



การสกัดคุณลักษณะของภาพโดยใช้เทคนิคโซเบล สำหรับการแทนรูปภาพอักษรเบรลล์

Feature Extraction of Images Using Sobel Technique for Braille Image Representation

ยุภาวดี อินทาเครือ* และ รัฐสิทธิ์ สุขะหุต*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ วิธีการแปลงและแสดงภาพอักษรเบรลล์สำหรับผู้พิการทางสายตาโดยการสกัดคุณลักษณะรูปร่าง และสีของภาพ โดยใช้เทคนิคในการหาขอบเขตภาพแบบโซเบล การใช้เทคนิคนี้จะให้ค่าของขอบเขตภาพที่ชัดเจน กระบวนการวิธีนี้จะต้องมีการแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาวดำ ทำภาพให้มีความสมดุล แล้วทำการกำจัดสิ่งรบกวน จากนั้นเข้าสู่กระบวนการหาขอบเขตภาพ แล้วทำการแมปขอบเขตที่ได้จากการแปลงกับอัลกอริทึมการแมปอักษรเบรลล์ ซึ่งมีลักษณะเป็นจุด 6 จุด โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงภาพปกติเป็นภาพอักษรเบรลล์มีความถูกต้องและสมบูรณ์นั้นวัดได้ 62.50 % จากผู้ชำนาญอักษรเบรลล์ 10 ท่าน

คำสำคัญ: เบรลล์ การประมวลผลภาพ การสกัดคุณลักษณะภาพ

Abstract

This paper presents an approach to image transformation and representation using Braille characters for people with visual impairment. Image feature extraction consisting of shapes and colors are considered as the primary pre-processing step. In our approach, the boundary of the image is detected using sobel technique. The boundary line of each image needs to be clearly detected especially. This begins by converting

image into gray color followed by color balance, smoothing and noise removal. The image boundary is then transformed into Braille characters which made up of six dot positions with the mapping algorithm. The transformation is evaluated for completeness and readiness on the end results image represented in Braille. The experiment result showed the accuracy over 62% based on the evaluation results of 10 users.

Keyword: Braille, Image Processing, Feature Extraction of Images.

1. บทนำ

การประยุกต์ใช้ความรู้ ทางด้านการประมวลผลภาพเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์งาน เพื่อแปลงภาพกราฟิกให้เป็นภาพกราฟิกอักษรเบรลล์ เพื่อให้ผู้พิการทางสายตาได้มีโอกาสในการรับรู้สิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นในโลกปัจจุบันได้ทัดเทียมกับคนปกติทั่วไป การพัฒนาเครื่องมือผลิตสื่ออักษรเบรลล์สำหรับผู้พิการทางสายตานั้น พบว่าการสร้างรูปภาพกราฟิก (Graphic) ยังมีปัญหาในกระบวนการผลิตเอกสารต่างๆ อยู่หลายขั้นตอนและจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยี ทั้งอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เรียกว่า เครื่องเทอร์โมฟอร์มที่อาศัยความร้อนในการอัดภาพต้นแบบออกมาหรือจะเป็นซอฟต์แวร์ในการสร้างภาพกราฟิกที่มีราคาและมีต้นทุนในการผลิตที่สูงซึ่งทำให้มีข้อจำกัดในการผลิตสื่อและทำให้ข้อมูล ข่าวสาร ความรู้ต่างๆ ที่อยู่ในรูปของกราฟิกยังผลิตได้อย่างมีจำนวน

* ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จำกัดและไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้พิการทางสายตา การประยุกต์ใช้ความรู้การประมวลผลภาพ โดยได้เน้นในเรื่องของการหาขอบภาพ ซึ่งนับเป็นขั้นตอนเบื้องต้นที่สำคัญที่จะนำไปสู่การสกัดหาคุณลักษณะของภาพ โดยที่การสกัดคุณลักษณะของภาพนั้นมีขั้นตอนในการสกัดคุณลักษณะต่างๆ เช่น คุณลักษณะทางพื้นผิว คุณลักษณะทางรูปร่าง (พื้นที่ เส้นรอบวง) คุณลักษณะทางสี เป็นต้น โดยการสกัดคุณลักษณะออกจากภาพเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะนำไปสู่การดึงข้อมูลออกมาจากภาพ

การสกัดคุณลักษณะของภาพ เพื่อแทนภาพด้วยอักขระเบรลล์ เป็นการศึกษาถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์กระบวนการสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างมีอยู่ 4 กระบวนการเริ่มจากการทำการแปลงรูปภาพที่ได้ให้เป็นภาพขาวดำแล้วทำการปรับภาพให้เรียบ โดยการลดจุดที่ไม่สมบูรณ์ของรูปภาพให้น้อยลงมากที่สุด จากนั้นจึงนำเอารูปภาพที่ได้มาทำการหาขอบเขตของภาพเพื่อให้ได้ขอบที่บางลงแล้วสุดท้ายจึงทำการตัดเฉพาะพื้นที่ของรูปภาพที่สนใจ เพื่อนำรูปภาพเข้าสู่การจำแนกกลุ่มภาพต่อไป ซึ่งการได้มาซึ่งพื้นที่ของรูปภาพที่สนใจ อย่างมีความสมบูรณ์นั้นวิธีการหาขอบเขตของภาพที่มีความเหมาะสม นั้นถือได้ว่าเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง ในการทำวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาแนวคิด การหาขอบเขตของภาพ โดยเทคนิคการหาขอบเขตภาพแบบโซเบล (Sobel) เป็นการตรวจสอบว่าเส้นขอบลากผ่านหรือใกล้เคียงกับจุดใด โดยจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับจุดดังกล่าว โดยวิธีนี้เป็นการหาขอบที่ไม่เป็นเชิงเส้นสามารถเปลี่ยนแปลงค่าความไม่ต่อเนื่องได้ตามการปรับปรุงขอบ [1]

ดังนั้น ในการวิจัยนี้จึงได้ศึกษาและได้นำเทคนิคในการสกัดคุณลักษณะของภาพ โดยที่การสกัดคุณลักษณะจะเป็นการแยกในลักษณะรูปร่าง หรือคุณลักษณะทางสีออกมาโดยใช้เทคนิคโซเบลซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งในการแยกคุณลักษณะรูปร่างของภาพ มาใช้งานหลักในการหาขอบของภาพที่ต้องการ เพื่อทำการผลิตสื่อที่เป็นภาพกราฟิกสำหรับผู้พิการทางสายตา

เป้าหมายในการวิจัยนี้คือการลดเวลาในการสร้างภาพกราฟิกปกติให้เป็นภาพกราฟิกอักขระเบรลล์โดยใช้วิธีการเทคนิคโซเบล ในการหาขอบเขตของภาพ ซึ่งวิธีการนี้ยังไม่เคยมีการนำเสนอเพื่อการแปลงภาพกราฟิกให้เป็นภาพ

กราฟิกอักขระเบรลล์ ซึ่งสามารถที่จะทำการแปลงได้หลากหลายรูปแบบ และใช้เวลาในการแปลงที่รวดเร็ว

เอกสารฉบับนี้ ประกอบด้วยการอธิบายเกี่ยวกับพื้นฐานความรู้ที่เกี่ยวข้องในส่วนที่ 2 ขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัยในส่วนที่ 3 ผลการดำเนินงานในส่วนที่ 4 และสรุปในส่วนที่ 5

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แปลงภาพสีเป็นขาว-ดำ (Thresholding)

การพิจารณาสีและขอบเขตการพิจารณา การเขียนแผนภูมิสี (Color Histogram) เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมในการแทนลักษณะของสีเทคนิคนี้ใช้หลักของสถิติในการอธิบายคุณสมบัติ ของสี รูปร่าง (Shape) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เส้นขอบ (Boundary-based) และบริเวณ (Region-based) เส้นขอบจะพิจารณาเฉพาะเส้นล้อมรอบวัตถุ ส่วนบริเวณจะพิจารณา พื้นที่ทั้งหมดที่อยู่ในเส้นล้อมรอบวัตถุ คุณลักษณะของรูปร่างที่ต้องการจะต้องไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนตำแหน่งการหมุน และการเปลี่ยนขนาด [2], [3]

เพื่อทำการหาขอบที่แน่นอน และในการหาขอบจะต้องทำการแปลงภาพต้นฉบับให้มีค่าเป็นเพียง 0 - 1 หรือที่เรียกว่าเป็นการทำให้ภาพมีลักษณะเป็น ขาว - ดำ ซึ่งในการแปลงภาพนั้น จะพบว่า ในส่วนที่มีการแสดงผลของสีที่มีลักษณะเป็นสีเข้ม เมื่อทำการแปลงออกมาภาพสีเข้มก็จะเปลี่ยนเป็นสีดำ และในทางตรงกันข้ามภาพที่มีสีอ่อนก็จะได้ภาพออกมา เป็นสีขาวหรือออก เป็นสีขาวทั่วไป

ในกำหนดค่า threshold นั้นจะทำการกำหนดขึ้นมา 2 ค่า คือ high threshold (T1) และ low threshold (T2) โดยพิกเซลที่มีค่ามากกว่า T1 จะถูกปรับเป็น 1 (เป็นพิกเซลที่เป็นขอบ) แต่ถ้าน้อยกว่า T2 จะถูกปรับเป็น 0 ส่วนค่าที่อยู่ระหว่างค่า threshold ทั้งสอง การปรับเป็นค่า 0 หรือ 1 นั้นขึ้นอยู่กับพิกเซลที่อยู่รอบข้าง หากพบว่าพิกเซลที่อยู่รอบข้างของพิกเซลที่เป็นขอบ (ค่า > T1) มีค่ามากกว่า T2 แล้ว จะปรับค่าพิกเซลดังกล่าวให้มีค่าเป็น 1 และถือเป็นสมาชิกหนึ่งในภาพขอบด้วยเช่นกัน

2.2 ปรับภาพให้เรียบ (Smoothing)

การปรับภาพให้เรียบ เป็นการเมื่อได้ทำการแปลงภาพเป็นขาว-ดำเรียบร้อยแล้ว สามารถทำการปรับภาพให้เรียบได้โดยอาศัยเทคนิค Median filtering ซึ่งในเทคนิคนี้จะเป็นการหา noise ที่เกิดในภาพด้วยการ filter ซึ่งมีรูปแบบ

การคำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากจำนวนที่เราหาได้ไว้ และเมื่อผ่านกระบวนการออกมา noise ก็จะถูกกำจัดออกไป ซึ่งอาจจะไม่สมบูรณ์แต่ก็สามารถที่จะลดจำนวนของ noise ให้ลดน้อยลงไปได้ ซึ่งเทคนิค Median filtering มีรูปแบบดังนี้ [4]

```
if (image[0] < image[1]) max = 1 ;
    else max = 0;
for (i = 2; i < N-1 ; i++){
min = 2 x i - 3 - max;
if (image[i] < image[min] ) {
    max = i-1; median1d[max] = image[min]; }
    else if (image[i] > image[max] ) {
        median1d[i-1] = image[max];
max = i; }
else { median1d[i-1] = image[i];
max = min + 1; }
}
```

ในการ Removing Noise by Median filtering นั้นสามารถทำการ Removing Noise ให้เรียบได้โดยอาศัยเทคนิค Median filtering ซึ่งในเทคนิคนี้จะเป็นการหา noise ที่เกิดในภาพด้วยการทำ filter ซึ่งมีรูปแบบการคำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากจำนวนที่กำหนดไว้และเมื่อผ่านกระบวนการออกมา noise ก็จะถูกกำจัดออกไปซึ่งอาจจะไม่สมบูรณ์ แต่ก็สามารถที่จะลดจำนวนของ noise ให้ลดน้อยลงไปได้ โดยที่ Median filtering นั้นมีรูปแบบในการดังนี้

$$Y(n) = \text{med}(X_{n-k}, \dots, X_n, \dots, X_{n+k}) \quad (1)$$

กำหนดให้

1. $X_1 = X_2 = \dots = X_p$ $p \geq K + 1$
2. ถ้าผลเป็นจำนวนคี่ ให้เอาค่าที่จุดกึ่งกลางมาใช้
3. ถ้าผลเป็นจำนวนคู่ ให้เอาค่าที่จุดกึ่งกลางมาหาค่าเฉลี่ยแล้วหาร ด้วย 2
4. นอกจากนั้น ก็จะเป็นขอบเขตที่จะมีในตารางตามขนาดของตาราง
5. ค่าของขอบเขตที่ได้ออกมา จะไม่สามารถที่จะอยู่ได้มากกว่า 1 ตำแหน่งในตาราง

3. ขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย

เนื่องจากรูปภาพนั้นมีความแตกต่างกันมาก ในหลายเรื่อง เช่น มุมมอง สถานการณ์และการแปรรูป เป็นต้น เทคนิค

การค้นหาคำโดยการมองดูจากรูปร่างของวัตถุในรูปภาพ มักจะใช้กับภาพที่ประกอบด้วยวัตถุบางอย่างที่มีรูปทรง เช่น ภาพปลา ภาพผลส้ม เป็นต้น ซึ่งการค้นหาก็จะต้องทำการพิจารณาโครงสร้างของภาพวัตถุต้นแบบเปรียบเทียบกับวัตถุปลายทาง ถ้าพบว่าวัตถุต้นแบบ กับวัตถุปลายทางมีรูปร่างคล้ายคลึงกัน ก็จะสามารถสรุปได้ว่ามีวัตถุที่ต้องการอยู่ในรูปภาพนั้น ขั้นตอนวิธีที่ว่าเป็นวิธีการใช้ในการจดจำวัตถุในรูปแบบต่างๆ เช่น เส้น วงกลม วงรี โดยใช้สมการหาเส้นตรง (Straight Line Hough Transform) ในวิธีการฮัฟเฟส สามารถระบุค่าที่เป็นค่าสูงสุด (Local Maxima) ที่มีอยู่ได้ซึ่งจุดนั้นจะเป็นจุดที่เส้นตรงอยู่บนเองลาปาเซียน ออฟ การ์เขียน หรือ ล็อก เป็นการอาศัยหลักพื้นฐานของ ซีโรครอสซิง (Zero-Crossings) ของอนุพันธ์ที่สองของ อิมเมจ $f(x,y)$ ดังสมการต่อไปนี้ [5]

$$L(x, y) = (\partial^2 i / \partial x^2) + (\partial^2 i / \partial y^2) \quad (2)$$

จากสมการสามารถอธิบายในรูปของเมตริก ดังสมการ

$$(\partial^2 i / \partial x^2) = f(i, j + 1) - 2f(i, j) + f(i, j - 1) \quad (3)$$

$$(\partial^2 i / \partial y^2) = f(i + 1, j) - 2f(i, j) + f(i - 1, j) \quad (4)$$

3.1 การแม็บบักรเบรลล์

การแม็บบักรเบรลล์ จะเป็นการสร้างอักขระเบรลล์ขึ้นมาเพื่อรองรับการแปลง โดยอักขระเบรลล์ที่สร้างขึ้นเป็นแบบมาตรฐานสากลที่ยึดถือกันในการอ่าน เขียน อักขระเบรลล์ ซึ่งจะเป็นชุดของอักขระเบรลล์ต่ำ มีลักษณะการใช้การรวมกลุ่มของจุดบนบรรทัดตามวิธีการอ่านโดยการสัมผัสด้วยปลายนิ้วมือ โดยให้มีจุด 6 จุดเรียงกันเป็นสองแถวในแนวตั้ง แถวซ้ายเรียงจากบนมาล่างเรียกจุด 1 2 3 และแถวขวาจากบนมาล่าง เรียกจุด 4 5 6 แล้วนำจุดต่างๆ นั้นมาจัดกลุ่มกันเป็นรหัส ซึ่งในวิชาพีชคณิตเราเรียกการจัดกลุ่มนี้ว่าคอมบิเนชัน (Combination) แต่ละจุดตามข้อกำหนดของหอสมุดรัฐสภาอเมริกัน (Library of Congress) กำหนดไว้ว่าในแนวตั้งแต่ละจุดในเซลล์เดียวกันจะต้องมีความห่างกันประมาณ 0.5 มิลลิเมตร โดยแต่ละจุดมีขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร และความกว้างความยาวของเซลล์ที่มีขนาดประมาณ 2.3×3.5 มิลลิเมตร ซึ่งการแม็บบักรเบรลล์นั้นจะอาศัยขั้นตอนในการแม็บบักรเบรลล์ทางโซเบล ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่การแปลงภาพสีเป็นขาวดำ แล้วทำการกำจัดสิ่งรบกวนออกแล้วกรองภาพให้มีความชัดขึ้นจากนั้นในเทคนิคโซเบลในการหาขอบของภาพแล้ว แม็บบักรเบรลล์ตามอัลกอริทึมที่ได้กำหนด

3.2 การหาขอบเขตภาพโดยใช้เทคนิคโซเบล

ในการหาขอบเขตของภาพ โดยการเทคนิคแบบโซเบล เป็นการตรวจสอบว่าเส้นขอบลากผ่านหรือใกล้เคียงกับจุดใด โดยดูจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้ม ในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับจุดเริ่มต้นดังกล่าว โดยวิธีนี้เป็นการหาขอบเขตที่ไม่เป็นเชิงเส้นสามารถเปลี่ยนแปลงค่าความไม่ต่อเนื่องได้ตามการปรับปรุงขอบโดยวิธีการหาขอบนั้นมีหลายวิธีสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ เกรเดียนต์เมตธอด (Gradient Method) และลาปลาเซียน เมทธอด (Laplacian Method) สำหรับ เกรเดียนต์เมตธอด ซึ่งจะเป็นการหาขอบโดยการหาจุดต่ำสุดและจุดสูงสุดซึ่งมีอัลกอริทึมในการคำนวณ โดยการหาขอบเขตแบบโซเบล ดังนี้ [6]

Algorithm : SobelEdgeDetection

Input : S = The source picture .

Variable : A = Set of result picture.

maxX = Max of picture width.

maxY = Max of picture height.

Loop i = 1 to maxY - 3

Loop j = 1 to maxX - 3

$A[i][j] = \text{Absolute}((S[i+2][j] + S[i+2][j+1] + S[i+2][j+2]) - (S[i][j] + S[i][j+1] + S[i][j+2])) +$

$\text{Absolute}((S[i][j+2] + S[i+1][j+2] + S[i+2][j+2]) - (S[i][j] + S[i+1][j] + S[i+2][j]))$

3.3 การแม็บบั๊กอักษรเบรลล์

เมื่อผ่านกระบวนการหาขอบ และทำการแม็บบั๊กอักษรเบรลล์จะได้ภาพกราฟิกอักษรเบรลล์ออกมา โดยมีรูปแบบคำสั่งโดยย่อบางส่วนดังนี้

Function : imageToBraille

imageToBraille(Bitmap b, int brailleXLength, int brailleYLength, byte nTH)

Bitmap b2 = new Bitmap((Bitmap)b.Clone(), new Size(80,75));

BitmapData bmData = b2.LockBits(new Rectangle(0,0,b2.Width,b2.Height), ImageLockMode.ReadWrite, PixelFormat.Format24bppRgb);

int stride = bmData.Stride;

System.IntPtr Scan0 = bmData.Scan0;

String strBraille = "";

byte[][] newPics = new byte[b2.Height][];

for (int i = 0; i < newPics.Length; i++)

{
 newPics[i] = new byte[b2.Width];
}

{
 byte x p = (byte x)(void x)Scan0;
 int nOffset = stride - b2.Width x 3;
 byte red, green, blue;
 for (int y = 0; y < b2.Height; ++y)

{
 for (int x = 0; x < b2.Width; ++x)
 {
 blue = p[0];
 green = p[1];
 red = p[2];
 p[0] = p[1] = p[2] = (byte)(.299 x red + .587 x green + .114 x blue);
 newPics[y][x] = (nTH < p[0]) ? (byte)0 : (byte)1;
 p += 3;
 }
 p += nOffset;
}

รูปแบบการสลับตำแหน่งของจุดอักษรในภาพที่ได้ ใช้คำสั่งในฟังก์ชัน imageToBraille ในลักษณะดังนี้

for (int y = 0; y < b2.Height; y += 3)

{
 for (int x = 0; x < b2.Width; x += 2)

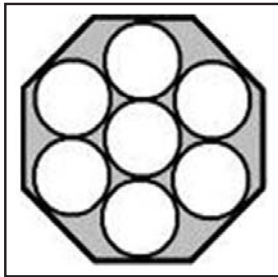
{
 p1 = newPics[y][x];
 p2 = newPics[y+1][x];
 p3 = newPics[y+2][x];
 p4 = newPics[y][x+1];
 p5 = newPics[y+1][x+1];
 p6 = newPics[y+2][x+1];
 strBraille += BrailleCharPoint.
 getCharFromBPos(p1,p2,p3,p4,p5,p6);
 }
}



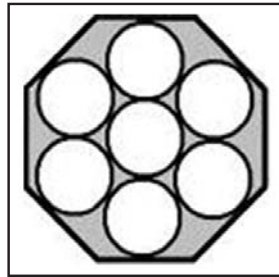
```

}
strBraille += "\n";
}

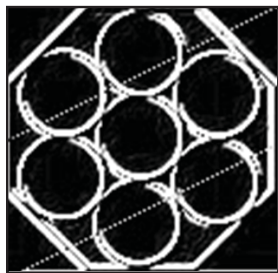
```



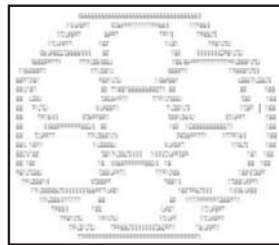
ภาพที่ 1 ภาพต้นฉบับ



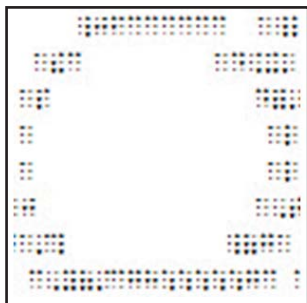
ภาพที่ 2 เมื่อผ่านการกำจัด
สิ่งรบกวน



ภาพที่ 3 เมื่อผ่านเทคนิค
โซเบล



ภาพที่ 4 ภาพเมื่อผ่านการ
หาขอบเขตภาพ
โดยโซเบล

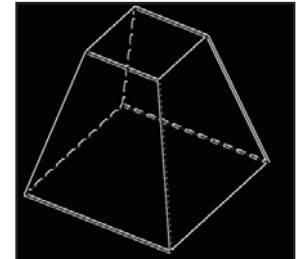
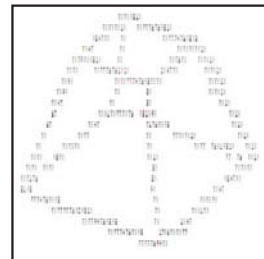
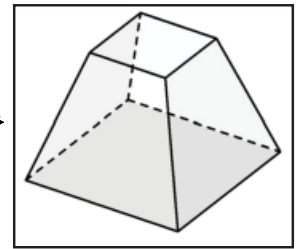
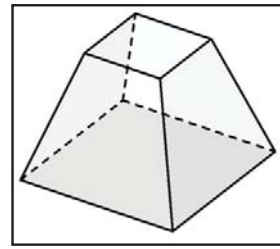


ภาพที่ 5 ภาพตัดเฉพาะจุด

4. ผลการดำเนินงาน

ข้อมูลที่นำมาทดสอบและใช้ในการทดลองคือ ข้อมูลรูปภาพที่มีนามสกุลเป็น jpg และ bmp โดยไฟล์ข้อมูลรูปภาพที่นำเข้ามาทดสอบในระบบมีจำนวนทั้งสิ้น 60 รูปภาพ ซึ่งแบ่งกลุ่มรูปภาพออกเป็น 4 กลุ่ม คือ ภาพทางเรขาคณิต ภาพทั่วไป ภาพบุคคล และภาพสัตว์ต่างๆ

จากการทดลอง เพื่อทดสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของภาพที่ได้ทำการแปลงเป็นอักษรเบรลล์ที่ได้จากภาพกราฟิก นั้นผลที่ได้คือ ภาพกราฟิกอักษรเบรลล์มี



ภาพที่ 6 ภาพตัวอย่างอักษรเบรลล์ตามกระบวนการ

ประสิทธิภาพเป็นที่พอใจในการทดลอง โดยการให้เจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญอักษรเบรลล์และผู้พิการทางสายตาได้เข้ารับการทดลอง ซึ่งในการทดลองการสัมผัสรูปภาพที่ได้ออกมาจาก 60 ภาพที่ใช้ทดลองมีผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปอร์เซนต์ความถูกต้องและความสมบูรณ์ของภาพที่ได้จากการแปลงภาพและทดลองสัมผัสรูปภาพ

ประเภทรูป	จำนวน	ความถูกต้อง
1. เรขาคณิต	20	75 %
2. ภาพทั่วไป	20	50%
3. ภาพบุคคล	10	65%
4. ภาพสัตว์	10	60%

5. สรุป

จากการทดสอบและทดลองในการแปลงภาพกราฟิก ให้เป็นภาพกราฟิกอักษรเบรลล์นั้น พบว่ายังมีปัญหาที่สำคัญคือ การที่รูปภาพมีความซับซ้อนมาก หรือที่เราเรียกว่าภาพมีมิติที่ลึกจะทำให้การแปลงภาพไม่ได้ผลดีอย่างที่ควรสืบเนื่องมาจากระบบ ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นนั้น ยังไม่สามารถที่จะรองรับการจับขอบ เขตของภาพที่มีมิติที่ลึกได้ ซึ่งในระบบนี้จะระบบต้นแบบในการแปลงภาพกราฟิกให้เป็นภาพกราฟิกอักษรเบรลล์ในลำดับต่อไป สำหรับประสิทธิภาพ

ที่ได้จากระบบนี้ เราสามารถที่จะทำการแปลงภาพกราฟิกที่เป็นภาพกราฟิกพื้นฐานในทางด้านรูปเรขาคณิตและภาพที่อื่นๆ ที่ไม่ได้มีความซับซ้อนมากนักได้โดยการทดสอบนี้ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญทางอักษรเบรลล์และนักเรียนผู้พิการทางสายตาจำนวน 10 ท่านเป็นผู้ทำการทดสอบ ซึ่งได้รับผลคิดเป็น 62.50 เปอร์เซนต์ในการแปลงภาพและการอ่านภาพจากผู้พิการทางสายตา

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] W. I. Grosky, and Z. Jiang., "Hierarchical Approach to Feature Indexing." *Image and Vision Computing*, vol. 12, no. 5, pp. 275-283. June, 1994.
- [2] Ghuneim, Abeer George 2004 : boundaryimage_42_ IS548, 2004.
- [3] W. M. Smeulders Arnold, Simone Santini, Marcel Worring, Amarnath Gupta and Ramesh Jain, "Content-Based Image Retrieval at the End of the Early Years," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. vol. 22, no.12, pp. 1349-1380. December, 2000.
- [4] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, and Roger Boyle. *Image Processing Analysis and Machine Vision*. London: Chapman & Hall Computing, 1998.
- [5] Gonzales, C. Rafael, and E. Woods Richard., *Digital Image Processing*. 2nd Edition. India : Pearson Education, 2003.
- [6] Tao, Y, and Grosky, W. I. "Delaunay Triangulation for Image Object Indexing: A Novel Method for Shape Representation," *Proceedings of IS&T/SPIE's Symposium on Storage and Retrieval for Image and Video Databases VII*, pp. 631-642. January, 1999.