

การประยุกต์ใช้รูปแบบไบนารีท้องถิ่นด้วยไฮเพอร์โบลิกเซกแคนท์สำหรับการตรวจจับขอบและค้นคืนรูปภาพ

An Applied Local Binary Pattern by Hyperbolic Secant for Edge Detection of Images and applied to Images Retrieval

ทรงพล นครเศรษฐ์ศักดิ์^{1*} สุทธิลักษณ์ ชูประวัต²

Songpon Nakharacruangsak^{1*} Suttilug Choonprawat²

1 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

2 คณะเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

* E-mail: songpon@southeast.ac.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอวิธีการประยุกต์รูปแบบไบนารีท้องถิ่น เพื่อนำมาใช้ในการตรวจจับขอบภาพของภาพด้วยการเพิ่มฟังก์ชัน Hyperbolic Secant และฟังก์ชันวัดความคล้ายคลึงเข้าไปในสมการดั้งเดิม รวมทั้งเพิ่มพารามิเตอร์สำหรับปรับจูนเพื่อเพิ่มรายละเอียดของขอบภาพบริเวณพื้นที่ที่มีความคมชัดต่ำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีรายละเอียดของขอบภาพอย่างครบถ้วน ผลการทดลองพบว่าวิธีที่ผู้วิจัยนำเสนอสามารถนำมาใช้ในการตรวจจับเส้นขอบของภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผลลัพธ์ของเส้นขอบที่ได้จะมีรายละเอียดและความคมชัดสูง โดยใช้วิธีการอธิบายความแตกต่างภายในของพื้นที่ 2 พื้นที่ที่มีความแตกต่างกันแต่ได้ผลลัพธ์ที่เหมือนกันซึ่งเป็นผลลัพธ์ของรูปแบบไบนารีท้องถิ่นเดิมได้ โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยยังได้นำวิธีการหาขอบภาพไปทดสอบกับภาพทั่วไปและนำผลลัพธ์ของเส้นขอบที่ได้มาคำนวณหาฮิสโตแกรมเส้นขอบ 5 ทิศทาง เพื่อนำมาสร้างเป็นดัชนีตัวแทนสำหรับการค้นคืนรูปภาพ ผู้วิจัยพบว่าดัชนีตัวแทนของเส้นขอบจากวิธีที่นำเสนอให้ค่าประสิทธิภาพในภาพรวมของการค้นคืนที่ร้อยละ 80 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์สูง

คำสำคัญ: รูปแบบไบนารีท้องถิ่น, การสกัดคุณลักษณะของขอบ, การค้นคืนรูปภาพโดยเน้นเนื้อหา

ABSTRACT

The objective of this research is proposed Applying local binary pattern method to edge detection of images. We added Hyperbolic Secant function Similarity function and parameters for increasing detail and sharper of edge into the original equation. The experimental results show that this proposed method can obtain the border has more detailed and high contrast. And it can be explaining the internal differences between two distinct areas, but get the same result, which is the result of original Local Binary Pattern. In this paper, the researcher used the proposed method for edge detection of common images and edge results applied to content based images retrieval by calculated edge histogram, then we obtained edge histogram five directions of edge, which is created to index for images retrieval. The researchers found that the index of edges from the proposed method gave an overall performance value of 80%, which was high.

1. บทนำ

เส้นขอบ (Edge) เป็นเส้นแบ่งเขตระหว่างพื้นหลังกับวัตถุ การตรวจจับขอบภาพ (Edge Detection) Rafael and Richard [1] สามารถทำได้โดยการตรวจสอบว่าเส้นขอบลากผ่านหรือใกล้เคียงกับจุดใด แล้ววัดระดับความเปลี่ยนแปลงของความเข้มเทาในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับจุดดังกล่าว ถ้ามีความแตกต่างกันมากแสดงว่า ณ ตำแหน่งนั้นคือเส้นขอบ (Edge) ดังนั้นถ้าต้องการแยกวัตถุออกจากพื้นหลังเพื่อพัฒนางานด้านการจดจำวัตถุ หรือแบ่งส่วนของภาพ การตรวจจับขอบจึงถือเป็นงานที่มีความสำคัญมาก ปัจจุบันวิธีการตรวจจับขอบสามารถแบ่งได้ 2 กลุ่มคือ 1) วิธีการไล่โทนส์ (Gradient Method) วิธีการนี้จะหาขอบด้วยวิธีการหาจุดต่ำสุด และจุดสูงสุดในรูปของอนุพันธ์อันดับหนึ่งของภาพ โดยจุดที่เป็นขอบจะอยู่ในจุดที่เหนือค่าเกณฑ์ (Threshold) ขึ้นไปจึงทำให้เส้นขอบที่ได้มีความหนาแน่น เช่น Sobel, Prewitt, Canny เป็นต้น 2) วิธีการลาปลาเซียน (Laplacian Method) วิธีการนี้จะใช้หลักการของการหาอนุพันธ์อันดับสอง โดยใช้จุดที่เป็น 0 (Zero Crossing) เช่น Laplacian of Gaussian เป็นต้น แต่เมื่อไม่นานนี้ Zeng และคณะ [2] ได้นำเสนอวิธีการตรวจจับขอบภาพ ด้วยวิธีการปรับปรุงรูปแบบไบนารีท้องถิ่น (Local Binary Pattern: LBP) โดยการเพิ่มฟังก์ชันเฮซ (H Function) และฟังก์ชันวัดความคล้ายคลึง (Similarity Function) เข้าไปในกระบวนการ ทำให้สามารถลดสัญญาณรบกวนภายในภาพ และยังสามารถตรวจจับขอบของภาพได้แม้ในพื้นที่ที่มีความคมชัดต่ำ ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของวิธีการไล่โทนส์ แต่อย่างไรก็ดีวิธีการนี้ยังมีข้อเสียคือเส้นขอบที่ได้จะมีความหนา และต่อเนื่อง รวมทั้งใช้ค้นหาขอบได้เฉพาะภาพเอ็กซ์เรย์เท่านั้น ไม่สามารถทำงานได้ดีกับภาพทั่วไปได้ ผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้ไบนารีท้องถิ่น โดยการนำ LBP มาปรับปรุงโดยการเพิ่มฟังก์ชัน Hyperbolic Secant และฟังก์ชันวัดความคล้ายคลึงเข้าไปในกระบวนการ เพื่อหาเส้นขอบให้ได้เส้นขอบที่มีความหนาแต่คมชัด ต่อเนื่อง และสามารถลดสัญญาณรบกวนภายในภาพได้ แม้อยู่ในพื้นที่ที่มีความคมชัดต่ำ รวมทั้งนำมาใช้ในการหาฮิสโตแกรมทิศทางของขอบภาพ (Edge Direction Histogram) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการค้นคืนรูปภาพ

2. การดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาและวางขั้นตอนการดำเนินการในการทำวิจัยของการตรวจจับขอบภาพด้วยวิธีการปรับปรุงรูปแบบไบนารีท้องถิ่นไว้ทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นตอนการคัดเลือกรูปภาพ

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการรวบรวมรูปภาพเพื่อใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยได้ดาวน์โหลดรูปภาพจากเว็บไซต์ CS 223B Project: Color Edge Detection Examples ซึ่งเป็นฐานข้อมูลรูปภาพที่ใช้สำหรับทดสอบงานด้านการประมวลผลภาพ (Images Processing) โดยแบ่งออกเป็น 5 หมวด จำนวน 500 ภาพ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หมวดหมู่ของรูปภาพ

หมวดหมู่	ชื่อหมวดหมู่	จำนวน
1	รูปดอกกุหลาบ (Rose)	100 ภาพ
2	รูปม้า (Horse)	100 ภาพ
3	รูปรถบัส (Bus)	100 ภาพ
4	รูปทิวทัศน์ (Landscape)	100 ภาพ
5	รูปไดโนเสาร์ (Dinosaur)	100 ภาพ

<http://jeet.siamtechu.net>

2.3 ขั้นตอนการปรับปรุงรูปแบบไบนารีท้องถิ่นด้วยไฮเปอร์โบลิกเซกแคนท์

รูปแบบไบนารีท้องถิ่น (Local Binary Pattern: LBP) เป็นเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้ในการสกัดพื้นผิวของภาพ ปัจจุบันมีการใช้อย่างกว้างขวางในงานวิจัยจำนวนมาก [3-8] เพราะสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างพิกเซลที่เป็นจุดศูนย์กลาง กับพิกเซลเพื่อนบ้าน (Neighbor Pixels) ที่อยู่รอบ ๆ ได้ ด้วยวิธีการเปรียบเทียบจากค่าของพิกเซลที่เป็นจุดศูนย์กลางของพื้นที่ปัจจุบัน กับค่าของพิกเซลที่อยู่รอบ ๆ หากค่าที่ได้น้อยกว่าค่าที่พิกเซลที่เป็นจุดศูนย์กลาง (Center Pixel) จะแทนค่าเป็น '0' แต่ถ้ามากกว่าจะแทนค่าเป็น '1' และเลขไบนารี (Binary Code) ที่ได้มาแปลงเป็นรหัสเลขฐาน 10 (Decimal Code) ซึ่งจะนำไปเป็นค่าฮิสโตแกรมของพิกเซลที่เป็นจุดศูนย์กลางเพื่อใช้อธิบายพื้นผิว (Texture) ของภาพ โดยที่ค่าของพิกเซลที่เป็นจุดศูนย์กลางของตำแหน่งปัจจุบันนั้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

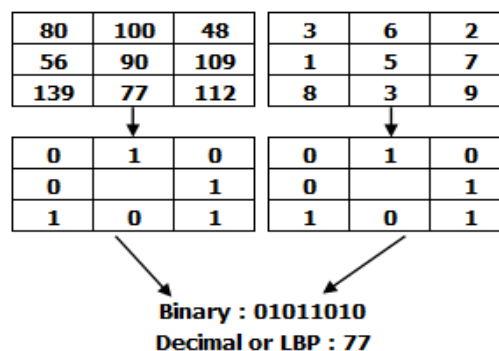
$$LBP_{p,r} = \sum_{i=1}^p S(f_i - f_c) 2^{i-1} \quad , \quad S(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad (1)$$

โดยที่

f_c คือ ค่าของพิกเซลศูนย์กลาง (Center Pixel)

f_i คือค่าของพิกเซลเพื่อนบ้านที่อยู่รอบ ๆ (Neighbor Pixels)

ถึงแม้ว่า LBP จะถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากง่ายต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ และยังทนต่อสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายในภาพได้ดี รวมทั้งง่ายต่อการนำไปพัฒนา แต่จากการศึกษาพบว่า LBP ยังมีประเด็นสำคัญที่น่าสนใจอยู่คือถ้าต้องการอธิบายระดับของความแตกต่างภายในพื้นที่ของบริเวณที่แตกต่างกัน 2 พื้นที่ จะไม่สามารถทำได้อย่างชัดเจน แสดงดังรูปที่ 1 ที่แสดงพื้นที่ที่แตกต่างกัน 2 พื้นที่แต่ให้ค่า LBP ที่เท่ากัน ซึ่งในปัจจุบันมีงานวิจัยหลายฉบับที่พยายามจะนำประเด็นนี้มาศึกษา เพื่อประยุกต์ใช้และเพิ่มประสิทธิภาพของ LBP เช่นการขยาย LBP เป็น Trinary Pattern [9], Quinary Patterns [10], Multiple Pattern [11] เป็นต้น



รูปที่ 1 ตัวอย่างของบริเวณพื้นที่ที่แตกต่างแต่ให้ผลลัพธ์ของ LBP เท่ากัน

จากรูปแบบการทำงานของ LBP แบบดั้งเดิม ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุง LBP โดยการเพิ่มฟังก์ชัน Hyperbolic Secant และฟังก์ชันวัดความคล้ายคลึงเพื่ออธิบายความแตกต่างของ 2 พื้นที่ให้ได้ค่า LBP ที่แตกต่างกัน แล้วนำไปประยุกต์ใช้ในการหาเส้นขอบของภาพ รวมทั้งทำการเพิ่มค่าของเกณฑ์ (Threshold) การเปรียบเทียบเข้าไปในฟังก์ชันของการเปรียบเทียบของ LBP ซึ่งค่าเกณฑ์คำนวณได้จากสมการ 2

$$T = \sum_{i=1}^8 S(f_i - f_c), \quad S(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad (2)$$

โดยที่

f_c คือ ค่าของพิกเซลศูนย์กลาง (Center Pixel)

f_i คือ ค่าของพิกเซลเพื่อนบ้านที่อยู่รอบๆ (Neighbor Pixels)

T คือผลรวมของ S ที่คำนวณได้ และนำไปใช้เป็นค่าเกณฑ์ที่ใช้ปรับความซับซ้อนของการเปลี่ยนแปลงของระดับสีเทา

และใช้ฟังก์ชันไฮเชส (HS function) ต่อไปจะเรียก HS เพื่อให้สามารถอธิบายความแตกต่างของ 2 พื้นที่ได้ โดยที่ HS จะถูกนำมาใช้กำหนดระดับการเปลี่ยนแปลงของสีเทา ซึ่งค่าของ HS สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$HS(f_i - f_c) = \begin{cases} 0 & (f_i - f_c < T) \\ \frac{1}{2} \left[1 + \operatorname{sech} \left(\frac{t - t_1}{w_1} \right) \right] & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

โดยที่ t หมายถึงค่าเกณฑ์ที่คำนวณได้จากสมการที่ 2 และ t_1 หมายถึงค่าความต่างระหว่างพิกเซลที่เป็นจุดศูนย์กลางลบกับพิกเซลเพื่อนบ้าน และ w_1 จะมีค่าระหว่าง 0 – 1 หลังจากที่ได้ค่า HS แล้วนำค่าเหล่านั้นมาเรียงลำดับแบบมากไปน้อย ด้วยฟังก์ชันการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Monotonic Increasing Function) แล้วจึงคำนวณค่า HS-LBP ด้วยสมการที่ 4

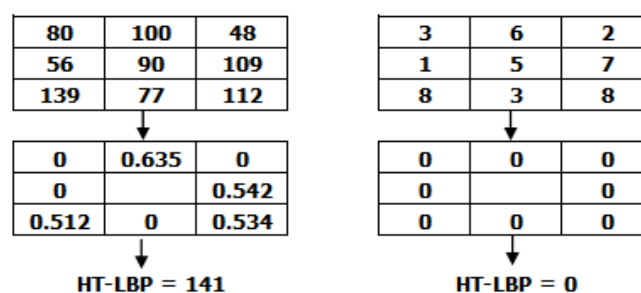
$$HS-LBP = \begin{cases} 0 & T = 0 \\ \sum_{i=1}^8 HS(f_i - f_c) 2^{i-1} & 1 \leq T \leq 8 \\ 0 & T = 8 \end{cases} \quad (4)$$

โดยที่

T เท่ากับ 0 จะเป็นการแยกจุดที่แตกต่างออกไป

T เท่ากับ 8 จะเป็นจุดที่อยู่บนพื้นที่ที่มีระดับเท่ากัน (Smooth Area)

ดังนั้นเมื่อนำพื้นที่ 2 พื้นที่ที่มีความแตกต่างกันดังเช่นพื้นที่ในภาพที่ 1 มาผ่านวิธีการ HS-LBP ที่สร้างขึ้นจะได้ผลลัพธ์ที่ไม่เหมือนกัน แสดงดังรูปที่ 2



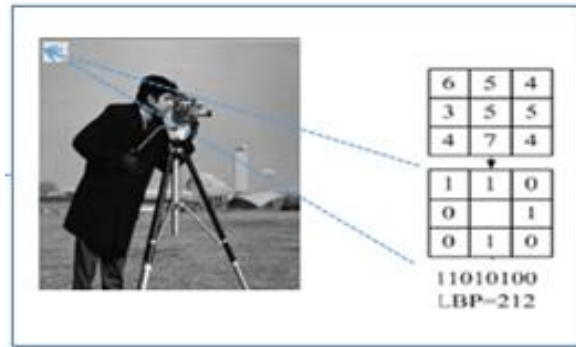
รูปที่ 2 ตัวอย่างของบริเวณพื้นที่ที่แตกต่างกันและให้ผลลัพธ์ของ LBP ไม่เท่ากันแต่ผลลัพธ์ของ LBP ไม่เท่ากัน

<http://jeet.siamtechu.net>

2.4 ขั้นตอนตรวจจับขอบภาพด้วย HS-LBP

ในการตรวจจับขอบภาพ ผู้วิจัยกำหนดขั้นตอนการดำเนินการตรวจจับขอบภาพด้วย HS-LBP ดังนี้

1. นำเข้ารูปภาพที่ต้องการตรวจจับขอบภาพ
2. ดำเนินการตรวจจับขอบภาพโดยใช้ HS-LBP ซึ่งผู้วิจัยจะดำเนินการตามขั้นตอนกับทุกพื้นที่ทุกตำแหน่งภายในภาพ โดยเริ่มจากตำแหน่งมุมบนสุดด้านซ้าย และไล่ลำดับไปเรื่อยๆ จนถึงตำแหน่งมุมล่างสุดด้านขวา แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การดำเนินการตรวจจับขอบภาพ HS-LBP

3. เมื่อทำจนครบทุกตำแหน่ง ก็จะปรากฏขอบขอบภาพของภาพนั้นขึ้นมา แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 เส้นขอบที่ตรวจจับได้จากวิธี HS-LBP

2.5 ขั้นตอนการหาฮิสโตแกรมทิศทางเส้นขอบ

เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยใช้เพื่อหาฮิสโตแกรมทิศทางของเส้นขอบ เพื่อนำไปสร้างเป็นดัชนีตัวแทน (Indexed) สำหรับการค้นคืนรูปภาพ โดยจำแนกไว้ทั้งหมด 5 ทิศทางดังนี้ แนวตั้ง, แนวนอน, แนวทแยงมุม 45 องศา, แนวทแยงมุม 135 องศา และไม่มีทิศทาง และทำการสร้างโซเบลมาสก์ (Sobel Masks) แสดงดังรูปที่ 5 และนำมาคอนโวลูชันกับรูปภาพเส้นขอบ เพื่อสร้างฐานข้อมูลดัชนีดังตารางที่ 2

-1 -2 -1	-1 0 +1	2 2 -1	-1 2 2	-1 0 1
0 0 0	-2 0 +2	2 -1 -1	-1 -1 2	0 0 0
+1 +2 +1	-1 0 +1	-1 -1 -1	-1 -1 -1	1 0 -1
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)

รูปที่ 5 a) แนวตั้ง b) แนวนอน c) แนวทแยงมุม 45 องศา d) แนวทแยงมุม 135 องศา e) ไม่มีทิศทาง

ชื่อฟิลด์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล
↑	แนวตั้ง	Double
→	แนวนอน	Double
↗	ทแยงมุม 45 องศา	Double
↘	ทแยงมุม 135 องศา	Double
○	ไม่มีทิศทาง	Double

2.6 ขั้นตอนการค้นคืนรูปภาพ

ผู้วิจัยจะทำการค้นคืนรูปภาพบนพื้นฐานของการเปรียบเทียบโดยการวัดความคล้ายคลึง (Similarity measurement) ของดัชนีตัวแทนที่ได้จากค่าฮิสโตแกรมของเส้นขอบ 5 ทิศทาง ซึ่งเป็นคุณลักษณะเฉพาะที่สกัดจากรูปภาพเส้นขอบ และข้อความ (Query) โดยใช้วิธีการวัดความคล้ายคลึงด้วยวิธี Euclidean Distance ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5

$$\text{Dis}(Q_{(x,y)}, F_{(i,j)}) = \left[\sum_{i=0}^n |Q_x - F_i| + |Q_y - F_j|^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

โดยที่

x, y คือ เวกเตอร์ของคุณลักษณะ

n คือ มิติของเวกเตอร์

หลังจากที่ดำเนินการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงแล้วจะนำผลลัพธ์ที่ได้มาจัดเรียงลำดับ ตามลำดับของความคล้ายคลึงจากมากไปหาน้อยต่อไป

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพในการตรวจจับขอบภาพ หลังจากปรับปรุงไบนารีท้องถิ่นด้วยวิธี HS-LBP โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.1 ทดสอบตรวจจับขอบภาพด้วย HS-LBP

ผู้วิจัยทดสอบการตรวจจับขอบภาพ โดยเลือกใช้ภาพ Peppers.png ในการทดลองหาขอบภาพด้วยวิธีการที่ผู้วิจัยนำเสนอ โดยปรับค่าน้ำหนัก w_1 ไว้ที่ 0.5 ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 5



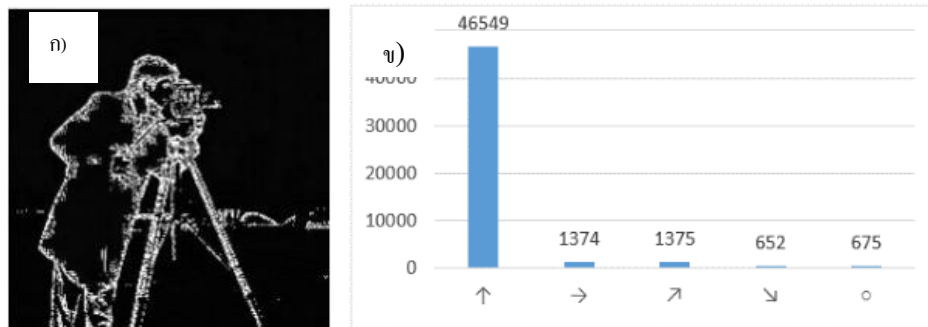
รูปที่ 5 ก) ภาพต้นฉบับ ข) เส้นขอบจาก HS-LBP

จากการทดลองพบว่าการนำมา LBP มาปรับปรุงด้วยวิธีการที่ผู้วิจัยนำเสนอ สามารถนำมาใช้ในการตรวจจับเส้นขอบของภาพได้ และถ้าต้องการรายละเอียดของเส้นขอบมากขึ้นก็สามารถปรับค่า w_1 ให้มีค่าสูงขึ้น

<http://jeet.siamtechu.net>

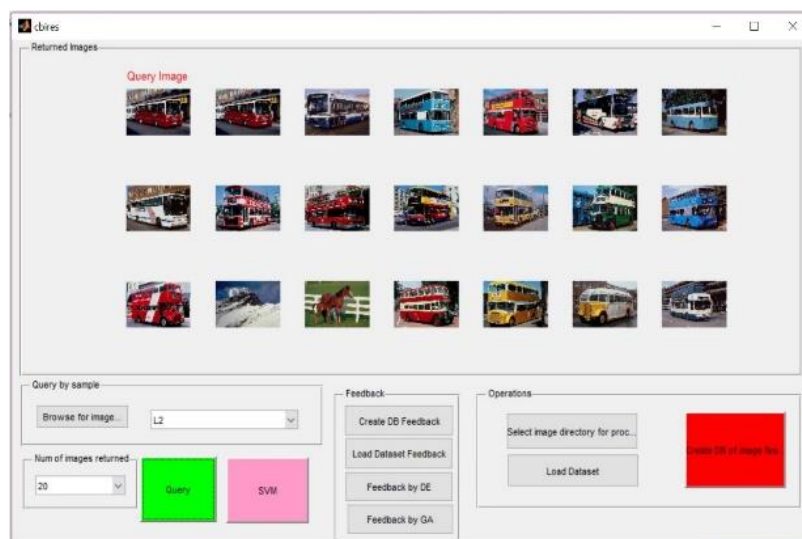
3.2 ทดสอบประสิทธิภาพในการค้นคืนรูปภาพแบบเน้นเนื้อหาโดยใช้ฮิสโตแกรมของทิศทางขอบภาพ

สำหรับงานวิจัยในส่วนนี้ ผู้วิจัยได้นำเส้นขอบของภาพที่ตรวจจับได้จากวิธี HS-LBP ที่นำเสนอมาหาค่าฮิสโตแกรมของทิศทางของขอบดังที่เสนอไว้ในหัวข้อ 2.4 และทำการสร้างไซเบลมาสก์ดังที่กำหนดไว้ดังรูปที่ 5 ไปดำเนินการคอนโวลูชันกับภาพที่ผ่านการหาเส้นขอบของรูปภาพ และคำนวณค่าฮิสโตแกรมของแต่ละทิศทางเพื่อนำมาสร้างเป็นดัชนีของภาพนั้นลงฐานข้อมูลดัชนีนี้ แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 : ก) เส้นขอบจาก HS-LBP ข) ฮิสโตแกรมของเส้นขอบแยกทิศทาง 5 ทิศทาง

จากรูปที่ 6 ข) เมื่อได้ค่าฮิสโตแกรมของเส้นขอบที่แยกตามทิศทาง 5 ทิศทาง ผู้วิจัยนำค่าได้มาสร้างเป็นตัวแทนของภาพ (Indexed) และทำการบันทึกลงฐานข้อมูลดัชนี ดังที่เคยแสดงไว้ในตารางที่ 2 สำหรับใช้ในการค้นคืนรูปภาพ ต่อมาเมื่อจัดเตรียมข้อมูลตัวแทนรูปภาพพร้อมแล้ว ผู้วิจัยจะทดสอบค้นคืนรูปภาพที่ต้องการโดยการป้อนรูปภาพตัวอย่างเข้ามาในระบบ โดยจะผ่านกระบวนการหาตัวแทนของรูปภาพ และทำการค้นหารูปภาพไว้ในสมการที่ 5 โดยมีตัวอย่างของผลการค้นคืนรูปภาพแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผลการค้นคืนรูปภาพด้วยตัวแทนที่สร้างจากวิธีการตรวจจับขอบภาพ HS-LBP

หลังจากได้ผลการค้นคืนภาพจากดัชนีที่นำเสนอแล้วนั้น ผู้วิจัยทำการวัดประสิทธิภาพของการค้นคืนด้วยค่าเรียกคืน (Recall: R) ที่คำนวณได้จากสมการที่ 6

$$\text{Recall} = \frac{N_c}{N_c + N_m} \times 100 \quad (6)$$

โดยที่ N_c คือ จำนวนของภาพที่เกี่ยวข้องแล้วถูกค้นคืน
 N_m คือ จำนวนของภาพที่เกี่ยวข้องแต่ไม่ถูกค้นคืน

ค่าความแม่นยำ (Precision: P) คำนวณได้จากสมการที่ 7

$$\text{Precision} = \frac{N_c}{N_c + N_f} \times 100 \quad (7)$$

โดยที่ N_c คือ จำนวนของภาพที่เกี่ยวข้องแล้วถูกค้นคืน
 N_f คือ จำนวนของภาพที่ไม่เกี่ยวข้องแต่ถูกค้นคืน

และค่าที่ได้จากการวัดประสิทธิภาพในภาพรวมการค้นคืน (F-Measure: F) ที่คำนวณได้จากสมการที่ 8

$$\text{F-measure} = \frac{2 \times \text{Precision} \times \text{Recall}}{(\text{Precision} + \text{Recall})} \quad (8)$$

โดยมีผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3

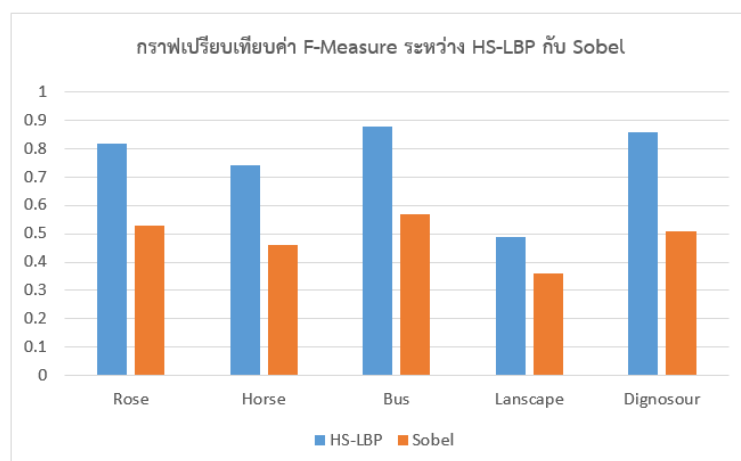
ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการค้นคืนภาพจากตัวแทนที่ได้จากการตรวจจับขอบภาพด้วย HS-LBP

หมวด	ภาพตัวอย่าง	ประสิทธิภาพ		
		Recall	Precision	F-measure
กุหลาบ	Rose_1	0.85	0.85	0.85
	Rose_2	0.75	0.79	0.77
	Rose_3	0.80	0.80	0.80
	Rose_4	0.95	0.95	0.95
	Rose_5	0.75	0.75	0.75
	ค่าเฉลี่ย	0.82	0.83	0.82
ม้า	Horse_1	0.60	0.71	0.65
	Horse_2	0.85	0.85	0.85
	Horse_3	0.75	0.79	0.77
	Horse_4	0.60	0.63	0.62
	Horse_5	0.80	0.80	0.80
	ค่าเฉลี่ย	0.72	0.76	0.74
รถบัส	Bus_1	0.90	0.90	0.90
หมวด	ภาพตัวอย่าง	ประสิทธิภาพ		
		Recall	Precision	F-measure
	Bus_2	0.75	0.79	0.77

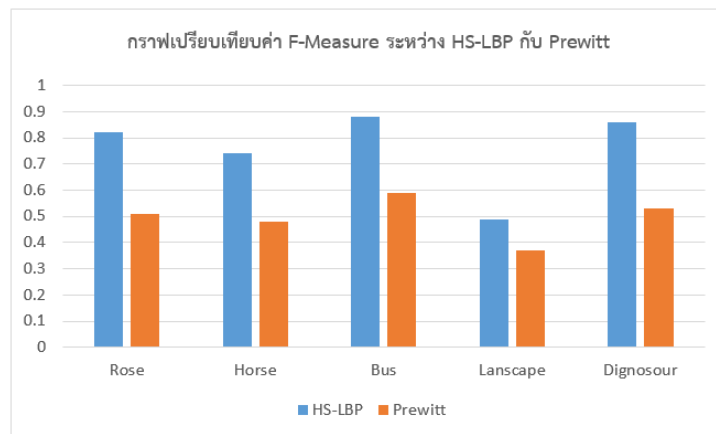
<http://jeet.siamtechu.net>

	Bus_3	0.90	0.90	0.90
	Bus_4	0.90	0.95	0.92
	Bus_5	0.90	0.95	0.92
	ค่าเฉลี่ย	0.87	0.90	0.88
ทิวทัศน์	Landscape_1	0.85	0.89	0.87
	Landscape_2	0.80	0.84	0.82
	Landscape_3	0.75	0.75	0.75
	Landscape_4	0.65	0.68	0.67
	Landscape_5	0.45	0.50	0.47
	ค่าเฉลี่ย	0.70	0.73	0.72
ไดโนเสาร์	Dignosaur_1	0.95	0.95	0.95
	Dignosaur_2	0.75	0.79	0.77
	Dignosaur_3	0.85	0.85	0.85
	Dignosaur_4	0.80	0.80	0.80
	Dignosaur_5	0.90	1.00	0.95
	ค่าเฉลี่ย	0.85	0.88	0.86

ต่อมาผู้วิจัยจึงนำผลการค้นคืนด้วยตัวแทนจากวิธี HS-LBP ไปเปรียบเทียบกับตัวแทนที่วิธีการหาเส้นขอบแบบดั้งเดิมคือ Sobel และ Prewitt เพื่อวัดประสิทธิภาพของการคัดเลือกตัวแทน โดยมีผลการทดลองแสดงประสิทธิภาพในภาพรวมการค้นคืน (F-Measure: F) แต่ละวิธีดังรูปที่ 7 ถึง รูปที่ 8



รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบระหว่างตัวแทนที่สร้างจากการตรวจจับขอบด้วยวิธี HS-LBP และ Sobel



รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบระหว่างตัวแทนที่สร้างจากการตรวจจับขอบด้วยวิธี HS-LBP และ Prewitt

จากผลการทดลองที่แยกเปรียบเทียบดังที่แสดงในรูปที่ 7 ถึงรูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่าการนำวิธี HS-LBP มาใช้ในการตรวจจับขอบภาพ และประยุกต์ใช้กับการค้นคืนรูปภาพโดยใช้ทิศทางของขอบเป็นดัชนีนั้น ให้ผลการค้นคืนที่สูงกว่าดัชนีที่สร้างจากวิธีดั้งเดิมแบบ Sobel และ Prewitt เนื่องจากวิธีที่ผู้วิจัยนำเสนอขึ้นให้รายละเอียดของเส้นขอบมากกว่าเส้นขอบที่ได้จากวิธีการแบบดั้งเดิม

4. สรุป

ตามที่คุณวิจัยได้นำเสนอวิธีการและผลการทดลองในข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการปรับปรุงไบนารีท้องถิ่นด้วยวิธี HS-LBP ที่นำเสนอขึ้น สามารถหาขอบของภาพได้เช่นเดียวกับวิธีดั้งเดิมแบบ Sobel และ Prewitt และเมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับระบบการค้นคืนรูปภาพด้วยการนำเอาเส้นขอบที่ได้มาสร้างฮิสโตแกรมทิศทางของเส้นขอบ 5 ทิศทาง แล้วนำมาสร้างเป็นดัชนีตัวแทนสามารถให้ผลการค้นคืนที่มีค่าเรียกคืน (Recall: R) เฉลี่ยที่ร้อยละ 79 และค่าความแม่นยำ (Precision: P) เฉลี่ยที่ร้อยละ 82 รวมทั้งค่าที่ได้จากการวัดประสิทธิภาพในภาพรวมการค้นคืน (F-Measure: F) เฉลี่ยที่ร้อยละ 80 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์สูงเป็นไปตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานที่ตั้งไว้ แต่เมื่อพิจารณาไปในรายละเอียดของตารางที่ 3 จะพบว่ายังมีผลการค้นคืนเฉลี่ยในบางหมวดที่ยังให้ผลลัพธ์ไม่เกินร้อยละ 80 ซึ่งมีสาเหตุมาจากรูปภาพเหล่านั้นมีองค์ประกอบและรายละเอียดของรูปภาพมาก ดังนั้นหากใช้เพียงคุณลักษณะของทิศทางของเส้นขอบมาสร้างดัชนี เพื่อเป็นตัวแทนของภาพคงไม่เพียงพอ จำเป็นต้องใช้คุณลักษณะอื่น ๆ เช่น ค่าฮิสโตแกรมของสี (Color Histogram) ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลต (Wavelet Transform) ค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่ของสี (Color Moment) เป็นต้น มาสร้างเป็นตัวแทนหลายคุณลักษณะ (Multi-Feature) ก็จะสามารถทำให้ได้ผลการค้นคืนที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ ซึ่งผู้วิจัยจะดำเนินการทดลองในการทำวิจัยครั้งต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก และขอขอบคุณเว็บไซต์ CS 223B Project: Color Edge Detection Examples ที่สนับสนุนฐานข้อมูลรูปภาพที่ใช้สำหรับทดสอบงานด้านการประมวลผลภาพในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] C. R. Gonzales and E. R. Woods, "Digital Images Processing," Second ed. India: Pearson Education.
- [2] L. Zeng, K. Shen and H. Jiang. "An effective edge extraction method using improved local binary pattern for blurry digital radiography images," NDT&E International 53, 2013, pp. 26-30.
- [3] S. Nakharacruangsak, M. Sodanil and S. Nitsuwat, "An improved local binary pattern for edge detection of images," Proceedings of IEEE Region 10 Conference: TENCON, 2014, pp. 1-4.
- [4] H. Jin, Q. Liiu, H. Lu, and X. Tong, "Face Detection Using Improved LBP Under Bayesian Framework," Proceeding of the Third International Conference on Image and Graphics, (2004), pp.306-309.
- [5] Y. Ding, H. Pang, X. Wu and J. Lan, "Recongnition of Hand-Gestures Using Improved Local Binary Pattern," Multimedia Technology (ICMT), 2011 International Conference on July 2011, pp. 3171-3174.
- [6] J. Liu, X. Liu, J. Chen and J. Tang, "Improved Local Binary Pattern for Classification of Masses Using Mammography," Systems, Man, and Cybernetics (SMC), IEEE International Conference on Oct 2011, pp.2692-2695.
- [7] G. Schaefer and N P. Doshi, "Multi-dimensional Local Binary Pattern Descriptors for Improved Texture Analysis," Pattern Recognition (ICPR), 2012 21st International Conference on Nov 2012, pp.2500-2503.
- [8] X. Xianchuan and Z. Qi, "Medical Image Retrieval Using Local Binary Patterns with Image Euclidean Distance," Information Engineering and Computer Science, International Conference on Dec 2009, pp.1-4.
- [9] XY. Tan and B. Triggs, "Enhanced local texture feature sets for face recognition under difficult lighting conditions," IEEE trans Image Process 2010, pp.1635-50.
- [10] L. Nanni, A. Lummini and S. Brahnam, "Local binary patterns variants as texture descriptors for medical image analysis," Artif Intell Med 2010, pp.117-25.
- [11] CR. Zhu and RS. Wang, "Local multiple patterns based multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification," InfoSci, 2012, pp.93-108.