การพัฒนาระบบการรู้จำแบบพิมพ์พระเครื่องโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแพร่กลับ

A Development of Buddha Amulet Pattern Recognition System using Back Propagation Artificial Neural Network

สุรยุทธ ปัญจวีณิน (Surayut Panchavinin)[1] และนพพร โชติกกำธร (Nopporn Chotikakamthorn)[2]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ

[2]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

psurayut@gmail.com, nopporn@it.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาโปรแกรมรู้จำพระเครื่องสมเด็จวัดระฆัง โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแพร่กลับ ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ทดสอบเป็นข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพและการสแกนภาพพระเครื่องสมเด็จวัดระฆังพิมพ์นิยมทั้ง 5 แบบพิมพ์ จำนวน 500 ภาพ และพระเครื่องเนื้อผงทรงสี่เหลี่ยมอื่นๆ จำนวน 100 ภาพ การจำแนกใช้คุณลักษณะเฉพาะของสมเด็จวัดระฆัง 5 ประการ ข้อมูลที่ได้จะนำส่งเข้าตัวแบบรู้จำแบบพิมพ์พระเครื่อง ซึ่งจะใช้โครงข่ายประสาทเทียมแพร่กลับ และเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมาเปรียบเทียบสร้างตัวแบบทำนายที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ผลการทดสอบพบว่าตัวแบบจำแนกพระสมเด็จวัดระฆังจากแบบพระเครื่องผงทรงสี่เหลี่ยมอื่นๆ และตัวแบบจำแนกพระสมเด็จวัดระฆัง 5 พิมพ์นิยมด้วยการเรียนรู้แบบโครงข่ายประสาทเทียมจะมีความแม่นยำ 100.0% และ 88.0% ตามลำดับ ซึ่งจะสูงกว่าเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจที่มีค่าความแม่นยำ 96.3% และ 61.6% ตามลำดับ

คำสำคัญ: แบบพิมพ์พระเครื่อง, โครงข่ายประสาทเทียมแพร่กลับ

Abstract

The purpose of this paper is to design and develop a computer program to recognize Pra Somdet Wat Rakang using Back Propagation Artificial Neural Network in comparison with Decision Tree Technique. The sample test sets comprise of 5 most popular Pra Somdet Wat Rakang patterns amount to 500 photos and other 100 photos of rectangle-shaped amulet images. The recognition employs 5 specific characteristics of Pra Somdet Wat Rakang. The dataset will be transferred to prediction model for comparing predictive efficiency of Back Propagation Artificial Neural Network and Decision Tree Technique. Test results indicate that the models classifying Pra Somdet Wat Rakang from rectangle-shaped amulet images and classifying 5 most popular Pra Somdet Wat Rakang samples using Back Propagation Artificial Neural Network yield 100% and 88% true precision rates respectively which are higher than 96.3% and 61.6% average true precision rates decision tree techniques yield respectively.

Keywords: Buddha amulet pattern, Back propagation artificial neural network

1. บทนำ

ปัจจุบันพระเครื่องมีคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์สูง [1] ก่อให้เกิดธุรกรรมการค้าขาย การประกวด การปลอมแปลง และการพิสูจน์ความแท้จริงของพระเครื่อง การพิสูจน์ความแท้จริงของพระเครื่องเริ่มต้นจากการพิสูจน์คุณลักษณะเฉพาะด้วยการวินิจฉัยของเซียนพระที่ไม่แม่นยำ ไม่แน่นอน ไม่เสมอต้นเสมอปลาย และไม่มีมาตรฐานกลางที่คงที่ ขึ้นอยู่กับอารมณ์ ประสบการณ์ ความรู้ และเหตุผลทางการค้าของเซียนพระ ปัญหาหลักคือการที่ผู้สะสมพระเครื่องทั่วไปสับสนและขาดความเชื่อมั่นต่อการวินิจฉัยของเซียนพระทั้งหลาย ซึ่งเทคโนโลยีสารสนเทศด้านการประมวลผลภาพและความสามารถในการประมวลผลของคอมพิวเตอร์สามารถนำใช้ในการเรียนรู้จำและจำแนกแบบพิมพ์พระเครื่องต่างๆ เพื่อช่วยแก้ปัญหาหลักนี้ได้

จากการทบทวนงานวิจัยพบว่ามีการนำโครงข่ายประสาทเทียมแพร่กลับมาใช้ในการจำแนกวัตถุหรือสิ่งของประเภทเดียวกันที่มีรูปร่างต่างกัน รวมถึงแบบพิมพ์พระเครื่อง ซึ่งสามารถพบได้จากงานวิจัยเหล่านี้ อาทิ บุญนที ศักดิ์บุญญารัตน์ [2] ที่ได้วิจัยนี้เปรียบเทียบวิธีการหาขอบเจดีย์ไทย 3 กลุ่ม คือ ทรงระฆังสมบูรณ์, ทรงประสาทสมบูรณ์, และทรงระฆังหรือทรงประสาทที่ไม่สมบูรณ์ จากภาพถ่ายด้วย วิธีโซเบลและโมดิฟายฟัสซี่โซเบล กับระบบรู้จำภาพเจดีย์ด้วย Fussy Rules ได้ผลความถูกต้องเฉลี่ย 38.30%

พงศ์สันต์ นุ่นสุข [3] ได้ทำการวิจัยพิสูจน์ความถูกต้องของลายเซ็นแบบออนไลน์ ได้ผลสรุปว่าโครงข่ายประสาทเทียมชั้นเดียวแบบไม่มีการป้อนกลับและแบบแพร่ย้อนกลับอาจให้ความถูกต้องใกล้เคียงกัน แต่กระบวนการฝึกสอนระบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวแบบไม่มีการป้อนกลับรวดเร็วกว่ามาก

ไกรสีห์ ทองนพคุณ [4] ได้ศึกษาลักษณะของเปลวเพลิงที่ได้จากภาพเปลวเพลิงต่างๆ โดยใช้การประมวลผลภาพดิจิตอลทำงานร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อให้เกิดการรู้จำลักษณะของเปลงเพลิงใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้า โดยการศึกษาและรู้จำเปลวเพลิงที่อยู่ในภาพโดยใช้การการรู้จำแบบชี้นำในการตรวจจับเปลวเพลิงภายในภาพ ผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัยนี้ คือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 ชั้นซ่อน ให้ผลการจำแนกได้ดีกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 1 ชั้นซ่อน

ปราโมทย์ พิมเสน [5] ได้ศึกษาการประมวลผลภาพธนบัตรไทยและกรองภาพทั้งความถี่สูงและต่ำ โดยมีการรู้จำรูปครุฑและตัวเลขแสดงจำนวนเงิน ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ 3 ชั้นซ่อน เพื่อจำแนกสกุลเงินไทยจากสกุลต่างชาติ และธนบัตรไทยต่างมูลค่า ผลของการศึกษาแสดงให้เป็นว่าระบบการทดสอบการรู้จำธนบัตรไทย สามารถรู้จำและจำแนกธนบัตรไทยจากธนบัตรญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกาได้ถูกต้อง 89%

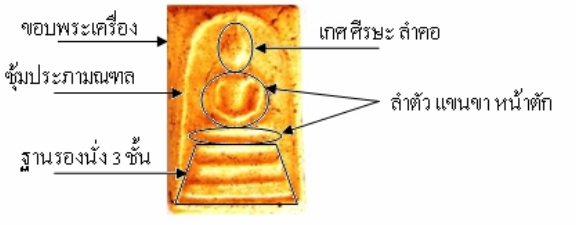
นอกจากนี้แล้ว ชาตรี กอบัวแก้ว [6] ได้วิจัยการจำแนกพระผง 4 ทรงพิมพ์ คือ พิมพ์ทรงสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม สองเหลี่ยมหัวมน และกลม (ไม่มีเหลี่ยม) โดยใช้ภาพพระผง 4 พิมพ์ทรงๆ ละ 100 ภาพ รวมเป็น 400 ภาพมาทำการทดสอบ กับภาพพระผงแม่แบบ 4 พิมพ์ทรงๆ ละ 35 ภาพ รวมเป็น 140 ภาพ การจำแนกอาศัยการนับจำนวนเหลี่ยมของทั้ง 4 พิมพ์ทรง คือ 4, 3, 2, 0 เหลี่ยมตามลำดับ ผลการวิจัยแสดงให้เป็นว่า ขนาดของภาพพระพิมพ์ทรงมีเหลี่ยม (ทรงสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม และสองเหลี่ยมหัวมน) และทรงกลมไม่มีเหลี่ยม (ทรงรี) ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 60*80 พิกเซล และรัศมี 70 พิกเซล ตามลำดับ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะออกแบบและพัฒนาโปรแกรมรู้จำแบบพิมพ์พระเครื่องโดยการนำโครงข่ายประสาทเทียมแพร่กลับกับเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมาปรับประยุกต์ใช้กับจำแนกแบบพิมพ์พระเครื่อง เพื่อวงการพระเครื่องและพุทธศาสนิกชนได้มีเครื่องมือแยกแยะแบบพิมพ์ต่างๆ ของพระเครื่องที่แม่นยำ รวดเร็ว นอกจากนี้ยังใช้สำหรับการค้นคืนพระสมเด็จพิมพ์นิยมที่ชำรุดบางส่วน เพื่อการซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ รวมทั้งวงการพุทธศาสนาและศิลปวัฒนธรรมของชาติได้รับการส่งเสริมและสืบสานให้กว้างขวางขึ้นผ่านการอนุรักษ์พระเครื่องประเภทเนื้อผงต่อไป

2. ความรู้ด้านพระพิมพ์

พระพิมพ์ที่พบในประเทศไทยมี 6 แบบ คือ แบบพระปฐม แบบถ้ำแหลมมลายู แบบขอม แบบสุโขทัย แบบอยุธยา แบบพระเครื่อง [1] ซึ่งถือกำเนิดตั้งแต่ศตวรรษที่ 10 เป็นต้นมา

งานวิจัยนี้จำกัดขอบเขตตัวอย่างที่พระเครื่องประเภทสมเด็จวัดระฆัง 5 พิมพ์นิยม คือ พิมพ์พระประธาน พิมพ์ทรงเจดีย์ พิมพ์เกศบัวตูม พิมพ์ฐานแซม และพิมพ์ปรกโพธิ์ โดยมีคุณลักษณะเฉพาะ 5 ประการ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1: คุณลักษณะเฉพาะที่ต้องการศึกษา

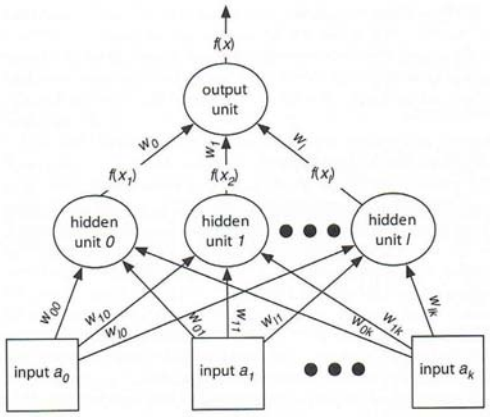
3. เทคนิคกาารู้จำรูปที่ใช้ในการศึกษา

3.1 โครงข่ายประสาทเทียมแพร่กลับ (Back Propagation Artificial Neural Network)

โครงข่ายประสาทเทียมจะมีลักษณะของโครงสร้างเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นรับข้อมูล (Input Layer) ชั้นซ่อน (Hidden Layer) และชั้นแสดงผลลัพธ์ (Output Layer) ซึ่งข้อมูลที่จะนำเข้ามาเรียนรู้นั้นจะถูกใส่เข้าไปในชั้นรับข้อมูลซึ่งเป็นชั้นแรกสุด และเมื่อ

ผ่านการคำนวณจากชั้นแรกนี้แล้ว ผลลัพธ์ก็จะถูกส่งต่อไปยังชั้นซ่อน ซึ่งในแต่ละหน่วยของชั้นนี้ ก็จะรับข้อมูลจากทุกหน่วยในชั้นก่อนหน้ามาคำนวณ แล้วส่งต่อไปยังชั้นถัดไปและเมื่อข้อมูลถูกส่งต่อกันมาจนถึงชั้นแสดงผลลัพธ์ ก็จะได้ผลลัพธ์ออกมาจากระบบ ซึ่งการส่งผ่านข้อมูลต่อๆ กันไปแบบนี้จะเรียกว่าเป็นการส่งต่อข้อมูลแบบการป้อนไปข้างหน้า

หลังจากนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากระบบว่าถูกตรวจสอบความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมาย หากความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายมากเกินเกณฑ์ ค่าความคลาดเคลื่อนนี้จะถูกนำไปปรับน้ำหนักการเรียนรู้ใหม่ ซึ่งจะเป็นการปรับน้ำหนักความคลาดเคลื่อนจากชั้นผลลัพธ์ ไปยังชั้นก่อนหน้า และทำการปรับน้ำหนักไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงชั้นรับข้อมูล ซึ่งกระบวนการเรียนรู้แบบนี้ต้องอาศัยการทำซ้ำหลาย รอบจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ตามที่กำหนดหรือได้ค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยจนพอยอมรับได้ ดัง

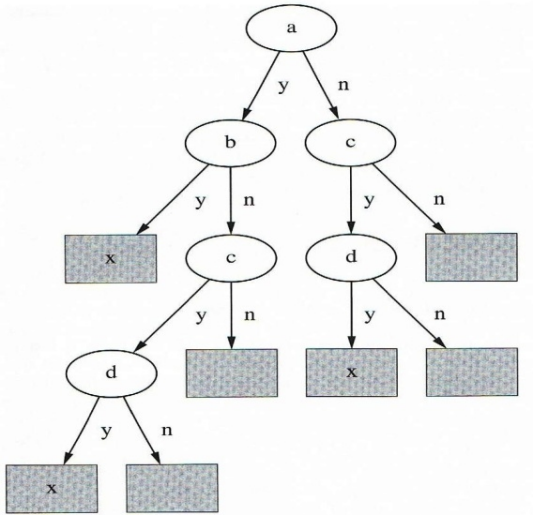


ภาพที่ 2

ภาพที่ 2: แสดงโครงข่ายประสาทเทียมแพร่กลับ [7]

3.2 เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree Technique)

เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ คือ การสร้างต้นไม้ตัดสินใจแบบการค้นหาจากบนลงล่างแบบตะกรม (Top-down Greedy Search) โดยเริ่มจากการเลือกคุณสมบัติที่ดีที่สุดมาสร้างเป็นโนดราก เมื่อข้อมูลผ่านการแบ่งแยกที่โนดรากตามค่าคุณสมบัติของโนดรากแล้ว ก็จะหาคุณสมบัติที่ดีที่สุดของข้อมูลที่ผ่านการแบ่งแยกนั้นมาสร้างเป็นโนดลูกของโนดรากนั้นต่อไป และจะวนสร้างโนดลูกและต้นไม้ย่อยของแต่ละกิ่งไปเรื่อยๆ จนกว่าข้อมูลที่ผ่านการแบ่งแยกนั้นจะจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน หรือจำนวนข้อมูลที่ผ่านการแบ่งแยกในกิ่งหนึ่งๆ มีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ [8] ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3: แสดงต้นไม้ตัดสินใจ [9]

3.3 ศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านการการรู้จำแบบพิมพ์พระเครื่อง, เทคนิคการประมวลผลภาพ, การเรียนรู้ของเครื่องซึ่งจะใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูล โดยมีการนำเสนอสองวิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ โครงข่ายประสาทเทียมแพร่กลับ และเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมาเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพที่ดีที่สุด

3.4 จัดเตรียมข้อมูลภาพถ่ายพระเครื่อง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ ภาพตัวอย่างพระสมเด็จพิมพ์นิยม ประกอบด้วย พิมพ์พระประธาน, พิมพ์เจดีย์, พิมพ์เกศบัวตูม, พิมพ์ฐานแซม, พิมพ์ปรกโพธิ์แบบพิมพ์ละ 100 ภาพ รวมเป็น 500 ภาพ และภาพพระเครื่องเนื้อผงทรงสี่เหลี่ยมอื่น ๆ ที่รูปทรงคล้ายพระสมเด็จพิมพ์นิยมจำนวน 100 ภาพ รวมทั้งหมดเป็น 600 ภาพ ที่ได้จากการถ่ายภาพพระเครื่องจริง และการสแกนจากภาพในหนังสือพระเครื่องต่างๆ

3.5 การประมวลผลภาพ

แฟ้มข้อมูลภาพที่ได้มาจะต้องผ่านการกรองภาพเพื่อตัดสัญญาณรบกวนที่มาจากสิ่งแวดล้อมในขณะถ่ายภาพ โดยใช้วิธี Convolution ซึ่งเป็นคือการกระทำกันระหว่าง Template ที่เป็น Matrix ขนาด n * m กับ ภาพ (image) ซึ่งจะสามารถลดทอนคุณสมบัติที่ไม่ต้องการลง และเน้นคุณสมบัติที่ต้องการให้เด่นชัดขึ้น เมื่อเสร็จสิ้นการกรองข้อมูลภาพ ค่าสีของภาพจะถูก

นำไปสร้าง Histogram ในระบบสีแบบ RGB เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบสีของแบบพิมพ์

ในลำดับต่อไปเป็นการแปลงภาพ จากระดับสี RGB สู่ระดับ Gray Scale ซึ่งจะใช้ค่าความเข้มของสีทั้ง 3 ได้แก่ สีแดง เขียว น้ำเงิน มาทำการหาค่าความเข้มในระดับ Gray Scale

เมื่อทำ Threshold จนได้ค่าความละเอียดที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ จึงทำการหาขอบภาพโดยใช้ทฤษฎีการหาขอบภาพตามแบบของ Canny Prewitt, Sobel, Roberts, และ Laplacian [10]

เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังกล่าวจะมีการทำการแบ่งส่วนของรูปภาพในการวิเคราะห์ เพื่อแบ่งจุดในการวิเคราะห์ตามลักษณะแบบพิมพ์อีกครั้งหนึ่ง และนำข้อมูลที่ได้จัดทำ dataset เพื่อใช้ในการจำแนกแบบพิมพ์ต่อไป

3.6 สร้างตัวแบบรู้จำแบบพิมพ์พระเครื่อง

ตัวแบบรู้จำแบบพิมพ์ออกแบบและสร้างโดยคัดเลือกตัวแบบที่มีประสิทธิภาพความแม่นยำสูงสุดระหว่างตัวแบบทำนายที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแพร่กลับ และเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจเพื่อนำไปใช้ในส่วนการทำนายของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ซึ่งข้อมูลที่นำเข้าที่จะฝึกสอนและทดสอบจะเป็นเว็กเตอร์คุณลักษณะของภาพที่ต้องการ

3.7 วิธีวัดประสิทธิภาพของตัวแบบทำนาย

การประเมินผลใช้วิธีการตรวจสอบแบบไขว้ 10 ส่วน ซึ่งพิจารณาค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นตรง (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และการวัดประสิทธิภาพโดยรวม (F-measure) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 ซึ่ง 1 หมายถึงประสิทธิภาพดี [11] ดังสมการที่ (1) (2) และ (3) ตามลำดับ

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (1)$$

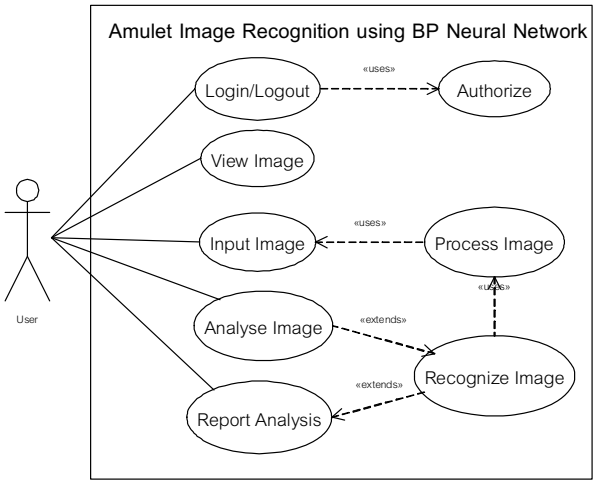
$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

$$\text{F-measure} = \frac{2*(\text{Recall}*\text{Precision})}{\text{Recall}+\text{Precision}} \quad (3)$$

3.8 ขั้นตอนการพัฒนาแอพพลิเคชั่น

3.8.1 การออกแบบโปรแกรม

ใช้การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุ และใช้โปรแกรม Microsoft Visio 2007 เป็นเครื่องมือช่วยพัฒนา ซึ่งภาพรวมของระบบสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4

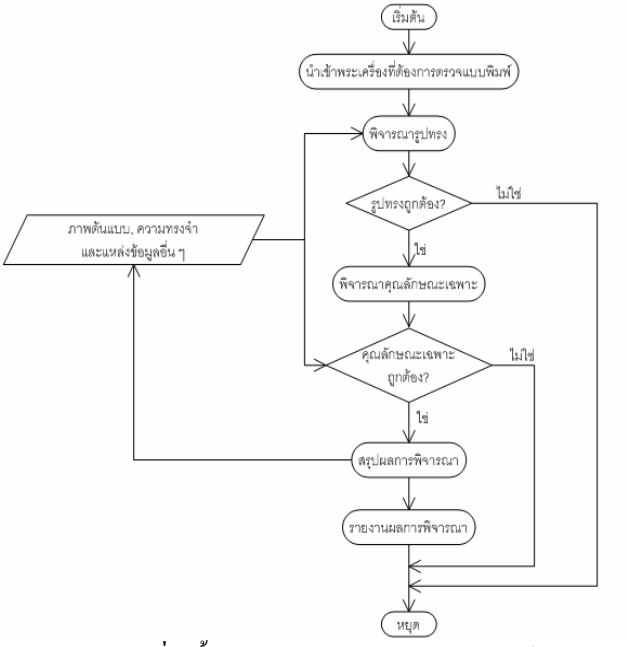


ภาพที่ 4: ภาพรวมระบบงาน

ตัวแบบรู้จำแบ่งออกเป็นสองส่วนโดยเริ่มจากการรู้จำพระสมเด็จวัดระฆังเพื่อจำแนกออกจากพิมพ์ทรงสี่เหลี่ยมอื่นๆ และต่อด้วยการรู้จำพระสมเด็จวัดระฆังแต่ละแบบพิมพ์ของพิมพ์นิยมทั้ง 5 แบบพิมพ์เพื่อจำแนกพิมพ์นิยมทั้ง 5 แบบพิมพ์ออกจากกัน ดังภาพที่ 5

3.8.2 การพัฒนาโปรแกรม

โปรแกรมถูกพัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม MATLAB 2007 ในลักษณะ Window Base Application โดยจะมีทั้งส่วนประมวลผลภาพ และส่วนรู้จำแบบพิมพ์พระเครื่องที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแพร่กลับ

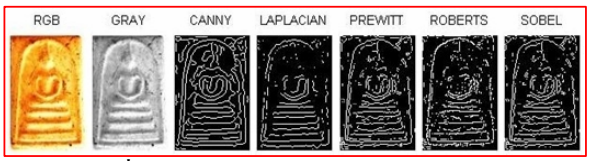


ภาพที่ 5 ขั้นตอนการรู้จำและจำแนกแบบพิมพ์

4. ผลการดำเนินงาน

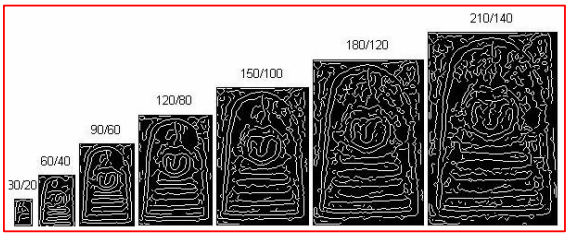
4.1 ส่วนการประมวลผลภาพ

จากผลของการทดสอบ วิธี Canny เป็นวิธีที่ให้ขอบภาพที่ตรงกับขอบของลักษณะเฉพาะมากที่สุด พร้อมทั้งยังสามารถตัดส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องออกได้มากที่สุดด้วย เพราะวิธี canny มี Gaussian ฟังก์ชั่นที่ใช้ในการกรองภาพรวมอยู่ด้วย ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6: แสดงขอบภาพจากวิธีหาขอบภาพทั้ง 5 วิธี

โดยภาพขนาด 120x80 พิกเซล ให้รายละเอียดขอบภาพของคุณลักษณะเฉพาะทั้ง 5 ประการที่เพียงพอจากการมองด้วยตาเปล่า และแสดงรายละเอียดที่นอกเหนือจากคุณลักษณะเฉพาะทั้ง 5 ประการ น้อยที่สุด ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7: ขอบภาพดิจิทัลที่ลดขนาด

4.2 ส่วนตัวแบบรู้จำแบบพิมพ์พระเครื่อง

จากการนำข้อมูลคุณลักษณะของภาพถ่ายแบบพิมพ์พระเครื่องไปทดสอบกับตัวแบบจำแนกแบบพิมพ์ด้วยวิธีตรวจสอบแบบไขว้ 10 ส่วน พบว่าผลการทดสอบประสิทธิภาพของตัวแบบทำนายโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแพร่กลับ และเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ให้ค่าดังตารางที่ 1 -2 ข้างล่างต่อไปนี้

ตารางที่ 1: ความแม่นยำของการจำแนกพระสมเด็จ

ประเภท	J48	BP-ANN
พิมพ์นิยม	99.6%	100.0%
พิมพ์สี่เหลี่ยมอื่น	93.0%	100.0%
ความแม่นยำเฉลี่ย	96.3 %	100.0%

ปัจจัยที่ส่งผลให้การจำแนกระหว่างพระสมเด็จวัดระฆังพิมพ์นิยมจากพระเนื้อผงทรงสี่เหลี่ยมอื่นๆ มีความแม่นยำสูง ทั้งตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมแพร่กลับ และเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ คือ ความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างคุณลักษณะพิเศษของพระสมเด็จวัดระฆังพิมพ์นิยมกับของพระเนื้อผงทรงสี่เหลี่ยมอื่นๆ

ตารางที่ 2: ความแม่นยำของการจำแนกพระสมเด็จพิมพ์นิยม

ประเภท	J48	BP-ANN
พิมพ์ทรงเจดีย์	64.0%	87/0%
พิมพ์เกศบัวตูม	54.0%	79.0%
พิมพ์ปรกโพธิ์	76.0%	94.0%
พิมพ์ฐานแซม	57.0%	91.0%
พิมพ์ใหญ่	57.0%	89.0%
ความแม่นยำเฉลี่ย	61.6%	88.0%

ปัจจัยที่ส่งผลให้การจำแนกระหว่างพระสมเด็จวัดระฆังพิมพ์นิยมทั้ง 5 แบบพิมพ์ มีความแม่นยำน้อยกว่าการจำแนกระหว่างพระสมเด็จวัดระฆังพิมพ์นิยมจากพระเนื้อผงทรงสี่เหลี่ยมอื่นๆ คือ คุณลักษณะพิเศษของทั้ง 5 แบบพิมพ์มีส่วนที่ซ้ำซ้อนกันและในบางตัวอย่างเลือนหายไปตามอายุของพระเครื่อง

5. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้นำความรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้กับการจำแนกแบบพิมพ์พระเครื่อง โดยจะมีการนำอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องที่ประกอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแพร่กลับและเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมาสร้างตัวแบบจำแนกแบบพิมพ์ แล้วเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพความแม่นยำในการจำแนก ซึ่งพบว่าตัวแบบจำแนกที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแพร่กลับจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ

ความแม่นยำจะเพิ่มขึ้นได้ หากภาพดิจิทัลที่นำมาแปลงเป็นข้อมูลดิจิทัล ไม่มีผลของเงาของคุณลักษณะเฉพาะทอดไปบนผิวด้านหน้าของพระเครื่อง ซึ่งส่งผลให้สัดส่วนของขอบภาพอยู่ในสัดส่วนคุณลักษณะเฉพาะเปลี่ยนแปลงไป และมีสัดส่วนของพระเครื่องสอดคล้องกับสัดส่วนจริงของพระเครื่องต้นแบบของภาพ

งานวิจัยนี้ จำกัดขอบเขตอยู่ที่การตรวจสอบคุณลักษณะว่าเหมือนพระสมเด็จพิมพ์นิยมหรือไม่ และเหมือนพิมพ์นิยมพิมพ์ใด แต่ความสามารถของตัวแบบการรู้จำสามารถขยายผลไปสู่การตรวจสอบตรวจสอบความแท้จริง (genuineness) ของพระสมเด็จพิมพ์นิยม ด้วยการตรวจสอบเพิ่มเติมในด้านมวลสารมาตรฐานต่างๆ ที่ปรากฏในพระสมเด็จพิมพ์นิยม ซึ่งสามารถใช้ค้นหาและตรวจสอบความแท้จริงของพิมพ์อื่นๆ นอกเหนือจากพิมพ์นิยมทั้ง 5 แบบพิมพ์ได้

6. กิติกรรมประกาศ

ขอกราบนมัสการพระครูวิเศษวรการ (หลวงพ่อมานพ สุมังคโล) เจ้าอาวาสวัดหาดเชี่ยวกิ่วลม อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ที่ให้ความอนุเคราะห์พระสมเด็จวัดระฆังพิมพ์นิยมทั้ง 5 แบบพิมพ์จำนวนมาก เพื่อบันทึกภาพประกอบการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] วิรินทร์พร วัฒนะ. “**ราคากลาง**”. ฉบับที่ 43 ปีที่ 7. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์นิตยสารราคากลางพระเครื่อง, 2547.

[2] บุญนที ศักดิ์บุญญารัตน์. **“ระบบรู้จำภาพเจดีย์ไทย**”. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548.

[3] พงศ์สันต์ นุ่นสุข. “**การพิสูจน์ลายเซ็นแบบออนไลน์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม”**. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิทยาการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2550.

[4] ไกรสีห์ ทองนพคุณ. **“การตรวจจับเปลวเพลิงในภาพโดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม”.**วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิทยาการวิศวกรรมการวัดคุม. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2550.

[5] ปราโมทย์ พิมเสน. **“วิธีการรู้จำภาพธนบัตรไทยโดยใช้สัญญาณย่านความถี่และนิวรอลเน็ตเวิร์ค”**. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2539.

[6] ชาตรี กอบัวแก้ว. **“การรู้จำภาพพระผง/การจำแนกภาพพระผงด้วยการเปรียบเทียบลักษณะพิเศษ”**.วิทยานิพนธ์ภาควิชาคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2550.

[7] Quinlan, J. R, **“**Induction of decision tree**”**, Machine Learning, Vol. 1, 1986, pp.81-106.

[8] บุญเสริม กิจศิริกุล, **“อัลกอริทึมการทำเหมืองข้อมูล”**. รายงานการวิจัย. วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

[9] Witten, Ian H. **“**Data Mining**”**. Morgan Kaufmann Publishers is an imprint of Elsevier, 2005, pp. 231.

[10]ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์. **“การประมวลผลภาพดิจิตอลด้วย** Matlab**”**. กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2551.

[11]Max Brame. **“**Principles of Data Mining**”**. Springer-Verlag London Limited 2007, pp173-176.