

บทที่ 3

การปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรม กระจายตามพื้นที่

3.1 บทนำ

การปรับปรุงคุณภาพภาพโดยยังคงรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ โดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่ เป็นการปรับปรุงคุณภาพของภาพดิจิทัลให้มีความคมชัดสูงขึ้น โดยยังคงรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ให้ได้ใกล้เคียงกับต้นฉบับโดยคำนวณจากปัจจัยการกระจายตัวของจุดภาพในแต่ละฮิสโตแกรมของค่าระดับสีเทาของภาพต้นฉบับ เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนความน่าจะเป็นของการกระจายตัวที่มากที่สุดของค่าระดับสีเทาของภาพต้นฉบับ ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะถูกเพิ่มเติมเข้าไปในกระบวนการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพ (Global Histogram Equalization)

3.2 การปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่

กำหนดให้ $\mathbf{X} = \{X(i, j)\}$ เป็นภาพต้นฉบับโดยที่ L เป็นค่าระดับสีเทา เมื่อ $X(i, j)$ คือจุดภาพในลำดับที่ (i, j) ประกอบด้วยจำนวนสมาชิก $\{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$

ขั้นตอนที่ 1 : คำนวณค่าฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น (Probability Density Function: PDF)

$$p(a) = \frac{n_a}{N} \quad ; \quad 0 \leq a \leq L-1 \quad (3.1)$$

เมื่อ a เป็นลำดับของค่าสีเทา เริ่มต้นจาก 0 ถึง $L-1$ ของภาพต้นฉบับ $\mathbf{X}$ และ n เป็นจำนวนจุดภาพในแต่ละค่าระดับสีเทาในลำดับที่ a และ N คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพต้นฉบับ $\mathbf{X}$

ขั้นตอนที่ 2 : คำนวณค่าฟังก์ชันความหนาแน่นสะสม (Cumulative Density Function: CDF)

$$c(a) = \sum_{a=1}^{L-1} p(a) \quad (3.2)$$

ขั้นตอนที่ 3 : คำนวณค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (Threshold) ของภาพต้นฉบับ $\mathbf{X}$

$$\tau = \lim_{c \rightarrow 0.5} f(\mathbf{X}) \quad (3.3)$$

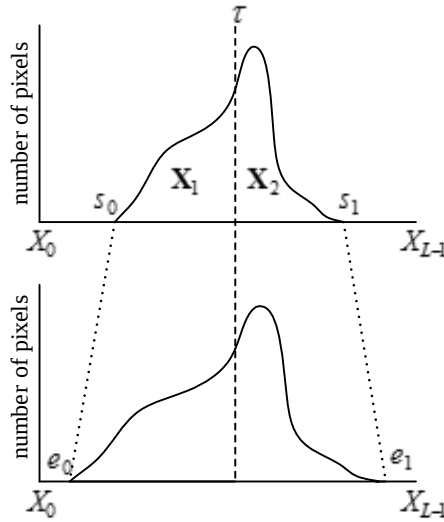
โดยที่ τ คือ ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนสำหรับแบ่งฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับ $\mathbf{X}$ ออกเป็นสองส่วน

ขั้นตอนที่ 4 : คำนวณค่าถ่วงน้ำหนักของฮิสโตแกรมภาพทั้งสองกลุ่ม

$$w_L = \frac{s_0}{2\tau} \quad (3.4)$$

$$w_U = \frac{s_1 - 0.5s_1}{L} + 0.5 \quad (3.5)$$

โดยที่ s_0 เป็นค่าระดับสีเทาเริ่มต้นของฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับ และ s_1 เป็นค่าระดับสีเทาสุดท้ายของฮิสโตแกรมต้นฉบับ ดังที่แสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แบบจำลองแสดงการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่

จากรูปที่ 3.1 กำหนดให้ $\mathbf{X}_1 = \{X_1(i, j)\}$ เป็นพื้นที่ย่อยส่วนแรก โดยเริ่มต้นจากค่าระดับสีเทา L บนช่วงค่าระดับสีเทาต่อเนื่อง ตั้งแต่ s_0 ถึง τ และ $\mathbf{X}_2 = \{X_2(i, j)\}$ เป็นพื้นที่ย่อยส่วนสุดท้าย โดยเริ่มต้นจากค่าระดับสีเทา L บนช่วงค่าระดับสีเทาต่อเนื่อง ตั้งแต่ $\tau + 1$ ถึง s_1

ขั้นตอนที่ 5 : คำนวณค่าฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นในแต่ละพื้นที่ย่อย

$$p_L(a) = \frac{n_a}{N_L} \quad (3.6)$$

$$p_U(b) = \frac{n_b}{N_U} \quad (3.7)$$

โดยที่ n_a เป็นจำนวนจุดภาพบนค่าระดับสีเทาบนช่วง $[0, \tau]$ ในพื้นที่ย่อย $\mathbf{X}_1$ และ n_b เป็นจำนวนจุดภาพบนค่าระดับสีเทาบนช่วง $[\tau + 1, L - 1]$ ในพื้นที่ย่อย $\mathbf{X}_2$ เมื่อ N_L และ N_U เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดในพื้นที่ย่อย $\mathbf{X}_1$ และ $\mathbf{X}_2$ ตามลำดับ

ขั้นตอนที่ 6 : คำนวณ CDF ในแต่ละพื้นที่ย่อย $\mathbf{X}_1$ และ $\mathbf{X}_2$

$$c_L(a) = \sum_{a=1}^{\tau} p_L(a) \quad (3.8)$$

$$c_U(b) = \sum_{a=\tau+1}^{L-1} p_U(b) \quad (3.9)$$

เมื่อ $0 \leq c_L(a) \leq 1$ และ $0 \leq c_U(a) \leq 1$

ขั้นตอนที่ 7 : คำนวณฟังก์ชันส่งผ่าน (Transformation Function) ในแต่ละพื้นที่ย่อย เพื่อหาค่าระดับสีเทาใหม่ของภาพผลลัพธ์

$$f(Y_1) = \tau[w_L + c_L(1 - w_L)] \quad (3.10)$$

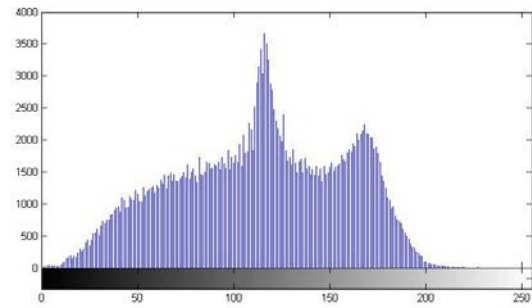
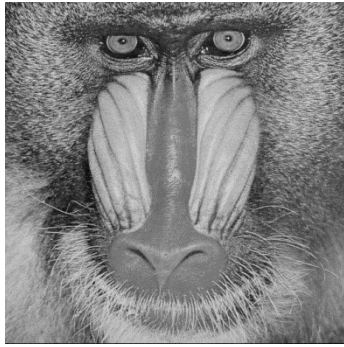
$$f(Y_2) = (\tau + 1) + [X_{L-1} \cdot w_U - (\tau + 1)] \cdot c_U \quad (3.11)$$

ภาพผลลัพธ์ใหม่ที่เกิดจากการคำนวณในสมการที่ (3.10) และ (3.11) สามารถเขียนได้ดังนี้

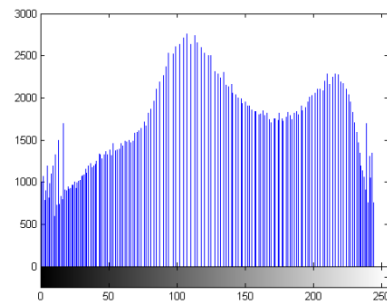
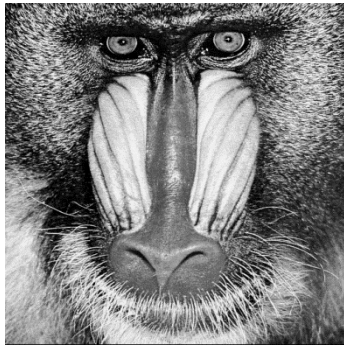
$$\mathbf{Y} = \mathbf{Y}_1 \cup \mathbf{Y}_2 \quad (3.12)$$

$$\mathbf{Y} = f(Y_1) \cup f(Y_2) \quad (3.13)$$

ภาพผลลัพธ์ $\mathbf{Y}$ จะถูกปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยอิสระซึ่งกันและกันภาพที่เกิดขึ้นใหม่จากพื้นที่ย่อย $\mathbf{X}_1$ จะถูกแสดงด้วยพื้นที่ย่อยใหม่ $\mathbf{Y}_1$ และ $\mathbf{X}_2$ จะถูกแสดงด้วยพื้นที่ย่อยใหม่ $\mathbf{Y}_2$ จากนั้นนำพื้นที่ย่อย $\mathbf{Y}_1$ และ $\mathbf{Y}_2$ มารวมกันดังแสดงในสมการที่ (3.12) และ (3.13) ตามลำดับ



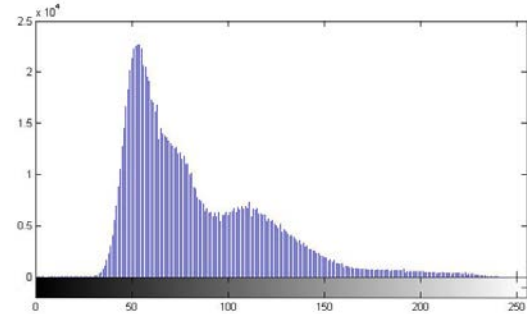
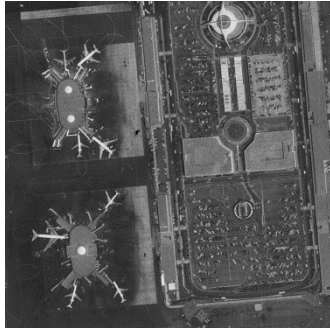
(ก)



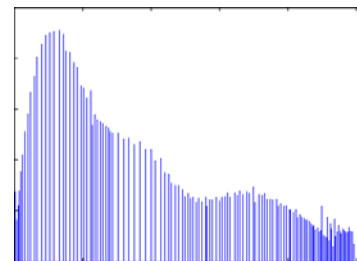
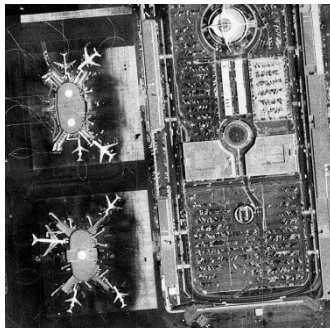
(ข)

รูปที่ 3.2 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ Baboon

(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ Baboon



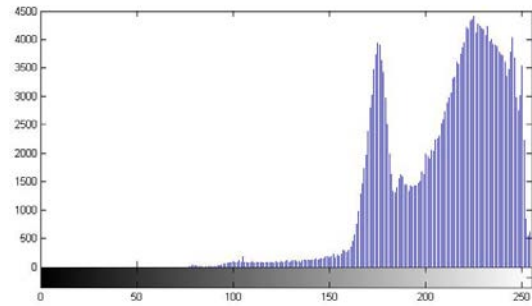
(ก)



(ข)

รูปที่ 3.3 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ Airport

(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ Airport

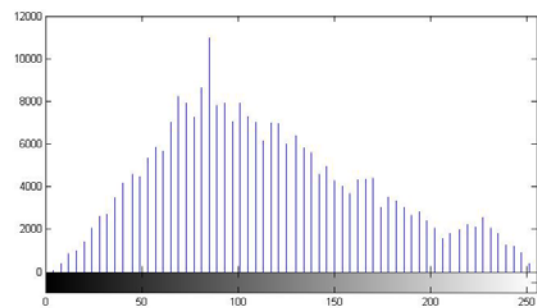


(ก)

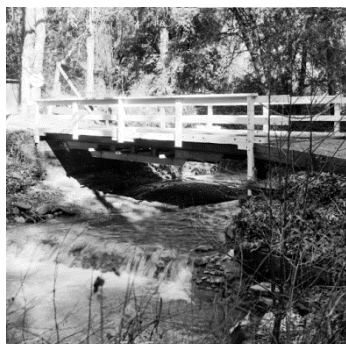


(ข)

รูปที่ 3.4 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ Tiffany
(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ Tiffany

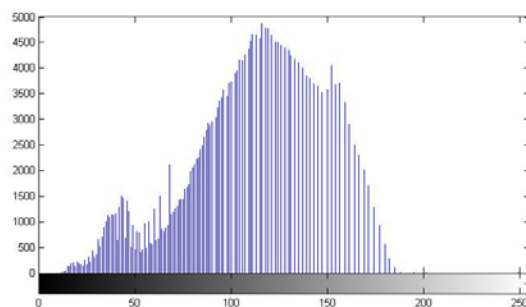


(ก)

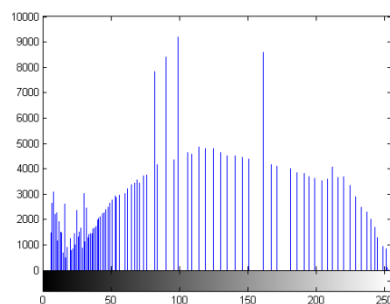
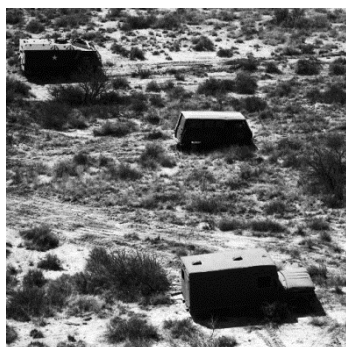


(ข)

รูปที่ 3.5 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ Stream and Bridge
(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ Stream and Bridge

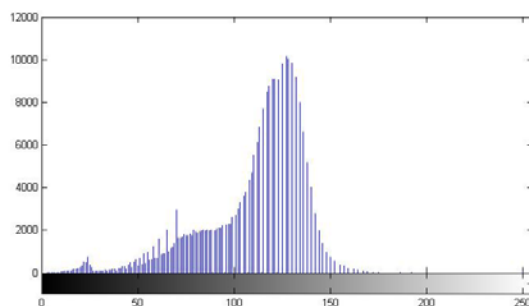


(ก)

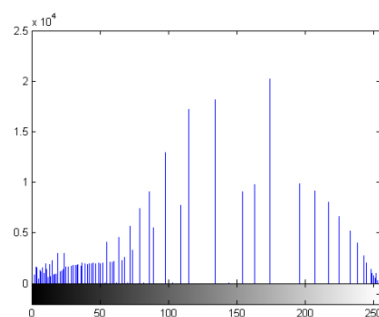


(ข)

รูปที่ 3.6 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ Track and APCs
(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ Track and APCs

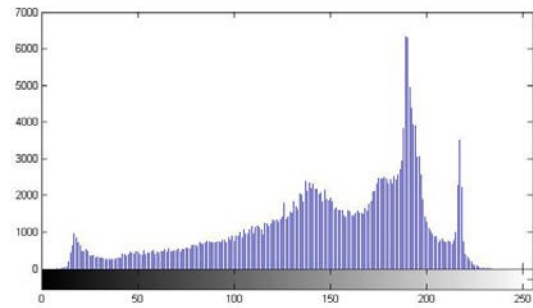


(ก)

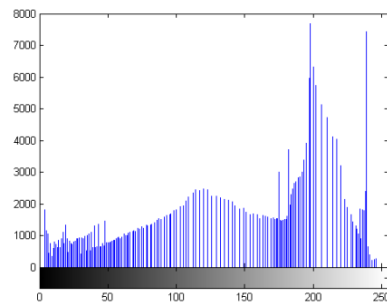
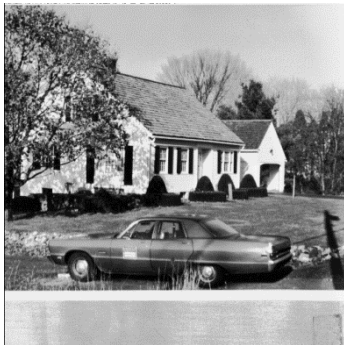


(ข)

รูปที่ 3.7 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ Truck
(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ Truck



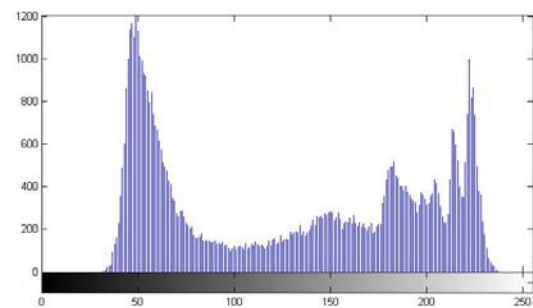
(ก)



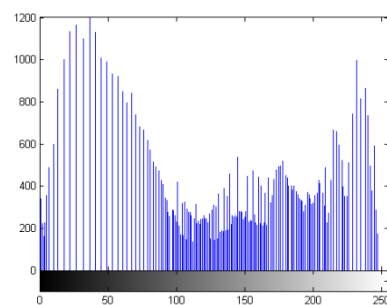
(ข)

รูปที่ 3.8 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ Car

(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ Car



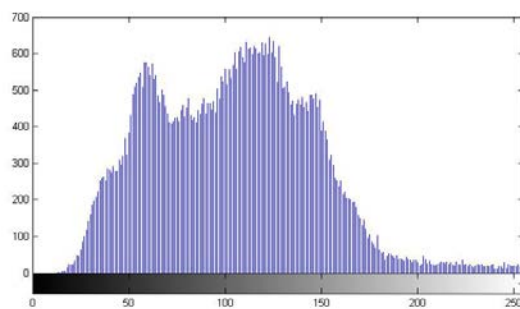
(ก)



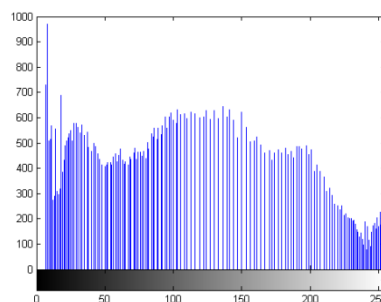
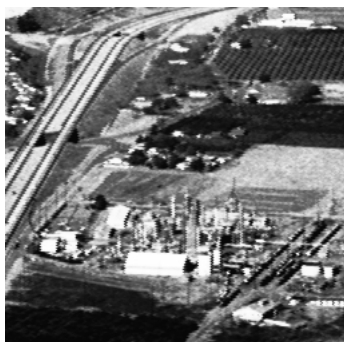
(ข)

รูปที่ 3.9 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ Tree

(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ Tree



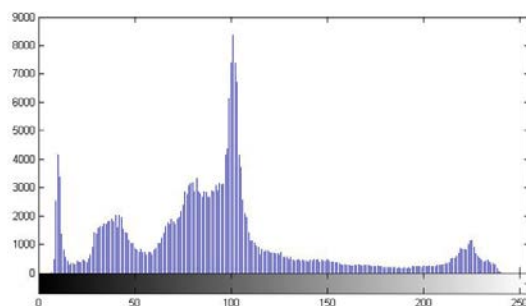
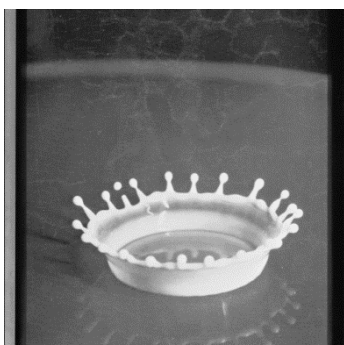
(ก)



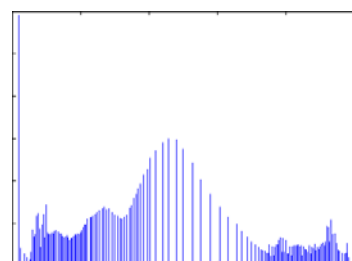
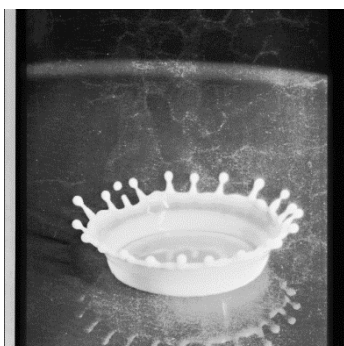
(ข)

รูปที่ 3.10 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ Chemical Plant

(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ Chemical Plant



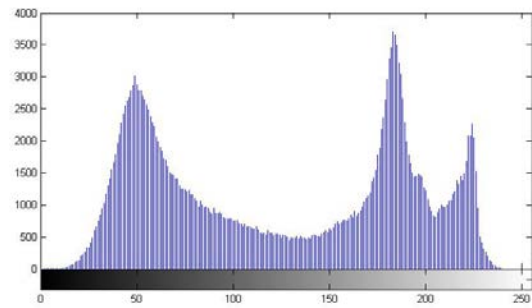
(ก)



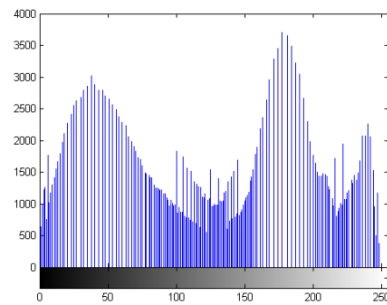
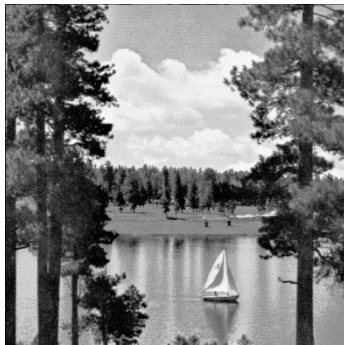
(ข)

รูปที่ 3.11 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ Splash

(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ Splash



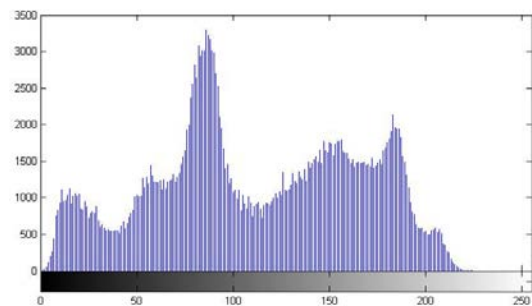
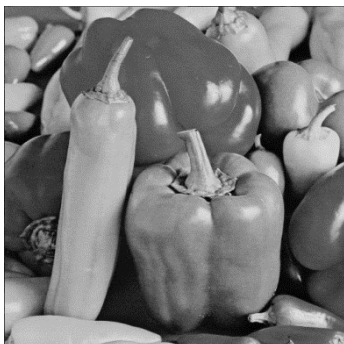
(ก)



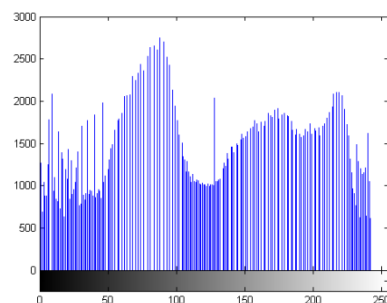
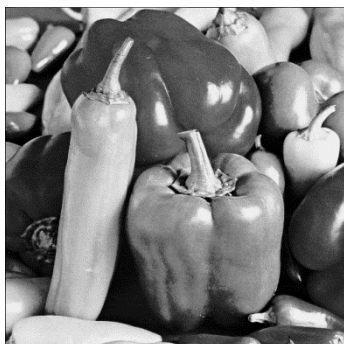
(ข)

รูปที่ 3.12 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ Sailboat on lake

(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ Sailboat on lake



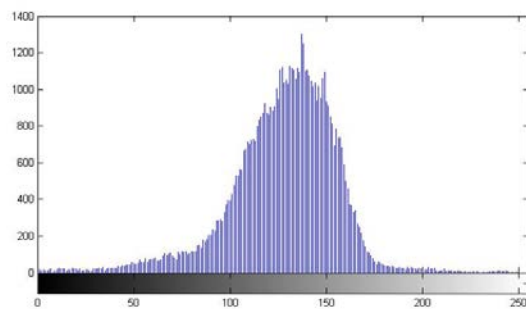
(ก)



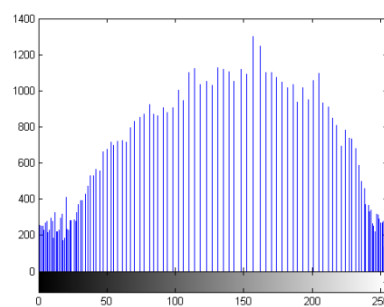
(ข)

รูปที่ 3.13 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ Peppers

(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ Peppers



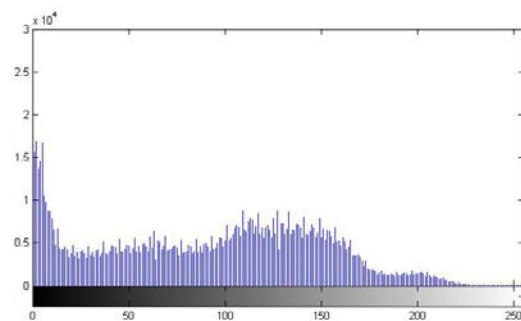
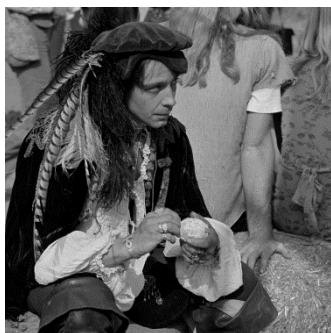
(ก)



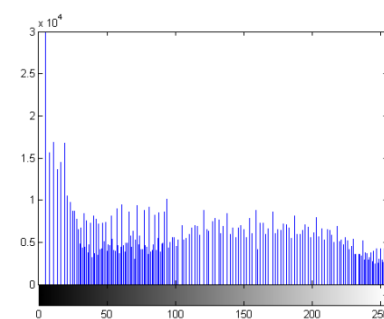
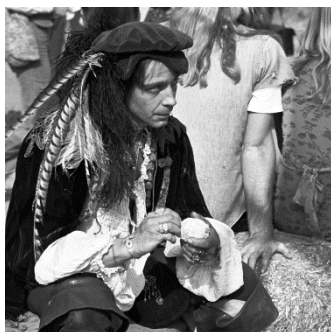
(ข)

รูปที่ 3.14 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ Moon Surface

(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ Moon Surface



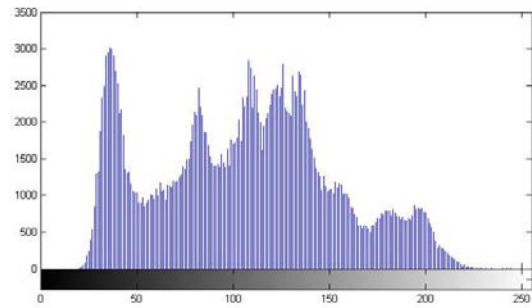
(ก)



(ข)

รูปที่ 3.15 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ Man

(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ Man



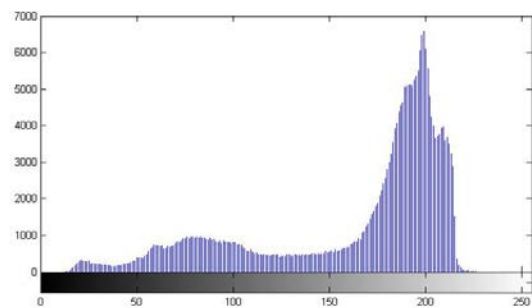
(ก)



(ข)

รูปที่ 3.16 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ Lena

(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ Lena



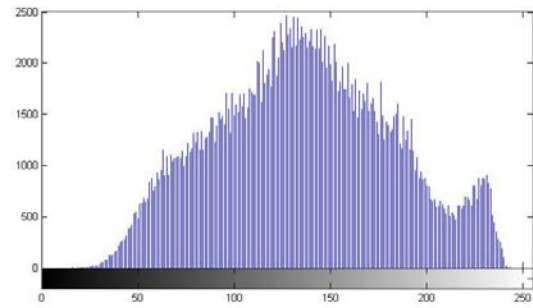
(ก)



(ข)

รูปที่ 3.17 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ F16

(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ F16



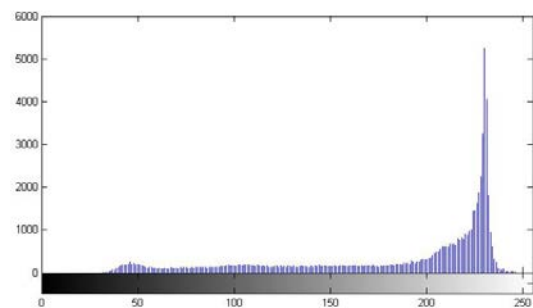
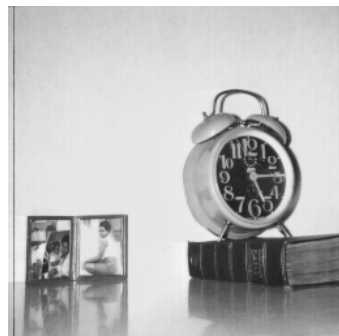
(ก)



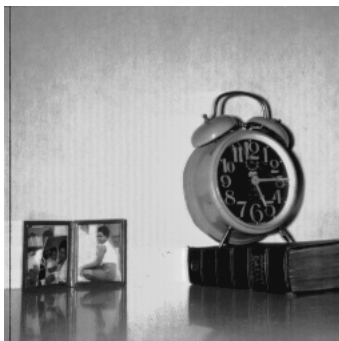
(ข)

รูปที่ 3.18 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ Elaine

(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ Elaine



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.19 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ Clock

(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่และฮิสโตแกรมของภาพ Clock

3.3 สรุปผลการทดลอง

การปรับปรุงคุณภาพภาพโดยยังคงรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ โดยการใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่ เป็นการปรับปรุงคุณภาพของภาพดิจิทัลให้มีความคมชัดสูงขึ้น โดยการคำนวณการกระจายตัวของฮิสโตแกรมจากภาพต้นฉบับเพื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ว่างที่ฮิสโตแกรมนั้นจะสามารถกระจายตัวได้ แต่ยังคงรักษาค่าความสว่างของภาพและเน้นรายละเอียดของภาพให้ชัดเจนกว่าวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพ เมื่อพิจารณาที่ฮิสโตแกรมของรูปที่ 3.17 พบว่าวิธีการดังกล่าวไม่เหมาะสม เนื่องจากฮิสโตแกรมของภาพผลลัพธ์นั้น เกิดการกระจายตัวของฮิสโตแกรมได้ตั้งแต่ 0 ถึง $L-1$ เมื่อนำมาวิเคราะห์จากภาพต้นฉบับแล้ว ปรากฏว่า มีสัญญาณรบกวนชนิดสุ่มเกิดขึ้นที่ระดับค่าสีเทาที่ค่าระดับใกล้เคียง 0 จนถึง $L-1$

ดังนั้น ปรับปรุงคุณภาพภาพโดยยังคงรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ โดยการใช้การถ่วงน้ำหนักฮิสโตแกรมกระจายตามพื้นที่นั้น เหมาะสมกับการปรับปรุงฮิสโตแกรมที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวนของภาพต้นฉบับแล้ว จะทำให้สัญญาณรบกวนในข้อมูลภาพดิจิทัลหายไป