การทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี
FINGERPRINT IMAGE THRESHOLDING BY USING PARTITIONING ENTROPY

ครรชิต ไมตรี และ ศิลปากร มิตรางกูร

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Kanchit Maitree and Silpakorn Mitrangoon

Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

บทคัดย่อ

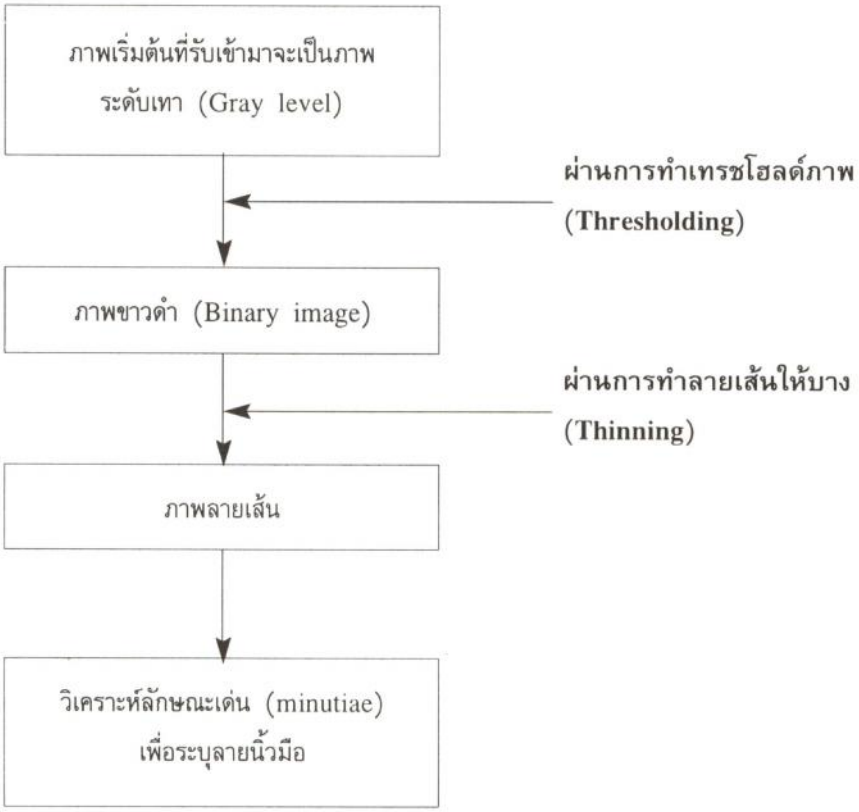
การทำเทรชโฮลด์ภาพเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญในการประมวลผลภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเป็นอย่างมาก โดยในการทำเทรชโฮลด์ภาพนั้น จะเป็นการเปลี่ยนภาพเริ่มต้นซึ่งเป็นภาพระดับเทาให้เป็นภาพขาวดำโดยภาพที่ได้ยังคงมีความสมบูรณ์ของสาระใกล้เคียงกับภาพเริ่มต้นมากที่สุด ในบทความนี้จะนำเสนอการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีซึ่งจะเป็นการหาค่าเทรช-โฮลด์ภาพโดยวิธีการแบ่งส่วนภาพ โดยจะอาศัยการพิจารณาหาค่าเอนโทรปีเป็นหลัก นอกจากนี้ได้ศึกษาขั้นตอนวิธีการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการพิจารณาฟัซซี่เซตของ M.R. Verma, A.K. Majumdar and Chatterjee [4] เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีซึ่งจากผลการทดสอบปรากฏว่าใช้งานได้ดีและให้ค่าความถูกต้อง

ABSTRACT

Thresholding processing of fingerprint image is important, because thresholding optimizes the transformation of the original gray-level image to binary image while the binarized image should contain information as much as possible. In this paper, we present thresholding of fingerprint image by using entropy of image's partitions. On top of this we studied M.R. Verma, A.K. Majumdar and Chatterjee [4] thresholding algorithm using fuzzy set. Then, the result is again compared with our technique which proves satisfactory.

1. บทนำ

ลายนิ้วมือเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของแต่ละบุคคล การจดจำลายนิ้วมือจึงเป็นวิธีการพื้นฐานในการระบุตัวบุคคล โดยการจดจำหรือแยกแยะทำได้โดยพิจารณาลักษณะเด่น (minutiae) ที่กระจายอยู่บนลายนิ้วมือนั้น ๆ ในการนำเอาลายนิ้วมือต่าง ๆ ไปประมวลผลนั้นจะมีขั้นตอนในการประมวลผลการพิมพ์ลายนิ้วมืออย่างคร่าว ๆ ดังแผนผัง (Block Diagram) ในรูปที่ 1 ซึ่งจากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าการทำเทรชโฮลด์ภาพเป็นขั้นตอนแรกในการประมวลผลภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ ซึ่งถ้าในการทำเทรชโฮลด์ภาพ มีวิธีการจัดการที่ไม่ดีจะทำให้ได้ภาพขาวดำที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากสาระบางส่วนของภาพได้ขาดหายไป ในขั้นตอนนี้ซึ่งจะทำให้ขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางต้องทำงานหนักมากขึ้น ในบทความนี้จะเสนอการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วน และหาค่าเอนโทรปี โดยในส่วนที่ 2 จะแสดงทฤษฎีต่าง ๆ ไว้ ในส่วนที่ 3 จะเป็นผลการทดสอบและการเปรียบเทียบผลที่ได้ กับวิธีการพิจารณาฟัซซี่เซต ในส่วนที่ 4 จะเป็นการวิเคราะห์ผลการทดสอบ และในส่วนที่ 5 ซึ่งเป็นส่วนสุดท้ายนั้นจะเป็นบทสรุป



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนในการประมวลผลภาพพิมพ์ลายนิ้วมืออย่างคร่าว ๆ

2. ทฤษฎี

2.1 การทำเทรชโฮลด์ภาพ[1][5]

การทำเทรชโฮลด์ภาพ คือ การแปลงภาพระดับเทาให้เป็นภาพขาวดำ หรือภาพไบนารี (0 หรือ 1) โดยการเลือกค่าที่เหมาะสมค่าหนึ่งจากภาพเริ่มต้น เพื่อให้เป็นค่ามาตรฐานในการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการอ่านค่าจากภาพเริ่มต้นเพื่อจำแนกสาระจากภาพออกเป็นวัตถุ(1) และพื้นหลัง(0) โดยสามารถนิยามการทำเทรชโฮลด์ภาพได้ดังนี้

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 \text{ ถ้า } f(x,y) > T \\ 0 \text{ ถ้า } f(x,y) \le T \end{cases} \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ $g(x,y)$ คือ ค่าสีที่ผ่านจากการทำเทรชโฮลด์ภาพ

$f(x,y)$ คือ ค่าสีที่ได้จากการอ่านจากภาพเริ่มต้น

T คือ ค่าสีที่เลือกจากภาพเริ่มต้นเพื่อใช้เป็นค่ามาตรฐานในการเปรียบเทียบกับค่าสีที่ได้จากการอ่านภาพเริ่มต้น

จากสมการที่(1) จะได้ว่า ถ้าค่า $f(x,y)$ มีค่ามากกว่า T แล้วจะได้ค่า $g(x,y)$ เป็น 1 ซึ่งจะเป็นค่าสีของวัตถุ และในทำนองเดียวกัน จะได้ว่า ถ้าค่า $f(x,y)$ มีค่าน้อยกว่า T แล้วจะได้ค่า $g(x,y)$ เป็น 0 ซึ่งเป็นค่าสีของพื้นหลัง

2.2 การทำเทรชโฮลด์ภาพโดยใช้ฟัซซี่เซต (Fuzzy set) [4]

การทำเทรชโฮลด์ภาพโดยใช้ฟัซซี่เซต ในบทความนี้จะใช้ขั้นตอนวิธีของ M.R. Verma, Majumdar and B. Chatterjee ซึ่งจะมีวิธีการดังนี้

2.2.1 ฟัซซี่เซต

ฟัซซี่เซต จะเป็นเซตที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของสมาชิกภายในกลุ่มแต่ละตัว กับคำจำกัดความของเซตนั้น ๆ โดยที่ความสัมพันธ์นี้ จะถูกแสดงในลักษณะของระดับการเป็นสมาชิกที่มีค่าอยู่ในช่วง [0,1] กำหนดให้ U เป็นเซตเอกภพสัมพันธ์และฟัซซี่เซต A มีสมาชิกของเซตเป็น $x_1, x_2,...,x_n$ โดยที่ x_i (i = 1,2,3...n) เป็นค่าฟัซซี่เซต ดังนั้นฟัซซี่เซต A สามารถที่จะแสดงในรูปแบบของความสัมพันธ์ในฟัซซี่เซตได้ด้วย $\mu_A(X_i)$ โดยความสัมพันธ์เช่นนี้ในทางทฤษฎีของฟัซซี่เซต เรียกว่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิก (Membership Function) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์โดย

$$\mu_A(X_i) : U \rightarrow [0,1] \quad \text{.....(2)}$$

เซตย่อยฟัซซี่ A ของ Universe of discourse W จะแสดงคุณลักษณะโดยใช้ฟังก์ชันการเป็นสมาชิก m_A โดยเกี่ยวข้องกับสมาชิกของ w แต่ละตัวของ W ซึ่งจะเป็นจำนวนของ $m_A(w)$ ในช่วงระหว่าง [0,1] จำนวน $m_A(w)$ จะแทนระดับการเป็นสมาชิกของ w ใน A โดยที่ A เป็นเซตของจุดต่าง ๆ ใน W โดยที่ $m_A(w)$ จะไม่มีค่าเป็น 0

ซิงเกิลตันฟัซซี่ (fuzzy singleton) เป็นฟัซซี่-เซตที่มีซัพพอร์ตพอยต์ (support point) เป็นหนึ่งครอสโอเวอร์พอยต์ (crossover point) ของ A เป็นจุดใน W ที่มีระดับการเป็นสมาชิกใน A เป็น 0.5 สำหรับจำนวนของซัพเพอร์พอยต์ที่พอหาได้ ฟัซซี่เซตจะถูกนิยามเป็น

$$A = \{(m_A(w_i)/w_i)\} \quad \text{.....(3)}$$

2.2.2 การปรับภาพให้ชัดเจนและการหาค่าเทรชโฮลด์

ใช้หลักการในทางฟัซซี่เซท กล่าวคือให้ในแต่ละจุดของรูปภาพ X ที่ถูกแบ่งเป็นเมตริกซ์ขนาด MxN จุดภาพ มีค่าระดับเทามากที่สุดคือ V ที่จะใช้ในพิจารณาการระบุค่าซิงเกิลตันฟัซซี่ ระดับของฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของฟัซซี่เซตจะแสดงถึงระดับความสว่างตามค่า V โดยที่ v = 0, 1,.....,V-1 ดังนั้น รูปภาพ X จึงแสดงได้เป็น

$$X = \{b(i,j)/x(i,j) | i = 1,2,...,M \text{ และ } j = 1,2,...,N\} \quad \text{.....(4)}$$

โดยที่ $b(i,j)/x(i,j)$ แสดงถึงระดับความสว่าง v ที่จุด (i,j) และ $b(i,j)$ จะอยู่ในช่วง [0,1] โดยที่รูปแบบที่เหมาะสมของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่เลือกใช้จะเป็น

$$b(i,j) = G(x(i,j)) = \left[\frac{1}{1 + \frac{x_{max} - x(i,j)}{F_d}} \right] \quad \text{.....(5)}$$

เมื่อ $i = 1,2,....,M$ และ $j = 1,2,...,N$

x_{max} คือ ระดับเทาที่มากที่สุด

$x(i,j)$ คือ ระดับเทาของจุดที่มีโคออร์ดิเนต (i,j)

F_d คือ ค่าฟัซซี่ไฟเออร์ (fuzzifier) ซึ่งจะเป็น

ค่าที่สมมติไว้ที่ $b(x_o) = 0.5$ ที่ครอสโอเวอร์พอยต์ ครอสโอเวอร์พอยต์ x_c สำหรับค่าเทรชโฮลด์ T จะกำหนดเป็น

$$x_c = T + 0.5 \quad \text{.....(6)}$$

ถ้า $x(i,j) = 0$ แล้ว

$$b(i,j) = K \left[\frac{1}{1 + \frac{x_{max}}{F_d}} \right] \quad \text{.....(7)}$$

และ $b(i,j)$ จะถูกจำกัดค่าไว้ระหว่าง [k,1] แทนที่จะเป็น [0,1]

ตัวดำเนินการที่จะเปรียบเทียบระดับความเข้ม (INT) บนฟัซซี่เซต A จะเกิดจากฟัซซี่เซตอื่น A'=INT (A) ด้วยฟังก์ชันการเป็นสมาชิกใหม่ $m'_A(w)$ การแปลงค่าตัวดำเนินการ INT จาก $b(i,j)$ เป็น $b'(i,j)$ จะถูกนิยามเป็น

$$\begin{aligned} b'(i,j) &= 2[b(i,j)]^2 && \text{เมื่อ } 0 \le b(i,j) \le 0.5 \\ &= [1-2(1-b(i,j))^2] && \text{เมื่อ } 0.5 \le b(i,j) \le 1 \end{aligned} \quad \text{.....(8)}$$

อัลกอริธึมในการทำภาพให้ชัดขึ้นและการแปลงเป็นภาพขาวดำนั้นจะมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ให้ค่าคงที่ C = 0

ขั้นที่ 2 ให้ $x(i,j) = \frac{1}{n} \sum_a x(m,n)$

โดยที่ m,n เป็นพื้นที่ของวินโดว์ และ Q เป็นจำนวนของจุดในวินโดว์

ขั้นที่ 3 หาค่าเฉลี่ยของระดับเทา V_a ในเมตริกซ์ตัวอย่าง

ขั้นที่ 4 ให้ $T = V_a + C$ และ $x_c = T + 0.5$

ขั้นที่ 5 หาค่า F_d และ K

ขั้นที่ 6 หาค่า $b(i,j)$ สำหรับค่าของแต่ละระดับเทาของค่าที่กล่าวมาของ F_d

(a) ถ้า $0 \le b(i,j) \le 0.5$ แล้ว $b(i,j) = 2[b(i,j)]^2$

(b) ถ้า $0.5 \le b(i,j) \le 1$ แล้ว $b(i,j) = [1-2(1-b(i,j))^2]$

(c) ถ้า $b(i,j) < K$ แล้ว $b(i,j) = K$

ขั้นที่ 7 ถ้า $b(i,j) < 0.5$ แล้ว $y(i,j) = 1$

ถ้า $b(i,j) \ge 0.5$ แล้ว $y(i,j) = 0$

ค่า $y(i,j)$ เป็นค่าของรูปภาพขาวดำ

ขั้นที่ 8 นับจำนวนของค่าที่เป็น 0 และ 1

ขั้นที่ 9 ถ้าค่าความแตกต่างระหว่าง 0 กับ 1 น้อยกว่า 20% ของจำนวนจุดภาพทั้งหมดในเมตริกซ์ตัวอย่าง ให้หยุดการทำงานของอัลกอริธึมนี้

ขั้นที่ 10 เพิ่มหรือลดค่าคงที่ C แล้วกลับไปทำขั้นที่ 2

2.3 การทำเทรชโฮลด์ภาพโดยใช้เอนโทรปี (Kapur et al's entropy)[2][3]

Kapur et al ได้แบ่งค่าความน่าจะเป็นของการกระจายออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 (ชนิด A) คือ ค่าระดับเทาตั้งแต่ค่าเริ่มต้นจนมาถึงค่าเทรชโฮลด์เป็น k[1,.....,k] (ช่องของกลุ่มพื้นหลัง)

ส่วนที่ 2 (ชนิด B) คือ ค่าระดับเทาที่มีค่ามากกว่าค่าเทรชโฮลด์ [k+1,.....,L] (ช่องของกลุ่มวัตถุ)

โดยที่

$$\text{ชนิด A} : \frac{p_1}{P_k}, \frac{p_2}{P_k}, \ldots, \frac{p_k}{P_k} \quad \text{.....(9)}$$

$$\text{ชนิด B} : \frac{p_{k+1}}{1-P_k}, \frac{p_{k+2}}{1-P_k}, \ldots, \frac{p_k}{1-P_k} \quad \text{.....(10)}$$

เมื่อ $P_k = \sum_{i=1}^{k} p_i$ และ

$$1-P_k = \sum_{i=k+1}^{L} p_i \quad \text{.....(11)}$$

โดยมีค่าของเอนโทรปีของแต่ละชนิดเป็น

$$H(A) = -\sum_{i=1}^{k} \frac{p_i}{P_k} \ln \frac{p_i}{P_k} \quad \text{.....(12)}$$

$$H(B) = -\sum_{i=k+1}^{L} \frac{p_i}{1-P_k} \ln \frac{p_i}{1-P_k} \quad \text{.....(13)}$$

ซึ่งจะได้ค่าของเอนโทรปีรวมเป็น

$$\psi_{(k)} = H(A) + H(B) \quad \text{.....(14)}$$

นำสมการหาค่าเอนโทรปีรวม ไปหาค่าเอนโทรปีของค่าระดับสีเทาโดยตรวจ k ที่ให้ค่าเอนโทรปีรวมที่มีค่ามากที่สุด

$$\psi_{(k\ max)} = \underset{k=1.....L}{max}\ \psi_{(k)} \quad \text{.....(15)}$$

ซึ่งจะเลือกค่าเทรชโฮลด์ของภาพ (T) คือ

$$T = k_{max} \quad \text{.....(16)}$$

จากสมการหาค่าเอนโทรปีรวมนี้ นำมาพัฒนาใช้ในการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี ซึ่งมีหลักการคือกำหนดเมตริกซ์ขนาด m x n จุดภาพ ในการพิจารณาค่าเอนโทรปี เพื่อแยกพิจารณาทีละส่วนของภาพระดับเทา ทำการตรวจค่า k ที่ให้ค่าเอนโทรปีรวมที่มีค่ามากที่สุดในเมตริกซ์ขนาด m x n จุดภาพ ที่กำลังพิจารณาอยู่ เมื่อได้ค่า k ที่ให้ค่าเอนโทรปีรวมที่มีค่ามากที่สุดจะกำหนดให้เป็นค่าเทรชโฮลด์ในเมตริกซ์นั้น จากนั้นจะเลื่อนเมตริกซ์ที่ใช้ในการพิจารณาค่าเอนโทรปีไปยังส่วนถัดไปของภาพ จนครบทุกส่วนของภาพระดับเทา อัลกอริธึมในการทำการเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีจะมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดเมตริกซ์ขนาด m x n จุดภาพในการพิจารณาค่าเอนโทรปี เพื่อแยกพิจารณาทีละส่วนของภาพระดับเทา

ขั้นที่ 2 ตรวจค่าระดับเทาของจุดภาพในเมตริกซ์

ขั้นที่ 3 เก็บค่าความถี่ของจุดภาพในเมตริกซ์

ขั้นที่ 4 กำหนดค่าเทรชโฮลด์ k โดยวิธีสุ่มตามลำดับ (Sequential Random)

ขั้นที่ 5 หาค่าเอนโทรปีรวม

$$\psi_{(k)} = H(A) + H(B)$$

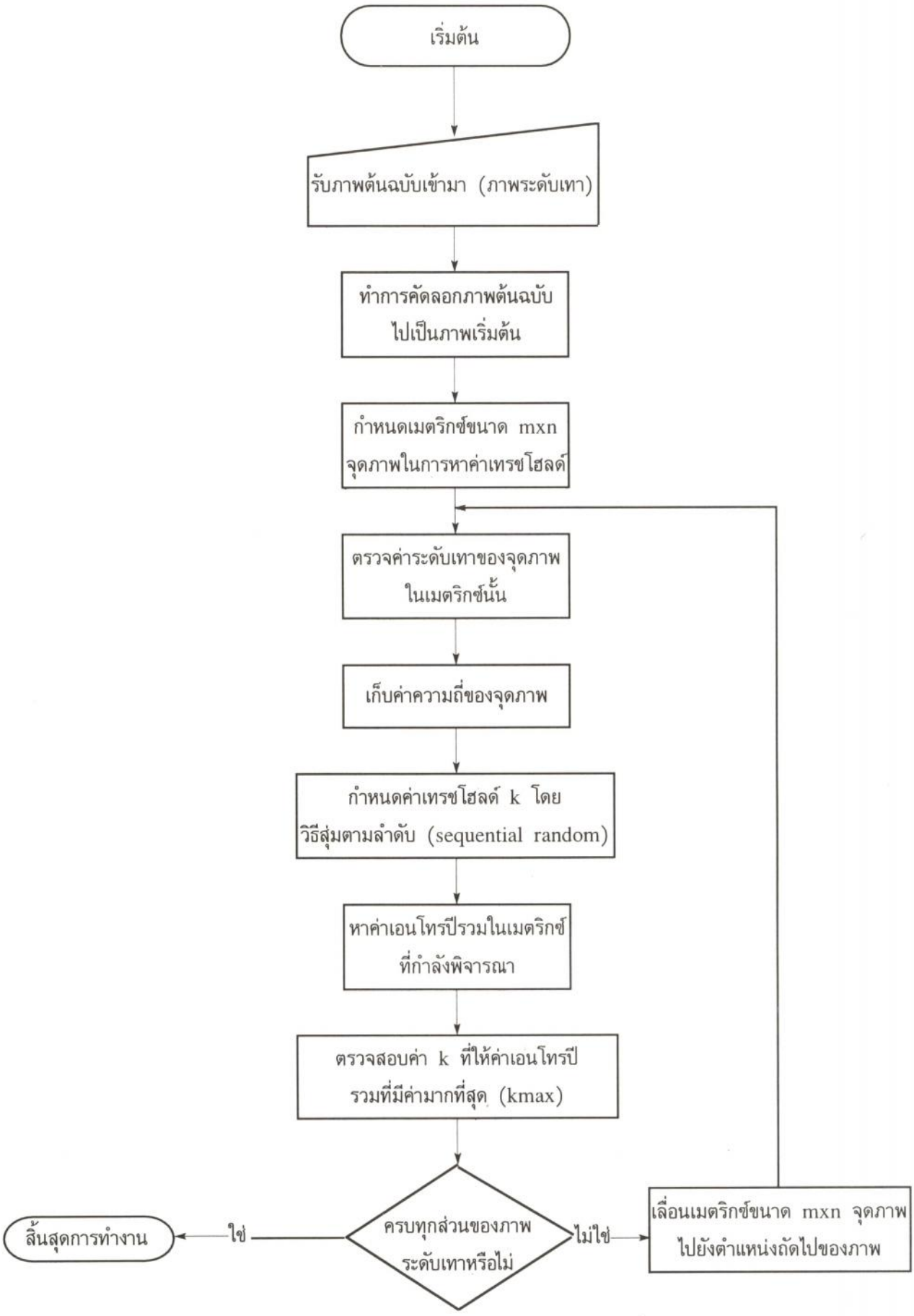
ขั้นที่ 6 ตรวจค่า k ที่ให้เอนโทรปีรวมที่มีค่ามากที่สุด (k_{max}) ในเมตริกซ์

ขั้นที่ 7 k_{max} คือ ค่าเทรชโฮลด์ภาพของเมตริกซ์ที่กำลังพิจารณาอยู่

ขั้นที่ 8 เลื่อนเมตริกซ์ m x n ไปยังตำแหน่งถัดไป และกลับไปทำขั้นที่ 2-8

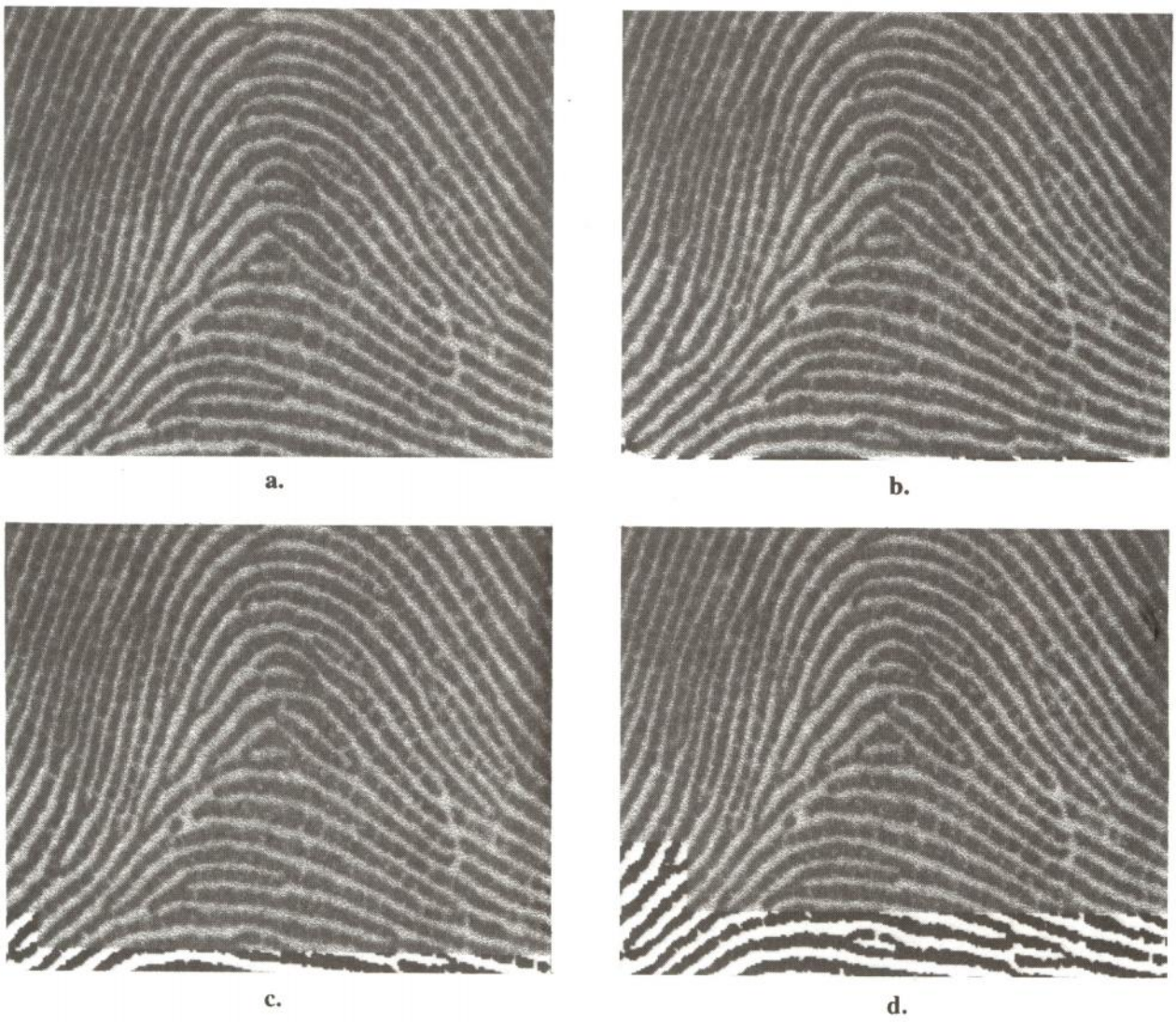
ขั้นที่ 9 กระทำขั้นที่ 8 จนครบทุกส่วนของภาพระดับเทา

จากอัลกอริธึมสามารถเขียนเป็นโฟลว์ชาร์ต (Flowchart) แสดงการทำงานได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 โฟลว์ชาร์ตแสดงอัลกอริธึมของการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี

2.4 ตัวอย่างในการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนหาค่าเอนโทรปีในเมตริกซ์ขนาดต่าง ๆ



รูปที่ 3 a. ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือชนิดโค้งกระโจมซึ่งเป็นภาพระดับเทา (ภาพเริ่มต้น)
b. ขณะกำลังนำภาพระดับเทาผ่านการทำเทรชโฮลด์ภาพโดยใช้เมตริกซ์ที่มีขนาด 8x8 จุดภาพ
c. ขณะกำลังนำภาพระดับเทาผ่านการทำเทรชโฮลด์ภาพโดยใช้เมตริกซ์ที่มีขนาด 16x16 จุดภาพ
d. ขณะกำลังนำภาพระดับเทาผ่านการทำเทรชโฮลด์ภาพโดยใช้เมตริกซ์ที่มีขนาด 32x32 จุดภาพ

จากรูปที่ 3 การทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี โดยการกำหนดขนาดของเมตริกซ์ mxn จุดภาพที่มีขนาดแตกต่างกันไป โดยในรูปที่ 3a แสดงภาพเริ่มต้นที่รับเข้ามาซึ่งจะเป็นภาพระดับเทา ส่วนในรูปที่ 3b, 3c และ 3d นั้นจะแสดงผลขณะกำลังทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือชนิดโค้งกระโจม โดยกำหนดเมตริกซ์ขนาด mxn จุดภาพ ในการพิจารณาค่าเอนโทรปีเพื่อแยกพิจารณาทีละส่วนของภาพ ที่มีขนาดเป็น 8x8 จุดภาพ 16x16 จุดภาพ และ 32x32 จุดภาพ ตามลำดับ โดยจากรูปที่ 3b, 3c และ 3d นั้น ทางส่วนล่างของรูปคือส่วนที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์แล้ว ซึ่งจะได้ลายเส้นขาวดำที่ชัดเจน

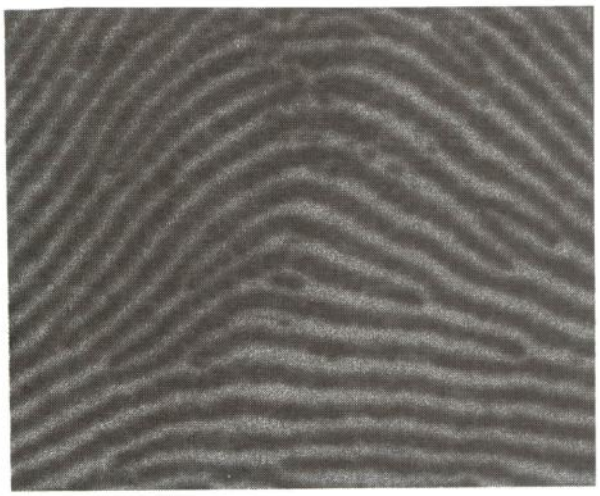
3. ผลการทดสอบ

การทดสอบการใช้งานของอัลกอริธึมการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีเขียนด้วยภาษา visual basic version 4.0 นำไปทดสอบกับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือซึ่งเป็นภาพระดับเทา โดยได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน ด้วยกันคือ

3.1 การทดสอบการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีเพื่อเลือกขนาดเมตริกซ์ที่เหมาะสมในการใช้งาน

การพิจารณาเลือกขนาดของเมตริกซ์ที่เหมาะสมในการใช้งานจะมีหลักในการพิจารณา คือ เมื่อนำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือมาผ่านการทำเทรชโฮลด์เพื่อเปลี่ยนเป็นภาพขาวดำแล้วภาพที่ได้ยังคงมีความสมบูรณ์ของสาระใกล้เคียงกับภาพเริ่มต้นมากที่สุด โดยใช้บุคคลเป็นผู้พิจารณาภาพขาวดำที่ได้ โดยทำการทดสอบกับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือได้ผลดังภาพที่ 4, 5 และ 6 ซึ่งจากรูปจะใช้สัญลักษณ์ **O** แทนส่วนของสาระภาพขาวดำที่ขาดหายไปในการทำเทรชโฮลด์ภาพเพื่อช่วยในการพิจารณาภาพ และได้แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ที่ได้จากการทดสอบไว้ในตารางที่ 1, 2 และ 3 โดยในการทดสอบได้แบ่งตัวอย่างภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ใช้เป็นภาพต้นแบบโดยใช้บุคคลเป็นผู้พิจารณาออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ภาพที่ชัดเจน



a.

b.

c.

d.

รูปที่ 4 a. ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือชนิดโค้งราบ ซึ่งเป็นภาพระดับเทา (ภาพต้นแบบ)

b. ภาพที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีโดยใช้เมตริกซ์ขนาด 8x8 จุดภาพ

c. ภาพที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีโดยใช้เมตริกซ์ขนาด 16x16 จุดภาพ

d. ภาพที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีโดยใช้เมตริกซ์ขนาด 32x32 จุดภาพ

a.

b.

c.

d.

รูปที่ 5 a. ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือชนิดก้นหอย ซึ่งเป็นภาพระดับเทา (ภาพต้นแบบ)

b. ภาพที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีโดยใช้เมตริกซ์ขนาด 8x8 จุดภาพ

c. ภาพที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีโดยใช้เมตริกซ์ขนาด 16x16 จุดภาพ

d. ภาพที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีโดยใช้เมตริกซ์ขนาด 32x32 จุดภาพ

2. ภาพที่ไม่ชัดเจน

a. b. c. d.

รูปที่ 6 a. ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือชนิดมัดหวาย ซึ่งเป็นภาพระดับเทา (ภาพต้นแบบ)
b. ภาพที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีโดยใช้เมตริกซ์ขนาด 8x8 จุดภาพ
c. ภาพที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีโดยใช้เมตริกซ์ขนาด 16x16 จุดภาพ
d. ภาพที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีโดยใช้เมตริกซ์ขนาด 32x32 จุดภาพ

ตารางที่ 1 รายละเอียดในการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี กับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือชนิดโค้งราบ

ประเภท	ชนิด	กว้าง (จุดภาพ)	ยาว (จุดภาพ)	ขนาดเมตริกซ์ที่ใช้ (จุดภาพ)	เวลาที่ใช้ (นาที)
ภาพที่ชัดเจน	โค้งราบ	256	256	8x8	5.05
		256	256	16x16	4.07
		256	256	32x32	3.56

ตารางที่ 2 รายละเอียดในการทำเทรซโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีกับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือชนิดก้นหอย

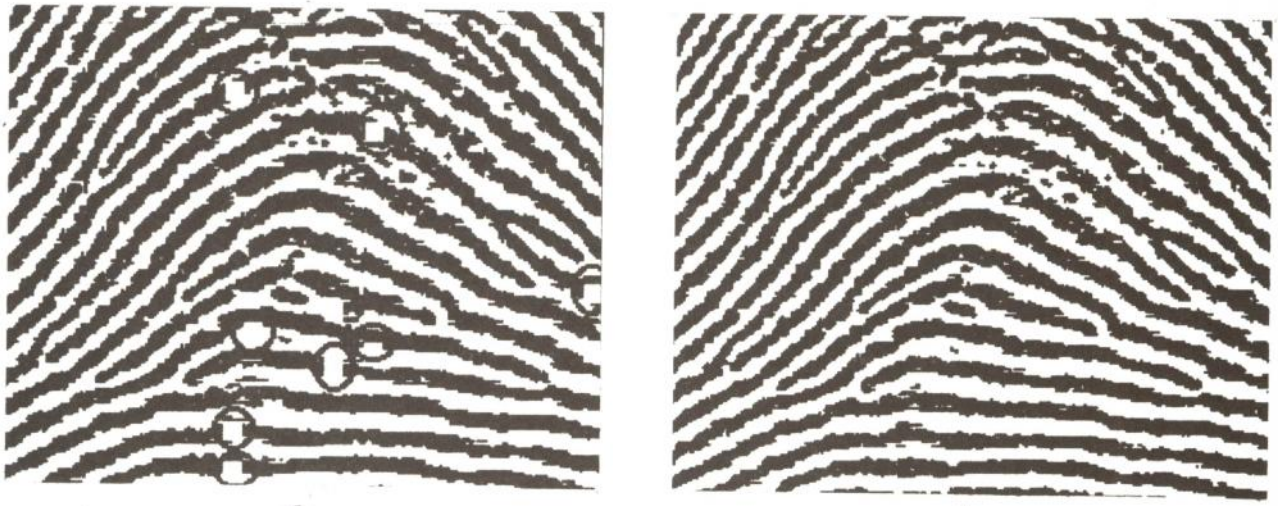
ประเภท	ชนิด	กว้าง (จุดภาพ)	ยาว (จุดภาพ)	ขนาดเมตริกซ์ที่ใช้ (จุดภาพ)	เวลาที่ใช้ (นาที)
ภาพที่ชัดเจน	ก้นหอย	256	256	8X8	4.35
		256	256	16X16	5.03
		256	256	32X32	4.13

ตารางที่ 3 รายละเอียดในการทำเทรซโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีกับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือชนิดมัดหวาย

ประเภท	ชนิด	กว้าง (จุดภาพ)	ยาว (จุดภาพ)	ขนาดเมตริกซ์ที่ใช้ (จุดภาพ)	เวลาที่ใช้ (นาที)
ภาพที่ไม่ชัดเจน	มัดหวาย	256	256	8X8	4.12
		256	256	16X16	3.49
		256	256	32X32	5.35

3.2 เปรียบเทียบผลที่ได้กับอัลกอริธึมการทำเทรช-โฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยใช้วิธีพิจารณา-ฟัซซี่เซต

ในบทความนี้ได้ศึกษาการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยใช้วิธีพิจารณาฟัซซี่เซต[4] เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลที่ได้กับการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยใช้วิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีที่ได้นำเสนอ โดยทำการทดสอบกับภาพระดับเทาในรูปที่ 4a, 5a และ 6a ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 7, 8 และ 9 ซึ่งจากรูปจะใช้สัญลักษณ์ O แทนส่วนของสาระของภาพขาวดำที่ขาดหายไป และได้แสดงรายละเอียดต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบไว้ในตารางที่ 4, 5 และ 6



a. b.

รูปที่ 7 a. ภาพที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์ภาพโดยวิธีการพิจารณาฟัซซี่เซต
b. ภาพที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์ภาพโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี

a.

b.

รูปที่ 8 a. ภาพที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์ภาพโดยวิธีการพิจารณาฟัซซี่เซต
b. ภาพที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์ภาพโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี

a.

b.

รูปที่ 9 a. ภาพที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์ภาพโดยวิธีการพิจารณาฟัซซี่เซต
b. ภาพที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์ภาพโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี

ตารางที่ 4 รายละเอียดในการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี และโดยวิธีพิจารณาฟัซซี่เซต กรณีภาพพิมพ์ลายนิ้วมือชนิดโค้งราบ

วิธีการทำเทรชโฮลด์	ประเภท	ชนิด	กว้าง (จุดภาพ)	ยาว (จุดภาพ)	ขนาดเมตริกซ์ที่ใช้ (จุดภาพ)	เวลาที่ใช้ (นาที)
พิจารณาจากฟัซซี่เซต	ภาพที่ขัดเจน	โค้งราบ	256	256	8x8	6.02
แบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี	ภาพที่ขัดเจน	โค้งราบ	256	256	8x8	5.05

ตารางที่ 5 รายละเอียดในการทำเทรซโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี และโดยวิธีพิจารณาฟัซซี่เซต กรณีภาพพิมพ์ลายนิ้วมือชนิดก้นหอย

วิธีการทำเทรชโฮลด์	ประเภท	ชนิด	กว้าง (จุดภาพ)	ยาว (จุดภาพ)	ขนาดเมตริกซ์ที่ใช้ (จุดภาพ)	เวลาที่ใช้ (นาที)
พิจารณาจากฟัซซี่เซต	ภาพที่ขัดเจน	ก้นหอย	256	256	8x8	6.37
แบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี	ภาพที่ขัดเจน	ก้นหอย	256	256	8x8	4.35

ตารางที่ 6 รายละเอียดในการทำเทรซโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี และโดยวิธีพิจารณาฟัซซี่เซต กรณีภาพพิมพ์ลายนิ้วมือชนิดมัดหวาย

วิธีการทำเทรชโฮลด์	ประเภท	ชนิด	กว้าง (จุดภาพ)	ยาว (จุดภาพ)	ขนาดเมตริกซ์ที่ใช้ (จุดภาพ)	เวลาที่ใช้ (นาที)
พิจารณาจากฟัซซี่เซต	ภาพที่ไม่ขัดเจน	มัดหวาย	256	256	8x8	4.54
แบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี	ภาพที่ไม่ขัดเจน	มัดหวาย	256	256	8x8	4.12

4. วิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบที่ 3.1 โดยจากหลักในการพิจารณาเลือกขนาดของเมตริกซ์ที่เหมาะสมที่ได้กล่าวไปแล้วในข้างต้นเมื่อพิจารณารูปที่ 4, 5 และ 6 โดยใช้บุคคลเป็นผู้พิจารณาภาพ จะเห็นว่า ถ้าเรากำหนดขนาดของเมตริกซ์ไม่เหมาะสมในการใช้งาน ภาพขาวดำที่ได้จากการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี จะมีบางส่วนของภาพที่สาระของภาพได้ขาดหายไป ซึ่งจะแทนด้วยสัญลักษณ์ O จากรูปที่ 4 เมื่อทำการพิจารณาผลที่ได้จากรูปที่ 4b.-d. จะเห็นได้ว่า ความสมบูรณ์ของสาระของภาพที่ได้นั้นใกล้เคียงกันมาก แต่เมื่อพิจารณาจากภาพอย่างละเอียด จะเห็นว่าเมตริกซ์ที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งาน คือ เมตริกซ์ขนาด 32x32 จุดภาพ เนื่องจากมีความสมบูรณ์ของสาระของภาพมากที่สุด จากรูปที่ 5 เมื่อพิจารณาผลที่ได้จากรูปที่ 5b-d จะเห็นว่าเมื่อใช้เมตริกซ์ขนาด 16x16 จุดภาพ และ 32x32 จุดภาพ จะทำให้สาระบางส่วนของภาพขาวดำขาดหายไป ดังนั้นขนาดเมตริกซ์ที่มีความเหมาะสมที่สุดในการใช้งานคือ เมตริกซ์ขนาด 8x8 จุดภาพ และจากรูปที่ 6 ซึ่งเป็นภาพเริ่มต้นระดับเทาที่ไม่ขัดเจน เมื่อพิจารณาผลที่ได้จากรูปที่ 6b-d จะเห็นว่าเมตริกซ์ที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งาน ได้แก่ เมตริกซ์ขนาด 8x8 จุดภาพ เนื่องจากว่าเมื่อใช้เมตริกซ์ขนาด 16x16 จุดภาพ และ 32x32 จุดภาพ จะทำให้ได้ภาพขาวดำที่สาระของภาพนั้นขาดหายไปเป็นจำนวนมาก

และจากผลการทดสอบที่ 3.2 โดยจากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่า การทำเทรชโฮลด์ภาพเป็นขั้นตอนแรกในการประมวลผลภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ ดังนั้นในการทำเทรชโฮลด์ภาพที่ดีควรจะไม่ทำให้สาระของภาพขาวดำที่ได้ขาดหายไป เนื่องจากจะส่งผลกระทบในขั้นตอนต่อๆ ไปในการประมวลผลภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ จากการทดสอบเมื่อทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากอัลกอริธึมการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีพิจารณาฟัซซี่เซต กับการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยใช้วิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี ดัง

แสดงในรูปที่ 7, 8 และ 9 เมื่อใช้บุคคลเป็นผู้พิจารณาภาพ จะเห็นว่า การทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยใช้วิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี จะได้ภาพขาวดำที่มีความสมบูรณ์ของสาระสูงกว่าอัลกอริธึมการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยวิธีการพิจารณาฟัซซี่เซต โดยสามารถพิจารณาได้จากสัญลักษณ์ O ซึ่งจะใช้แทนบริเวณที่สาระของภาพขาวดำที่ขาดหายไป โดยจากรูปที่ 7a, 8a และ 9a จะเห็นได้ว่ามีลักษณะเป็นช่องสี่เหลี่ยมสีขาวปรากฏอยู่ในภาพ และนอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4, 5 และ 6 ซึ่งแสดงรายละเอียดที่ได้จากการทดสอบ จะเห็นว่า การทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี จะใช้เวลาในการประมวลผลที่น้อยกว่าอัลกอริธึมการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยวิธีการพิจารณาฟัซซี่เซต เมื่อพิจารณาถึงสภาพโดยรวม คือ ความสมบูรณ์ของสาระของภาพขาวดำที่ได้หลังจากการทำเทรชโฮลด์ภาพและเวลาที่ใช้ในการประมวลผล จะเห็นได้ว่า การทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทปีนี้มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานเป็นขั้นตอนหนึ่งในการประมวลผลภาพพิมพ์ลายนิ้วมือได้

5. สรุป

ในบทความนี้ ได้นำเสนอการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี ซึ่งจากผลการทดสอบ จะเห็นว่า การทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปี จะให้ภาพขาวดำที่มีความสมบูรณ์ของสาระของภาพสูง และใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่า อัลกอริธึมการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการพิจารณาฟัซซี่เซต แต่ในการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีนี้มีข้อจำกัดคือ จะต้องใช้ตัวบุคคล เป็นผู้กำหนดขนาดของเมตริกซ์ในการแบ่งส่วนภาพ เพื่อใช้พิจารณาหาค่าเอนโทรปี และทำการวิเคราะห์ภาพขาวดำที่ได้ ดังนั้นการวิจัยที่จะทำต่อไป คือทำการพัฒนาหาค่าขนาดของเมตริกซ์ที่ใช้ในการหาค่าเทรชโฮลด์สำหรับการทำเทรชโฮลด์ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยวิธีการแบ่งส่วนและหาค่าเอนโทรปีให้เป็นอัตโนมัติ

6. เอกสารอ้างอิง

1. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *"Digital Image Processing"*, Addison-Wesley Publishing Company, 1993.
2. Hussain, Zahid, *"Digital Image Processing Practical Applications of Parallel Processing Techniques"*, Elles Horwood, 1991.
3. Ian Hannah, Devesh Patel and Roy Davies, *The Use of Veriance and Entropic Thresholding Method for Image Segmentation,* Pattern Recognition 28, pp. 1135-1143 (1995).
4. M.R. Verma, A.K. Majumdar and Chatterjee, *Edge Detection in Fingerprints,* Pattern Recognition 20, pp. 513-523 (1987).
5. Robert J. Schalkoff, *"Digital Image Processing and Computer Vision"*, Department of Electrical and Computer Engineering, Clemson University.
6. N.M. Pal and S.K. Pal, *Entropic Thresholding,* Signal Process. 16, pp. 97-108 (1989).