

การปรับความคมชัดของภาพ ด้วยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมแบบถ่วงน้ำหนักแยกส่วน

Image Enhancement Using Weighted Bi-Histogram Equalization

ทวีศักดิ์ ตรงศิริกุล¹ ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ² จูติพงษ์ เย็นนุ่ม¹ และนายพิชัย สีดา¹

¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โทรศัพท์ : 02-02-282-9009 ต่อ 7174 E-mail: thaweesak.tr@rmutp.ac.th

²สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โทรศัพท์ : 02-913-2424 ต่อ 150 E-mail: nattapong100@gmail.com

บทคัดย่อ

การปรับความคมชัดของภาพเป็นกระบวนการสำหรับภาพปรับปรุงคุณภาพของภาพในการประมวลผลสัญญาณดิจิทัล โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอมพิวเตอร์ หรือคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาอัลกอริทึมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อการปรับปรุงคุณภาพของภาพผลลัพธ์ให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ โดยมนุษย์หรือระบบการมองเห็นของหุ่นยนต์ ภาคอุตสาหกรรม ในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอการปรับความคมชัดของภาพดิจิทัลด้วยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมออกเป็นสองส่วน โดยใช้ตัวถ่วงน้ำหนักแยกส่วน จากนั้นทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมต้นฉบับออกอย่างอิสระซึ่งกัน โดยภาพผลลัพธ์ที่ได้จะส่งผลให้มีความคมชัดมากขึ้นกว่าภาพต้นฉบับ และรักษาความผิดพลาดสัมบูรณ์ของภาพผลลัพธ์ไว้ได้ ตีความวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพ

คำสำคัญ: การปรับเท่าฮิสโตแกรม, การปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้ตัวถ่วงน้ำหนัก, เชนเนนเกรด, ค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์

Abstract

Image enhancement is one of using in various digital signal processing areas. Advances in microcontrollers, DSP boards and computers have been developed traditional algorithms to improve the quality of the resulting image. This paper aims to present the contrast enhancement using weighted bi-histogram equalisation. In addition, this technique must use two weighted factors which are calculated by the histogram distribution ratio. Likewise, an original image will be equalised by the modification of the probability density function of the gray levels. As the experimental results, the contrasts of resulting images are improved for robot vision, implement, and human perception including absolute mean brightness error (AMBE) limitation.

Keywords: Histogram Equalisation, Weighted Histogram Equalisation, Tenengrad, absolute mean brightness error

1. บทนำ

การปรับเท่าฮิสโตแกรม (Histogram Equalisation: HE) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับปรับความคมชัดของภาพ ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมจะมีความคมชัดขึ้น ในกรณีที่ภาพต้นฉบับมีค่าความสว่างของภาพต่ำ การปรับเท่าฮิสโตแกรมนี้ จะส่งผลลัพธ์ให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้มีค่าความสว่างที่สูงขึ้น ข้อมูลที่สำคัญต่าง ๆ ในภาพจะถูกทำให้หายไปหมด [1] หรือในกรณีที่ภาพต้นฉบับมีค่าความสว่างสูง ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับเท่าฮิสโตแกรมนี้ จะทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้มีค่าความสว่างลดลง ทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้มีรายละเอียดที่ไม่ต้องการออกมา

จากปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ ได้มีงานวิจัยต่าง ๆ [2], [3], [4], [5] ที่ได้นำเสนอวิธีการลดค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ที่ได้จากการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพดิจิทัล ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าผิดพลาดโดยใช้การปรับเท่าฮิสโตแกรมแบบถ่วงน้ำหนักแยกส่วนเพื่อที่จะลดค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ให้ได้ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับมากที่สุด

2. การปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพ (Global Histogram Equalisation: GHE)

กำหนดให้ $X_{ori} = \{X_{ori}(i, j)\}$ เป็นภาพข้อมูลของภาพต้นฉบับโดยที่ L เป็นระดับสีเทา ประกอบด้วย $\{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$, เมื่อ $X_{ori}(i, j)$ คือ จุดภาพในลำดับที่ (i, j) และ $X_{ori}(i, j)$ เป็นสมาชิกของ $\{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$

ขั้นตอนที่ 1 : คำนวณ PDF จากสมการดังต่อไปนี้

$$p(l) = \frac{n_l}{N}; l = 0, 1, \dots, L-1 \quad (1)$$

เมื่อ l เป็นลำดับของค่าสีเทา เริ่มต้นจาก 0 ถึง $L - 1$ ของภาพต้นฉบับ X และ n เป็นจำนวนจุดภาพในแต่ละค่าระดับสีเทาในลำดับที่ l และ N คือจำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพต้นฉบับ X

ขั้นตอนที่ 2: การคำนวณ CDF จากสมการดังต่อไปนี้

$$c(l) = \sum_{l=1}^{L-1} p(l) \quad (2)$$

ขั้นตอนที่ 3: จำนวนค่าฟังก์ชันส่งผ่าน จากสมการดังต่อไปนี้

$$f(l) = X_0 + (X_{L-1} - X_0) \cdot c(l) \quad (3)$$

โดยที่ X_0 คือ ค่าระดับสีเทาเริ่มต้นของภาพผลลัพธ์ และ X_{L-1} เป็นค่าระดับสีเทาสิ้นสุดของภาพผลลัพธ์

ขั้นตอนที่ 4: ภาพผลลัพธ์ใหม่ที่เกิดจากการคำนวณในสมการที่ (3)

$$Y = f(X) \quad (4)$$

$$= \{f(X(i, j)) | \forall X(i, j) \in X\} \quad (5)$$

ภาพผลลัพธ์ Y เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพจากภาพต้นฉบับ X โดยที่มีจำนวนจุดภาพ $X(i, j)$ เป็นสมาชิก

3. การปรับเท่าฮิสโตแกรมแบบอ่วงน้ำหนักแยกส่วน

กำหนดให้ $X_{ori} = \{X_{ori}(i, j)\}$ เป็นภาพข้อมูลของภาพต้นฉบับโดยที่ L เป็นระดับสีเทา ประกอบด้วย $\{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$. เมื่อ $X_{ori}(i, j)$ คือ จุดภาพในลำดับที่ (i, j) และ $X_{ori}(i, j)$ เป็นสมาชิกของ $\{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$

ขั้นตอนที่ 1: จำนวน PDF จากสมการดังต่อไปนี้

$$p(a) = \frac{n_a}{N}; a = 0, 1, \dots, L-1 \quad (6)$$

เมื่อ a เป็นลำดับของค่าสีเทา เริ่มต้นจาก 0 ถึง $L - 1$ ของภาพต้นฉบับ X และ n เป็นจำนวนจุดภาพในแต่ละค่าระดับสีเทาในลำดับที่ a และ N คือจำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพต้นฉบับ X

ขั้นตอนที่ 2: การคำนวณ CDF จากสมการดังต่อไปนี้

$$c(a) = \sum_{a=1}^{L-1} p(a) \quad (7)$$

ขั้นตอนที่ 3: จำนวนค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (Threshold) ของภาพต้นฉบับ X จากสมการดังต่อไปนี้

$$r = \lim_{c \rightarrow 0.5} f(X) \quad (8)$$

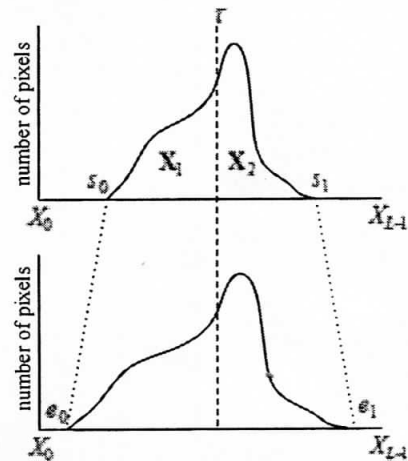
โดยที่ r เป็นค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเพื่อที่ใช้แบ่งฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับออกเป็นสองส่วน

ขั้นตอนที่ 4: จำนวนค่าอ่วงน้ำหนักของภาพทั้งสองกลุ่มจากสมการดังต่อไปนี้

$$w_1 = \frac{s_0}{2\tau} \quad (9)$$

$$w_2 = \frac{s_1 - s_1}{256} + \frac{1}{2} \quad (10)$$

โดยที่ s_0 เป็นค่าระดับสีเทาเริ่มต้นของฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ และ s_1 เป็นค่าระดับสีเทาสิ้นสุดของฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมแบบอ่วงน้ำหนัก

จากรูปที่ 1 กำหนดให้ $X_1 = \{x_1(i, j)\}$ เป็นพื้นที่ย่อยส่วนแรก โดยเริ่มต้นจากค่าระดับสีเทา L เป็นค่าระดับสีเทาต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วย $\{s_0, s_{0+1}, \dots, \tau\}$ และ $X_2 = \{x_2(i, j)\}$ เป็นพื้นที่ย่อยส่วนที่สองเริ่มต้นจากค่าระดับสีเทา L เป็นค่าระดับสีเทาต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วย $\{\tau + 1, \tau + 2, \dots, L - 1\}$.

ขั้นตอนที่ 5: จำนวน PDF ในแต่ละพื้นที่ย่อย จากสมการดังต่อไปนี้

$$p_1(y) = \frac{n_y}{N_1}; y = 0, 1, \dots, \tau \quad (11)$$

$$p_2(z) = \frac{n_z}{N_2}; z = \tau + 1, \tau + 2, \dots, L - 1 \quad (12)$$

โดยที่ n_y เป็นจำนวนจุดภาพบนค่าระดับสีเทาลำดับที่ y จากระดับสีเทาในพื้นที่ย่อย X_1 เริ่มต้นจากค่าระดับสีเทา s_0 ถึง τ และ N_1 เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดในพื้นที่ย่อย X_1 และกำหนดให้ n_z เป็นจำนวนจุดภาพบนค่าระดับสีเทาลำดับที่ z จากระดับสีเทาในพื้นที่ย่อย X_2 เริ่มต้นจากค่าระดับสีเทา $\tau + 1$ ถึง s_1 และ N_2 เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดในพื้นที่ย่อย X_2

ขั้นตอนที่ 6 :คำนวณ CDF ในแต่ละพื้นที่ย่อย จากสมการดังต่อไปนี้

$$c_1(y) = \sum_{p=0}^{\tau} p_1(y) \quad (13)$$

$$c_2(z) = \sum_{z=\tau+1}^{L-1} p_2(z) \quad (14)$$

จากสมการที่ (8) และ (9) $0 \leq c_1(y) \leq 1$ และ $0 \leq c_2(z) \leq 1$ เท่านั้น

ขั้นตอนที่ 7 : คำนวณฟังก์ชันส่งผ่านในแต่ละพื้นที่ย่อย เพื่อหาค่าระดับสีเทาใหม่ของภาพผลลัพธ์ จากสมการดังต่อไปนี้

$$f(y) = \tau[w_1 + c(y) \cdot (1 - w_1)] \quad (15)$$

$$f(z) = (\tau + 1) + [X_{L-1} \cdot w_2 - (\tau + 1)] \cdot c_2(z) \quad (16)$$

ขั้นตอนที่ 8 : ภาพผลลัพธ์ใหม่ที่เกิดจากการคำนวณในสมการที่ (11) และ (16) จากสมการดังต่อไปนี้

$$Y = Y_1 \cup Y_2 \quad (17)$$

$$Y = Y_1(f(y)) \cup Y_2(f(z)) \quad (18)$$

ภาพผลลัพธ์ Y จะถูกปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยอิสระซึ่งกันและกัน ภาพที่เกิดขึ้นใหม่จากพื้นที่ย่อย X_1 จะถูกแสดงด้วยพื้นที่ย่อยใหม่ Y_1 และ X_2 จะถูกแสดงด้วยพื้นที่ย่อยใหม่ Y_2 จากนั้น นำพื้นที่ย่อย Y_1 และ Y_2 มารวมกันดังแสดงในสมการที่ (17) และ (18) จะได้ภาพผลลัพธ์ ดังแสดงในรูปที่ 2(ง) และรูปที่ 3(ง) ตามลำดับ

4.สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง พบว่าวิธีการปรับความคมชัดของภาพ ด้วยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมแบบด่วงน้ำหนักแยกส่วนให้ค่าเฉลี่ยความสว่างคิดผลลาตสัมบูรณ์น้อยกว่าวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพ และวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็นสองส่วน (Bi-Brightness Histogram Equalisation: BBHE) [2] เนื่องจากวิธีการที่ได้นำเสนอได้นำเอาวิธีการคำนวณหาตัวด่วงน้ำหนัก มาช่วยคำนวณหาการกระจายตัว

ของค่าระดับสีเทาใหม่ของภาพ ในวิธีการของ BBHE ได้ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพ โดยเริ่มต้นตั้งแต่ 0 จนถึง $L-1$ นั้น ส่งผลให้ภาพมีความคมชัดสูง แต่ค่าเฉลี่ยความสว่างคิดผลลาตสัมบูรณ์ก็จะสูงตามไปด้วยเช่นเดียวกัน ดังได้แสดงในรูปที่ 2(ค) และรูปที่ 3(ค) ตามลำดับ

วิธีการที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ เป็นการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับ ซึ่งจะสามารถลดข้อมูลที่ผิดพลาดจากการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพได้ ดังที่แสดงในรูปที่ 2(ง) และรูปที่ 3(ง) จะเห็นได้ว่าภาพผลลัพธ์ที่ได้จะคงยังเน้นรายละเอียดของข้อมูลในภาพเช่นเดียวกับวิธีการ BBHE แต่ให้ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์ที่น้อยกว่าดังที่แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยเปรียบเทียบ (AMBE) ด้วยวิธีการ GHE, BBHE และ WBHE

ชื่อภาพ	GHE	BBHE	WBHE
Airport	45.96031	17.21593	15.43191
Car and APCs	13.93107	11.38658	9.63023
Chemical Plant	23.90703	12.16783	2.30620
Girl	17.37088	12.16783	0.06348
Moon Surface	1.35349	1.81264	1.32314
Splash	25.44266	11.56768	0.41983
Tank	21.76308	12.75653	5.79171
Tiffany	82.16163	38.03572	37.81729
Track and APCs	22.63727	11.74712	0.22270
Truck	23.03217	14.91651	7.54406
U2	98.81740	41.47091	25.85977

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ทุนสนับสนุนในโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 ในการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Se-Hwan Yun, Jin Heon Kim and Suki Kim, Contrast Enhancement using a Weighted Histogram Equalization, 2011 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), 2011, pp. 203 - 204.
- [2] YEONG-TAEG KIM, Contrast Enhancement Using Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 43, No. 1 February 1997, pp. 1 - 8.

บทความวิจัย

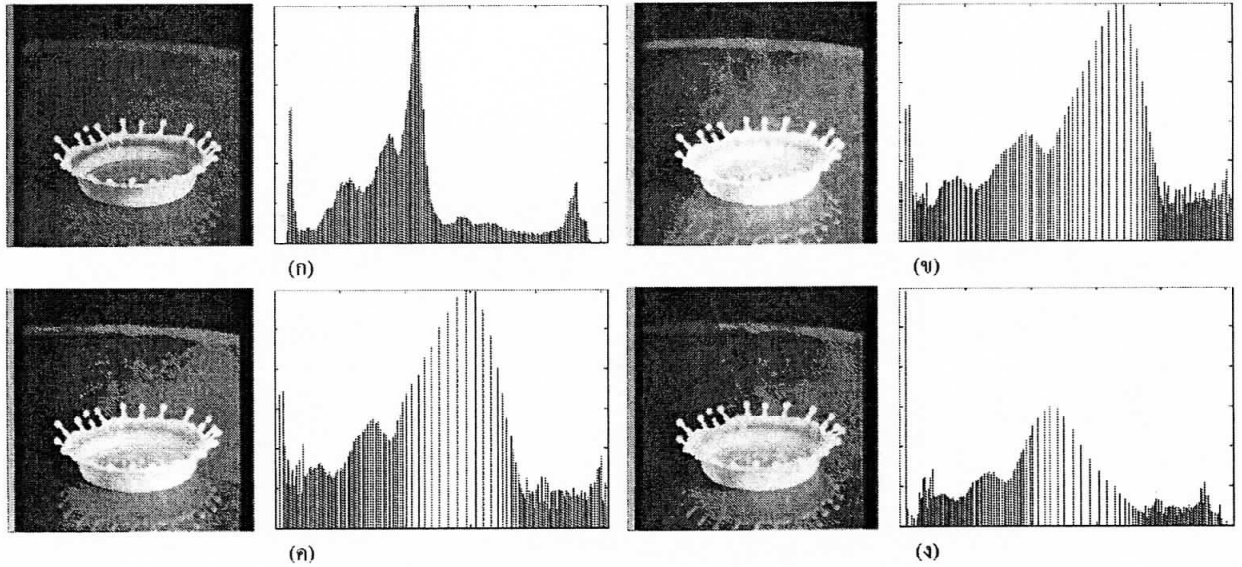
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

Proceeding of The 5th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET 2013)

[3] R. C. Gonzalez and P. Wints, *Digital Image Processing*, 2nd Edition, Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Massachusetts, 1987.

[5] Soong-Der Chen, Ramli and A.R., Minimum Mean Brightness Error Bi-Histogram Equalization in Contrast Enhancement,

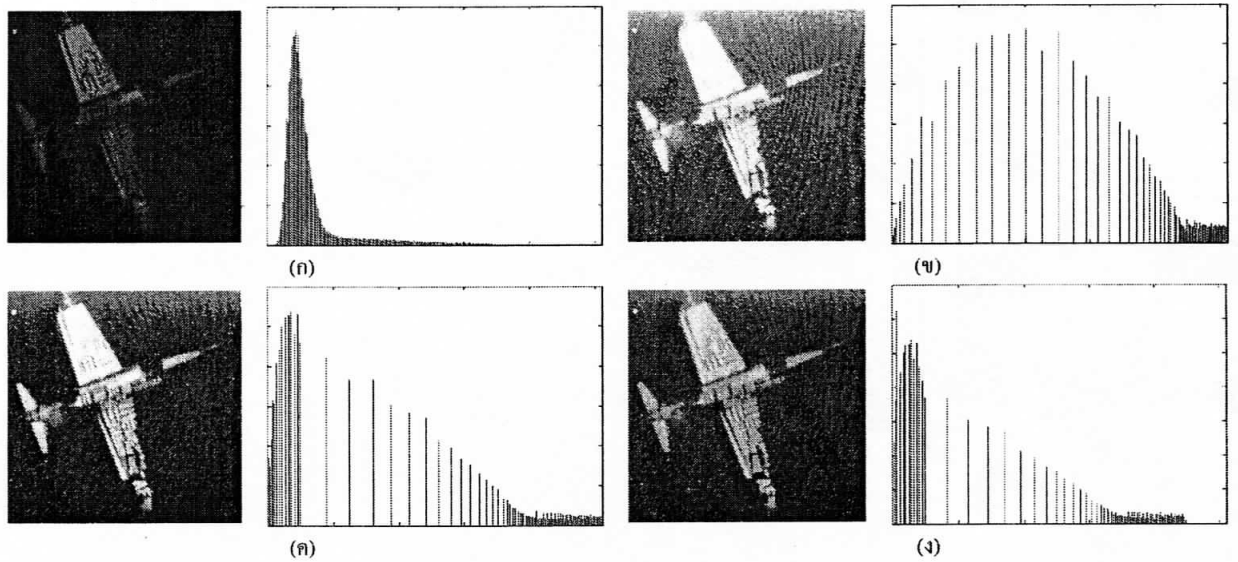
[4] OGE Marques, *Practical Image and Video Processing Using MATLAB*, A John Wiley and Sons. Inc. Publication, 2011



รูปที่ 2 รูปภาพ Splash และฮิสโตแกรมของภาพ

(ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ (ข) ภาพผลลัพธ์จากวิธีการ GHE และฮิสโตแกรมของภาพ

(ค) ภาพผลลัพธ์จากวิธีการ BBHE และฮิสโตแกรมของภาพ (ง) ภาพผลลัพธ์จากวิธีการ WBHE และฮิสโตแกรมของภาพ



รูปที่ 3 รูปภาพ U2 และฮิสโตแกรมของภาพ

(ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ (ข) ภาพผลลัพธ์จากวิธีการ GHE และฮิสโตแกรมของภาพ

(ค) ภาพผลลัพธ์จากวิธีการ BBHE และฮิสโตแกรมของภาพ (ง) ภาพผลลัพธ์จากวิธีการ WBHE และฮิสโตแกรมของภาพ