฟังก์ชันเซตของข้อมูลในเนื้อภาพเท่านั้น

๑.๒.๒ เพื่อให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้ มีค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพใกล้เคียงกับต้นฉบับมากที่สุด ในขณะที่เดียวกัน ภาพผลลัพธ์ที่ได้ออกมามีความเป็นธรรมชาติใกล้เคียงกับต้นฉบับ

## ๑.๓ ทฤษฎีแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ จะเป็นการนำเสนอการปรับปรุงคุณภาพของภาพดิจิทัลโดยวิธีการปรับเท่าสีสโตแกรมออกเป็นสองส่วนผ่านทางเวฟเล็ตนั้น ทำได้โดยแบ่งข้อมูลภาพออกเป็น ๔ ชุดโดยใช้เวฟเล็ตสองมิติชนิดไม่ต่อเนื่องเพื่อทำการแปลงข้อมูลภาพดิจิทัลออกเป็น ๔ ชุด จากนั้นทำการแปลงข้อมูลชุดสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตในแชนด์ความถี่ต่ำ (เนื้อภาพ) เป็นข้อมูลชนิด  $\omega$ -bit unsigned integer ( $uint_{\omega}$ ) ในช่วงปิด  $[0, 2^{\omega}]$  จากนั้น ทำการปรับเท่าสีสโตแกรมภาพอย่างอิสระซึ่งกันและกัน ทำได้โดยการแบ่งสีสโตแกรมของพื้นที่ย่อยออกเป็นช่วง ๆ โดยทำตามเงื่อนไขที่จะกำหนดผ่านค่าความน่าจะเป็นสะสม CDF (Commutative Distribution Function) ออกเป็น ๑ และช่วง ๒ โดยกำหนด CDF เป็น ๑.๐ และ ๐.๕๐ ซึ่งแต่ละช่วงจะถูกทำการปรับเท่าสีสโตแกรมอย่างอิสระ ภาพผลลัพธ์สุดท้ายจะแสดงรายละเอียดในแต่ละพื้นที่ย่อยได้อย่างชัดเจน ในขณะที่เดียวกันค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพยังคงรักษาเอาไว้ใกล้เคียงกับของภาพต้นฉบับ

## ๑.๔ ขอบเขตของงานวิจัย

เป็นการนำเสนอวิธีการปรับเท่าสีสโตแกรมทั้งภาพโดยมีการแยกสัญญาณรบกวนของภาพออกจากภาพต้นฉบับนั้น โดยแบ่งข้อมูลของภาพต้นฉบับออกเป็น ๔ ชุดข้อมูล คือ สัมประสิทธิ์เวฟเล็ตในแชนด์ความถี่ต่ำ (เนื้อภาพ) และสัมประสิทธิ์รายละเอียด (ขอบภาพแนวตั้ง ขอบภาพแนวนอน และสัญญาณรบกวน) โดยใช้วิธีการของเวฟเล็ตสองมิติ จากนั้น นำสีสโตแกรมของเนื้อภาพมาแบ่งออกเป็นสองส่วนผ่านทางฟังก์ชันทางสถิติก่อนทำการปรับเท่าสีสโตแกรมอย่างอิสระจากกัน

## ๑.๕ ขั้นตอนของการศึกษา

ในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอการแบ่งส่วนพื้นที่ของภาพโดยยังคงรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพโดยใช้การถ่วงน้ำหนักสีสโตแกรมกระจายตามพื้นที่ โดยมีรายละเอียดทั้งหมดแบ่งออกเป็น ๕ บท ดังต่อไปนี้

บทที่ ๑ เป็นการกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา แนวความคิดที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา วัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำวิจัย



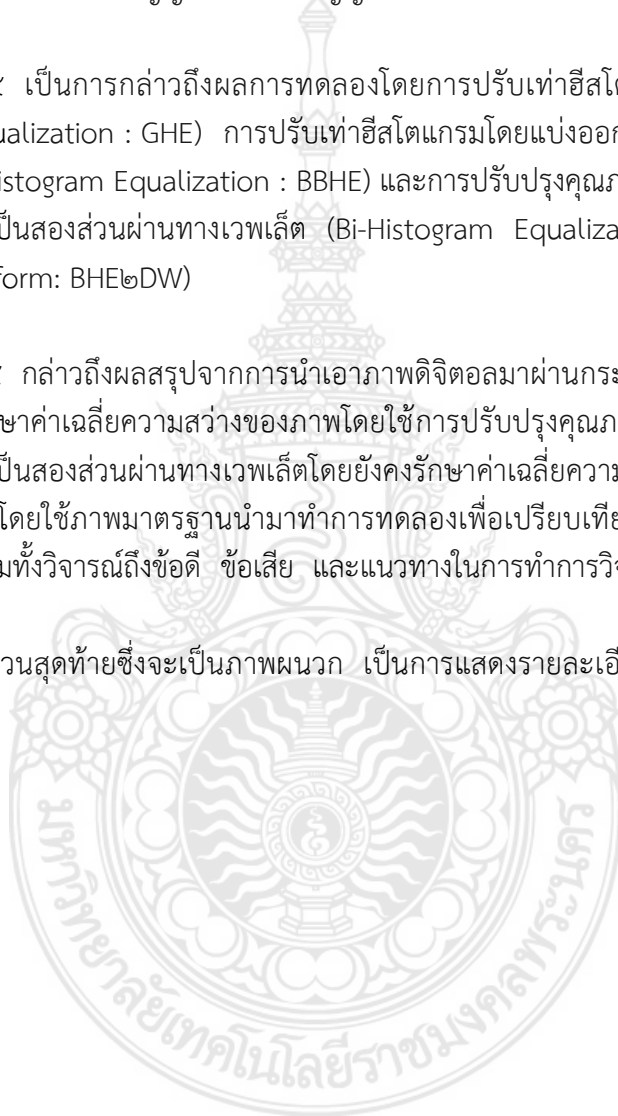
บทที่ ๒ เป็นการกล่าวถึงความรู้เบื้องต้นของการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพ การแบ่งภาพออกเป็นส่วนที่ย่อย และการเปรียบเทียบค่าผิดพลาดความสว่างของภาพต้นฉบับกับภาพที่ได้ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมแล้ว

บทที่ ๓ เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีของการแปลงเวฟเล็ตสองมิติเพื่อใช้กับข้อมูลภาพดิจิทัล และการวัดประสิทธิภาพของสัญญาณหลักต่อสัญญาณรบกวน

บทที่ ๔ เป็นการกล่าวถึงผลการทดลองโดยการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพ (Global Histogram Equalization : GHE) การปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็นสองส่วน (Brightness Preserving Bi-histogram Equalization : BBHE) และการปรับปรุงคุณภาพภาพโดยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมออกเป็นสองส่วนผ่านทางเวฟเล็ต (Bi-Histogram Equalization Via ๒-D Discrete Wavelet Transform: BHE๒DW)

บทที่ ๕ กล่าวถึงผลสรุปจากการนำเอาภาพดิจิทัลมาผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพภาพโดยยังคงรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพโดยใช้การปรับปรุงคุณภาพภาพโดยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมออกเป็นสองส่วนผ่านทางเวฟเล็ตโดยยังคงรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างเอาไว้ให้ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับไว้ โดยใช้ภาพมาตรฐานนำมาทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าผิดพลาดของค่าเฉลี่ยความสว่าง พร้อมทั้งวิจารณ์ถึงข้อดี ข้อเสีย และแนวทางในการทำการวิจัยที่สามารถพัฒนาได้ต่อไป

และในส่วนสุดท้ายซึ่งจะเป็นภาพผนวก เป็นการแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับวารสารที่ได้รับ การตีพิมพ์



## บทที่ ๒ การปรับเท่าฮิสโตแกรมภาพ

### ๒.๑ บทนำ

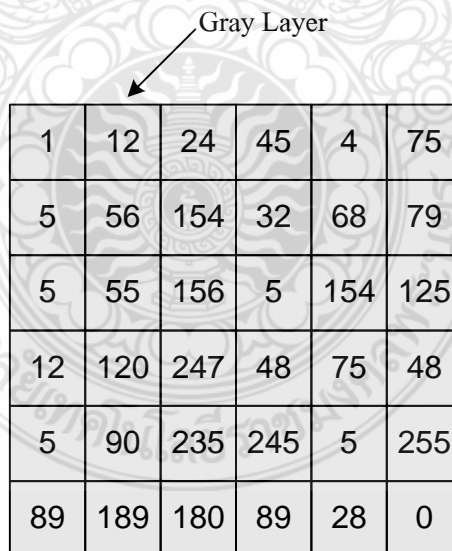
ในกระบวนการประมวลผลภาพ (Image Processing) นับว่ามีประโยชน์อย่างมหาศาลต่อวงการอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพื่อให้มนุษย์ใช้เป็นเครื่องมือที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป ดังนั้น กระบวนการปรับปรุงภาพ (Image Enhancement) จะอาศัยหลักการการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพ (Histogram Equalization: HE) ทำให้ภาพที่ได้มีความคมชัดเพิ่มขึ้น ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานอื่น ๆ ต่อไป

### ๒.๒ ลักษณะของข้อมูลภาพดิจิทัล

โดยปกติภาพทั่วไป เช่น ภาพที่แสดงอยู่ในโทรทัศน์จะเป็นสัญญาณต่อเนื่อง (Analog Signal) แต่ภาพที่เรานำมาประมวลผลในทางคอมพิวเตอร์นั้น จะต้องเป็นสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) เท่านั้น ซึ่งในปัจจุบันนี้ ภาพที่ไม่ใช่ภาพดิจิทัลสามารถแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลได้โดยใช้กล้องดิจิทัล การ์ดดิจิทัล และเครื่องสแกนเนอร์ เป็นต้น

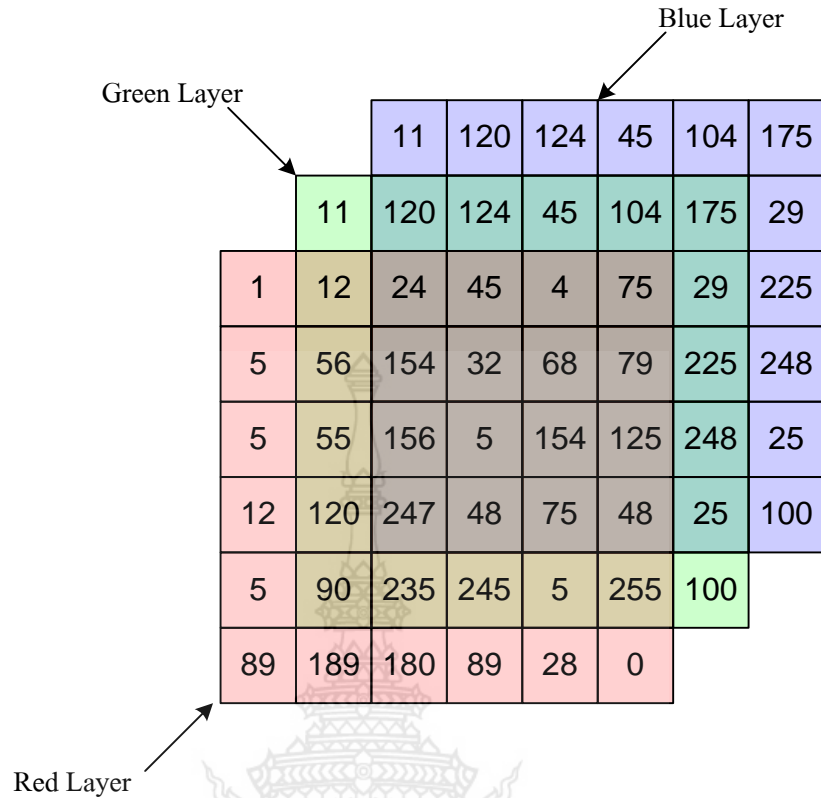
ลักษณะของข้อมูลภาพดิจิทัลที่จะนำมาประมวลผลกับเครื่องคอมพิวเตอร์จะถูกแทนด้วยตัวเลขที่มีลักษณะเป็นตัวเลขจำนวนเต็มอยู่ในช่วงปิด  $[0, 255]$  มีขนาด ๘ บิต เท่านั้น สำหรับภาพขาวดำ จะมีขนาดข้อมูลของภาพแค่ ๑ ชุด มีขนาด ๒ มิติ เท่านั้น และสำหรับภาพสี จะมีขนาดข้อมูลของภาพ ๓ ชุด เรียงซ้อนกัน มีขนาดข้อมูล ๓ มิติ ดังที่แสดงในรูปที่ ๒.๑ และ ๒.๒ ตามลำดับ

Gray Layer



1	12	24	45	4	75
5	56	154	32	68	79
5	55	156	5	154	125
12	120	247	48	75	48
5	90	235	245	5	255
89	189	180	89	28	0

รูปที่ ๒.๑ ข้อมูลดิจิทัลของภาพขาวดำ



รูปที่ ๒.๒ ข้อมูลดิจิทัลของภาพสี

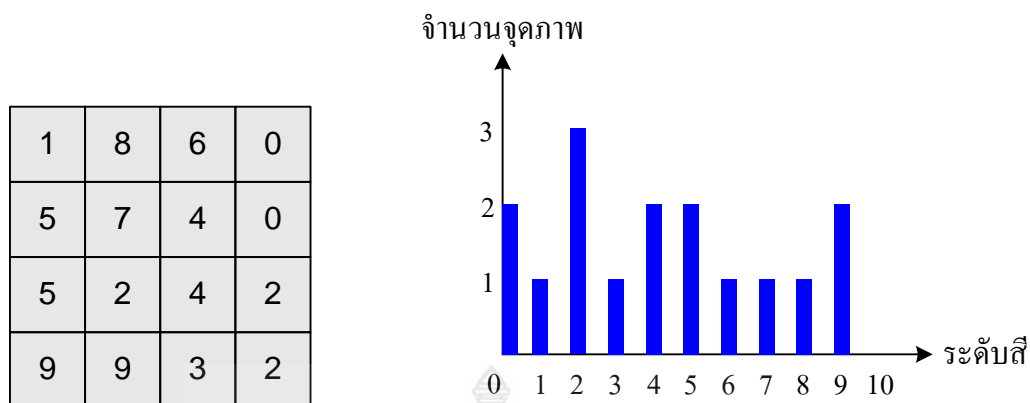
ถ้ากำหนดให้ภาพดิจิทัลที่มีขนาดของรูปภาพมีขนาด  $๒๕๖ \times ๒๕๖$  กำหนดเป็นฟังก์ชัน  $f(x, y)$  โดยมีจุดภาพแสดงด้วยเทตริกซ์ของภาพดังในสมการที่ (๒.๑)

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & \dots & f(1,256) \\ f(2,1) & f(2,2) & \dots & f(2,256) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(256,1) & f(256,2) & \dots & f(256,256) \end{bmatrix} \tag{๒.๑}$$

จากสมการที่ ๓.๑ สมาชิกของฟังก์ชัน  $f(x, y)$  จะกำหนดให้เป็นค่าความเข้ม (Intensity) ของจุดภาพตำแหน่งที่  $(x, y)$  นั้น ๆ จะมีค่าอยู่ในช่วงปิด  $[๐, ๒๕๕]$  โดยแทนค่าระดับ ๐ เป็นสีดำ และแทนค่าระดับ ๒๕๕ เป็นสีขาว

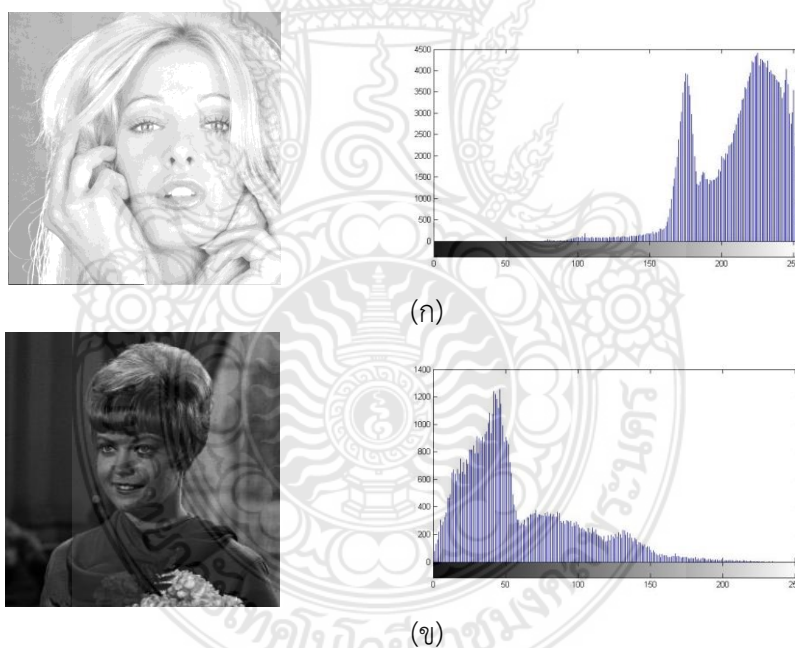
### ๒.๓ ฮีสโตแกรมของภาพดิจิทัล

ฮีสโตแกรมของภาพดิจิทัล คือ กราฟแท่งที่แสดงถึงจำนวนจุดภาพในแต่ละระดับของความเข้มสีในแต่ละระดับ ซึ่งอยู่ในช่วงปิด  $[๐, ๒๕๕]$  โดยให้แกนนอนแสดงถึงระดับสีขาวย่ำ (Gray Level) และแกนตั้งแสดงถึงจำนวนจุดภาพ



รูปที่ ๒.๓ ข้อมูลภาพดิจิทัลและฮิสโตแกรม

การกระจายตัวของฮิสโตแกรมจะทำให้ทราบถึงคุณลักษณะของภาพคร่าว ๆ ได้ว่าเป็นภาพที่มีลักษณะเป็นภาพที่มีมืด หรือภาพสว่าง โดยอาศัยหลักการพิจารณาความหนาแน่นของจำนวนจุดภาพ ถ้าฮิสโตแกรมของภาพมีการกระจายตัวอยู่ทางด้านซ้ายมาก ภาพที่ออกมาจะมีความมืด และถ้าฮิสโตแกรมของภาพมีการกระจายตัวอยู่ทางด้านขวามาก ภาพที่ออกมาจะมีความสว่างมาก ดังแสดงในรูปที่ ๒.๔



รูปที่ ๒.๔(ก) ภาพต้นฉบับสว่างและฮิสโตแกรมของภาพ

(ข) ภาพต้นฉบับมืดและฮิสโตแกรมของภาพ

ฮิสโตแกรมนับว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญในขบวนการปรับปรุงภาพอย่างหนึ่ง ซึ่งในการปรับปรุงภาพที่จำเป็นต้องอาศัยการพิจารณาฮิสโตแกรมมีอยู่หลายวิธี เช่น การปรับความสว่างของภาพ (Brightness) การปรับความต่างของภาพ (Contrast) การปรับเท่าฮิสโตแกรม (Histogram Equalization) และการแยกแยะวัตถุในภาพ (Image Segmentation) เป็นต้น

## ๒.๔ การปรับปรุงภาพโดยใช้การปรับเท่าฮิสโตแกรม (Global Histogram Equalization: GHE)

วิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับใช้ปรับปรุงภาพที่มีการกระจายตัวของฮิสโตแกรมที่ไม่เหมาะสม อย่างเช่น ฮิสโตแกรมในรูปที่ ๒.๔ โดยวิธีของการปรับเท่าฮิสโตแกรมจะทำให้ภาพที่ได้รับการปรับปรุงใหม่ มีลักษณะการกระจายตัวของฮิสโตแกรมเต็มช่วงของค่าระดับสีเทาและมีลักษณะแบบยูนิฟอร์ม (Uniform) แต่ฮิสโตแกรมใหม่นี้จะไม่มีลักษณะเหมือนกับฮิสโตแกรมเดิม ซึ่งอาจจะมีจำนวนของค่าระดับสีเทาที่แตกต่างกันออกไปขึ้นกับคุณลักษณะของภาพนั้น ๆ

การปรับเท่าฮิสโตแกรม คือ การอาศัยหลักการของทางสถิติโดยใช้หลักการกระจายความน่าจะเป็นของค่าระดับสีเทา โดยกำหนดให้  $\mathbf{X} = \{x_{ij}\}$  เป็นภาพที่มีค่าระดับสีเทา  $L$  ระดับ และ  $x_{ij}$  เป็นค่าระดับสีเทาของจุดภาพที่ตำแหน่ง  $(i, j)$  โดยที่  $x(i, j) \in \{0, 1, \dots, 255\}$

ขั้นตอนการปรับเท่าฮิสโตแกรมมีดังนี้

๑) ทำการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของค่าความเข้มของจุดภาพ ซึ่งแทนด้วยตัวแปร  $k$  ดังแสดงในสมการที่ (๒.๒)

$$p(k) = \frac{n_k}{N} \quad (๒.๒)$$

โดยที่  $n_k$  เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพที่มีค่าระดับสีเทาเป็น  $k$  โดย  $k = 0, 1, \dots, L-1$  และ  $N$  เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพที่จะทำการปรับเท่าฮิสโตแกรม

๒) คำนวณหาฟังก์ชันความหนาแน่นสะสม (Cumulative Distribution Function: CDF) ดังแสดงในสมการที่ (๒.๓)

$$c(k) = \sum_{i=0}^k p(k) \quad (๒.๓)$$

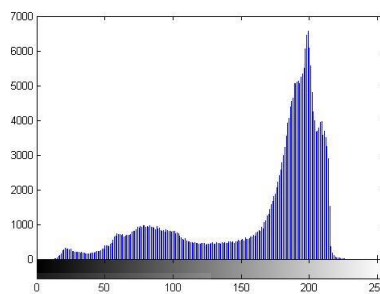
๓) คำนวณหาค่าระดับสีเทาใหม่ ดังแสดงในสมการที่ (๒.๔)

$$f(X_k) = X_0 + (X_{L-1} - X_0)c(k) \quad (๒.๔)$$

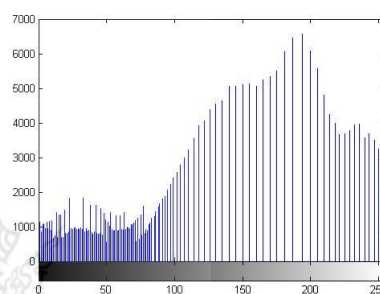
โดยที่  $X_0$  เป็นค่าระดับสีเทาต่ำสุด และ  $X_{L-1}$  เป็นค่าระดับสีเทาสูงสุด

๔) ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งหมดจากภาพต้นฉบับ ผลลัพธ์ที่ได้เขียนสมการได้เป็นสมการที่ (๒.๕)

$$\mathbf{Y} = \{y(i, j)\} = f(\mathbf{X}) = \{f(x(i, j)) \mid \forall x(i, j) \in \mathbf{X}\} \quad (๒.๕)$$



(ก)



(ข)

รูปที่ ๒.๕(ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ

(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมและฮิสโตแกรมของภาพ

ตารางที่ ๒.๑ แสดงค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับ รูปที่ ๒.๕(ก) และภาพผลลัพธ์รูปที่ ๒.๕(ข)

ชื่อภาพ	ค่าเฉลี่ยความสว่าง		AMBE
	ภาพต้นฉบับ	ภาพปรับปรุง	
Jet	๑๖๔.๒๗๑๘	๑๒๙.๐๕๖๖	๓๕.๒๑๕๒

## ๒.๕ การปรับปรุงภาพโดยใช้การปรับเท่าฮิสโตแกรมย่อย (Partitioned Histogram Equalization)

วิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อยเป็นการประยุกต์ใช้การปรับเท่าฮิสโตแกรมเช่นเดียวกัน แตกต่างกันพื่อนำมาทำในพื้นที่ย่อยที่ถูกแบ่งไว้ โดยกำหนดค่าระดับสีเทาต่ำสุดจาก ๐ เป็นค่าระดับสีเทาที่ต่ำที่สุดในพื้นที่ย่อย และค่าระดับสีเทาสูงสุดจาก ๒๕๕ เป็นค่าระดับสีเทาสูงสุดในพื้นที่ย่อยนั้น ๆ โดยมีขั้นตอนในการปรับเท่าฮิสโตแกรมดังนี้

๑) ทำการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของค่าความเข้มของจุดภาพ ซึ่งแทนด้วยตัวแปร  $k_r$  ดังแสดงในสมการที่ (๒.๖)

$$p(k_r) = \frac{n_{k_r}}{N_r} \quad (๒.๖)$$

โดยที่  $n_r$  เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพย่อยที่มีค่าระดับสีเทาเป็น  $k_r$  โดย  $r$  เป็นจำนวนพื้นที่ย่อย อยู่ในช่วง  $0, 1, \dots, n$  และ  $N_r$  เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพย่อยที่จะทำการปรับเท่าฮิสโตแกรม

๒) คำนวณหาฟังก์ชันความหนาแน่นสะสม (Cumulative Distribution Function: CDF) ดังแสดงในสมการที่ (๒.๗)

$$c(k_r) = \sum_{i=0}^{k_r} p(k_r) \quad (๒.๗)$$

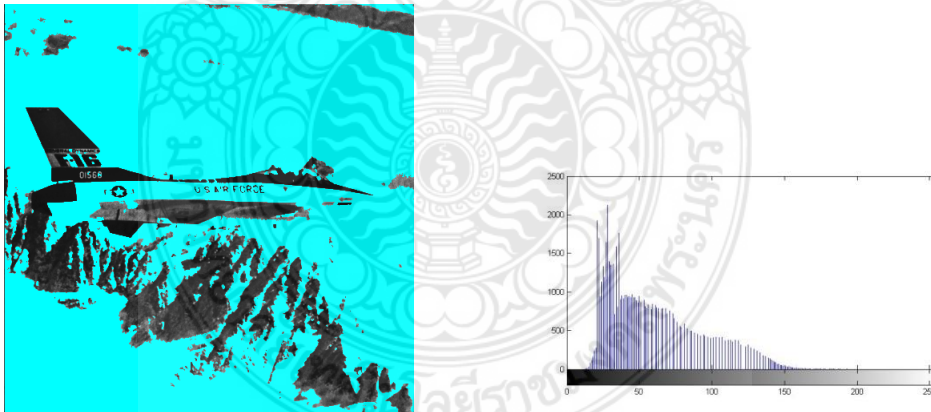
๓) คำนวณหาค่าระดับสีเทาใหม่ ดังแสดงในสมการที่ (๒.๘)

$$f(X_k) = X_0 + (X_{L-1} - X_0)c(k) \quad (๒.๘)$$

โดยที่  $X_0$  เป็นค่าระดับสีเทาดำสุด ในพื้นที่ย่อย และ  $X_{L-1}$  เป็นค่าระดับสีเทาสูงสุดในพื้นที่ย่อย

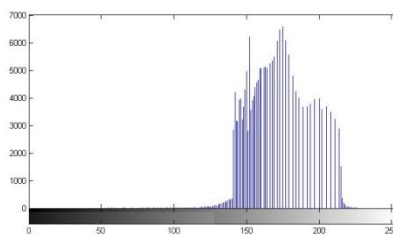
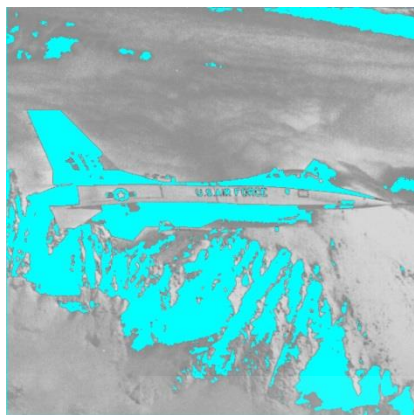
๔) ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งหมดจากภาพต้นฉบับ ผลลัพธ์ที่ได้เขียนสมการได้เป็นสมการที่ (๒.๙)

$$\mathbf{Y} = \{y(i, j)\} = f(\mathbf{X}) = \{f(x(i, j)) \mid \forall x(i, j) \in \mathbf{X}\} \quad (๒.๙)$$

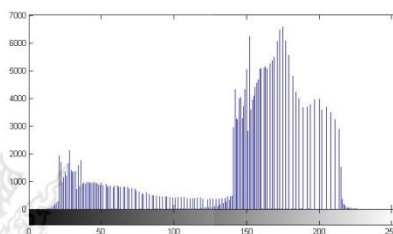


(ก)





(ข)



(ค)

รูปที่ ๒.๖(ก) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมและฮิสโตแกรมที่สอดคล้องของภาพพื้นที่ย่อยที่ ๑  
 (ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมและฮิสโตแกรมที่สอดคล้องของภาพพื้นที่ย่อยที่ ๒  
 (ค) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมและฮิสโตแกรมของภาพผลลัพธ์

ตารางที่ ๒.๒ แสดงค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับ รูปที่ ๒.๕(ก) และภาพผลลัพธ์รูปที่ ๒.๖(ค)

ชื่อภาพ	ค่าเฉลี่ยความสว่าง		AMBE
	ภาพต้นฉบับ	ภาพปรับปรุง	
Jet	๑๖๔.๒๗๑๘	๑๔๑.๐๕๔๓	๒๓.๒๑๗๕

**๒.๖ การปรับเท่าฮิสโตแกรมในแต่ละพื้นที่ของฮิสโตแกรมย่อย แต่ละพื้นที่ย่อยที่แบ่งออกมา**

ในการปรับเท่าฮิสโตแกรมเฉพาะท้องถิ่นในภาพ  $\mathbf{X}$  ทำการแยกส่วนภาพ หรือการจัดกลุ่มข้อมูลภาพใหม่โดย  $\mathbf{X} = \{x_1, x_2, \dots, x_c\}$  โดยที่  $c$  เป็นจำนวนกลุ่มข้อมูลภาพ และค่าระดับสีเทาที่  $\mathbf{x}_r = \{X_{r0}, X_{r1}, \dots, X_{rk_r}\} \in \mathbf{R}^r$  โดย  $r = 1, 2, \dots, c$

$$\mathbf{X} = \mathbf{x}_1 \cup \mathbf{x}_2 \cup \dots \cup \mathbf{x}_c \tag{๒.๑๐}$$

$$\mathbf{x}_r = \{x(i, j) | x(i, j) \in \mathbf{R}^r, \forall x(i, j) \in \mathbf{X}\} \tag{๒.๑๑}$$

$$\mathbf{x}_{r-1} \cap \mathbf{x}_r = 0, \mathbf{R}^r \cap \mathbf{R}^{r-1} = 0 \tag{๒.๑๒}$$



ขั้นตอนการปรับเท่าฮิสโตแกรมมีดังนี้

๑) คำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของภาพย่อย  $\{x_1, x_2, \dots, x_c\}$  ดังแสดงในสมการที่ (๒.๑๓)

$$p_r(k_r) = \frac{n_{rk}}{N_r} \quad (๒.๑๓)$$

๒) คำนวณหาค่าความหนาแน่นสะสม ดังแสดงในสมการที่ (๒.๑๔)

$$c_r(k_r) = \sum_{i=0}^k p_r(k_r) \quad (๒.๑๔)$$

โดยที่  $0 \leq c_1(k_1), c_2(k_2), \dots, c_c(k_c) \leq 1$

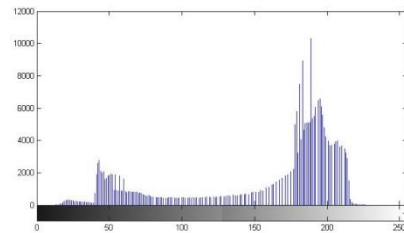
๓) คำนวณหาค่าระดับสีเทาใหม่ ดังแสดงในสมการที่ (๒.๑๕)

$$f_r(X_{rk}) = X_{r0} + (X_{rk} - X_{r0})c_r(k_r) \quad (๒.๑๕)$$

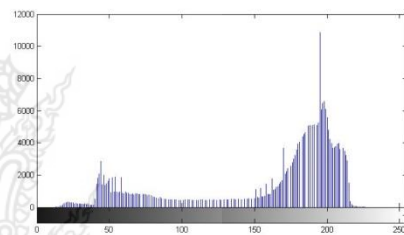
โดยที่  $f_r(x_{rk}) = f_r(x(i, j)) | x(i, j) \in \mathbf{R}^r, \forall x(i, j) \in \mathbf{X}$

๔) ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งหมดจากภาพต้นฉบับ ผลลัพธ์ที่ได้เขียนสมการได้เป็นสมการที่ (๒.๑๖)

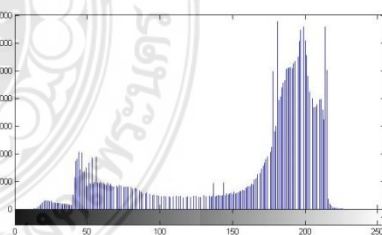
$$\mathbf{Y} = \{y(i, j)\} = f_1(X_{1k}) \cup f_2(X_{2k}) \cup \dots \cup f_c(X_{ck}) \quad (๒.๑๖)$$



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ ๒.๗(ก) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น ๒ ส่วนและฮิสโตแกรมของภาพ  
 (ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น ๓ ส่วนและฮิสโตแกรมของภาพ  
 (ค) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น ๔ ส่วนและฮิสโตแกรมของภาพ

ตารางที่ ๒.๓ แสดงค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับรูป ๒.๕(ก) และภาพผลลัพธ์รูป ๒.๗(ก) – (ค)

ชื่อภาพ	ค่าเฉลี่ยความสว่าง			
	ภาพต้นฉบับ	ภาพปรับปรุง		
Jet	จำนวนช่วงฮิสโตแกรม			
	๑	๒	๓	๔
	๑๖๔.๒๗๑๘	๑๕๔.๙๖๐๗	๑๕๘.๐๐๗	๑๕๙.๗๘๗
	AMBE	๙.๓๐๑๑	๖.๒๖๔๘	๔.๔๘๔๘

## ๒.๗ การตรวจสอบความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยความสว่าง

การตรวจสอบค่าผิดพลาดของค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพสามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยจากจุดภาพทั้งหมดได้ดังที่แสดงในสมการที่ (๒.๑๓)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M x_{nm}}{N \times M} \quad (๒.๑๓)$$

ถ้ากำหนดให้  $E(X)$  และ  $E(Y)$  เป็นค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับ และภาพผลลัพธ์ ในบทความที่ [ref.๕] ได้กำหนดตัววัดคุณภาพของการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ โดยใช้ค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนความสว่าง หรือ AMBE (Absolute Mean Brightness Error)

$$AMBE = |E(X) - E(Y)| \quad (๒.๑๔)$$

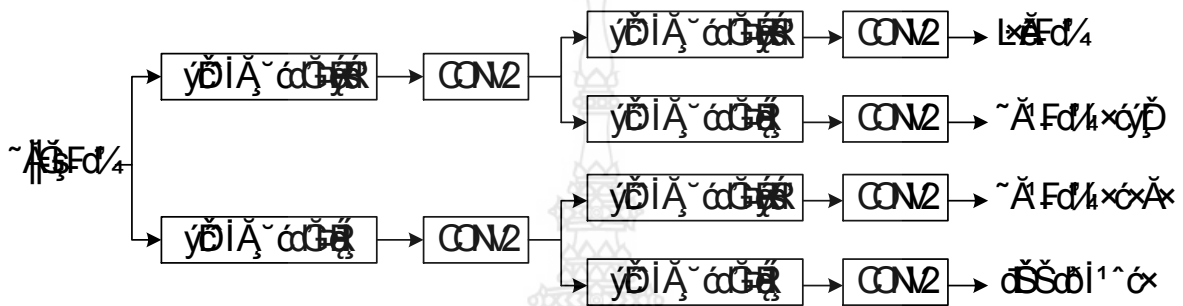
## ๒.๘ สรุปผลการทดลอง

กระบวนการปรับเท่าฮิสโตแกรมส่งผลให้ภาพที่ได้มีความคมชัดขึ้น แต่ภาพผลลัพธ์มีค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดที่สูงขึ้นด้วย ดังที่แสดงในตารางที่ ๒.๑ ดังนั้น การปรับเท่าฮิสโตแกรมจึงทำให้เกิดปัญหาดังกล่าว แต่สามารถชดเชยได้โดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่ย่อย จากนั้นทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย จะพบได้ว่า ค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดจะมีค่าลดลง ดังที่แสดงในตารางที่ ๒.๒ เมื่อนำไปเทียบกับการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพ ยิ่งไปกว่านั้น การลดค่าความสว่างผิดพลาดของภาพผลลัพธ์สามารถทำการแก้ไขได้โดยการแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็นฮิสโตแกรมย่อย ซึ่งจำนวนช่วงของการแบ่งส่งผลต่อค่าผิดพลาดที่น้อยลง ดังที่แสดงในตารางที่ ๒.๓ อีกทั้งภาพผลลัพธ์ยังคงรักษาความเป็นธรรมชาติของภาพเอาไว้ได้ดีอีกด้วย

## บทที่ ๓ การแปลงเวฟเล็ท

### ๓.๑ บทนำ

ข้อมูลภาพเป็นลักษณะของข้อมูล ๒ มิติ ดังนั้นการทำการแปลงเวฟเล็ทกับภาพจะเป็นการทำการแปลงเวฟเล็ทในแกน  $x$  และแกน  $y$  สลับกันในแต่ละครั้ง สามารถเขียนเป็นแผนผังได้ ดังรูปที่ ๓.๑



รูปที่ ๓.๑ ผังขั้นตอนการแปลงเวฟเล็ทสองมิติ

ลักษณะของข้อมูลที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ทแบบ ๒ มิติ จะถูกแบ่งออกเป็น ๔ แบนด์ย่อยภาพที่ได้จะมีลักษณะดังรูปที่ ๒.๘ โดยแต่ละแบนด์ย่อยจะมีคุณสมบัติดังนี้

**LL** : คือ ส่วนที่เก็บค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการผ่านตัวกรองความถี่ต่ำสองครั้งและรายละเอียดของข้อมูลภาพส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณนี้ เรียกว่าส่วนของเนื้อภาพ

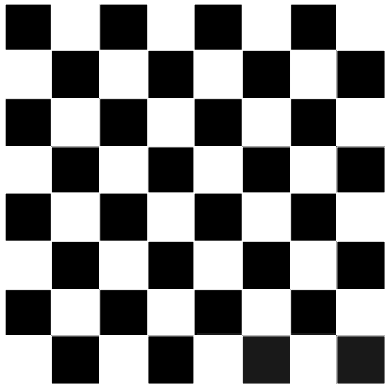
**LH** : คือ ส่วนที่เก็บค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากตัวกรองความถี่ต่ำในแนวตั้งแล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ไปผ่านตัวกรองความถี่สูงในแนวนอนส่วนนี้จะทำการเก็บข้อมูลในแนวตั้ง เรียกว่าส่วนของขอบภาพแนวตั้ง

**HL** : คือ ส่วนที่เก็บค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากตัวกรองความถี่สูงในแนวตั้งแล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ไปผ่านตัวกรองความถี่ต่ำในแนวนอนส่วนนี้จะทำการเก็บข้อมูลในแนวนอน เรียกว่าส่วนของขอบภาพแนวนอน

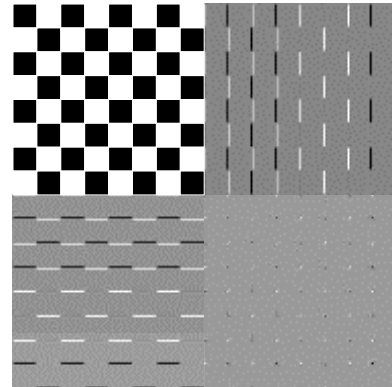
**HH** : คือ ส่วนที่เก็บค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการผ่านตัวกรองความถี่สูงสองครั้งในส่วนนี้จะเก็บข้อมูลในแนวทแยงมุม และส่วนนี้จะมีความสำคัญน้อยที่สุด เรียกว่าส่วนของสัญญาณรบกวนหรือข้อมูลอื่น ๆ

<i>LL</i> Approximation	<i>LH</i> Vertical
<i>HL</i> Horizontal	<i>HH</i> Diagonal

รูปที่ ๓.๒ ผลลัพธ์จากการแปลงเวฟเล็ทสองมิติ



(ก)



(ข)

รูปที่ ๓.๓ ภาพการแปลงเวฟเล็ตจากภาพชนิดขาวดำ

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ต

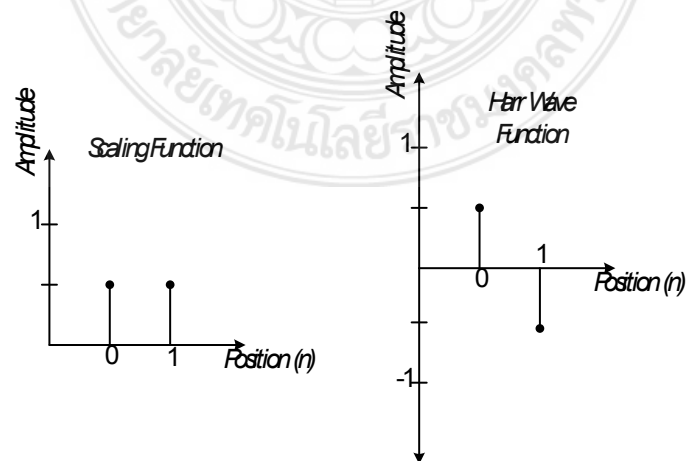
### ๓.๒ การแปลงเวฟเล็ต

สมการที่ใช้ในการแปลงเวฟเล็ตโดยทั่วไปสามารถที่จะแบ่งออกเป็น ๒ ส่วน คือ *Scaling Function* และ *Wavelet Function* ดังสมการที่ ๓.๑ และสมการที่ ๓.๒ ตามลำดับ

$$h_n = \begin{cases} 0.5 & ; n = 0 \\ 0 & ; \text{otherwise} \end{cases} \quad (๓.๑)$$

$$g_n = \begin{cases} 0.5 & ; n = 0 \\ -0.5 & ; n = 1 \\ 0 & ; \text{otherwise} \end{cases} \quad (๓.๒)$$

เมื่อ  $h_n$  คือ *Scaling Function* และ  $g_n$  คือ *Wavelet Function* แบบ *Haar* ถ้านำสมการทั้งสองไปเขียนเป็นกราฟจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ ๓.๔

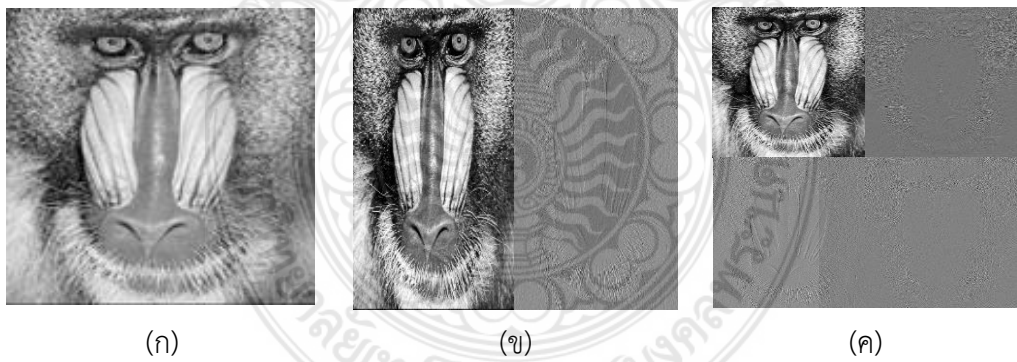


รูปที่ ๓.๔ ภาพสัญลักษณ์ที่ใช้ในการแปลงเวฟเล็ตแบบ *Haar*

การประยุกต์ใช้เวฟเล็ตฟังก์ชันกับข้อมูลที่เป็นภาพชนิดสองมิติ ดังแสดงในรูปที่ ๓.๕ ซึ่งเกิดจากการแปลงเวฟเล็ตในแนวนอน (Horizontal) ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงจะประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จาก Scaling Function ซึ่งก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากตัวกรองความถี่ต่ำ (Low-Frequency Coefficient) และค่าสัมประสิทธิ์ของ Wavelet Function คือค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากตัวกรองความถี่สูง (High-Frequency Coefficient) การหาค่าสัมประสิทธิ์ของการแปลงเวฟเล็ตแบบ Haar ค่าที่ได้จาก Scaling Function คือค่าเฉลี่ยผลรวมของสองจุดภาพ ส่วนสัมประสิทธิ์ที่ได้จากเวฟเล็ตฟังก์ชันจะเป็นการหาค่าเฉลี่ยความแตกต่างของสองจุดภาพ เมื่อทำการแปลงเวฟเล็ตไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลภาพจะทำการแปลงเวฟเล็ตในแนวนอนและแนวตั้ง โดยแสดงผลลัพธ์ที่ได้ในรูปที่ ๓.๖

Original Pixel Values								Scaling Function Coefficients				Wavelet Function Coefficients			
0	1	2	3	4	5	6	7	$\frac{(0+1)}{2}$	$\frac{(2+3)}{2}$	$\frac{(4+5)}{2}$	$\frac{(6+7)}{2}$	$\frac{(0-1)}{2}$	$\frac{(2-3)}{2}$	$\frac{(4-5)}{2}$	$\frac{(6-7)}{2}$

รูปที่ ๓.๕ ภาพกระบวนการแปลงเวฟเล็ตกับข้อมูลภาพสองมิติ



รูปที่ ๓.๖ ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตของข้อมูลภาพขาวดำ

- (ก) ภาพต้นฉบับ Baboon
- (ข) ภาพผลลัพธ์จากการแปลงเวฟเล็ตในแนวตั้ง
- (ค) ภาพผลลัพธ์จากการแปลงเวฟเล็ตสองมิติ

### ๓.๓ รูปแบบเส้นโครงร่างที่มีประสิทธิภาพ

เนื่องจากรูปร่างของวัตถุมีหลากหลายรูปแบบและมีลักษณะที่ไม่แน่นอนตายตัว Active Contour Models เป็นเส้นโค้งที่ถูกกำหนดขึ้นภายในขอบเขตของภาพซึ่งเคลื่อนที่ภายใต้อิทธิพลแรงภายใน (Internal Forces) ที่มีอยู่ในเส้นโค้งของมันเองและอิทธิพลแรงภายนอก (External Forces) ซึ่งได้มาจากข้อมูลภาพแรงภายในและแรงภายนอกนี้ถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้เกิดการสร้าง Snakes ไปยังขอบเขตของวัตถุหรือคุณลักษณะสำคัญอื่นๆที่ต้องการภายในภาพ Snakes ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางรวมไปถึงการค้นหาเส้นขอบการสร้างรูปร่างการตัดแบ่งและการตามรอยเส้นทางการเคลื่อนไหว

Snakes ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Kass เป็นส่วนโค้ง  $X(s) = [x(s), y(s)]$ ,  $s \in [0, 1]$  ซึ่งเคลื่อนที่ผ่านขอบเขตเชิงตำแหน่ง (Spatial Domain) ของภาพเพื่อลดขนาดฟังก์ชันของพลังงานลงโดยใช้สมการดังนี้

$$E = \int_0^1 \frac{1}{2} (\alpha |X'(s)|^2 + \beta |X''(s)|^2) E_{ext}(X(s)) ds \quad (๓.๓)$$

เมื่อ  $\alpha$  และ  $\beta$  เป็นตัวแปรถ่วงน้ำหนักที่ควบคุมความตึง (Tension) และความตายตัว (Rigidity) ของ Snakes ตามลำดับ  $X'(s)$  และ  $X''(s)$  แสดงถึงอนุพันธ์อันดับ ๑ และ ๒ ของ  $X(s)$  ฟังก์ชันพลังงานภายนอก  $E_{ext}$  นั้นได้มาจากภาพเพื่อทำให้สามารถนำค่าที่น้อยกว่าของคุณลักษณะสำคัญที่สนใจไปใช้ เช่น ขอบเขตของภาพให้ภาพระดับสีเทา  $I(x, y)$  (ในลักษณะที่เป็นฟังก์ชันของ ตัวแปรเชิงตำแหน่งที่มีความต่อเนื่อง  $(x, y)$  ตัวอย่างเช่นพลังงานภายนอกถูกกำหนดให้นำเสนอ โครงร่างที่มีประสิทธิภาพไปยังเส้นขอบนั้นคือ

$$E_{ext}^{(1)}(x, y) = -|V I(x, y)|^2 \quad (๓.๔)$$

$$E_{ext}^{(2)}(x, y) = -|\nabla V(G_\sigma(x, y) * I(x, y))|^2 \quad (๓.๕)$$

เมื่อ  $G_\sigma(x, y)$  เป็นฟังก์ชันเกาส์เซียน แบบ ๒ มิติเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  $\sigma$  และ  $\nabla$  เป็นตัวกระทำความลาดชันถ้าภาพเป็นการวาดเส้น (สีดำบนสีขาว) ดังนั้นพลังงานภายนอกที่เหมาะสมจึงประกอบด้วย

$$E_{ext}^{(3)}(x, y) = I(x, y) \quad (๓.๖)$$

$$E_{ext}^{(4)}(x, y) = (G_\sigma(x, y) * I(x, y)) \quad (๓.๗)$$

จากการกำหนดสมการดังกล่าวซึ่ง  $\sigma$ 's มีค่ามากขึ้นจะเป็นสาเหตุทำให้เส้นแบ่งขอบเขตเบลอและบิดเบือนได้ดังนั้น  $\sigma$ 's จึงจำเป็นต้องมีค่ามากอย่างไรก็ตามในการสร้างผลกระทบของเส้นแบ่งขอบเขต “สัมผัส” กับระยะทางบางส่วนจากเส้นแบ่งขอบเขตในที่นี้เพื่อที่จะเพิ่ม “ช่วงของการยึดจับ” ให้กับเส้นโครงร่างที่มีประสิทธิภาพ Snakes ที่ลดขนาด  $E$  จะต้องแก้ปัญหาสมการออยเลอร์ ได้ดังนี้

$$\alpha X''(s) - \beta X^4(s) - \nabla E_{ext} = 0 \quad (๓.๘)$$

ในทำนองเดียวกัน ลักษณะที่เป็นสมการที่สมดุลของพลังงาน

$$F_{\text{int}} + F_{\text{ext}}^{(P)} = 0 \quad (๓.๙)$$

เมื่อ  $F_{\text{int}} = \alpha X''(s) - \beta X^4(s)$  และ  $F_{\text{ext}}^{(P)} = -\nabla E_{\text{ext}}$  แรงแยกภายใน  $F_{\text{int}}$  จะลดการขยายและการโค้งงอ ในขณะที่แรงภายนอก  $F_{\text{ext}}^{(P)}$  จะดึง Snakes ไปยังเส้นโครงร่างของภาพตามต้องการการแก้ปัญหาสมการ (๓.๙) Snakes จะถูกทำให้เป็น Dynamic โดยกระทำกับค่า  $X$  ในลักษณะที่เป็นฟังก์ชันของเวลา  $t$  เช่นเดียวกับ  $s$  ในที่นั่นก็คือ  $X(s, t)$  นั่นเองจากนั้นอนุพันธ์บางส่วนของ  $X$  ซึ่งสัมพันธ์กับ  $t$  จะถูกให้เท่ากับด้านซ้ายของสมการที่ (๓.๙) ดังนี้

$$X(s, t)\alpha X''(s, t) - \beta X^4(s, t) = -\nabla E_{\text{ext}} \quad (๓.๑๐)$$

เมื่อแก้ปัญหา  $X(s, t)$  ได้คงที่แล้วพจน์ของ  $X_t(s, t)$  จะหายไปและจะได้มาซึ่งคำตอบของสมการ (๓.๙) สมการที่เป็น Dynamic นี้สามารถมองให้เป็นขั้นตอนของการเคลื่อนต่ำลงของความชันที่ถูกออกแบบมาเพื่อแก้สมการ (๓.๑๐) ส่วนการแก้สมการ (๓.๖) นั้นสามารถทำได้โดยการแยกสมการและแก้ปัญหาเรื่องการทำให้ระบบที่เป็นแบบไม่ต่อเนื่อง ในโครงการนี้ได้นำ Snakes: Active Contour Models มาช่วยในการปรับแนวการปรับความกลมกลืนภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับความกลมกลืนภาพ

### ๓.๔ การวัดประสิทธิภาพของสัญญาณรบกวน

การเลือกเวฟเล็ตเพื่อนำไปใช้งาน ควรจะต้องพิจารณาจากหลายปัจจัยเพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้งาน ดังนั้นขั้นตอนการแปลงเวฟเล็ตทำให้เกิดค่าความผิดพลาดในระบบเกิดขึ้นด้วยเช่นกันจากกระบวนการแปลงไป (Decomposition) และการแปลงกลับ (Reconstruction) ดังนั้น ค่า PSNR (Peak-Signal to Noise Ratio) เป็นวิธีการวัดสัดส่วนของสัญญาณหลักต่อสัญญาณรบกวน ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ (๓.๑๑)

$$PSNR = 20 \log \left( \frac{A}{RMSE} \right) \quad (๓.๑๑)$$

$$RMSE = \left( \frac{\sum_{i=1}^{N \times M} (p(i, j) - p'(i, j))^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (๓.๑๒)$$

กำหนดให้

- $A$  คือ จำนวนค่าระดับสีเทาของภาพ
- $N$  คือ จำนวนจุดภาพแถวอน
- $M$  คือ จำนวนจุดภาพแถวตั้ง
- $p(i, j)$  คือ ค่าระดับสีเทาลำดับที่  $(i, j)$  ของภาพต้นฉบับ
- $p'(i, j)$  คือ ค่าระดับสีเทาลำดับที่  $(i, j)$  ของภาพผลลัพธ์



ค่า Zero Moment เป็นการนับจำนวนของข้อมูลที่ไม่มีค่า หรือข้อมูลที่ต่ำกว่าระดับของค่าที่กำหนดไว้ (Threshold) ของจำนวนจุดภาพทั้งหมดที่ได้จากการแปลงเวฟเลตสองมิติ ดังนั้น ค่า Zero Moment จะใช้สำหรับการวัดประสิทธิภาพของการบีบอัดข้อมูล โดยสามารถหาได้จากสมการที่ (๓.๑๓)

$$\zeta = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \zeta(i, j) \quad (๓.๑๓)$$

$$\zeta(i, j) = \begin{cases} 1 & ; |w(i, j)| \leq \text{Threshold} \\ 0 & ; \text{Otherwise} \end{cases} \quad (๓.๑๔)$$

โดยที่  $w(i, j)$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงเวฟเลตที่ตำแหน่งจุดภาพ  $(i, j)$  โดยปกติ ค่า Threshold จะถูกกำหนดไว้ที่ ๑.๕

### ๓.๕ การแปลงเวฟเลตแบบต่อเนื่อง (Continuous Wavelet Transform: CWT)

การแปลงเวฟเลตแบบต่อเนื่องถูกนำเสนอโดย Grossman และ Morlet โดยได้นิยามค่าจำกัดความของเวฟเลตดังนี้

ถ้าให้  $\psi(x)$  เป็นฟังก์ชันจำนวนจริงที่มีขนาด  $\psi(s)$  และมีสมบัติ

$$C_\psi = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|\psi(s)|^2}{|s|} ds < \infty \quad (๓.๑๕)$$

เราเรียก  $\psi(x)$  ว่าเวฟเลตพื้นฐาน เนื่องจาก  $s$  เป็นตัวส่วนของเทอมอินทิกรัล ดังนั้น จะได้ว่า

$$\psi(0) = \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x) dx = 0 \quad (๓.๑๖)$$

เนื่องจาก  $\psi(\infty) = 0$  ดังนั้น ขนาดของเวฟเลตมีลักษณะคล้ายกับฟังก์ชันส่งผ่านของตัวกรองความถี่ การตอบสนองอิมพัลส์ของตัวกรองความถี่ใด ๆ ที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และที่มีค่าตกลงเป็นศูนย์อย่างรวดเร็วสามารถใช้เวฟเลตพื้นฐานได้

ความเป็นสมาชิกภาพของฟังก์ชันพื้นฐาน  $\{\psi_{a,b}(x)\}$  สามารถสร้างได้จากการย้ายที่และปรับขนาด (Translating and Scaling) ฟังก์ชันพื้นฐาน  $\psi(x)$  ดังนี้

$$\psi_{a,b}(x) = \frac{\psi}{\sqrt{a}} \left( \frac{x-b}{a} \right) \quad (๓.๑๗)$$

โดยที่  $a > 0$  และ  $b$  เป็นจำนวนจริง ตัวแปร  $a$  เป็นการปรับขนาดความกว้างของฟังก์ชันพื้นฐาน และตัวแปร  $b$  เป็นการย้ายตำแหน่งตามแนวแกน  $x$

โดยทั่วไปแล้ว ฟังก์ชันพื้นฐาน  $\psi(x)$  มีจุดกึ่งกลางอยู่ที่จุดกำเนิด ดังนั้น  $\psi_{a,b}(x)$  อยู่ที่  $x = b$  ดังนั้น จะได้ว่า

$$\psi(x) = \frac{2}{\sqrt{3\sqrt{\pi}}} (1-x^2) e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (๓.๑๘)$$

การแปลงเวฟเล็ทแบบต่อเนื่องของ  $f(x)$  ที่ใช้เวฟเล็ท  $\psi(x)$  คือ

$$\omega_f(a,b) = f(\psi_{a,b}) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)\psi_{a,b}(x)dx \quad (๓.๑๙)$$

สัมพันธ์จากการแปลงจาก Inner product ระหว่างฟังก์ชันที่ต้องการแปลงกับฟังก์ชันพื้นฐาน ดังนั้น การแปลงเวฟเล็ทผกผัน จะได้ว่า

$$f(x) = \frac{1}{C_\psi} \int_0^\infty \int_{-\infty}^{\infty} \omega_f(a,b)\psi_{a,b}(x)db \frac{da}{a^2} \quad (๓.๒๐)$$

ค่าตัวแปรที่อยู่หน้าเครื่องหมายอินทิกรัลของสมการที่ (๓.๒๐) แสดงให้เห็นว่า ขนาดของฟังก์ชันพื้นฐานทุกฟังก์ชันนั้นจะมีค่าเท่ากัน เนื่องจาก

$$\left| f\left(\frac{x-b}{a}\right) \right| = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} \left| f\left(\frac{x-b}{a}\right) \right|^2 dx} = \sqrt{a} |f(x)| \quad (๓.๒๑)$$

เนื่องจากฟังก์ชันพื้นฐานมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์โดยดูจากสมการที่ (๓.๑๖) โดยที่  $\psi_{a,b}(x)$  ทุกค่ามีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์เช่นกัน

### ๓.๖ การแปลงเวฟเล็ทต่อเนื่องสองมิติ (๒-Dimensional CWT)

กำหนดให้  $f(x, y)$  เป็นฟังก์ชันที่มีข้อมูลสองมิติ โดยให้  $(x, y)$  เป็นตำแหน่งของข้อมูลในแกนแนวนอนและแนวตั้งตามลำดับ จะได้ว่า

$$\omega_f(i, j_x, j_y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y)\psi_{i, j_x, j_y}(x, y)dx dy \quad (๓.๒๒)$$

เมื่อ  $j_x$  และ  $j_y$  เป็นตำแหน่งของข้อมูลที่เกิดจากการแปลงเวฟเล็ทสองมิติ ดังนั้น การแปลงเวฟเล็ทต่อเนื่องผกผัน จะได้ว่า

$$f(x, y) = \frac{1}{C_\psi} \int_0^\infty \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \omega_f(i, j_x, j_y)\psi_{i, j_x, j_y}(x, y)dj_x dj_y \frac{di}{i^3} \quad (๓.๒๓)$$

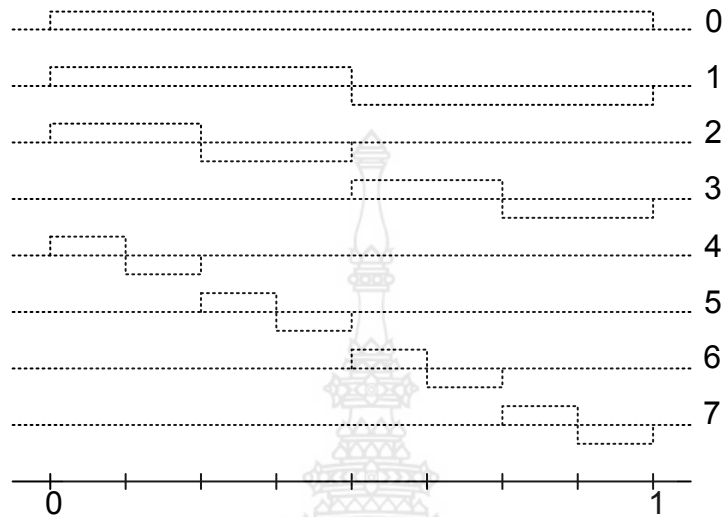
เมื่อ

$$\psi_{i, j_x, j_y}(x, y) = \frac{1}{|i|} \psi\left(\frac{x-j_x}{i}, \frac{y-j_y}{i}\right) \quad (๓.๒๔)$$

และ  $\psi_{i, j_x, j_y}(x, y)$  เป็นเวฟเล็ทพื้นฐานชนิดสองมิติ

### ๓.๗ การแปลงเวฟเล็ตไม่ต่อเนื่องสองมิติ (Discrete Wavelet Transform: DWT)

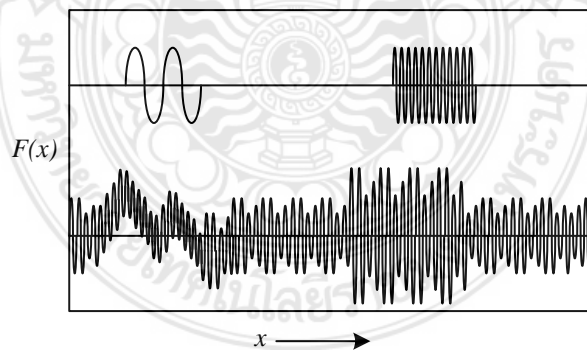
การแปลงเวฟเล็ตไม่ต่อเนื่องสามารถนำไปใช้ประโยชน์กับข้อมูลชนิดไม่ต่อเนื่อง เช่น ภาพถ่าย การประมวลผลสัญญาณ และการวิเคราะห์สัญญาณภาพ ซึ่งข้อมูลของภาพนั้น เป็นข้อมูลตัวเลขจำนวนเต็ม อยู่ในช่วง 0 ถึง  $L-1$



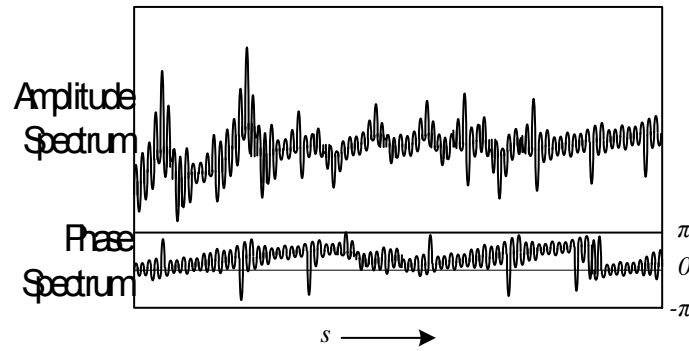
รูปที่ ๓.๗ ภาพผลลัพธ์จากการแปลงสัญญาณเวฟเล็ต โดยใช้วิธี Harr

#### ๓.๗.๑ ฟิเตอร์แบงก์ (Filter Bank)

การวิเคราะห์และการประมวลผลสัญญาณเสียงได้ใช้ทฤษฎีของฟิเตอร์แบงก์แถบความถี่ผ่าน (Bank of BPF) สำหรับคัดกรององค์ประกอบของความถี่เสียงออกจากสัญญาณรบกวน โดยกระบวนการดังกล่าวเป็นการวิเคราะห์ระหว่างเวลากับความถี่ (Time-Frequency Analysis) ซึ่งการวิเคราะห์ลักษณะดังกล่าวถูกได้เป็นกราฟสองมิติโดยมีขนาดของสัญญาณเปรียบเทียบกับความถี่ ดังแสดงในรูปที่ ๓.๘



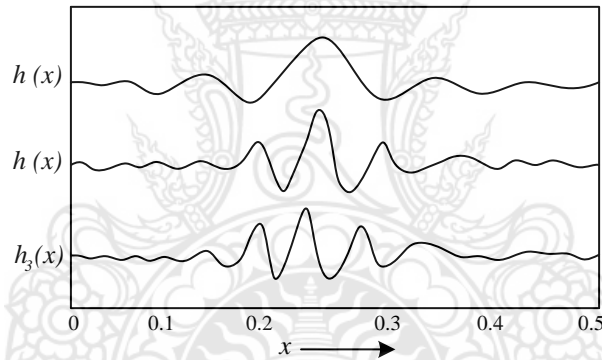
(ก)



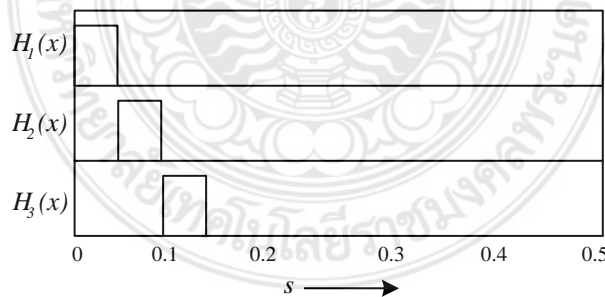
(ข)

รูปที่ ๓.๘ ภาพสัญญาณไซน์ซอนด์สองช่วงสั้น ๒ ความถี่ปนกับสัญญาณรบกวน  
 (ก) สัญญาณความถี่  
 (ข) สเปกตรัมของ Amplitude spectrum และ Phase spectrum

การแปลงฟูเรียร์สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบของสัญญาณ เนื่องจากว่าตำแหน่งของข้อมูลที่อยู่ในเฟสของการแปลงฟูเรียร์นั้นทำได้ยากต่อการนำมาวิเคราะห์ สเปกตรัมของแอมพลิจูดแสดงให้เห็นสองบอกซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบของสัญญาณ ดังรูปที่ ๓.๘(ข) แสดงให้เห็นว่าสเปกตรัมเฟสของสัญญาณซึ่งไม่ได้ให้ข้อมูลที่เพียงพอต่อการบอกตำแหน่งขององค์ประกอบของสัญญาณ

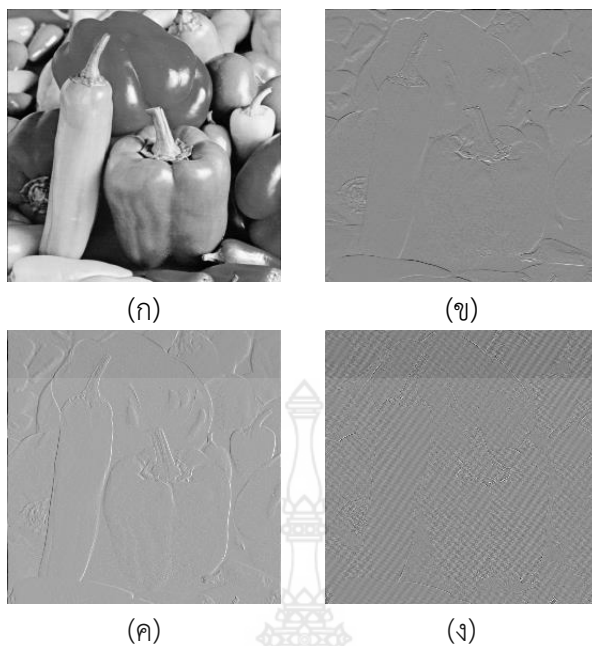


(ก)



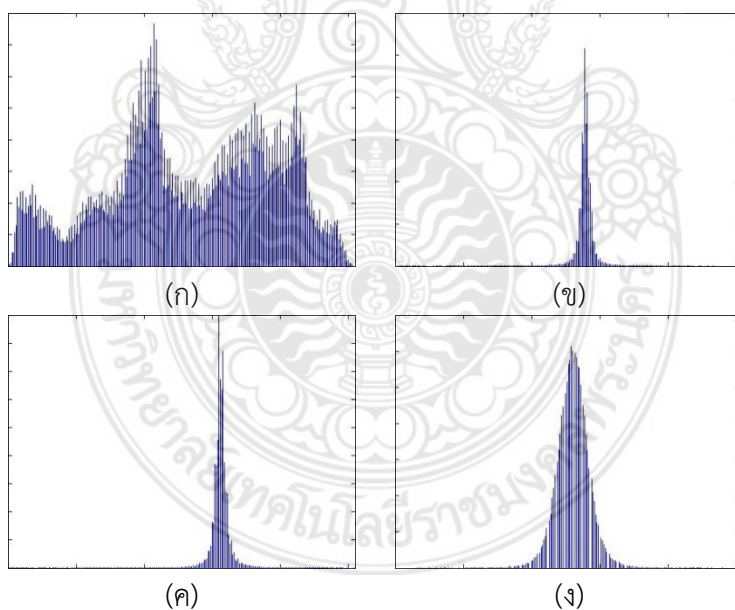
(ข)

รูปที่ ๓.๙ ภาพตัวกรองความถี่โดยการแบ่งส่วนของแกนความถี่  
 (ก) การตอบสนองอิมพัลส์  
 (ข) ฟังก์ชันส่งผ่านของ (ก)



รูปที่ ๓.๑๐ ภาพจากการแปลงเวฟเล็ดสองมิติ

- (ก) ภาพผลลัพธ์จากการแปลงเวฟเล็ดย่านความถี่ Approximation
- (ข) ภาพผลลัพธ์จากการแปลงเวฟเล็ดย่านความถี่ Horizontal
- (ค) ภาพผลลัพธ์จากการแปลงเวฟเล็ดย่านความถี่ Vertical
- (ง) ภาพผลลัพธ์จากการแปลงเวฟเล็ดย่านความถี่ Diagonal



รูปที่ ๓.๑๑ ภาพจากการแปลงเวฟเล็ดสองมิติ

- (ก) ภาพฮิสโตแกรมของรูปที่ ๓.๑๐ (ก)
- (ข) ภาพฮิสโตแกรมของรูปที่ ๓.๑๐ (ข)
- (ค) ภาพฮิสโตแกรมของรูปที่ ๓.๑๐ (ค)
- (ง) ภาพฮิสโตแกรมของรูปที่ ๓.๑๐ (ง)

### ๓.๘ สรุปผลการทดลอง

กระบวนการแปลงเวฟเล็ตกับข้อมูลภาพดิจิทัลโดยใช้การแปลงเวฟเล็ตสองมิติแบบไม่ต่อเนื่องนั้น เพื่อที่จะแยกสัญญาณของข้อมูลภาพหลักออกจากสัญญาณรบกวน ซึ่งสัญญาณรบกวนในงานวิจัยนี้ได้ประกอบไปด้วย ๓ ส่วน คือ สัญญาณบนย่านความถี่ Horizontal สัญญาณบนย่านความถี่ Vertical และสัญญาณบนย่านความถี่ Diagonal ซึ่งผลการทดลองที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตสองมิตินั้น ทำให้ขนาดข้อมูลภาพต้นฉบับลดลงทางด้านกว้างและยาวอย่างละร้อยละ ๕๐ และฮิสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากการแปลงเวฟเล็ตนั้น ข้อมูลหลักจะกระจายตัวอยู่ในช่วง  $X_0$  ถึง  $X_{L-1}$  และย่านของสัญญาณรบกวนจะกระจายอยู่ในช่วงแคบ ๆ



## บทที่ ๔

### ผลการทดลอง

#### ๔.๑ บทนำ

บทนี้จะเป็นการกล่าวถึงผลการทดลองโดยการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพ (Global Histogram Equalization : GHE) การปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็นสองส่วน (Brightness Preserving Bi-histogram Equalization : BBHE) และการปรับปรุงคุณภาพภาพโดยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมออกเป็นสองส่วนผ่านทางเวฟเล็ต (Bi-Histogram Equalization Via ๒-D Discrete Wavelet Transform: BHE๒DW) โดยในกระบวนการ BHE๒DW นี้ ได้ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมบนย่าน Approximation ทั้งช่วง (BHE๒DW-๑) และทำการปรับเท่าโดยแบ่งฮิสโตแกรมบนย่าน Approximation โดยแบ่งออกเป็นสองส่วนผ่านทางค่า CDF (BHE๒DW-๒)

กระบวนการปรับเท่าฮิสโตแกรม BHE๒DW ได้ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมบนย่าน Approximation โดยทำการปรับช่วงการกระจายตัวของค่าระดับสีเทา (Scaling) ค่าที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตให้อยู่ในช่วง  $X_0 - X_{L-1}$  จากนั้น ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งช่วง (Histogram Equalization: HE) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นิยามวิธีการนี้ว่า BHE๒DW-๑ เพื่อทำการเปรียบเทียบกับวิธีการเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งฮิสโตแกรมบนย่าน Approximation ออกเป็นสองช่วง (Bi-Histogram Equalization: BHE) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นิยามวิธีการนี้ว่า BHE๒DW-๒

เมื่อได้ค่าภาพผลลัพธ์จากกระบวนการดังกล่าวข้างต้น นำไปหาค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์ (AMBE) ซึ่งเป็นกระบวนการวัดค่าผิดพลาดระหว่างภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์ เพื่อเปรียบเทียบหาค่าความสว่างที่สูญหายไประหว่างการปรับเท่าฮิสโตแกรมภาพ

#### ๔.๒ รูปภาพที่นำมาทดสอบ

รูปภาพทั้งหมดที่ได้นำมาทดสอบนี้เป็นรูปภาพมาตรฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในวงการงานวิจัยทางด้านการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) ซึ่งภาพทั้งหมดนี้สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ <http://sipi.usc.edu/database/database.php?volume=misc&image=๑๑> ซึ่งรายละเอียดภาพของแต่ละภาพถูกแสดงไว้ในตารางที่ ๔.๑

ตารางที่ ๔.๑ แสดงรายละเอียดของภาพที่นำมาทดสอบ

ลำดับ	ชื่อไฟล์	ชื่อที่ถูกเรียกในงานวิจัย	ขนาด
๑	๕.๑.๑๐	Aerial๐๑	๒๕๖x๒๕๖
๒	๕.๒.๐๙	Aerial๐๒	๕๑๒x๕๑๒
๓	๕.๓.๐๒	Airport	๑๐๒๔x๑๐๒๔
๔	๗.๑.๑๐	Car and APCs	๕๑๒x๕๑๒
๕	๔.๑.๐๑	Girl	๒๕๖x๒๕๖
๖	๔.๒.๐๑	Splash	๕๑๒x๕๑๒

ตารางที่ ๔.๑(ต่อ) แสดงรายละเอียดของภาพที่นำมาทดสอบ

ลำดับ	ชื่อไฟล์	ชื่อที่ถูกเรียกในงานวิจัย	ขนาด
๗	๗.๑.๐๗	Tank	๕๑๒x๕๑๒
๘	๔.๒.๐๒	Tiffany	๕๑๒x๕๑๒
๙	๗.๑.๐๕	Track and APCs	๕๑๒x๕๑๒
๑๐	๗.๑.๐๑	Truck	๕๑๒x๕๑๒
๑๑	๗.๒.๐๑	U๒	๑๐๒๔x๑๐๒๔

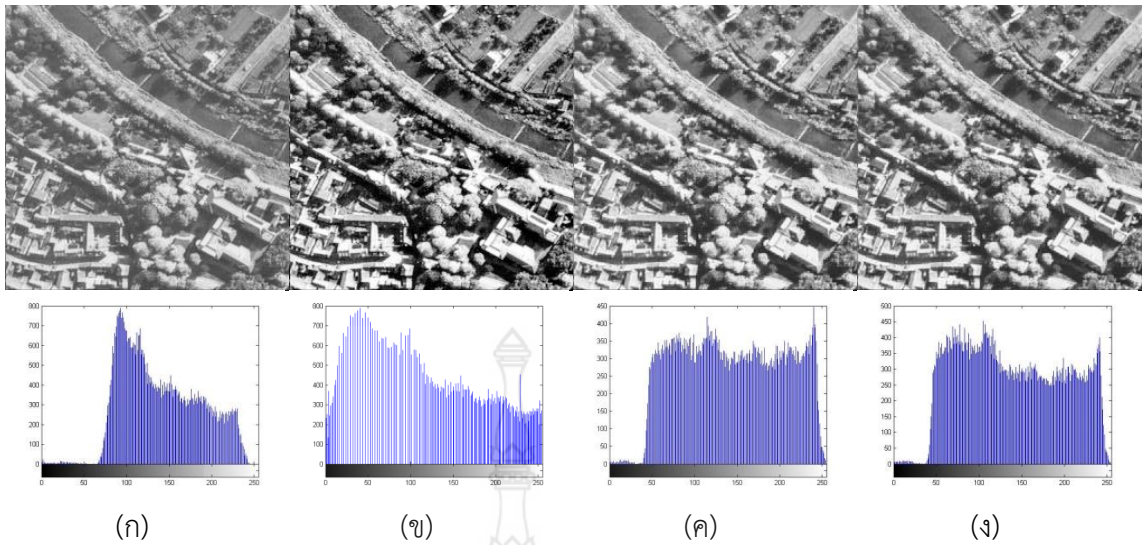
ภาพต้นฉบับทั้งหมดที่เป็นภาพสีก่อนที่จะทำการทดสอบจะต้องถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของภาพ Gray Scale ก่อนนำไปประมวลผลภาพ โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม MATLAB๒๐๑๒a รุ่น ๓๒ บิตในการประมวลผลภาพ

การปรับปรุงคุณภาพภาพโดยวิธีการปรับเท่าสีสโตแกรมออกเป็นสองส่วนผ่านทางเวฟเล็ต เป็นการปรับปรุงคุณภาพของภาพดิจิทัลให้มีค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับมากขึ้น โดยรักษาค่าระดับสีเทาของภาพผลลัพธ์ให้อยู่ระดับเดียวกัน (Equalization) มากที่สุด โดยนำภาพต้นฉบับมาทำการแปลงภาพ (Composition) โดยใช้เวฟเล็ตไม่ต่อเนื่องสองมิติ จากนั้นนำภาพที่ได้ในย่าน Approximation มาทำการปรับเท่าสีสโตแกรมโดยใช้ HE และโดยแบ่งออกเป็นสองส่วนโดยใช้ทฤษฎีของ BBHE ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงภาพจะถูกนำมาแปลงกลับ (Decomposition) โดยใช้เวฟเล็ตผกผันไม่ต่อเนื่องสองมิติ

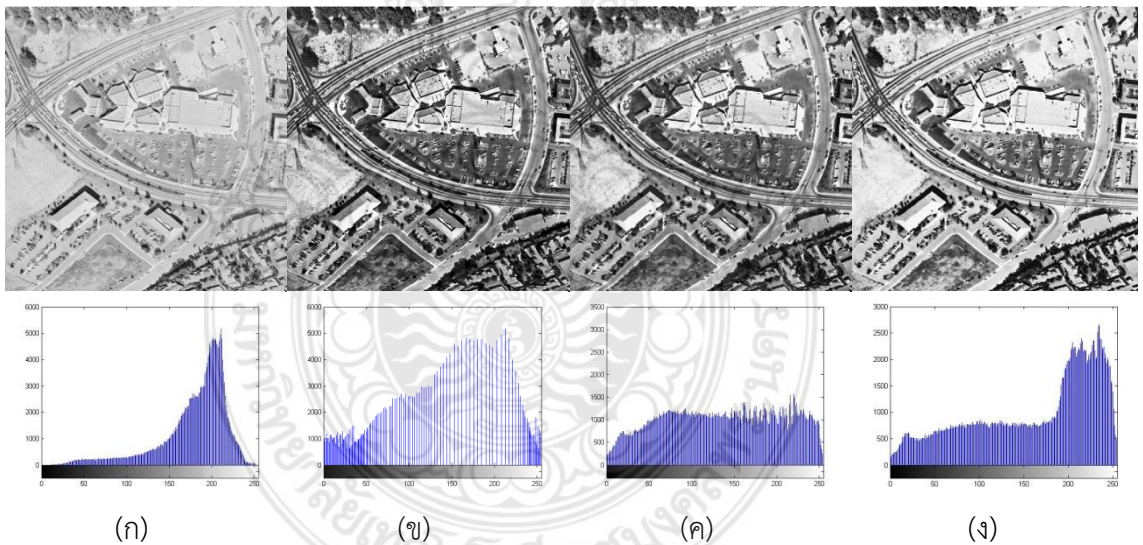
#### ๔.๓ ผลการทดลองการเปรียบเทียบการทดลองภาพต้นฉบับกับวิธีการ BHE๒DW

ในส่วนนี้คณะผู้จัดทำจะนำเสนอการแสดงผลของการหาค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์ของวิธี HE วิธี BBHE และวิธีที่คณะผู้จัดทำได้นำเสนอเป็นวิธี BHE๒DW รูปภาพผลลัพธ์และตารางแสดงค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์เอาไว้ในรูปแบบที่ ๔.๑ – รูปที่ ๔.๑๑ และตารางที่ ๔.๒

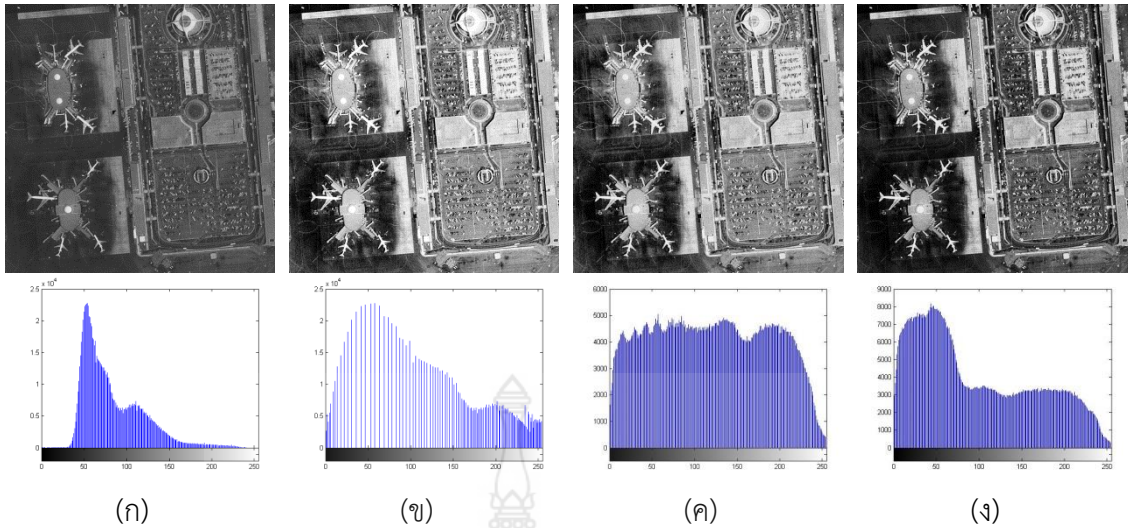




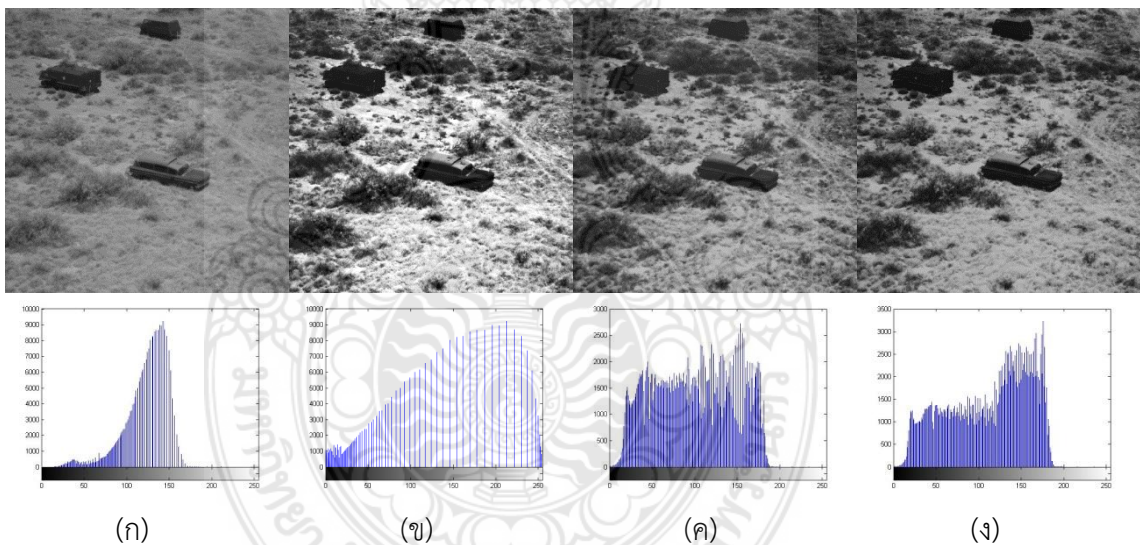
**รูปที่ ๔.๑** แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Aerial๑  
 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ  
 (ข) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE  
 (ค) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑  
 (ง) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒



**รูปที่ ๔.๒** แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Aerial๒  
 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ  
 (ข) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE  
 (ค) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑  
 (ง) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒

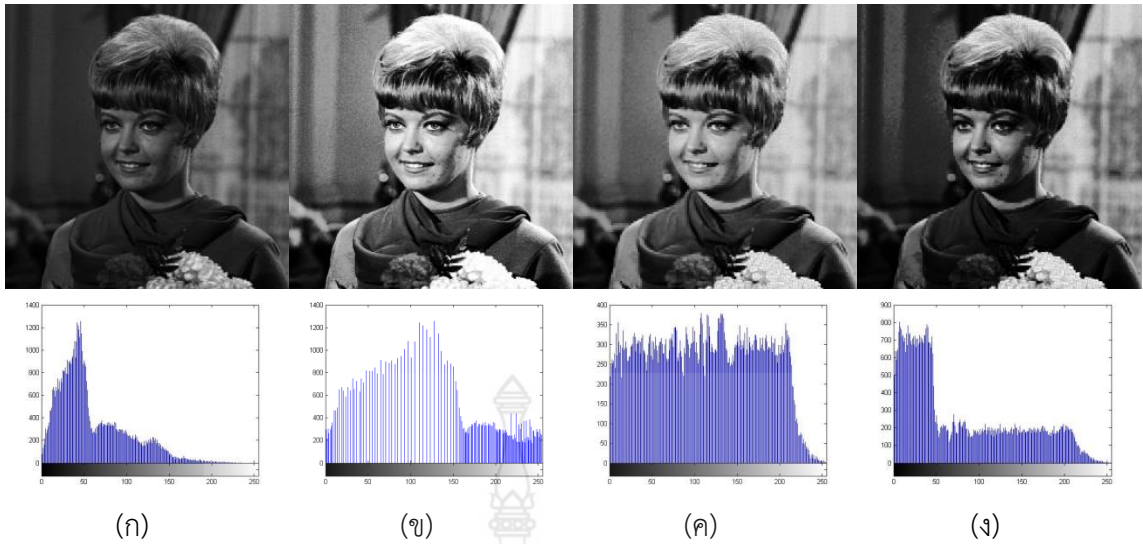


รูปที่ ๔.๓ แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Airport  
 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ  
 (ข) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE  
 (ค) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑  
 (ง) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒



รูปที่ ๔.๔ แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Car and APCs  
 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ  
 (ข) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE  
 (ค) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑  
 (ง) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒





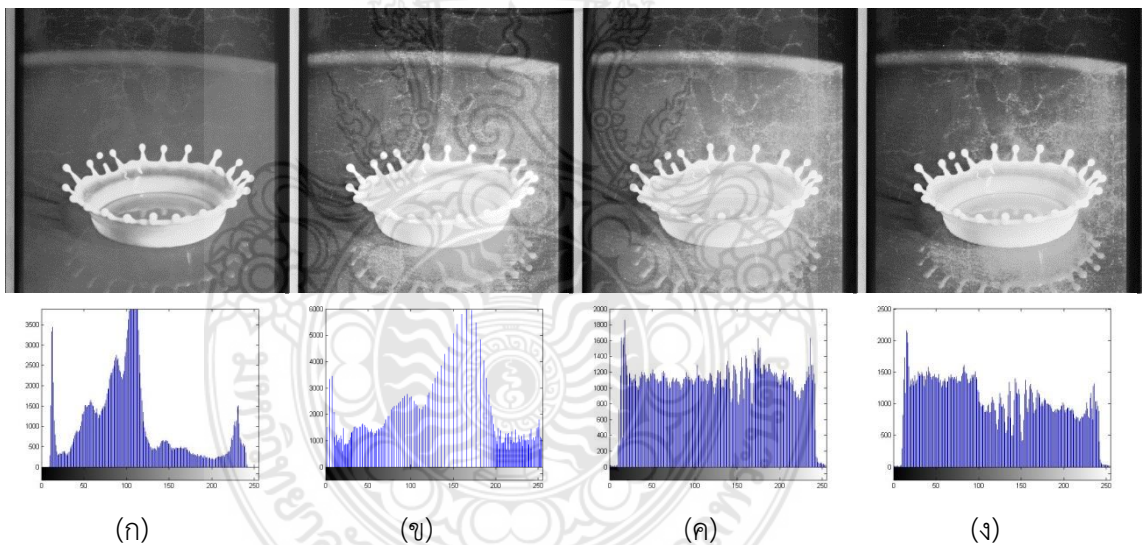
รูปที่ ๔.๕ แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Girl

(ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE

(ค) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑

(ง) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒



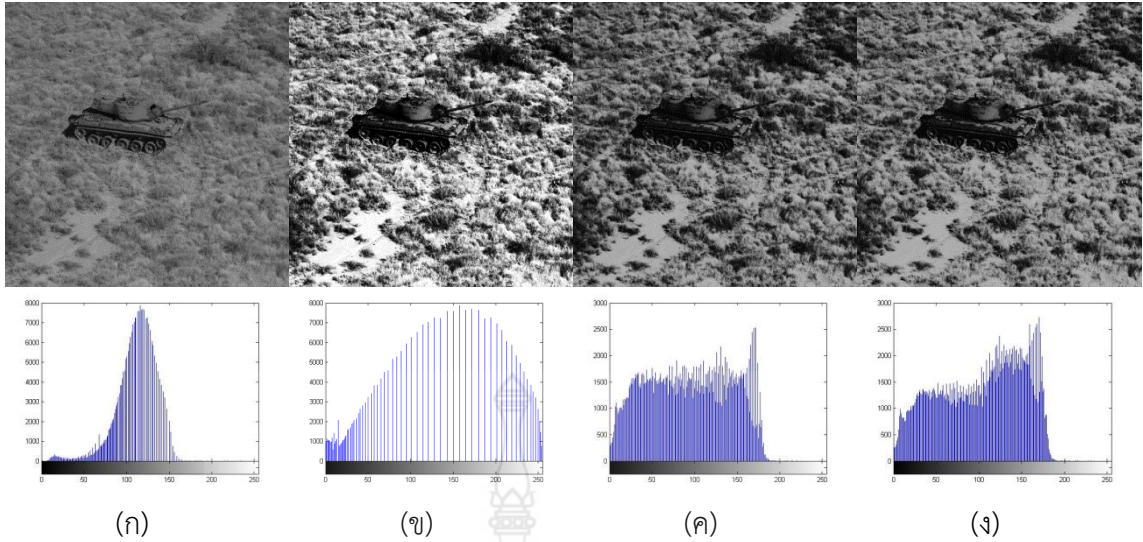
รูปที่ ๔.๖ แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Splash

(ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE

(ค) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑

(ง) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒



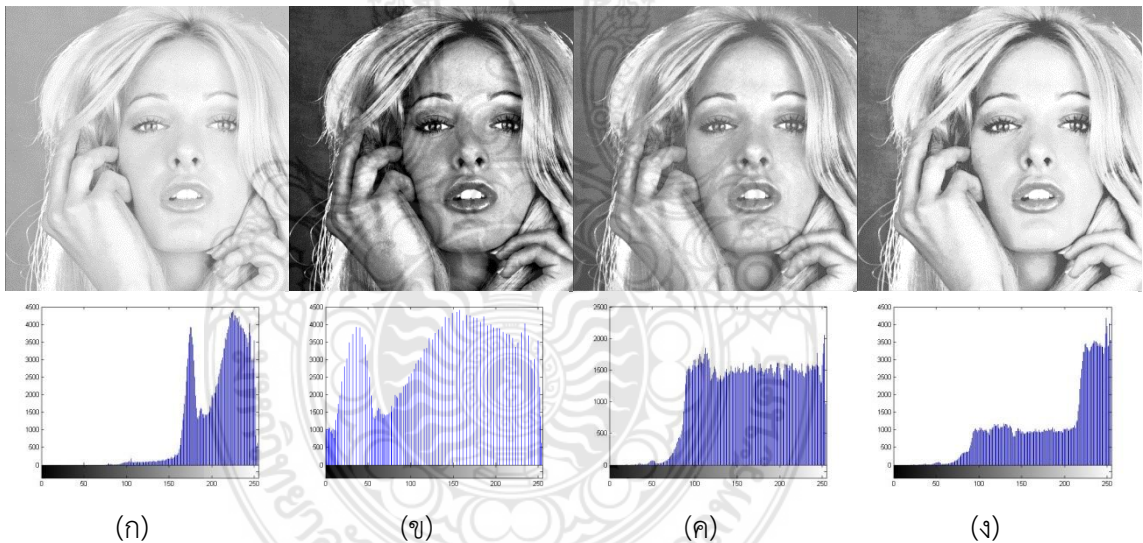
รูปที่ ๔.๗ แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Tank

(ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE

(ค) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑

(ง) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒



รูปที่ ๔.๘ แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Tiffany

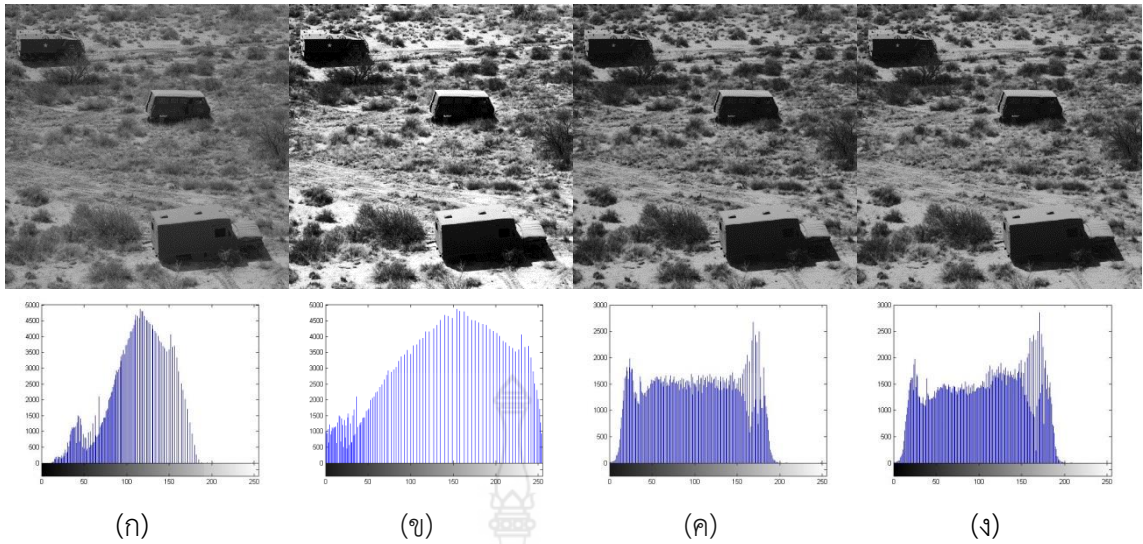
(ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE

(ค) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑

(ง) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒





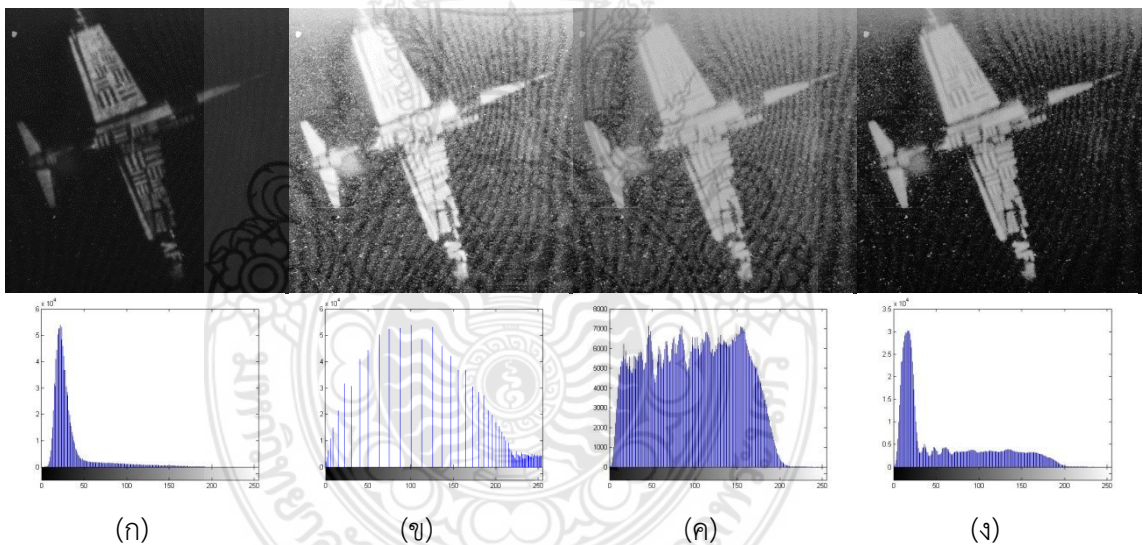
รูปที่ ๔.๙ แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ Track and APCs

(ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE

(ค) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑

(ง) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒



รูปที่ ๔.๑๐ แสดงการเปรียบเทียบการทดลองของภาพ U๒

(ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี HE

(ค) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๑

(ง) ภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมภาพผลลัพธ์โดยใช้วิธี BHE๒DW-๒

ตารางที่ ๔.๒ แสดงค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์ของภาพผลลัพธ์ HE, BHE และ BHEDW

ชื่อภาพ	HE	BHE	BHE๒DW-๑	BHE๒DW-๒
Aerial๐๑	๑๒.๑๕๔๔๒	๑๐.๕๙๔๑๐	๓.๘๑๒๔	๑.๘๑๑๔
Aerial๐๒	๕๑.๗๗๔๓๖	๒๐.๗๕๘๖๓	๔๖.๐๕๖๕	๑๗.๙๖๔๕
Airport	๔๕.๙๖๐๓๑	๑๗.๒๑๕๙๓	๓๗.๒๘๓๘	๑๓.๕๕๐๑
Car and APCs	๑๑.๐๔๓๐๐	๗.๗๔๓๙๓	๑๘.๙๒๙๐	๗.๑๐๔๗
Girl	๖๙.๙๕๑๑๙	๒๘.๕๕๔๙๑	๕๒.๙๑๘๖	๑๙.๑๗๘๑
Splash	๒๕.๔๔๒๖๖	๑๑.๕๖๗๖๘	๒๓.๔๖๘๑	๑๐.๘๖๘๓
Tank	๒๑.๗๖๓๐๘	๑๒.๗๕๖๕๓	๑๕.๒๙๓๐	๖.๕๒๙๕
Tiffany	๘๒.๑๖๑๖๓	๓๘.๐๓๕๗๒	๔๒.๓๐๑๙	๑๘.๒๗๑๒
Track and APCs	๒๒.๖๓๗๒๗	๑๑.๗๔๗๑๒	๖.๘๘๔๕	๒.๘๐๑๑
Truck	๒๓.๐๓๒๑๗	๑๔.๙๑๖๕๑	๑๘.๑๐๔๔	๕.๒๑๓๔
U๒	๙๘.๘๑๗๔๐	๔๑.๔๗๐๙๑	๖๖.๔๖๙๔	๒๙.๔๐๗๕

#### ๔.๔ สรุปผลการทดลอง

การปรับปรุงคุณภาพภาพโดยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมออกเป็นสองส่วนผ่านทางเวฟเล็ตเป็นการปรับปรุงคุณภาพของภาพดิจิทัลให้มีความคมชัดสูงขึ้น โดยทำการแยกสัญญาณของภาพออกจากสัญญาณรบกวนโดยใช้การแปลงเวฟเล็ตสองมิติแบบไม่ต่อเนื่อง ผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตนั้นจะให้ค่าจำนวนจริง ซึ่งอยู่ในช่วง  $X_{\nu} - X_{\nu}$  ดังนั้นต้องทำการปรับค่าระดับสีเทาใหม่ ให้เป็นเลขจำนวนเต็มบวก ซึ่งกระจายตัวอยู่บนค่าระดับสีเทา  $X_0 - X_{L-1}$  จากนั้นคำนวณหาค่าความหนาแน่นสะสมของข้อมูล จากนั้น ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพ โดยใช้กระบวนการของ HE และ BHE จากนั้นนำค่าภาพผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการดังกล่าว ทำการแปลงค่าระดับสีเทาจาก  $X_0 - X_{L-1}$  เป็น  $X_{\nu} - X_{\nu}$  เพื่อให้สามารถแปลงเวฟเล็ตผกผันสองมิติแบบไม่ต่อเนื่องได้ จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์ระหว่างภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์ที่ได้

จากการทดลอง พบว่ากระบวนการของ HE ทำให้ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ที่ได้มีความแตกต่างกันมา เนื่องจากการปรับฮิสโตแกรมใหม่ให้มีการกระจายตัวอย่างเต็มที่ ตั้งแต่  $X_0 - X_{L-1}$  โดยค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพของ HE จะเข้าสู่ค่าระดับสีเทาที่ ๑๒๘ ดังนั้น เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับกับภาพผลลัพธ์แล้ว ทำให้มีค่า AMBE ที่สูง แต่ให้ความแตกต่างของค่าระดับสีเทาภายในภาพสูงด้วยเช่นกัน จากปัญหาดังกล่าว ทำให้กระบวนการของ BHE นำมาช่วยแก้ปัญหาได้ โดยแบ่งฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับออกเป็นสองส่วนผ่านทางค่า CDF ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการแบ่งค่าระดับสีเทาที่มีค่า CDF ใกล้เคียง ๐.๕ มากที่สุด เพื่อเป็นการแบ่งกลุ่มของมัลติพลาออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน จากนั้นทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมอย่างอิสระซึ่งกันและกัน ทำให้ค่า AMBE ลดลง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับวิธีของ HE แต่วิธีการดังกล่าวนี้ ทั้งสองวิธีเป็นการปรับเท่าฮิสโตแกรมบนข้อมูลภาพหลักซึ่งรวมถึงสัญญาณรบกวนเข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งวิเคราะห์ได้ว่าสัญญาณรบกวนแบบสุ่มของข้อมูลภาพเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลภาพหลักด้วย

ดังนั้น กระบวนการปรับเท่าฮิสโตแกรมผ่านทางเวฟเล็ต จะทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมซึ่งเป็นฮิสโตแกรมของข้อมูลภาพเพียงเท่านั้น ส่งผลให้สัญญาณรบกวนแบบสุ่มอยู่ที่ตำแหน่งเดิม รวมถึงขอบ

ของวัตถุภายในภาพทั้งขอบแนวตั้งและขอบแนวนอน จากการปรับเท่าฮีสโตแกรมผ่านทางเวฟเล็ตนั้น ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ ๔.๒ BHE๒DW-๑ ทำให้ค่า AMBE ลดลงเมื่อทำการเปรียบเทียบกับวิธีการของ HE และยังคงส่งผลให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้ใกล้เคียงกับวิธีการของ HE ดังที่ได้แสดงในรูปที่ ๔.๑ (ค) ถึงรูปที่ ๔.๑๐ (ค) นอกจากนี้การปรับเท่าฮีสโตแกรมผ่านทางเวฟเล็ตโดยการแบ่งฮีสโตแกรมออกเป็นสองส่วน ทำให้ค่า AMBE ของภาพผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปที่ ๔.๑ (ง) ถึงรูปที่ ๔.๑๐ (ง) และแสดงค่า AMBE ในตารางที่ ๔.๒ BHE๒DW-๒ มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับทุกวิธี และยังคงรักษาความคมชัดของภาพผลลัพธ์ให้ดีกว่าต้นฉบับ



## บทที่ ๕

# สรุปปัญหาและข้อเสนอแนะ

### ๕.๑ สรุปผลการวิจัย

ในการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพดิจิทัลที่ได้ถูกนำมาแสดงผลบนหน้าจอความละเอียดสูงนั้น สามารถทำได้ยาก เนื่องจากต้องรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพที่ถูกแสดงผลและต้องการรักษาข้อมูลหรือรายละเอียดของข้อมูลภาพเอาไว้ด้วย โดยปกติทั่วไปแล้ว การปรับความคมชัดของภาพดิจิทัลที่ถูกนำมาแสดงผลบนหน้าจอความละเอียดสูงนั้น สามารถทำได้หลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้ ต้องการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพดิจิทัลของภาพผลลัพธ์และรักษาอัตราการกระจายตัวของข้อมูลดิจิทัลเอาไว้ด้วย โดยได้นำเสนอการปรับปรุงคุณภาพภาพโดยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมออกเป็นสองส่วนผ่านทางเวฟเล็ตโดยมีขั้นตอนของกระบวนการดังนี้

- ทำการแยกข้อมูลภาพโดยใช้เวฟเล็ตสองมิติแบบไม่ต่อเนื่อง เพื่อแยกสัญญาณหลักออกจากสัญญาณรบกวนอื่น ๆ
- ทำการคำนวณหาระดับสีเทาใหม่ ให้อยู่ในช่วง  $X_0 - X_{L-1}$  เนื่องจากค่าที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตนั้น เป็นข้อมูลตัวเลขจำนวนจริงอยู่ในช่วง  $X_{-M} - X_M$
- นำข้อมูลภาพบนย่าน Approximation ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้กระบวนการของ HE และ BBHE ตามลำดับ
- นำข้อมูลภาพผลลัพธ์ทำการคำนวณหาระดับสีเทาใหม่ จากช่วง  $X_0 - X_{L-1}$  เป็นช่วง  $X_{-M} - X_M$  ตามค่าเริ่มต้นและค่าสิ้นสุดของเวฟเล็ต
- นำข้อมูลภาพดังกล่าวนำมาทำการแปลงเวฟเล็ตผกผัน โดยเวฟเล็ตจะนำค่าที่ได้ไปรวมกับสัญญาณอื่น ๆ ที่จากการแปลงเวฟเล็ต

### ๕.๒ ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่พบในการทำวิจัยนี้ คือ ในส่วนของการปรับค่าระดับสีเทาที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตนั้น จะมีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้น เนื่องจากมีการคำนวณจากค่าจำนวนจริงเป็นค่าของจำนวนเต็มบวก และการแปลงเวฟเล็ตกลับนั้น จะต้องแปลงจากข้อมูลเลขจำนวนเต็มบวกไปเป็นจำนวนจริง ทำให้ขอบเขตของกลุ่มข้อมูลเกิดความผิดพลาดเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่ในกรณีข้อมูลภาพต้นฉบับมีการกระจายตัวอย่างไม่สม่ำเสมอ อาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดเกิดขึ้นได้

ปัญหาอีกส่วนหนึ่งที่พบกันบ่อยในงานวิจัยการประมวลผลภาพ ก็คือ การจองหน่วยความจำในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ เนื่องจากขนาดของภาพที่ใช้มีขนาดใหญ่ จึงทำให้ข้อมูลภาพมีขนาดหน่วยความจำที่มีขนาดสูงขึ้น สำหรับเก็บตำแหน่งข้อมูลในพื้นที่ย่อย และข้อมูลในตำแหน่งต่าง ๆ ของภาพ ทำให้การประมวลผลภาพนั้นเป็นไปได้ช้า แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์นั้นได้ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว หากผู้ที่จะทำการวิจัยสามารถหาเครื่องมือที่รองรับความต้องการเหล่านี้ได้ การพัฒนาการวิจัยจะสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงยังสามารถลดระยะเวลาในการเข้าถึงของข้อมูลได้



ข้อเสนอแนะที่จะนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนา คือ สามารถนำกระบวนการดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับภาพสีขนาด ๒๔ บิตได้ แต่ยังคงมีปัญหาในเรื่องของระยะเวลาในการประมวลผล (Time Processing) เนื่องจากขนาดของข้อมูลขึ้นกับจำนวนจุดภาพ



## บรรณานุกรม

- J. S. Lim, Two-Dimensional single and Image Processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, ๑๙๙๐.
- R. C. Gonzalez and P. Wintz, Digital Image Processing, ๒nd Ed., Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Massachusetts, ๑๙๘๗.
- J. Zimmerman, S. Pizer, E. Staab, E. Perry, W. McCartney, and B. Brenton, "Evaluation of the effectiveness of adaptive histogram equalization for contrast enhancement," IEEE Trans. on Medical Image, pp. ๓๐๔ – ๓๑๒, Dec. ๑๙๘๘.
- Y. Li, W. Wang, and D. Y. Yu, "Application of adaptive histogram equalization to x-ray chest image." Proc. of the SPIE, pp. ๕๑๓ – ๕๑๔, vol. ๒๓๒๑, ๑๙๙๔.
- Yeong – Taeg Kim, "Method and circuit for video enhancement based on the mean separate histogram equalization," filed in a Korean patent, March ๙, ๑๙๙๖, Appl. No. ๖๒๑๙.
- Yeong – Taeg Kim, "Method and circuit for video enhancement based on the qualzaed mean separate histogram equalization," filed in a Korean patent, March ๙, ๑๙๙๖, Appl. No. ๖๒๒๐.
- R. C. Gonzalez, and R. E. Woods, Digital image processing, ๓rd ed., Upper Saddle River, N. J., Prentice Hall, ๒๐๐๘.
- K. Yeong – Taeg, "contrast enhancement using brightness preserving bi-histogram equalization," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. ๔๓, no. ๑, pp. ๑ – ๘, ๑๙๙๗.
- W. Yu, C. Qian, and Z. Beamin, "Image enhancement based on equal area dualistic sub-image histogram equalization method," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. ๔๕, no. ๑, pp. ๖๘ – ๗๘, ๑๙๙๙.
- S. D. Chen, and A. R. Ramli, "Contrast enhancement using recursive mean-separate histogram equalization for scalable brightness preservation," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. ๔๙, no. ๔, pp. ๑๓๐๑ – ๑๓๐๙, Nov, ๒๐๐๓.

- S. M. Pizer, E. P. Amburn, J. D. Austin, R. Cromartie, A. Geselowitz et al., "Adaptive Histogram Equalization and Its Variations," Computer Vision Graphics and Image Processing, vol. ၈၄, no. ၈, pp. ၈၃၃ – ၈၆၄, Sep, ၁၉၈၅.
- S. Yang, J. H. Oh, and Y. Park, "Contrast enhancement using histogram equalization with bin underflow and bin overflow," ၂၀၀၈ International Conference on Image Processing, vol ၈, Proceedings, pp. ၄၄၈ – ၄၄၉, ၂၀၀၈.
- T. Kim, and J. Pail, "Adaptive Contrast Enhancement Using Gain Controllable Clipped Histogram Equalization," IEEE Trans, Consumer Electronics, vol. ၄၄, no. ၄, pp. ၈၀၈ – ၈၁၀, Nov, ၂၀၀၈.
- C. M. Tsai, and Z. M. Yeh, "Contrast enhancement by automatic and parameter-free piecewise linear transformation for color images," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. ၄၄, no. ၂, pp. ၂၈၈ – ၂၉၄, May, ၂၀၀၈.
- S. A. Karunasekera, and N. G. Kingsbury, "A Distortion Measure for Blocking Artifacts in Images Based on Human Visual Sensitivity," IEEE Trans. Image Processing, vol. ၄, no. ၆, pp. ၈၈၈ – ၈၉၄, Jun, ၁၉၉၅.
- S. Chen and A. R. Ramli "Minimum mean brightness error bi-histogram equalization in contrast enhancement" IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. ၄၄, no. ၄, pp. ၈၈၀-၈၈၄, ၂၀၀၈.
- S. Chen and A. R. Ram "Alization for scalable brightness preservation" IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. ၄၄, no. ၄, pp. ၈၈၀-၈၈၄, ၂၀၀၈.
- K. S. Sim, C. P. Tso and Y. Y. Tan "Recursive sub-image histogram equalization applied to gray-scale images" Pattern Recognition Letters, vol. ၂၄, pp. ၁၂၀၄-၁၂၁၈, ၂၀၀၅.
- Q. Wang and R. K. Ward "Fast image/video contrast enhancement based on weighted thresholded histogram equalization" IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. ၄၈, no. ၂, pp. ၈၅၅-၈၆၄, ၂၀၀၅.

- D. Menotti, L. Najman, J. Facon and A. A. Araujo "Multi-histogram equalization methods for contrast enhancement and brightness preserving" IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. ၄၈, no. ၈, pp. ၁၁၄၁-၁၁၄၄, ၂၀၀၇.
- Gorai, A.; Ghosh, A "Gray-level Image Enhancement By Particle Swarm Optimization" Machine Intell. Unit, Indian Stat. Inst., Kolkata, India Dec-၂၀၀၄ p-၈၂-၈၄. Coimbatore.
- Fan Yang, Jin Wu "An Improved Image Contrast Enhancement in Multiple-Peak Images Based on Histogram Equalization", International Conference On Computer Design And Applications (ICDDA ၂၀၁၀).
- Abdullah-Al-Wadud, M. Kabir, M.H. Dewan, M.A.A. Oksam Cha, "A Dynamic Histogram Equalization for Image Contrast Enhancement", Kyung Hee Univ., Seoul. Vol.၄၈, page ၄၄၈, USA.
- Nyamkhangva Sengee and Heung Kook Choi. "Brightness Preserving Weight Clustering Histogram Equalization", International Conference On Computer Design And Applications (ICDDA ၂၀၁၀)
- Min Shi Qingming Yi Jianming Gong "Blocking Effect Reduction Based on Human Visual System for Highly Compressed Images", Ottawa, Ont. May, ၂၀၀၆.
- Manisha Bhagwat, R.K. Krishna & V.E. Pise "Image Segmentation by Improved Watershed Transformation in Programming Environment MATLAB" Nagpur University, Chandrapur, India Vol. ၁, no. ၂, July-Dec ၂၀၁၀, pp. ၁၈၁-၁၈၄.
- Kabir, Abdulla and Chae, "Brightness preserving image contrast enhancement using weighted mixture of global and local transformation function", International Arab journal of IT, vol. ၈ no. ၄ Oct, ၂၀၁၀.

ภาคผนวก ก.

ต้นแบบโปรแกรมการแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำ



```
tic
clc
clear all
close all
img = imread('.....filename.....');
[X, Y] = size(img);
for i = ๑:X
    for j = ๑:Y
        newimg(i, j) = (img(i, j, ๑) + img(i, j, ๒) + img(i, j, ๓)) / ๓);
    end
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 = ๒๕๕;  
    newimg = ((img - xmin) / (xmax - xmin)) * range;  
    newimg = uint๘(newimg);
```



ภาคผนวก ง.

ต้นแบบโปรแกรมการปรับค่าการกระจายตัวของค่าระดับสีเทาผกผัน



```
function [newimg] = invimscaling(img, min๑, max๑);  
img = double(img);  
newimg = (((img - ๐) / ๒๕๕) * (max๑ - min๑)) + min๑;
```



ภาคผนวก จ.

ต้นแบบโปรแกรมการปรับเท่าฮีสโตแกรมออกเป็นสองส่วน



```

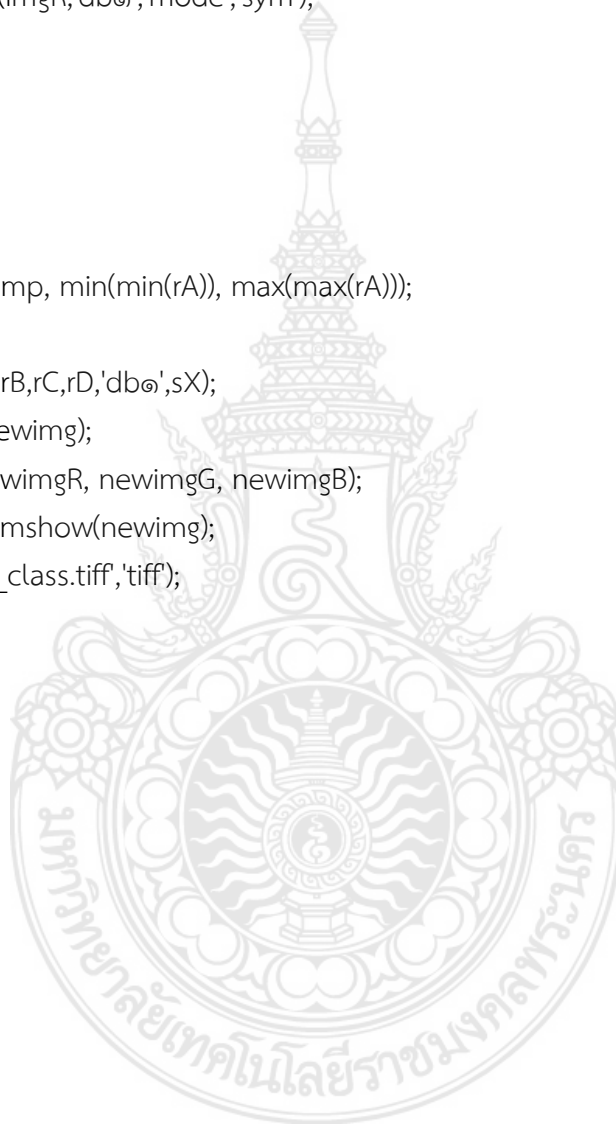
function [newimg] = histeq๒(img)
    lower = ๐;
    upper = ๒๕๕;
    nn = cumsum(imhist(img));
    c = nn/max(nn);
    threshold(๑) = max(find(c <= ๐.๕));
    oldlevel = lower:upper;
    clear c
    %-----CDF recalculation-----
    nn = imhist(img);
    p๑ = nn(lower+๑:threshold(๑)+๑)/max(cumsum(nn(lower+๑:threshold(๑)+๑)));
    c๑ = cumsum(p๑); clear p๑
    p๒ = nn(threshold(๑)+๒:upper+๑)/max(cumsum(nn(threshold(๑)+๒:upper+๑)));
    c๒ = cumsum(p๒); clear p๒
    [x๑, y๑] = size(c๑);
    for i = ๑:x๑
        newlevel(i) = round(lower + (threshold(๑) - lower)*c๑(i));
    end
    [x๒, y๒] = size(c๒);
    for i = ๑:x๒
        newlevel(i+x๑) = round(threshold(๑) + (upper - threshold(๑))*c๒(i));
    end
    newimg = img;
    for i = ๑:(upper-lower)
        newimg(find(img==oldlevel(i))) = newlevel(i);
    end
end

```

ภาคผนวก ฉ.  
ต้นแบบโปรแกรมหลัก



```
clc
clear all
close all
img = imread('filename');
imgR = img(:,:,๑);
imgG = img(:,:,๒);
imgB = img(:,:,๓);
[rA,rB,rC,rD] = dwt๒(imgR,'db๑','mode','sym');
A = imscaling(rA);
B = imscaling(rB);
C = imscaling(rC);
D = imscaling(rD);
temp = histeq๒(A);
rA = invimscaling(temp, min(min(rA)), max(max(rA)));
sX = size(imgR);
newimg = idwt๒(rA,rB,rC,rD,'db๑',sX);
newimgR = uint๘(newimg);
newimg = cat(๓, newimgR, newimgG, newimgB);
imshow(img);figure;imshow(newimg);
imwrite(newimg, '๑_class.tiff','tiff');
```





## ประวัติผู้วิจัย

### นายทวีศักดิ์ ตรงศิริกุล

วศ.ม. การวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วศ.บ. ไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

### รางวัลและเกียรติประวัติ

- ได้รับทุนการศึกษาต่อ ณ สหรัฐอเมริกา แคนาดา ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ หรือประเทศในทวีปยุโรป กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ประจำปี พ.ศ. ๒๕๕๕
- ได้รับทุนการศึกษาต่อ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ปี พ.ศ. ๒๕๕๑
- ได้รับปริญญาตรีเกียรตินิยม อันดับที่ ๑ จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- ได้รับรางวัลงานวิจัยดีเด่น ในการประชุมทางวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ ๕ ประเภทบทความวิจัยด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

### ประสบการณ์งานสอน

อาจารย์ประจำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

### งานวิจัยที่สนใจ

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

### งานวิจัย

- Improvement Program for Heat Balance Analysis Fuel to Steam Efficiency ปีที่พิมพ์ พ.ศ. ๒๕๕๑ ๘<sup>th</sup> International Conference on Electronics, Hardware, Wireless, Optical Communications(EHAC'๐๘)
- Improvement Program for Heat Balance Analysis Fuel to Steam Efficiency Boiler and Wireless Transducer Controlled ปีที่พิมพ์ พ.ศ. ๒๕๕๑ International Journal of Computers and Communications Issue ๓, Volume ๒, ๒๐๐๘, pp. ๖๙-๗๖
- เครื่องตรวจสอบความขาวของเม็ดพลาสติกในงานอุตสาหกรรม ปีที่พิมพ์ พ.ศ. ๒๕๕๓ ๒<sup>nd</sup> ECTI-Card ๒๐๑๐
- Sub-region enhancement with mean brightness preserving ปีที่พิมพ์ พ.ศ. ๒๕๕๔ ๓๓<sup>rd</sup> ECCON
- Mean Brightness Preserving in Sub-Region Sharpening via Histogram Equalization ๒๐๑๐ the ๓<sup>rd</sup> IEEE International Conference on Machine Vision (ICMV)

## ประวัติผู้วิจัย

### นายณัฐพงศ์ พันธนะ

วศ.ม. การวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วศ.ด. วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### รางวัลและเกียรติประวัติ

- ได้รับรางวัลงานวิจัยดีเด่น ในการประชุมทางวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ ๕ ประเภทบทความวิจัยด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

### ประสบการณ์งานสอน

อาจารย์ประจำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

### งานวิจัยที่สนใจ

- การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (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 ๒๐๐๗ ในสาขา on CIRCUITS, SYSTEMS, SIGNAL and TELECOMMUNICATIONS (CISST'๐๗) จัดขึ้น ณ Gold Coast, Queensland ประเทศ Australia วันที่ ๑๗-๑๙ มกราคม ๒๕๕๐
- "Image Enhancement with Minimum Mean Brightness Error Via Automatic Histogram Dividing" The journals Publication of WSEAS TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING Issue ๒, Volume ๓, February ๒๐๐๗ page ๒๕๕-๒ ๖๑, ISSN: ๑๗๙๐-๕๐๒๒
- "Analysis and control of Shunt-Compensator for mitigating Unbalanced Voltages " The journals publication of AUPEC'๐๗ Australasian Universities Power Engineering Conference , เมือง PERTH ประเทศ Australia ,December ๒๐๐๗
- "การพัฒนาโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์และควบคุมประสิทธิภาพของการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงเป็นไป น้ำด้วยวิธีสมดุลความร้อนของหม้อไอน้ำ" วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ปีที่ ๑ ฉบับที่ ๑ พฤษภาคม ๒๕๕๐