



การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล **ครั้งที่ ๖**

6th Electrical Engineering Network 2014
of Rajamangala University of Technology Conference

นวัตกรรมวิจัยแห่งเทคโนโลยี ตอบสนองเออีซีด้านโครงข่ายพลังงาน

Technology Research Innovation for Responding
to the Energy Network of AEC

Volume II

- อิเล็กทรอนิกส์ (EL)
- ไฟฟ้าสื่อสาร (CM)
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)
- ระบบควบคุมและการวัด (CT)
- การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DS)
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)



๒๖ - ๒๘ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๗

ณ มาร์ไทม์ ปาร์คแอนสปารีสอร์ท จังหวัดกระบี่

ดำเนินการโดย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย



บทความสาขาระบบควบคุมและการวัด (CT)		หน้า
CT-B		
CT12	การพัฒนา Redundant Bus Library สำหรับ Arduino เพื่อเพิ่มความคงทนให้กับระบบควบคุม 1 วัฒนิน หาญณรงค์ 1 เรืองยศ เกตุรักษา 2 สัญญา สมัยมาก 2 วิทยา ทิพย์สุวรรณพร 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 2 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	861
CT13	การประมาณค่าแรงกักโดยใช้กระแสมอเตอร์แกนด้วยตัวสังเกต อติศักดิ์ แจ่มสาริกิจ เขิงชาย สมประชา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	865
บทความสาขากการประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DS)		
DS-A		
DS01	การหาพื้นที่ชิพรีซิสเตอร์ด้วยการกรองแบบมอร์โฟโลยี 1 สุพรรณิ ศิริมาก 2 สุภาวิณี กรสิงห์ 1 จักรี ศรีนนท์ฉัตร 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน	869
DS02	การปรับปรุงคุณภาพของภาพดิจิทัลโดยวิธีการปรับเท่าสีสโตแกรมออกเป็นสองส่วนผ่านทางเวฟเล็ต ทวีศักดิ์ ตรงศิริกุล ฌัฐพงศ์ พันธุ์นะ ชลกาญจน์ วงศ์ก่อทรัพย์ พรยูทธ เยาวศรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	873
DS03	การแยกแยะใบหน้าด้วยวิธี PCA และ SFAM กฤษฎา ทาสันเทียะ ประจวบ อินระวงศ์ วุฒิชัย สง่างาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน	877
DS04	การนับจำนวนของวัตถุที่ทับซ้อนโดยใช้การกรองภาพ นพดลย์ อัญญาธิคม จักรี ศรีนนท์ฉัตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	881
DS05	อัลกอริทึมสำหรับการจำแนกประเภทเมล็ดข้าวขาว 1 โชคชรัตน์ อุทธิเย็น 2 สุชาติ เข้มเม่น 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 2 มหาวิทยาลัยนเรศวร	885
DS06	การสร้างรหัสลับด้วยสถิติชีวภาพ กิรติ อินทวิเศษ นราธร สังข์ประเสริฐ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	889
DS07	การปรับแต่งสัญญาณในโดเมนความถี่แบบปรับตัวได้สำหรับระบบเอพดีเอ็มเอชชนิดคลื่นพาห์เดี่ยว 1 อภิษฎา ทองรัมย์ 2 สุชาติ สิทธีจงสถาพร 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	893

การปรับปรุงคุณภาพของภาพดิจิทัลโดยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมออกเป็นสองส่วนผ่านทางเวฟเล็ต

Contrast Enhancement using Bi-Histogram Equalization Via 2-D Discrete Wavelet Transform

ทวิศักดิ์ ตรงศิริกุล¹ ณัฐพงษ์ พันธุ์นะ² ชลกาญจน์ วงศ์ก่อทรัพย์ พรยุทธ เขาวศรี¹

¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

²สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โทรศัพท์ : ¹02-02-282-9009 ต่อ 7174, ²02-913-2424 ต่อ 150 E-mail: ¹thaweesak.tr@rmutp.ac.th, ²nattapong100@gmail.com

บทคัดย่อ

การปรับเท่าฮิสโตแกรม (Histogram Equalization: HE) เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางเพื่อใช้ปรับความคมชัดของภาพดิจิทัล แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการดังกล่าวนี้ทำให้ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ที่ได้ผิดเพี้ยนไปจากภาพต้นฉบับเดิม ด้วยเหตุนี้ การปรับเท่าฮิสโตแกรมจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีงานวิจัยต่าง ๆ มากมาย [1][2][3][4] ได้คิดค้นวิธีเพื่อที่จะรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์เอาไว้ให้ได้ใกล้เคียงกับต้นฉบับมากที่สุด ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพดิจิทัลโดยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมด้วยการแปลงเวฟเล็ต โดยได้มีการแบ่งฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับออกเป็นสองส่วนด้วยค่าขีดเริ่มเปลี่ยน ด้วยการคำนวณหาจากค่ากลางของฟังก์ชันความหนาแน่นสะสม (Cumulative Density Function: CDF) [2] และทำการแปลงเวฟเล็ตสองมิติโดยแยกสัญญาณจากภาพต้นฉบับออกเป็น 4 ภาพย่อย จากนั้นปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งสองส่วนแยกกันโดยอิสระเฉพาะบนแบนด์เนื่อภาพ Low-Low (LL) ภาพผลลัพธ์ที่ได้ที่เกิดจากการรวมภาพโดยใช้การแปลงเวฟเล็ตสองมิติผกผัน ทำให้ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์มีค่าต่ำลงมาก และยังคงรักษาข้อมูลต่าง ๆ ภายในภาพผลลัพธ์ได้อย่างครบถ้วน

คำสำคัญ: การปรับเท่าฮิสโตแกรม, ฮิสโตแกรมย่อย, เวฟเล็ต, ค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์

Abstract

Histogram Equalization (HE) is commonly used for digital image enhancement, but this technique brings brightness error. Consequently, HE is not suitable for applying in electronic applicants. There is much research[1][2][3][4] that invents to preserve the *Absolute Mean Brightness Error (AMBE)* closed to the brightness of the input image. This research aims to present The Contrast Enhancement using Bi-Histogram Equalization Via 2-D Discrete Wavelet Transform. First, an input image will be decomposed by two dimensional wavelet transformation functions, then, calculating the threshold from the

approximation band via its cumulative density function (CDF). Next, histogram equalization will be divided into two sub-histograms. After that, equalizing sub-histograms on the approximation band using BBHE technique independently before merging via the two dimensional inverse wavelet transformation function to the resulting image. These processes reduce AMBE to close the input image – as well as complete retain much information in an input image.

Keywords: Histogram Equalization, Sub-Histogram, Wavelet Transform, Absolute Mean Brightness Error

1. บทนำ

การปรับเท่าฮิสโตแกรม (Histogram Equalization: HE) เป็นกระบวนการประมวลผลสัญญาณภาพดิจิทัลที่นิยมมากสำหรับการปรับความคมชัดของภาพ [1] กระบวนการดังกล่าวนี้ส่งผลให้ค่าระดับสีเทากระจายตัวโดยขึ้นกับฟังก์ชันของความหนาแน่นสะสมของจุดภาพต้นฉบับในแต่ละค่าระดับสีเทา ดังนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับเท่าฮิสโตแกรมตามกระบวนการดังกล่าวเกิดการยืดออกของฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ โดยกระจายตัวเท่า ๆ กันตลอดทุกช่วงบนค่าระดับสีเทาของภาพผลลัพธ์ กระบวนการดังกล่าวนี้จึงได้ถูกพัฒนาและนำมาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น การประมวลผลภาพทางการแพทย์และการประมวลผลภาพเรดาร์ [2]

กระบวนการดังกล่าวนี้ ก็ยังไม่ได้นำมาใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น โทรศัพท์ เพราะว่าภาพผลลัพธ์ที่ได้มีการเปลี่ยนค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพอย่างมีนัยสำคัญจากภาพต้นฉบับ และทำให้เกิดการทำลายข้อมูลรายละเอียดที่สำคัญของภาพต้นฉบับไป ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นนี้ กระบวนการปรับเท่าฮิสโตแกรมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับไปอยู่ที่กลางของค่าระดับสีเทาโดยไม่ได้คำนึงถึงคุณสมบัติของภาพต้นฉบับแต่อย่างใด

ภายหลังจากนั้น ได้มีการนำเสนอกระบวนการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็นสองส่วน (Brightness Bi-Histogram Equalization: BBHE) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น โดยการแบ่งฮิสโตแกรมภาพ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2014 (EENET 2014)

ต้นฉบับออกเป็นสองส่วน โดยใช้ค่าเฉลี่ยของภาพต้นฉบับเป็นตัวแบ่ง โดยเริ่มจากค่าระดับสีเทาต่ำสุดถึงค่าระดับสีเทาของค่าขีดเริ่มเปลี่ยน และจากค่าระดับสีเทาของค่าขีดเริ่มเปลี่ยนถัดไปจนถึงค่าระดับสีเทาสูงสุดของภาพต้นฉบับ จากนั้นทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมอย่างอิสระซึ่งกันและกัน กระบวนการดังกล่าวนี้ ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ในทางคณิตศาสตร์ และจากการทดลองแล้วว่า กระบวนการนี้สามารถรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ไว้ได้ดีกว่าวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมแบบเดิม [2] ในภายหลังได้มีการนำเสนอกระบวนการปรับเท่าฮิสโตแกรมภาพโดยใช้สัดส่วนของพื้นที่การกระจายตัวของฮิสโตแกรม (Equal Area Dualistic Sub-Image Histogram Equalization: DSIHE) เพื่อที่จะลดข้อเสียของวิธีการ BBHE และได้ถูกนำเสนอว่าสามารถรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพและข้อมูลภายในของภาพต้นฉบับ (Entropy) ไว้ได้ดีกว่าวิธีการก่อนหน้า โดยวิธีการของ DSIHE นั้น ได้ใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนจากการคำนวณค่าของฟังก์ชันความหนาแน่นสะสมของภาพต้นฉบับที่ค่าระดับสีเทาที่มีค่าใกล้เคียง 0.5 วิธีการเลือกใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนนี้ ส่งผลให้ภาพผลลัพธ์มีค่า Entropy สูงสุด เมื่อเทียบกับภาพต้นฉบับ [3] แต่กระบวนการดังกล่าวทั้งหมดที่ได้ถูกกล่าวมาข้างต้น ก็ยังคงมีข้อจำกัดอยู่ โดยเฉพาะภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบสุ่มเกิดขึ้น ทำให้ค่าระดับสีเทาเริ่มต้นและค่าระดับสีเทาสิ้นสุดของภาพต้นฉบับผิดเพี้ยนไป ส่งผลให้ภาพผลลัพธ์มีความผิดพลาดตามไปด้วย

2. การปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็นสองส่วน (Bi-Histogram Equalization: BHE)

กำหนดให้ X_m เป็นค่าเฉลี่ยกลางของภาพต้นฉบับ \mathbf{X} โดยที่ $X_m \in \{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$ และ X_m เป็นค่าที่ใช้แบ่งฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับออกเป็นภาพย่อยที่ \mathbf{X}_L และ \mathbf{X}_U ดังในสมการที่ 1

$$\mathbf{X} = \mathbf{X}_L \cup \mathbf{X}_U \quad (1)$$

โดยที่

$$\mathbf{X}_L = \{X(i, j) | X(i, j) \leq X_m, \forall X(i, j) \in \mathbf{X}\} \quad (2)$$

และ

$$\mathbf{X}_U = \{X(i, j) | X(i, j) > X_m, \forall X(i, j) \in \mathbf{X}\} \quad (3)$$

เมื่อภาพย่อยที่ \mathbf{X}_L ประกอบไปด้วย $\{X_0, X_1, \dots, X_m\}$ และภาพย่อยที่ \mathbf{X}_U ประกอบไปด้วย $\{X_{m+1}, X_{m+2}, \dots, X_{L-1}\}$ จากนั้น คำนวณค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function: PDF) จากภาพย่อยที่ \mathbf{X}_L และ \mathbf{X}_U ดังในสมการที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

$$p_L(X_k) = \frac{n_L^k}{n_L} \quad (4)$$

เมื่อ $k = 0, 1, \dots, m$ และ

$$p_U(X_k) = \frac{n_U^k}{n_U} \quad (5)$$

เมื่อ $k = m+1, m+2, \dots, L-1$ โดยที่ n_L^k และ n_U^k เป็นจำนวนจุดภาพในระค่าสีเทาที่ X_k ของภาพย่อยที่ \mathbf{X}_L และ \mathbf{X}_U และ n_L และ n_U เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพย่อยที่ \mathbf{X}_L และ \mathbf{X}_U ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขดังกล่าวจากสมการที่ 4 และ 5 ตามลำดับ จะได้ว่า $n_L = \sum_{k=0}^m n_L^k, n_U = \sum_{k=m+1}^{L-1} n_U^k$ และ $n = n_L + n_U$ จากนั้นสามารถเขียนสมการเพื่อคำนวณค่าความหนาแน่นสะสม (Cumulative Density Function: CDF) จากสมการที่ 6 และ 7 ตามลำดับ

$$c_L(x) = \sum_{j=0}^m p_L(X_j) \quad (6)$$

และ

$$c_U(x) = \sum_{j=m+1}^{L-1} p_U(X_j) \quad (7)$$

เมื่อ $X_k = x$ ดังนั้น จะได้ว่า $c_L(X_m) = 1$ และ $c_U(X_{L-1}) = 1$ ด้วยเช่นกัน ในทำนองเดียวกันกับวิธีการของ HE[1] สามารถเขียนฟังก์ชันส่งผ่านเพื่อใช้สำหรับเปลี่ยนค่าระดับสีเทาเดิมเป็นค่าระดับสีเทาใหม่ได้จากสมการที่ 8 และ 9 ตามลำดับ

$$f_L(x) = X_0 + (X_m - X_0) \cdot c_L(x) \quad (8)$$

และ

$$f_U(x) = X_{m+1} + (X_{L-1} - X_{m+1}) \cdot c_U(x) \quad (9)$$

จากสมการที่ 8 และ 9 การปรับเท่าฮิสโตแกรมจะถูกการปรับเท่าอย่างอิสระซึ่งกันและกัน ดังอธิบายได้จากสมการที่ 10 และ 11

$$\mathbf{Y} = \{Y(i, j)\} \quad (10)$$

$$\mathbf{Y} = f_L(\mathbf{X}_L) \cup f_U(\mathbf{X}_U) \quad (11)$$

เมื่อ

$$f_L(X_L) = \{f_L(X(i, j)) | \forall X(i, j) \in X_L\} \quad (12)$$

$$f_U(X_U) = \{f_U(X(i, j)) | \forall X(i, j) \in X_U\} \quad (13)$$

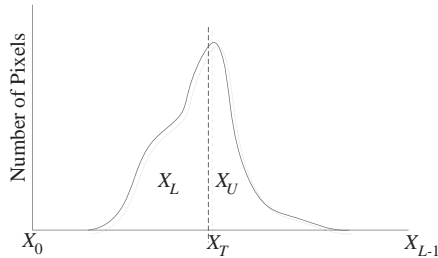
จากสมการที่ 6 และสมการที่ 7 ถ้า $0 \leq c_L(x), c_U(x) \leq 1$ แล้ว จะพบว่า การปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพย่อย \mathbf{X}_L จะถูกปรับเท่าเกินช่วงของ X_0 ถึง X_m และ \mathbf{X}_U จะถูกปรับเท่าเกินช่วงของ X_{m+1} ถึง X_{L-1} ด้วย ดังนั้น ความผิดพลาดจากการคำนวณด้วยสมการดังกล่าวส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2014 (EENET 2014)

ภาพผลลัพธ์ของ \mathbf{X}_L ในช่วง X_0 ถึง X_m มีค่าสูงขึ้น ในทำนองเดียวกัน ค่าเฉลี่ยของภาพผลลัพธ์ของ \mathbf{X}_U ในช่วง X_{m+1} ถึง X_{L-1} มีค่าต่ำลง เช่นกัน



รูปที่ 1 แสดงการแบ่งฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับออกเป็นสองส่วน

3. การตรวจสอบค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์ (Absolute Mean Brightness Error: AMBE)

กำหนดให้ภาพต้นฉบับ \mathbf{X} เป็นตัวแปรชนิดสุ่มบนฟังก์ชันต่อเนื่อง และ $L = \infty$ ดังนั้น ภาพผลลัพธ์ \mathbf{Y} เป็นตัวแปรชนิดสุ่มบนฟังก์ชันต่อเนื่องด้วยเช่นกัน เมื่อพิจารณาจากการปรับเท่าฮิสโตแกรมแบบ HE[1] สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 14

$$p(x) = \frac{1}{X_{L-1} + X_0} \quad (14)$$

เมื่อ $X_0 \leq x \leq X_{L-1}$ ดังนั้นค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์สามารถเขียนได้เป็นสมการที่ 15

$$E(\mathbf{Y}) = \int_{X_0}^{X_{L-1}} xp(x)dx \quad (15)$$

$$E(\mathbf{Y}) = \int_{X_0}^{X_{L-1}} \frac{x}{X_{L-1} - X_0} dx \quad (16)$$

$$E(\mathbf{Y}) = \frac{X_{L-1} + X_0}{2} \quad (17)$$

เมื่อ $E(\mathbf{Y})$ เป็นค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ \mathbf{Y} แล้ว ดังนั้น ในสมการที่ 17 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความสว่างที่ได้จากการกระบวนการปรับเท่าฮิสโตแกรมแบบ HE นั้น ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์มีค่าอยู่กึ่งกลางระหว่างค่าระดับสีเทาเริ่มต้นถึงค่าระดับสีเทาสิ้นสุดของฮิสโตแกรม ดังนั้น กระบวนการปรับเท่าฮิสโตแกรมแบบ BBHE [2] ได้ใช้ค่า X_m เป็นค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเพื่อใช้ในการแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็นสองส่วนนั้น ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์สามารถเขียนได้ในสมการที่ 18

$$E(\mathbf{Y}) = E(\mathbf{Y}|\mathbf{X} \leq X_m) \Pr(\mathbf{X} \leq X_m) + E(\mathbf{Y}|\mathbf{X} > X_m) \Pr(\mathbf{X} > X_m) \quad (18)$$

$$E(\mathbf{Y}) = \frac{1}{2} \{E(\mathbf{Y}|\mathbf{X} \leq X_m) + E(\mathbf{Y}|\mathbf{X} > X_m)\} \quad (19)$$

เมื่อ $\Pr(\mathbf{X} \leq X_m) = \Pr(\mathbf{X} > X_m) = \frac{1}{2}$ โดยที่ภาพต้นฉบับ \mathbf{X} ได้ถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนโดยใช้ค่า X_m ดังที่ได้แสดงในสมการที่ 17 แล้วนั้น สามารถเขียนใหม่ได้เป็นสมการที่ 20 และ 21

$$E(\mathbf{Y}|\mathbf{X} \leq X_m) = (X_0 + X_m)/2 \quad (20)$$

และ

$$E(\mathbf{Y}|\mathbf{X} > X_m) = (X_m + X_{L-1})/2 \quad (21)$$

แทนค่าสมการที่ 20 และสมการที่ 21 ลงในสมการที่ 19 จะได้ดังนี้

$$E(\mathbf{Y}) = (X_m + X_g)/2 \quad (22)$$

โดยที่

$$X_g = (X_0 + X_{L-1})/2 \quad (23)$$

ดังนั้น ในการหาค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์ระหว่างภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์ที่ถูกทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็นสองส่วนนั้น สามารถหาค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์ได้จากสมการที่ 22

$$AMBE = |E(\mathbf{X}) - E(\mathbf{Y})| \quad (24)$$

โดยที่ $E(\mathbf{X})$ เป็นค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับและ $E(\mathbf{Y})$ เป็นค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดของภาพผลลัพธ์

4. การแปลงเวฟเล็ตสองมิติ (2D Wavelet Transform)

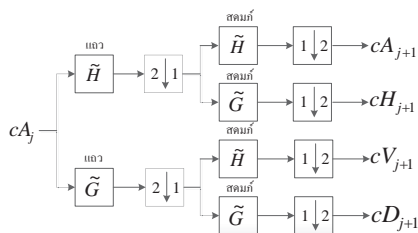
การแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยสองมิติ (Two Dimensional Discrete Wave Transform) จะประกอบไปด้วยสัญญาณที่เป็นองค์ประกอบตามแถวด้วยตัวกรองความถี่ต่ำ (\tilde{H}) และตัวกรองความถี่สูง (\tilde{G}) โดยเก็บข้อมูล 1 แถว จากจำนวนข้อมูล 2 แถว ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะประกอบด้วยทั้งความถี่สูงและความถี่ต่ำ จำนวน 2 ชุด จากนั้นนำผลลัพธ์ดังกล่าวจำนวน 2 ชุด นำไปกรองความถี่ โดยเก็บข้อมูล 1 หลัก จากจำนวนข้อมูล 2 หลัก เมื่อผ่านกระบวนการดังกล่าวแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยสองมิติจะประกอบไปด้วยข้อมูลย่อยจำนวน 4 ชุด คือ cA_{j+1} (Approximation Band), cH_{j+1} (Horizontal

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6

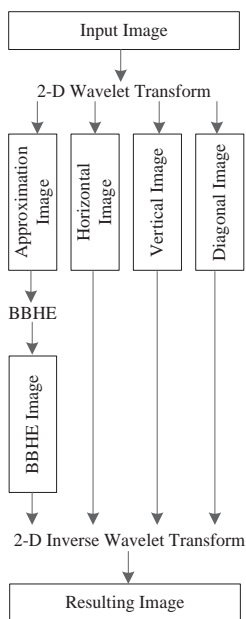
Proceedings of the 6th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2014 (EENET 2014)

Band), cV_{j+1} (Vertical Band) และ cD_{j+1} (Diagonal Band) ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วยสองมิติ

5. การปรับแก้ฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็นสองส่วนผ่านทางเวฟเลต



รูปที่ 3 แสดงการปรับแก้ฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็นสองส่วนผ่านทางเวฟเลต

การปรับแก้ฮิสโตแกรมผ่านทางเวฟเลตนั้น ทำได้โดยนำภาพต้นฉบับมาทำการแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วยสองมิติ จากนั้นทำการปรับแก้ผลลัพธ์ที่ได้ให้อยู่ในช่วง X_0 ถึง X_{L-1} จากนั้นให้ทำการปรับแก้ฮิสโตแกรมโดยใช้ขั้นตอนการปรับแก้ฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็นสองส่วน ดังที่ได้อธิบายในหัวข้อที่ 2 เมื่อได้ภาพผลลัพธ์จากการปรับแก้ฮิสโตแกรมแล้ว ให้ทำการแปลงช่วงข้อมูลของภาพผลลัพธ์จากในช่วง X_0 ถึง X_{L-1} ให้อยู่ในช่วงเดิมของเวฟเลตแม่ แล้วทำการแปลงเวฟเลตผกผันแบบเต็มหน่วยสองมิติกลับ เพื่อให้ได้ค่าของภาพผลลัพธ์ทั้งภาพ

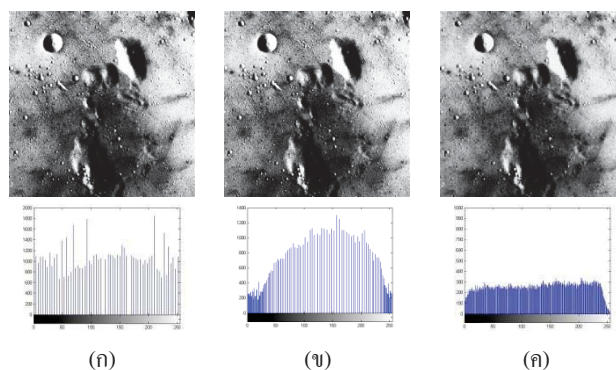
6. สรุปผลการทดลอง

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า การปรับแก้ฮิสโตแกรมผ่านทางเวฟเลตโดยใช้ BBHE เป็นวิธีการปรับแก้ฮิสโตแกรมในช่วง X_0 ถึง

X_{L-1} ทำให้ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ลดลง และทำให้ค่าของภาพผลลัพธ์ที่มีความชัดเจนขึ้นดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4 (ค)

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์

	การปรับฮิสโตแกรมทั้งภาพ (GHE)	การปรับฮิสโตแกรมผ่านเวฟเลต	
		HE	BBHE
Moon Surface	127.6213	3.2934	0.3099
Tiffany	83.3255	42.3019	18.2712
Sailboat on lake	2.2604	1.7154	0.0506



รูปที่ 4 แสดงภาพผลลัพธ์ของภาพ Moon and Surface (ก) ภาพผลลัพธ์ของวิธีการ GHE (ข) ภาพผลลัพธ์ของวิธีการ HE ซึ่งถูกกระทำในเวฟเลต (ค) ภาพผลลัพธ์ของวิธีการ BBHE ซึ่งถูกกระทำในเวฟเลต

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายจ่ายแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และขอขอบคุณนางสาวโยธกา ไพลี นายปัญญา วชิรอากาศ ที่ช่วยเหลืองานวิจัยฉบับนี้ได้อย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Scott E Umbaugh, Computer Vision and Image Processing, Prentice Hall: New Jersey, 1998, pp. 209.
- [2] Yeong-Taeg Kim, "Contrast Enhancement Using Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization," IEEE Trans Consumer Electronics, vol. 43, no. 1, pp. 1-8, Feb. 1997.
- [3] Yu Wan, Qian Chen and Bao-Min Zhang., "Image Enhancement Based On Equal Area Dualistic Sub-Image Histogram Equalization Method," IEEE Trans Consumer Electronics, vol. 45, no. 1, pp. 68-75, Feb. 1999.
- [4] W. Yu, C. Qian, and Z. Beamin, "Image enhancement based on equal area dualistic sub-image histogram equalization method," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 45, no. 1, pp. 68 – 78, 1999.