

การรู้จำลายมือเขียนตัวเลขอารบิกโดยวิธีการจำแนกกลุ่ม

Arabic Number Handwriting Recognition Using Classification Methods

ศิริรัตน์ ทินตะนัย (Sirirat Tintanai)* ดร. อโนทัย ตรีวานิช (Dr. Anothai Trevanich)**

ชัชวาลย์ เรืองประพันธ์ (Chatchavan Ruangpraphan)**

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรู้จำลายมือเขียนตัวเลขอารบิกด้วยการสร้างตัวกระตุ้นและการสร้างกฎการจำแนกลายมือเขียนตัวเลขโดยวิธีจำแนกกลุ่ม โดยทำการศึกษาวีธีจำแนกกลุ่ม 2 วิธี คือ วิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์ และ แบบไม่ใช้พารามิเตอร์ พบว่าวิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.0148 ถึง 0.0478 ส่วนวิธีจำแนกแบบไม่ใช้พารามิเตอร์มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.0053 ถึง 0.0263 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ พบว่า วิธีจำแนกแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ ที่ขนาดนอร์มอลไลซ์ 36 ตัวแปร และขนาดตัวอย่าง 20 ตัวอย่าง เป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด โดยให้อัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ย 0.0070 (S.D.=0.0038) เมื่อพิจารณาจากเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการจำแนก พบว่าวิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์จะใช้เวลาในการจำแนกน้อยกว่าวิธีจำแนกแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ ($p<0.05$)

ABSTRACT

The purpose of this research is to study the recognition of arabic number handwriting. The process is to create the compound of sensor and group classification rules using parametric method and non-parametric method. The research results reveal that for the classification using parametric method, the interval of average misclassification rate is [0.0148 , 0.0478], and for the classification using non-parametric method, the interval of average misclassification rate is [0.0053 , 0.0263]. The results of comparison efficiency find that the non-parametric method with normalized image size 36 and sample sizes 20 is the optimum classify method having average misclassification rate 0.0070 (S.D. = 0.0038). The two methods use different time ($p<0.05$). The parametric method uses average time less than the non-parametric method.

คำสำคัญ : การรู้จำลายมือเขียน การจำแนกกลุ่ม

Keywords : Handwriting recognition, Classification methods

*มหาบัณฑิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**รองศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้มีความสะดวกในการนำข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์มากขึ้น เช่น การป้อนข้อมูลด้วยลายมือเขียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้มีความสะดวกรวดเร็วในการนำข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะผู้ใช้ที่ไม่มีทักษะในด้านการพิมพ์ ซึ่งมีผู้คิดค้นวิธีการนำข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยวิธีการเขียนตัวอักษร ตัวเลข เหมือนกับการเขียนปกติทั่วไป โดยใช้ปากกาและแผ่นกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ แล้วใช้ทฤษฎีต่างๆ ในการรู้จำตัวอักษร ตัวเลข ที่เขียน เพื่อแปลงเป็นตัวพิมพ์แล้วบันทึกเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์

ทฤษฎีการรู้จำประกอบด้วยสองส่วนที่เป็นพื้นฐานสำคัญคือ ตัวกระตุ้น (sensor) และการแบ่งชนิด (categorizer) (ชม, 2535) ซึ่งตัวกระตุ้นเป็นอุปกรณ์หรือวิธีการที่เปลี่ยนตัวอย่างทางกายภาพของสิ่งที่ต้องการรู้จำให้เป็นเวกเตอร์ของสถานภาพ $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)'$ ที่เป็นคุณลักษณะประจำตัวของสิ่งที่ต้องการรู้จำ การแบ่งชนิด เป็นวิธีการตรวจสอบคุณลักษณะประจำตัวของสิ่งที่ต้องการรู้จำ และจดจำคุณลักษณะเด่นแต่ละรูปร่างของสิ่งนั้น ในการรู้จำจะต้องมีทั้งตัวกระตุ้นและวิธีการแบ่งชนิดที่ดีและเหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการรู้จำ จึงจะสามารถทำการแยกแยะหรือจำแนกรูปร่างของสิ่งต่างๆ ได้ถูกต้องและมีความผิดพลาดในการจำแนกน้อย ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการสร้างตัวกระตุ้นที่เหมาะสมกับการรู้จำลายมือเขียนตัวเลขอารบิกของคนมากกว่า 1 คน แล้วทำการแบ่งชนิดโดยวิธีการจำแนกกลุ่มโดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใช้อัลกอริทึมแบบใช้พารามิเตอร์ (parametric discriminant) และแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (nonparametric discriminant) เพื่อสร้างกฎการจำแนกตัวเลขที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างเหมาะสม

นิยามศัพท์เฉพาะ

วิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์ หมายถึง การจำแนกกลุ่มที่ทราบฟังก์ชันการแจกแจง (distribution function) ของแต่ละกลุ่ม ซึ่งในที่นี้สมมุติให้ข้อมูลแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงเป็นแบบปกติพหุ (multivariate normal distribution)

วิธีจำแนกแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ หมายถึง การจำแนกกลุ่มที่ไม่ทราบฟังก์ชันการแจกแจงของแต่ละกลุ่ม โดยจะใช้การประมาณฟังก์ชันการแจกแจงข้อมูลของแต่ละกลุ่มแทน ซึ่งในที่นี้จะประมาณฟังก์ชันการแจกแจงข้อมูลของแต่ละกลุ่มเป็นแบบปกติพหุโดยวิธีเคอร์เนล (kernel)

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อหาวิธีการสร้างตัวกระตุ้นที่เหมาะสมกับลายมือเขียนตัวเลขอารบิกของคน 2 คน แล้วทำการแบ่งชนิดด้วยวิธีการจำแนกกลุ่ม โดยแยกเป็น 2 กรณีคือ กรณีจำแนกตัวเลข ซึ่งจะสร้างกฎการจำแนกจากลายมือเขียนแต่ละคน และรวมทั้งสองคน และกรณีจำแนกตัวเลขพร้อมทั้งจำแนกว่าเป็นลายมือใคร

1. ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยนี้การแบ่งชนิดโดยวิธีการจำแนกกลุ่มเกณฑ์ที่ใช้คือให้มีความสูญเสียที่เกิดจากการจำแนกกลุ่มผิดพลาดน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้ค่าคาดหวังของอัตราความผิดพลาดในการจำแนกกลุ่มมีค่าน้อยที่สุด และการหาค่าคะแนนการจำแนกจะหาโดยวิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์และแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (Hand, 1981) โดยแบบใช้พารามิเตอร์ จะสมมุติว่าข้อมูลแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติพหุ (multivariate normal distribution) และแบบไม่ใช้พารามิเตอร์จะประมาณฟังก์ชันหนาแน่นน่าจะเป็นด้วยวิธีเคอร์เนล โดยเลือกใช้ฟังก์ชันหนาแน่นเคอร์เนลเป็นแบบปกติ (normal kernel) ซึ่งเป็นวิธีที่ให้อัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดน้อยที่สุดการสร้างตัวกระตุ้นที่จะเปลี่ยนตัวอย่างทางกายภาพซึ่งในที่นี้คือตัวเลข 0 ถึง 9 ให้เป็นเวกเตอร์ของสถานภาพ $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)'$ กระทำโดยการแบ่งกรอบขนาดต่างๆ ที่ได้จากการนอร์มอลไลซ์ ออกเป็นพื้นที่ย่อยขนาด 3×3 จุด แล้วทำการนับจำนวนจุดของลายเส้นตัวเลขที่ลากผ่านพื้นที่ย่อยแต่ละพื้นที่เพื่อใช้เป็นข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์จำนวนพื้นที่ย่อยเหล่านี้ก็คือจำนวนตัวแปร (m) หรือขนาดของเวกเตอร์สถานภาพที่จะนำไปใช้ในการจำแนกกลุ่ม ซึ่งสูตรที่ใช้มีดังนี้

กำหนดให้

(1) m คือจำนวนตัวแปรที่อ่านข้อมูลได้จากกรอบที่กำหนด

(2) g คือจำนวนประชากร ในกรณีจำแนกตัวเลขมี 10 กลุ่ม ($g=10$) คือตัวเลข 0 ถึง 9 ในกรณีจำแนกลายมือใคร มี 20 กลุ่มคือตัวเลข 0 ถึง 9 ของลายมือคนที่ 1 และ ลายมือคนที่ 2

(3) x_{ij} เป็นเวกเตอร์ขนาด $m \times 1$ ของค่าสังเกตหรือตัวอย่างที่ j จากประชากรที่ i

; $j = 1, 2, \dots, n_i$, $i = 1, 2, \dots, g$

(4) $f_i(x)$ เป็นฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น (probability density function) ของ x เมื่อ x มาจากประชากรกลุ่มที่ i

(5) ประชากรแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติ

$$x_{ij} \sim N(\mu_i, \Sigma_i)$$

เมื่อ $\mu_1, \dots, \mu_g$ เป็นเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยขนาด $m \times 1$ ของแต่ละกลุ่มประชากร

และ $\Sigma_1, \dots, \Sigma_g$ เป็นเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมขนาด $m \times m$ ของแต่ละกลุ่มประชากร

(6) p_i คือความน่าจะเป็นเบื้องต้น (prior probability) ของประชากรกลุ่มที่ i

โดย $p_i \geq 0$, $i = 1, 2, \dots, g$

$$\text{และ } \sum_{i=1}^g p_i = 1$$

และตัวประมาณ ของ p_i คือ $\hat{p}_i = \frac{n_i}{n}$

$$\text{เมื่อ } n = \sum_{i=1}^g n_i$$

(7) การวัดระยะทางระหว่างค่าสังเกต x ใดๆ กับ μ หรือระยะทางระหว่างค่าสังเกต 2 ค่า x และ y ใดๆ จะวัดโดยระยะทางมาฮาลานอบิส (Mahalanobis) กำลังสอง

$$\text{โดย } (x - \mu_i)' \Sigma_i^{-1} (x - \mu_i)$$

เป็นระยะทาง Mahalanobis กำลังสองระหว่างค่าสังเกต x ใดๆ กับ μ

และ $(x - y)' V_i^{-1} (x - y)$ เป็นระยะ

ทาง Mahalanobis กำลังสองระหว่างค่าสังเกต 2 ค่า x และ y

$$\text{ซึ่ง } V_i^{-1} = S_i^{-1} \text{ เมื่อคำนวณจากเมตริกซ์}$$

ความแปรปรวนร่วมรวม

$$\text{หรือ } V_i^{-1} = S_i^{-1} \text{ เมื่อคำนวณจากเมตริกซ์}$$

ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่มที่ i

(8) ใช้วิธีขั้นตอน (stepwise) ในการคัดเลือกตัวแปรเข้าในสมการจำแนก

1.1 การจำแนกกลุ่มแบบใช้พารามิเตอร์

(Johnson and Wichern, 1992)

กรณีที่ 1 เมื่อแต่ละกลุ่มมีเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมไม่เท่ากัน (Heteroscedastic normal model)

กำหนดให้

$$d_i^Q(x) = -\frac{1}{2} \ln |\Sigma_i| - \frac{1}{2} (x - \mu_i)' \Sigma_i^{-1} (x - \mu_i) + \ln p_i \quad \dots (1)$$

เป็นคะแนนการจำแนกควอดราติก (quadratic discriminant score) ของค่าสังเกต x ในกลุ่มที่ i , $i = 1, 2, \dots, g$ จะจัด x ให้อยู่ในกลุ่มที่ i ถ้า $d_i^Q(x)$ = คะแนนสูงสุดของ $d_1^Q(x), d_2^Q(x), \dots, d_g^Q(x)$

ตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงของ μ_i และ Σ_i

$$\text{คือ } \bar{x}_i = \sum_{j=1}^{n_i} \frac{x_{ij}}{n_i}$$

$$\text{และ } s_i = \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)(x_{ij} - \bar{x}_i)' / (n_i - 1)$$

กรณีที่ 2 เมื่อแต่ละกลุ่มมีเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมเท่ากัน (Homoscedastic normal model)

กำหนดให้

$$d_i^L(x) = \mu_i' \Sigma^{-1} x - \frac{1}{2} \mu_i' \Sigma^{-1} \mu_i + \ln p_i \quad \dots (2)$$

เป็นคะแนนการจำแนกเชิงเส้น (linear discriminant score) ของค่าสังเกต x ในกลุ่มที่ i , $i = 1, 2, \dots, g$ จะจัด x ให้อยู่ในกลุ่มที่ i ถ้า $d_i^L(x)$ = คะแนนสูงสุด

ของ $d_1^L(x), d_2^L(x), \dots, d_g^L(x)$

ตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงของ μ_i และ Σ

$$\text{คือ } \bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}}{n_i}$$

$$\text{และ } S_{\text{pooled}} = \frac{\sum_{i=1}^g (n_i - 1) S_i}{\sum_{i=1}^g n_i - g}$$

1.2 การจำแนกกลุ่มแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (SAS, 1988)

กำหนดให้

$$\hat{f}_i(x) = \frac{1}{n_i} \sum_y K_i(x - y) \quad (3)$$

เป็นตัวประมาณฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นของแต่ละกลุ่ม โดยมีฟังก์ชันหนาแน่นเคอร์เนล $K_i(\cdot)$ เป็นแบบปกติ คือ

$$K_i(z) = \frac{1}{c_0(i)} \exp(-0.5 Z' S_{\text{pooled}}^{-1} Z / r^2)$$

... (4)

$$\text{เมื่อ } r = \left(\frac{A(K_i)}{n_i} \right)^{\frac{1}{m+4}}, \quad A(K_i) = \frac{4}{2m+1}$$

$$\text{และ } c_0(i) = (2\pi)^{m/2} r^m |S_{\text{pooled}}|^{1/2}$$

ซึ่งจะได้ความน่าจะเป็นภายหลัง (posterior probability) ที่ค่าสังเกต x จะเป็นสมาชิกของกลุ่มที่ i

$$p(i|x) = \frac{p_i f_i(x)}{\sum_{k=1}^g p_k f_k(x)} \quad (5)$$

โดยจะจัด x ให้อยู่ในกลุ่มที่ i ถ้า

$$p(i|x) = \max_k p(k|x) \quad (6)$$

1.3 การประมาณค่าอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาด

ซึ่งกำหนดให้

$$\text{อัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาด} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่จำแนกกลุ่มผิด}}{\text{จำนวนครั้งทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ}}$$

1.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการจำแนกกลุ่มทั้งสอง จะพิจารณาจากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติของอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ย และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการจำแนก

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

(1) ใช้โปรแกรมเดลไฟ (Delphi) เป็นเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้รวบรวมข้อมูลและโปรแกรมสำหรับนำกฎการจำแนกกลุ่มที่ได้จากการทดลองมาใช้ในการจำแนกตัวเลข

(2) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SAS for windows Release 6.12 เป็นเครื่องมือในการทดสอบและสร้างกฎการจำแนกกลุ่ม

(3) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS for windows Release 7.5.1 เป็นเครื่องมือในการคำนวณค่าสถิติทดสอบเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำแนกตัวเลข

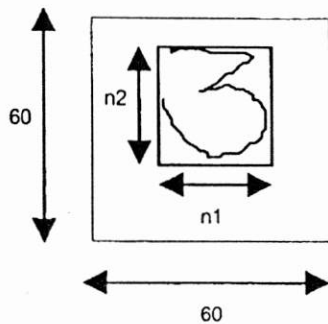
3. วิธีการวิจัย

ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลักดังนี้

3.1 การพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูล

พัฒนาโปรแกรมเพื่อรวบรวมข้อมูลลายมือเขียนตัวเลขอารบิกจากคน 2 คน โดยการเขียนผ่านชุดปากกาอิเล็กทรอนิกส์โดยแต่ละคนจะเขียนตัวเลขอารบิกตั้งแต่ 0-9 จำนวน 10 ตัวเลข และแต่ละตัวเลขแต่ละคนจะเขียนซ้ำทั้งหมด 90 ครั้ง แล้วนำรูปภาพตัวเลขทั้งหมดมาทำการนอร์มอลไลซ์ (normalize) ให้อยู่ในกรอบขนาด 12 x 12 จุด 15 x 15 จุด 18 x 18 จุด 21 x 21 จุด และ 24 x 24 จุด ซึ่งมีวิธีการนอร์มอลไลซ์ดังนี้

(1) จากรูปภาพลายมือเขียนตัวเลขที่บันทึกไว้ ซึ่งมีขนาด 60 x 60 จุด จะทำการตัดกรอบให้เหลือเฉพาะส่วนที่เป็นกรอบพื้นที่ของตัวเลขที่เขียน ซึ่งจะมีขนาดแตกต่างกันตามขนาดของตัวเลขที่เขียน สมมติให้มีขนาด $n1 \times n2$ จุด ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การตัดกรอบรูปภาพตัวเลข

(2) กำหนดให้ (x_i, y_i) เป็นจุดใดๆ ของรูปภาพลายมือเขียนตัวเลขบนกรอบขนาด 60x60 จุด และให้ (u_i, v_i) เป็นจุดใดๆ ของรูปภาพลายมือเขียนตัวเลขบนกรอบขนาด $m \times m$ จุด เมื่อ m มีค่า 12 15 18 21 หรือ 24 จะแปลงข้อมูลของจุด (x_i, y_i) ในกรอบขนาด $n1 \times n2$ ให้เป็นจุด (u_i, v_i) บนกรอบขนาด $m \times m$ โดยกำหนดให้

$$u_i = \frac{(x_i - \min(x_j))xm}{n1}$$

$$\text{เมื่อ } n1 = \max(x_j) - \min(x_j)$$

$$v_i = \frac{(y_i - \min(y_j))xm}{n2}$$

$$\text{เมื่อ } n2 = \max(y_j) - \min(y_j)$$

$$m = 12, 15, 18, 21, 24$$

แบ่งกรอบขนาดต่างๆ ออกเป็นพื้นที่ย่อยขนาด 3 x 3 จุด เช่น กรอบขนาด 12 x 12 จุด จะได้พื้นที่ย่อยทั้งหมด 16 พื้นที่ ดังภาพที่ 2 แล้วทำการนับจำนวนจุดของลายเส้นตัวเลขที่ลากผ่านพื้นที่ย่อยแต่ละพื้นที่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์ ซึ่งจำนวนพื้นที่ย่อย

เหล่านี้ก็คือจำนวนตัวแปรที่จะนำไปใช้ในขบวนการจำแนกกลุ่มต่อไป ดังนั้นกรอบขนาดต่างๆ ก็จะมีจำนวนตัวแปรที่ต่างกันดังนี้

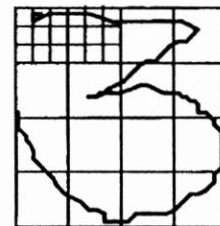
กรอบขนาด 12 x 12 จุด มี 16 ตัวแปร

กรอบขนาด 15 x 15 จุด มี 25 ตัวแปร

กรอบขนาด 18 x 18 จุด มี 36 ตัวแปร

กรอบขนาด 21 x 21 จุด มี 49 ตัวแปร

กรอบขนาด 24 x 24 จุด มี 64 ตัวแปร



ภาพที่ 2 การแบ่งพื้นที่ย่อยของกรอบขนาด 12 x 12 จุด

ข้อดีของการประมวลผลข้อมูลจากรูปภาพคือในการเขียนตัวเลขแต่ละคน หรือแต่ละครั้งที่เขียนตัวเลขเดียวกันแต่มีทิศทางการเขียนแตกต่างกัน เช่น เลข 0 บางครั้งอาจจะเขียน วนจากซ้ายไปขวา หรือวนจากขวาไปซ้าย ก็จะไม่มีผลต่อการประมวลผลด้วยวิธีนี้เพราะจะไม่สนใจเรื่องลำดับการลากเส้นก่อนหลัง ซึ่งต่างจากการอ่านข้อมูลจากพิกัดของจุดต่างๆ ที่ลากเป็นตัวเลขถ้าทิศทางการเขียนต่างกันก็จะได้ลำดับข้อมูลพิกัดของตัวเลขเดียวกันลำดับเดียวกันแต่มีค่าข้อมูลพิกัดต่างกัน และถ้าความเร็วในการเขียนตัวเลขแต่ละครั้งต่างกันจำนวนและตำแหน่งพิกัดที่ได้ก็จะแตกต่างกันด้วย ซึ่งในวิธีการนี้ได้กำหนดลำดับของตัวแปรให้เป็นรูปแบบเดียวกัน คือ พื้นที่ย่อยแถวบนสุดนับจากทางซ้าย ให้เป็นตัวแปรที่ 1 แล้วนับไปทางขวาเป็นตัวแปรที่ 2 ตัวแปรที่ 3 ตามลำดับ เมื่อจบแถวบนก็จะเริ่มนับตัวแปรถัดไปในแถวที่ 2 โดยนับจากทางซ้ายไปขวาเช่นเดียวกัน จนกระทั่งถึงแถวสุดท้าย

3.2 การกำหนดกลุ่มตัวอย่างเรียนรู้และวิธีการสุ่มตัวอย่าง

ทำการสุ่มตัวเลขแบบอย่างง่ายชนิดไม่ใส่คืน ของแต่ละตัวเลข(0-9) และแต่ละคนโดยขนาดตัวอย่างที่สุ่มจะมีขนาด 30 ตัวจากแต่ละตัวเลข เพื่อใช้

เป็นตัวอย่างทดสอบ ส่วนตัวเลขที่เหลือ 60 ตัวจะใช้เป็นตัวอย่างเรียนรู้ โดยการสุ่มตัวเลขแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 10 20 และ 30 ตัว ซึ่งเป็นขนาดของตัวอย่างเรียนรู้ที่ต่างกัน 3 ขนาด โดยการสุ่มตัวเลขเพื่อเป็นตัวอย่างเรียนรู้จะกระทำทั้งหมด 10 รอบ ดังนั้นจะได้ชุดตัวอย่างเรียนรู้ทั้งหมด 10 ชุด เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากตัวอย่างเรียนรู้ที่มีความแตกต่างกัน และชุดตัวอย่างสำหรับทดสอบ 1 ชุด จากลายมือเขียนของแต่ละคน

3.3 สร้างกฎการจำแนกตัวเลขและทดสอบการจำแนกตัวเลข

นำตัวอย่างเรียนรู้ที่ได้มาทำการสร้างกฎการจำแนกตัวเลข ด้วยวิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์ โดยฟังก์ชันการจำแนกเชิงเส้นเนื่องจากเป็นฟังก์ชันที่ให้ผลการจำแนกได้ถูกต้องมากกว่าฟังก์ชันควอดราติก (quadratic function) และแบบไม่ใช้พารามิเตอร์โดยวิธีเคอร์เนล และทำการทดสอบด้วยตัวอย่างสำหรับทดสอบ

จากตัวอย่างเรียนรู้ทั้ง 10 ชุดของแต่ละคนจะนำมาสร้างกฎการจำแนกกลุ่ม ตามวิธีจำแนก 2 วิธี ขนาดการนอร์มอลไลซ์ 5 ขนาด จำนวนตัวอย่างเรียนรู้ 3 ขนาด ในแต่ละกรณีคือกรณีจำแนกตัวเลขจากลายมือแต่ละคนและรวมทั้งสองคน และกรณีจำแนกตัวเลขและจำแนกลายมือใครในสองคน ซึ่งได้กฎการจำแนกทั้งหมด 1,200 ชุด นำมาทดสอบกับตัวอย่างสำหรับทดสอบที่กำหนดไว้ แล้วคำนวณหาอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยของแต่ละตัวเลข (0-9) และรวมทุกตัวเลข และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการจำแนกรวมทุกตัวเลข เพื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพโดยวิธีการทางสถิติดังนี้

(1) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีจำแนกกลุ่ม 2 วิธีใช้สถิติทดสอบวิลคอกซัน (Wilcoxon test)

(2) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างจำนวนตัวอย่างเรียนรู้ 3 ขนาดใช้สถิติทดสอบครัสคาล วาลลิส (Kruskal-Wallis H test) และใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อน (multiple comparison) เมื่อพบความแตกต่างระหว่างขนาดตัวอย่างเรียนรู้

(3) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างขนาดนอร์มอลไลซ์ 5 ขนาดใช้สถิติทดสอบ

ฟรีดแมน (Friedman test) และใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อน (multiple comparison) เมื่อพบความแตกต่างระหว่างขนาดนอร์มอลไลซ์

(4) การเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยระหว่างลายมือคนที่ 1 และ 2 ใช้สถิติทดสอบแมนน์ วิทนี (Mann-Whitney U test)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ลักษณะลายมือเขียนตัวเลขอารบิก

ลักษณะลายมือเขียนตัวเลขอารบิกของผู้เขียนทั้งสองคนที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้ จะมีลักษณะ ขนาด รูปร่าง และความเอียงแตกต่างกัน ตามที่แต่ละคนมีความถนัดและมักเขียนเป็นประจำ และเนื่องจากขนาดของตัวเลขที่แตกต่างกันในการเขียนแต่ละครั้ง จึงได้ทำการนอร์มอลไลซ์ให้อยู่ในกรอบขนาดที่เท่ากันซึ่งจะทำให้การตรวจสอบจำแนกกลุ่มของตัวเลขมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยกำหนดกรอบขนาดการนอร์มอลไลซ์ที่ต่างกัน 5 ขนาดทั้งนี้พบว่าหากขนาดของกรอบใหญ่ขึ้นจะได้รูปภาพตัวเลขที่มีความละเอียดชัดเจนมากขึ้น ซึ่งทำให้ค่าข้อมูลที่อ่านได้จากตัวเลขสามารถจำแนกความแตกต่างของแต่ละตัวเลขได้มากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อนอร์มอลไลซ์เป็น 21×21 จุด ซึ่งอ่านค่าข้อมูลได้ 49 ตัวแปร ค่าข้อมูลที่อ่านได้จากตัวเลขสามารถจำแนกได้ว่าเป็นตัวเลขอะไรและเป็นลายมือเขียนของใคร โดยเฉพาะเลข 7 และ 3 จะเห็นว่ากราฟค่าข้อมูลตัวเลขที่อ่านได้จากลายมือของคนที่ 1 จะมีความแตกต่างจากกราฟค่าข้อมูลตัวเลขที่อ่านได้จากลายมือของคนที่ 2 ซึ่งทำให้สามารถจำแนกได้ว่า เป็นเลข 7 หรือเลข 3 จากลายมือเขียนของใคร ตัวอย่างลายมือเขียนตัวเลขที่นอร์มอลไลซ์ให้อยู่ในกรอบขนาดต่างๆ ดังภาพที่ 3 ตัวอย่างค่าข้อมูลที่อ่านได้จากตัวเลขที่นอร์มอลไลซ์ให้อยู่ในกรอบขนาดต่างๆ โดยแสดงในรูปของกราฟดังภาพที่ 4 และตัวอย่างกราฟค่าข้อมูลของตัวเลข 0 ถึง 9 ที่นอร์มอลไลซ์ให้อยู่ในกรอบขนาด 21×21 จุด ดังภาพที่ 5

2. การจำแนกสายมือเขียนตัวเลขอารบิก

2.1 วิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์

ในการจำแนกลายมือเขียนตัวเลขอารบิก โดยวิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์ ส่วนใหญ่จะพบว่าเลข 5 มีอัตราการการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยสูงกว่าตัวเลขอื่นๆ โดยมีอัตราการการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.0533 ถึง 0.1300 และตัวเลขที่มีอัตราการการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยต่ำคือ เลข 0 และ 1 โดยสามารถจำแนกได้ถูกต้องทั้งหมด หากพิจารณาแยกเป็นรายบุคคลพบว่า ลายมือของคนที่ 1 เลข 3 มีอัตราการการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยสูงกว่าตัวเลขอื่นๆ โดยมีอัตราการการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.0300 ถึง 0.0733 และตัวเลขที่มีอัตราการการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยต่ำคือ เลข 0 โดยสามารถจำแนกได้ถูกต้องทั้งหมด ส่วนลายมือของคนที่ 2 เลข 4 มีอัตราการการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยสูงกว่าตัวเลขอื่นๆ โดยมีอัตราการการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.0433 ถึง 0.2600 และตัวเลขที่มีอัตราการการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยต่ำคือ เลข 0 โดยสามารถจำแนกได้ถูกต้องเกือบทั้งหมด

จากผลการทดสอบเปรียบเทียบเชิงซ้อน อัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยของแต่ละตัวเลข พบว่า เลข 3 และ 5 มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยสูงกว่าเลข 0 1 2 และ 6 ($p<0.05$) ส่วนเลข 4 มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยสูงกว่าเลข 0 1 2 และ 9 ($p<0.05$) สำหรับผลการเปรียบเทียบระหว่างลายมือของคนที่ 1 และ คนที่ 2 พบว่า ส่วนใหญ่ลายมือของคนที่ 1 จะจำแนกได้ถูกต้องมากกว่าลายมือของคนที่ 2 โดยตัวเลขที่ส่วนใหญ่ลายมือคนที่ 1 จะจำแนกได้ถูกต้องมากกว่าลายมือคนที่ 2 คือเลข 4 7 และ 8 ($p<0.05$) ส่วนตัวเลขที่ส่วนใหญ่ลายมือคนที่ 2 จะจำแนกได้ถูกต้องมากกว่าลายมือคนที่ 1 คือเลข 3 และ 5 ($p<0.05$)

กรณีการจำแนกว่าเป็นลายมือของใคร ส่วนใหญ่จะพบว่าเลข 0 มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยสูงกว่าตัวเลขอื่นๆ จากผลการทดสอบเปรียบเทียบเชิงซ้อนอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยของแต่ละตัวเลข พบว่า เลข 0 มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยสูงกว่าเลข 3 6 7 และ 9 ($p < 0.05$) โดยมีอัตราการ

จำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.2433 ถึง 0.3433 และตัวเลขที่มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยต่ำคือ เลข 3 โดยมีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.0350 ถึง 0.1267

เมื่อพิจารณาในภาพรวมแล้วกรณีจำแนก
ตัวเลขจะมีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง
0.0148 ถึง 0.0478 ส่วนกรณีการจำแนกว่าเป็นลายมือ
ของใครมีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง
0.1228 ถึง 0.2012 สำหรับรายละเอียดอื่นๆ
ดังในตารางที่ 1

2.2 วิธีจำแนกแบบไม่ใช่พารามิเตอร์

การจำแนกลายมือเขียนตัวเลขอารบิก โดยวิธีจำแนกแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ ส่วนใหญ่จะพบว่าเลข 5 มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยสูงกว่าตัวเลขอื่น ๆ โดยมีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.0167 ถึง 0.0817 และตัวเลขที่มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยต่ำคือ เลข 0 และ 1 โดยสามารถจำแนกได้ถูกต้องทั้งหมด หากพิจารณาแยกเป็นรายบุคคล พบว่าลายมือของคนที่ 1 เลข 3 มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยสูงกว่าตัวเลขอื่น ๆ โดยมีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.0033 ถึง 0.0600 และตัวเลขที่มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยต่ำคือ เลข 0 โดยสามารถจำแนกได้ถูกต้องทั้งหมด ส่วนลายมือของคนที่ 2 เลข 4 มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยสูงกว่าตัวเลขอื่น ๆ โดยมีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.0300 ถึง 0.2067 และตัวเลขที่มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยต่ำคือ เลข 0 1 และ 2 โดยสามารถจำแนกได้ถูกต้องเกือบทั้งหมด จากผลการทดสอบเปรียบเทียบเชิงซ้อนอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยของแต่ละตัวเลข พบว่า เลข 3 และ 5 มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยสูงกว่าเลข 0 1 2 และ 6 ($p < 0.05$) ส่วนเลข 4 มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยสูงกว่าเลข 0 1 2 และ 9 ($p < 0.05$)

สำหรับผลการเปรียบเทียบระหว่าง
ลายมือของคนที่ 1 และ คนที่ 2 พบว่า ส่วนใหญ่ลายมือ
ของคนที่ 1 จะจำแนกได้ถูกต้องมากกว่าลายมือของคนที่ 2
โดยตัวเลขที่ส่วนใหญ่ลายมือคนที่ 1 จะจำแนกได้ถูกต้อง

มากกว่าลายมือคนที่ 2 คือเลข 4 7 และ 8 ($p < 0.05$) ส่วนตัวเลขที่ส่วนใหญ่ลายมือคนที่ 2 จะจำแนกได้ถูกต้องมากกว่าลายมือคนที่ 1 คือเลข 3 และ 5 ($p < 0.05$)

กรณีการจำแนกว่าเป็นลายมือของใคร ส่วนใหญ่จะพบว่าเลข 0 มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยสูงกว่าตัวเลขอื่น ๆ จากผลการทดสอบเปรียบเทียบเชิงซ้อนอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยของแต่ละตัวเลข พบว่า เลข 0 มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยสูงกว่าเลข 3 6 7 และ 9 ($p < 0.05$) โดยมีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.2967 ถึง 0.3867 และตัวเลขที่มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยต่ำคือเลข 7 โดยมีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.0050 ถึง 0.0717

หากพิจารณาในภาพรวมแล้วกรณีจำแนกตัวเลขจะมีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.0053 ถึง 0.0263 ส่วนกรณีการจำแนกว่าเป็นลายมือของใครมีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1222 ถึง 0.2037 สำหรับรายละเอียดอื่นๆ ดังในตารางที่ 2

3. ประสิทธิภาพในการจำแนกลายมือเขียนตัวเลขอารบิก

เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำแนกลายมือเขียนตัวเลขอารบิกจะพิจารณาจากอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาด และเวลาที่ใช้ในการจำแนก ซึ่งผลการเปรียบเทียบปรากฏดังนี้

3.1 อัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาด

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการจำแนกลายมือเขียนตัวเลขอารบิกจากอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาด ที่ได้กำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องไว้ 3 ปัจจัย คือ วิธีการจำแนกกลุ่ม ขนาดการนอร์มอลไลซ์ และขนาดตัวอย่างเรียนรู้ โดยการพิจารณาหาวิธีการจำแนกกลุ่มที่เหมาะสมจะพิจารณาจากวิธีที่ให้อัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดน้อย แต่ถ้าทั้งสองวิธีมีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดไม่แตกต่างกัน ควรจะเลือกวิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์เนื่องจากวิธีนี้จะใช้เวลาในการจำแนกน้อย และมีความสะดวกในการนำไปประยุกต์ใช้มากกว่า การพิจารณาขนาดการนอร์มอลไลซ์จะพิจารณาจากขนาดการนอร์มอล

ไลซ์ขั้นต่ำที่ให้อัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดน้อย ในทำนองเดียวกันการพิจารณาขนาดตัวอย่างเรียนรู้ที่เหมาะสมก็จะพิจารณาจากขนาดตัวอย่างเรียนรู้ขั้นต่ำที่ให้อัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดน้อย ถ้าการนอร์มอลไลซ์ที่มีจำนวนตัวแปรน้อยและใช้ขนาดตัวอย่างมากมีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดไม่แตกต่างจากการนอร์มอลไลซ์ที่มีจำนวนตัวแปรมากแต่ใช้ขนาดตัวอย่างน้อย ควรจะเลือกใช้กรณีขนาดตัวอย่างน้อยเพราะจะเป็นการประหยัดเวลาในการเตรียมตัวอย่าง ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเพื่อหาวิธีจำแนก ขนาดการนอร์มอลไลซ์ และขนาดตัวอย่างเรียนรู้ที่เหมาะสมในกรณีจำแนกตัวเลขเมื่อเป็นลายมือแต่ละคนและรวมทั้งสองคน วิธีจำแนกแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ ที่มีการนอร์มอลไลซ์เป็นขนาด 36 ตัวแปร และขนาดตัวอย่างเรียนรู้เป็น 20 ตัวอย่าง จะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด สำหรับรายละเอียดอื่นๆ ดังในตารางที่ 3

ส่วนผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกรณีจำแนกว่าเป็นตัวเลขอะไรและเป็นลายมือเขียนของใคร พบว่าวิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์ ที่มีการนอร์มอลไลซ์เป็นขนาด 49 ตัวแปร และขนาดตัวอย่างเรียนรู้เป็น 30 ตัวอย่าง จะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด สำหรับรายละเอียดอื่นๆ ดังในตารางที่ 4

3.2 เวลาที่ใช้ในการจำแนก

หากทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำแนกกลุ่มจากเวลาที่ใช้ในการจำแนก โดยการพิจารณาจากการจำแนกรวมทุกตัวเลข ในกรณีจำแนกตัวเลขเมื่อเป็นลายมือแต่ละคน เมื่อใช้วิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์จะใช้เวลาในการจำแนกโดยเฉลี่ยแล้วน้อยกว่า 0.5 วินาที ซึ่งต่างจากวิธีจำแนกแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ ที่ใช้เวลาในการจำแนกโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.4560 ถึง 1.0430 วินาที ($p < 0.05$)

ในกรณีจำแนกว่าเป็นตัวเลขอะไรและเป็นลายมือเขียนของใคร เมื่อใช้วิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์จะใช้เวลาในการจำแนกโดยเฉลี่ยแล้วน้อยกว่า 0.7 วินาที ซึ่งต่างจากวิธีจำแนกแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ ที่ใช้เวลาในการจำแนกโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.7530 ถึง 2.2450 วินาที ($p < 0.05$)

เมื่อทำการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการจำแนกแยกตาม วิธีจำแนก ขนาดการนอร์มอลไลซ์ และขนาดตัวอย่างเรียนรู้ จะเห็นว่าวิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์จะใช้เวลาในการจำแนกน้อยกว่าวิธีจำแนกแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ ($p < 0.05$) และขนาดการนอร์มอลไลซ์ที่มีจำนวนตัวแปรน้อยจะใช้เวลาในการจำแนกน้อยกว่าที่มีจำนวนตัวแปรมาก ($p < 0.05$) ส่วนขนาดตัวอย่างเรียนรู้ถ้าใช้วิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์และขนาดนอร์มอลไลซ์เป็น 16 25 และ 36 ตัวแปร ส่วนใหญ่จะไม่พบความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการจำแนกระหว่างตัวอย่างเรียนรู้ทั้ง 3 ขนาด ($p > 0.05$) แต่ถ้าขนาดนอร์มอลไลซ์เป็น 49 และ 64 ตัวแปร หรือใช้วิธีจำแนกแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ จะพบความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการจำแนก ($p < 0.05$) โดยขนาดตัวอย่างเรียนรู้ 10 ตัวอย่างจะใช้นานน้อยกว่าขนาด 20 และ 30 ตัวอย่างตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

ในกรณีจำแนกตัวเลขวิธีจำแนกแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ ที่มีการนอร์มอลไลซ์เป็นขนาด 36 ตัวแปร และขนาดตัวอย่างเรียนรู้เป็น 20 ตัวอย่าง จะเป็นวิธีที่เหมาะสมโดยให้อัตราการจำแนกกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 0.0070 (S.D.=0.0038) และทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับกรณีจำแนกว่าเป็นตัวเลขอะไรและเป็นลายมือเขียนของใคร คือ วิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์ที่มีการนอร์มอลไลซ์เป็นขนาด 49 ตัวแปร และขนาดตัวอย่างเรียนรู้เป็น 30 ตัวอย่าง ซึ่งมีอัตราการจำแนกกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 0.1228 (S.D.=0.0072)

เมื่อพิจารณาในด้านความเร็วในการจำแนก วิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์จะใช้นานน้อยกว่าแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ เนื่องจากการจำแนกประเภทแบบไม่ใช้พารามิเตอร์จะต้องคำนวณระยะห่างระหว่างข้อมูลตัวเลขตัวใหม่กับข้อมูลตัวเลขในตัวอย่างเรียนรู้ จึงทำให้ใช้เวลาในการจำแนกมากกว่าวิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์ที่สร้างสมการจำแนกขึ้นมาจากตัวอย่างเรียนรู้แล้วสามารถนำไปใช้ในการจำแนกข้อมูลตัวเลขตัวใหม่ได้เลย

ในด้านความสะดวกในการนำไปประยุกต์ใช้งาน การจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์จะมีการสร้างสมการเชิงเส้นสำหรับจำแนกกกลุ่ม ซึ่งสามารถนำสมการนี้ไปใช้ในการจำแนกตัวเลขตัวใหม่ได้เลย ต่างจากการจำแนกประเภทแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ที่จะต้องเก็บข้อมูลตัวอย่างเรียนรู้ไว้เพื่อใช้ในการรู้จำตัวเลขตัวใหม่ ซึ่งทำให้ต้องเก็บชุดตัวอย่างเรียนรู้ไว้ทำให้ไม่สะดวกในการนำไปใช้งานจริง

ข้อเสนอแนะ

เพื่อเป็นแนวทางในการนำวิธีจำแนกกกลุ่มทางสถิติไปประยุกต์ใช้กับการรู้จำลายมือเขียนตัวเลขอารบิก และเป็นแนวทางในการทำวิจัยต่อไปในอนาคต ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะเป็น 2 ด้าน คือ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งาน

การนำวิธีจำแนกลายมือเขียนตัวเลขอารบิกด้วยวิธีการทางสถิติไปประยุกต์ใช้งาน จะพิจารณาจากประสิทธิภาพในการจำแนกลายมือเขียนตัวเลขอารบิก โดยนอกจากจะพิจารณาจากอัตราการจำแนกกกลุ่มผิดพลาดและเวลาที่ใช้ในการจำแนกแล้ว อาจพิจารณาในด้านความสะดวกในการนำไปใช้ เพื่อใช้เป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจที่จะนำวิธีการใดไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างเหมาะสม ซึ่งวิธีจำแนกแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ถึงแม้ในบางกรณีจะให้ผลการจำแนกได้ถูกต้องมากกว่าวิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์ แต่ก็มีข้อเสียในเรื่องความเร็วและความสะดวกในการนำไปใช้งาน ส่วนวิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์อาจจะให้ผลในการจำแนกได้ถูกต้องน้อยกว่า แต่ก็ให้ความถูกต้องมากพอสมควร เช่นในการจำแนกตัวเลขเมื่อเป็นลายมือรวมทั้งสองคน จะให้อัตราการจำแนกกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 0.0157 (S.D.=0.0035) โดยเฉพาะถ้ากำหนดตัวอย่างเรียนรู้ที่มีคุณภาพและครอบคลุมทุกลักษณะของข้อมูลก็จะให้ความถูกต้องมากขึ้นและมีข้อดีคือใช้เวลาในการจำแนกน้อยและมีความสะดวกในการที่จะนำไปประยุกต์ใช้งาน โดยกำหนดขนาดการนอร์มอลไลซ์เป็น 36 ตัวแปร และขนาดตัวอย่างเรียนรู้ 20 ตัวอย่าง แต่ถ้าจะใช้ในการจำแนกว่าเป็นตัวเลขอะไรและ

เป็นลายมือเขียนของใครให้กำหนดขนาดการนอร์มัลไลซ์ เป็น 49 ตัวแปร และขนาดตัวอย่างเรียนรู้ คนละ 30 ตัวอย่างซึ่งจะมีอัตราการทำนายกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 0.1228(S.D.=0.0072)

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

ในงานวิจัยที่เกี่ยวกับการรู้จำลายมือเขียน โดยวิธีการทางสถิติจะเป็นเพียงขั้นเริ่มต้นในการศึกษาความเป็นไปได้และประสิทธิภาพในการรู้จำ ซึ่งที่ผ่านมา ได้มีการศึกษาในการรู้จำตัวอักษรภาษาไทยจากลายมือเขียนของคนเพียงคนเดียว และในงานวิจัยนี้ได้ศึกษา การรู้จำตัวเลขอารบิกจากลายมือเขียนของคน 2 คน ซึ่งในอนาคตน่าจะมีการศึกษาจากลายมือของคนมากกว่า 2 คนขึ้นไป รวมทั้งการศึกษาการรู้จำตัวเลขที่เป็นกลุ่มของตัวเลข เช่น ข้อมูลตัวเลขที่เป็นรหัสประจำตัวประชาชน รหัสไปรษณีย์ เป็นต้น และศึกษาให้ครอบคลุมทั้งตัวอักษร สระ และ ตัวเลข รวมทั้งการศึกษาถึงวิธีการนอร์มัลไลซ์ การอ่านค่าข้อมูล และการนำรหัสทิศทางมาพิจารณา ประกอบเพื่อที่จะทำให้สามารถจำแนกตัวอักษร สระ และตัวเลขได้ถูกต้องมากขึ้น และการศึกษาวิธีการทางสถิติอื่นๆ ที่จะนำมาใช้ในการรู้จำลายมือเขียน โดยการเปรียบเทียบกับวิธีที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ หรือศึกษา การนำวิธีการจำแนกกลุ่มไปใช้ในการจำแนกข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลลายเซ็น ข้อมูลลายนิ้วมือ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ

รศ.ดร. อโนทัย	ตรีวานิช
รศ. ชัชวาลย์	เรืองประพันธ์
ดร. ศาสตรา	วงศ์ธนวิสุ
อ. รุจชัย	อึ้งอารุณยะวี
คุณเสมา	ขวัญทอง
คุณกฤษณะ	ลาน้ำเที่ยง
คุณจิรภา	ลิ้มะจาริก

เอกสารอ้างอิง

- ชม กัมปาน. 2535. ทฤษฎีการจัดจำรูปแบบ. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .
- Hand, D.J. 1981. *Discriminant and Classification*. New York: John Wiley & Sons.
- Johnson, R.A. and Wichern, D.W. 1992. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.
- SAS Institute Inc. 1988. *SAS/STAT User's Guide Release 6.03 Edition*. Cary, NC: SAS Institute Inc.

ลายมือคนที่ 1

นอร์มอลไลซ์ขนาด

12 x 12 จุด 15 x 15 จุด 18 x 18 จุด 21 x 21 จุด 24 x 24 จุด

3 3 3 3 3 3

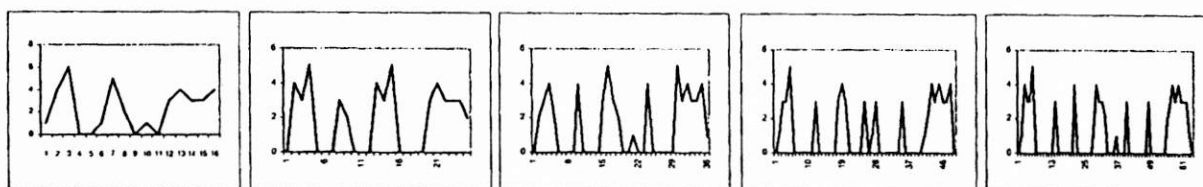
ลายมือคนที่ 2

3 3 3 3 3 3

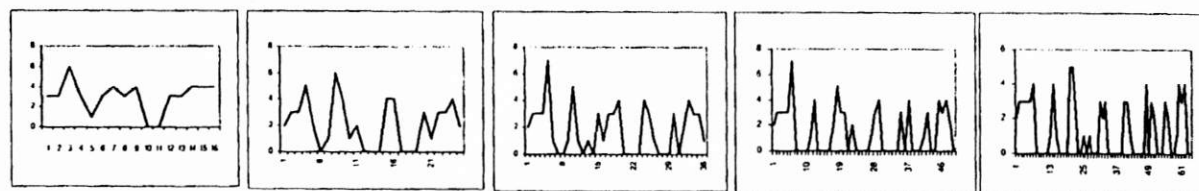
ภาพที่ 3 รูปภาพตัวเลข 3 ที่นอร์มอลไลซ์ให้อยู่ในกรอบทั้ง 5 ขนาด

12 x 12 จุด 15 x 15 จุด 18 x 18 จุด 21 x 21 จุด 24 x 24 จุด

ลายมือคนที่ 1



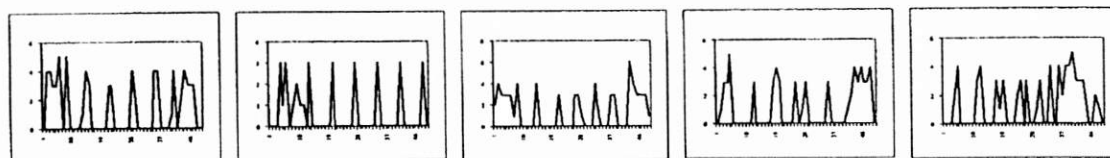
ลายมือคนที่ 2



ภาพที่ 4 กราฟค่าข้อมูลของรูปภาพตัวเลข 3 ที่นอร์มอลไลซ์ให้อยู่ในกรอบทั้ง 5 ขนาด

ลายมือคนที่ 1

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9



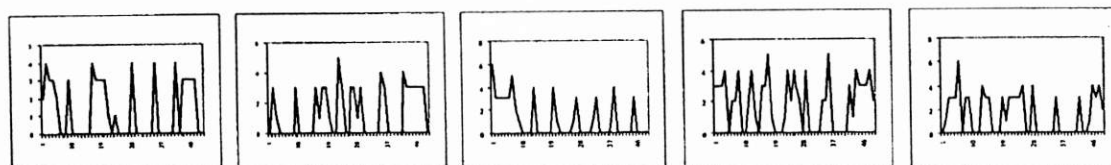
เลข 0

เลข 1

เลข 2

เลข 3

เลข 4



เลข 5

เลข 6

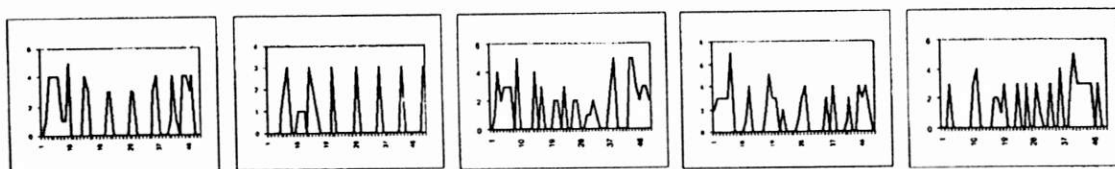
เลข 7

เลข 8

เลข 9

ลายมือคนที่ 2

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9



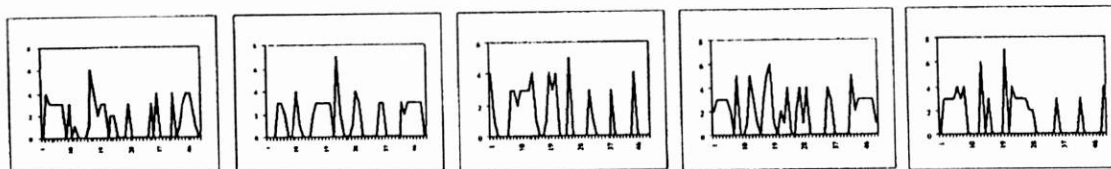
เลข 0

เลข 1

เลข 2

เลข 3

เลข 4



เลข 5

เลข 6

เลข 7

เลข 8

เลข 9

ภาพที่ 5 กราฟค่าข้อมูลทีอ่านได้จากตัวอย่างลายมือเขียนตัวเลขอารบิก
ที่นอร์มอลไลซ์ให้อยู่ในกรอบขนาด 21 x 21 จุด

ตารางที่ 1 ตัวเลขที่มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุด โดยวิธีจำแนกแบบใช้พารามิเตอร์

ขนาดนอร์มอลไลซ์	ขนาดตัวอย่าง	ลายมือคนที่ 1		ลายมือคนที่ 2		รวมทั้งสองคน		จำแนกลายมือใคร	
		ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
16 ตัวแปร	10	0,6	5,3	0,1,2	4,8	0,1	4,5	7	0,4
	20	0,1	3,5,7	0,2,9	4,7	0,1,2	4,5	9	0,4
	30	0,1,4,6	3,7	0,1,2,3,9	4,7	0,1,2	4	9	0
25 ตัวแปร	10	0	3,4	0,1,6	4	0,1	4,9,5	3	0
	20	0,1,2,8	3,4	0,1,2,6	4	0,1	5	3	0
	30	0,1,2,5,6,8,9	3,4	0,1,2,5,6,9	4	0,1	5,9,4	3	0
36 ตัวแปร	10	0,1	5	0,1	4	0,1,2	9,5	3	0,1
	20	0,1,2,6,8	5,3	0,1,2,3,5,6	4	0,1,2,6	5,9	3	0,1,4
	30	0,1,2,4,6,8,9	5,3	0,1,2,3,6,9	4	0,1,2,6	5,9	3	0
49 ตัวแปร	10	0	3	0,1,2,6	4,8	0,1	5,9,7,4	3	0,1,4
	20	0,1,2,6,7	3	0,1,2,6	4	0,1,2,6	5	3	0
	30	0,1,2,5,6,7,8,9	3	0,1,2,3,6,9	4	0,1,2,3,6	5,9	3,7,9	0
64 ตัวแปร	10	0	4,8	0,2,6	8,4,5,7	0,1	5,9	3	0,4
	20	0,1,7,9	5,3	0,1,2,3,6,9	7	0,1,6	5	3	0
	30	0,1,2,6,7,9	5,3	0,1,2,3,6,9	4	0,1	5	3	0

ตารางที่ 2 ตัวเลขที่มีอัตราการจำแนกกลุ่มผิดพลาดเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุด โดยวิธีจำแนกแบบไม่ใช้พารามิเตอร์

ขนาดนอร์มอลไลซ์	ขนาดตัวอย่าง	ลายมือคนที่ 1		ลายมือคนที่ 2		รวมทั้งสองคน		จำแนกลายมือใคร	
		ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
16 ตัวแปร	10	0,6	3	0,1,2	4	0,1,2	5	7	0
	20	0,1,2,6	3,7	0,1,2	4	0,2	5	7	0
	30	0,1,2,6	7	0,1,2,9	4	0,1,2	5	3	0
25 ตัวแปร	10	0	3	0,1,6	4	0,1,2	4,5	7	1,0
	20	0,1,8	3,4	0,1,2,6,9	4	0,1,2,6	4,5	7	0,1
	30	0,1,2,6,7,8,9	4	0,1,2,3,6,9	4	0,1,2,6	4,5	7	0,1
36 ตัวแปร	10	0,1	5	0,1	4,8	0,1,2	5,3	7	0,1
	20	0,1,2,6,7,8,9	5,3	0,1,2,5,6,9	4	0,1,2	3	7	0
	30	0,1,2,4,6,7,9	5	0,1,2,6,9	4	0,1,2,6	3,5	7	0
49 ตัวแปร	10	0	3	1,2,6	4,8	0,1	9,5	7	0,1,4
	20	0,1,2,6,7,8	3	0,1,2,3,6,9	4	0,1,2,6	5,3	7	0
	30	0,1,2,5,6,7,8,9	3	0,1,2,3,6,8,9	4	0,1,6	9	7	0
64 ตัวแปร	10	0	8,4,1,5,3	0,2	8,4	0,1	5	7	0,1
	20	0,1,6,7,9	5	0,1,2,3,6,9	7	0,1	5	3	0
	30	0,1,6,7,9	5	0,1,2,3,6,9	4	0,1,2,4,6	5	3	0

ตารางที่ 3 วิธีจำแนก ขนาดนอร์มอลไลซ์ และขนาดตัวอย่างเรียนรู้ ที่เหมาะสมในการจำแนกตัวเลข

ตัวเลข	วิธีจำแนก	ขนาดนอร์มอลไลซ์	ขนาดตัวอย่าง
0	แบบใช้พารามิเตอร์	16 ตัวแปร	10 ตัวอย่าง
1	แบบใช้พารามิเตอร์	16 ตัวแปร	10 ตัวอย่าง
2	แบบใช้พารามิเตอร์	16 ตัวแปร	10 ตัวอย่าง
3	แบบใช้พารามิเตอร์	49 ตัวแปร	30 ตัวอย่าง
4	แบบใช้พารามิเตอร์	64 ตัวแปร	20 ตัวอย่าง
5	แบบไม่ใช้พารามิเตอร์	25 ตัวแปร	20 ตัวอย่าง
6	แบบใช้พารามิเตอร์	36 ตัวแปร	20 ตัวอย่าง
7	แบบใช้พารามิเตอร์	36 ตัวแปร	20 ตัวอย่าง
8	แบบใช้พารามิเตอร์	16 ตัวแปร	10 ตัวอย่าง
9	แบบไม่ใช้พารามิเตอร์	36 ตัวแปร	20 ตัวอย่าง
รวมทุกตัวเลข	แบบไม่ใช้พารามิเตอร์	36 ตัวแปร	20 ตัวอย่าง

หมายเหตุ * หมายถึงพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4 วิธีจำแนก ขนาดนอร์มอลไลซ์ และขนาดตัวอย่างเรียนรู้ ที่เหมาะสมในการจำแนกตัวเลข และจำแนกลายมือ

ตัวเลข	วิธีจำแนก	ขนาดนอร์มอลไลซ์	ขนาดตัวอย่าง
0	แบบใช้พารามิเตอร์	64 ตัวแปร	30 ตัวอย่าง
1	แบบใช้พารามิเตอร์	49 ตัวแปร	20 ตัวอย่าง
2	แบบใช้พารามิเตอร์	49 ตัวแปร	30 ตัวอย่าง
3	แบบไม่ใช้พารามิเตอร์	64 ตัวแปร	30 ตัวอย่าง
4	แบบใช้พารามิเตอร์	25 ตัวแปร	20 ตัวอย่าง
5	แบบใช้พารามิเตอร์	49 ตัวแปร	30 ตัวอย่าง
6	แบบไม่ใช้พารามิเตอร์	64 ตัวแปร	20 ตัวอย่าง
7	แบบไม่ใช้พารามิเตอร์	25 ตัวแปร	20 ตัวอย่าง
8	แบบใช้พารามิเตอร์	49 ตัวแปร	20 ตัวอย่าง
9	แบบไม่ใช้พารามิเตอร์	25 ตัวแปร	30 ตัวอย่าง
รวมทุกตัวเลข	แบบใช้พารามิเตอร์	49 ตัวแปร	30 ตัวอย่าง

หมายเหตุ * หมายถึงพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05