บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

เมื่อสามารถสร้างนิวรอลเน็ตเวิร์กเพื่อทำการประมาณเลือกกฎที่ใกล้เคียงได้แล้ว จึงนำนิวรอลเน็ตเวิร์กนี้ไปทำการทดสอบกับตัวอย่างตัวอักษรที่ไม่เคยผ่านการเรียนรู้มาก่อนเพื่อหาอัตราการรู้จำแล้วเปรียบเทียบผลกับวิธีการต่าง ๆ ซึ่งในบทนี้จะได้กล่าวถึงตัวอย่างในการเรียนรู้และการทดสอบ วิธีการเตรียมตัวอย่างเหล่านี้ และผลการทดลอง ต่อไป

4.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองนี้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน คือ กลุ่มที่ใช้ทำการเรียนรู้ และกลุ่มที่ใช้ทำการทดสอบอัตราการรู้จำ

4.1.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทำการเรียนรู้

ภาพตัวอย่างถูกพิมพ์จากเครื่องพิมพ์เลเซอร์ด้วยความละเอียด 300 จุดต่อนิ้ว โดยโปรแกรมไมโครซอฟต์เวิร์ด 97 แล้วถูกอ่านโดยเครื่องกวาดตรวจที่ความละเอียด 300 จุดต่อนิ้วเช่นกัน จากนั้นภาพตัวอักษรจะถูกจัดเก็บเป็นไฟล์รูปแบบ BMP 1 ไฟล์ ต่อหนึ่งตัวอักษร กลุ่มของตัวอักษรประกอบด้วยพยัญชนะ 44 ตัว สระ วรรณยุกต์ และตัวอักษรพิเศษ ทั้งหมด 23 ตัว ตัวเลขไทย 10 ตัว รวมเป็น 77 ตัวอักษร ใช้ตัวอักษร 2 รูปแบบ คือ คอร์เดียและยูโครเซีย 7 ขนาด คือ 20, 22, 24, 28, 32, 36 และ 48 รวมเป็นจำนวนตัวอย่างที่ใช้เรียนรู้ทั้งสิ้น 1,078 ตัวอย่าง ตัวอย่างทั้งหมดจะถูกส่งผ่านเข้าสู่การประมวลผลขั้นต้นเพื่อหาลักษณะสำคัญของภาพ ลักษณะสำคัญเหล่านี้จะถูกใช้เป็นตัวอย่างที่ใช้ในการเรียนรู้โดยวิธีการต่าง ๆ ต่อไป

4.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทำการทดสอบอัตราการรู้จำ

คือภาพตัวอย่างเดียวกันกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทำการเรียนรู้ แต่ภาพตัวอย่างที่ใช้ทดสอบอัตราการรู้จำนี้ได้รับการเพิ่มสัญญาณรบกวนโดยการถ่ายเอกสาร ซึ่งในการทดลองนี้เป็นการถ่ายเอกสาร 2 แบบ คือ ถ่ายเอกสารแบบบาง และแบบเข้ม ซึ่งภาพตัวอักษรเหล่านี้ถูกจัดเก็บในไฟล์รูปแบบ BMP 1 ไฟล์ต่อหนึ่งตัวอักษรเช่นกัน รวมเป็นจำนวนตัวอย่างที่ใช้ทดสอบอัตราการรู้จำทั้งสิ้น 1,078 x 2 = 2,156 ตัวอย่าง และถูกส่งผ่านเข้าสู่การประมวลผลขั้นต้นเช่นเดียวกับตัวอย่างที่ใช้ในการเรียนรู้ ลักษณะสำคัญที่ได้จะถูกใช้เป็นตัวอย่างเพื่อใช้ในการทำสอบอัตราการรู้จำ

4.2 วิธีการที่นำมาทดลองเปรียบเทียบ

4.2.1 วิธีการฟัซซีโลจิกและวิธีการซินแทกติก (FLS)

นำกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทำการเรียนรู้มาทำการเรียนรู้โดยวิธีการฟัซซีโลจิกและซินแทกติก และทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทำการทดสอบอัตราการรู้จำ

4.2.2 วิธีการโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัย (ILP)

นำกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเรียนรู้ป้อนให้กับระบบโปรกอลร่วมกับความรู้ภูมิหลังเพื่อสร้างกฎที่ใช้ในการจำแนกตัวอักษรด้วยวิธีการโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยหรือไอแอลพี จากนั้นนำกฎที่ได้ไปทดสอบกับตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบอัตราการรู้จำ โดยเลือกกฎที่ทุกสัญพจน์ในกฎข้อนั้นตรงกับตัวอย่าง ส่วนในกรณีตัวอย่างที่ไม่สามารถเลือกกฎที่ตรงพอดีได้ ให้ถือว่าเป็นการรู้จำผิด ไม่มีการประมาณเพื่อเลือกกฎ

4.2.3 วิธีการแบ็กพรอพาเกชันนิวรอลเน็ตเวิร์ก (BNN)

นำตัวอย่างที่ใช้ในการเรียนรู้มาจัดรูปแบบแล้วป้อนเป็นตัวอย่างให้กับแบ็กพรอพาเกชันนิวรอลเน็ตเวิร์กทำการสร้างนิวรอลเน็ตเวิร์ก โดยโครงสร้างประกอบด้วย 3 ชั้น คือ ชั้นอินพุต ชั้นซ่อน และชั้นเอาต์พุต ในแต่ละชั้นมีลักษณะดังนี้

ชั้นอินพุตประกอบด้วย 169 นิวรอน แต่ละนิวรอน แทนลักษณะแต่ละอย่างของตัวอักษร เช่น ระดับของตัวอักษร ความสูง ความกว้าง จุดสิ้นสุดของเส้นอยู่บริเวณใดของภาพ ฯลฯ ซึ่งมีลักษณะรวมทั้งสิ้น 169 ลักษณะ โดยจัดเป็นกลุ่มของลักษณะได้เป็น ระดับของตัวอักษร อัตราส่วนระหว่างความกว้างและความสูงของภาพตัวอักษร ลักษณะต่างๆ ของเวกเตอร์พื้นฐาน บริเวณที่มีจุดร่วมของเส้น บริเวณที่มีรอยหยักขึ้น และบริเวณที่มีรอยหยักลง รวมลักษณะที่วิเคราะห์ได้ทั้งสิ้น 169 แบบ แต่ละแบบจะถูกแทนด้วยแต่ละนิวรอนในชั้นนี้

ชั้นซ่อนประกอบด้วย 169 นิวรอน เท่ากับจำนวนนิวรอนในชั้นอินพุต โดยส่วนอินพุตของชั้นนี้ เชื่อมต่อกับ ส่วนเอาต์พุตจากชั้นอินพุต ส่วนเอาต์พุตของชั้นนี้เชื่อมต่อกับส่วนอินพุตของชั้นเอาต์พุตแบบเชื่อมต่อกันทั้งหมด

ชั้นเอาต์พุตประกอบด้วย 77 นิวรอน แต่ละนิวรอนแทนตัวอักษรแต่ละตัว ซึ่งมีทั้งสิ้น 77 ตัวอักษร (‘ก’, ‘ข’, … ,’๙‘) ในขั้นตอนของการเรียนรู้หากนิวรอนนั้นแทนอักษรตัวใด จะทำการกำหนดให้ค่าของนิวรอนนั้น เป็น 1 ส่วนนิวรอนอื่นกำหนดค่าให้เป็น 0 ตัวอย่างเช่น ในส่วนของตัวอักษร ‘ก’ ซึ่งแทนด้วยนิวรอนที่ 1 ในชั้นเอาต์พุต จึงกำหนดค่าให้ตัวเลขตัวแรกซึ่งแทนนิวรอนที่ 1 มีค่าเป็น 1 ส่วนตัวเลขที่เหลืออีก 76 ตัว ซึ่งแทนนิวรอนอื่นให้กำหนดค่าเป็น 0 หรือในส่วนของตัวอักษร ‘ข’ ซึ่งแทนด้วยนิวรอนที่ 2 ในชั้นเอาต์พุตจะกำหนดให้ค่าตัวเลขตัวที่สองมีค่าเป็น 1 ส่วนตัวเลขที่เหลือให้กำหนดค่าเป็น 0

4.2.4 วิธีการโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยร่วมกับแบ็กพรอพาเกชันนิวรอลเน็ตเวิร์ก (ILP&BNN)

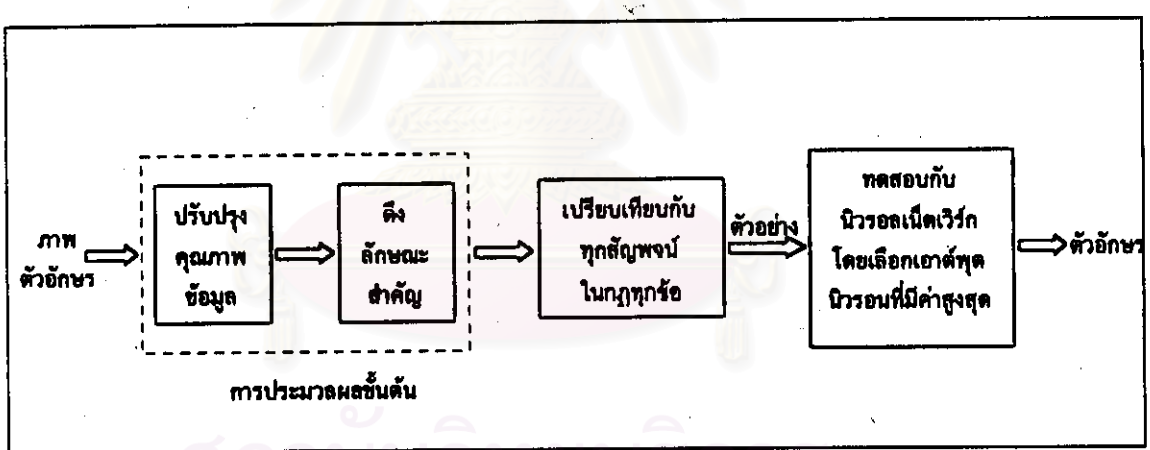
ในการทดลองนี้ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของนิวรอลเน็ตเวิร์ก 2 โครงสร้าง ดังนี้

4.2.4.1 โครงสร้างที่ใช้จำนวนสัญพจน์ที่ไม่ตรงและจำนวนสัญพจน์ที่ตรงกับตัวอย่างเป็นอินพุตเวกเตอร์

4.2.4.2 โครงสร้างที่ใช้ค่าความจริงของแต่ละสัญพจน์เป็นอินพุตเวกเตอร์

การสร้างนิวรอลเน็ตเวิร์กทั้งสองแบบได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 โดยกฎที่ใช้ในการสร้างนิวรอลเน็ตเวิร์กนี้เป็นกลุ่มของกฎเดียวกับกลุ่มของกฎซึ่งสร้างจากวิธีการโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยในหัวข้อ 4.2.2 มาทำการเรียนรู้เพื่อสร้างนิวรอลเน็ตเวิร์ก

ในส่วนของการหาอัตราการรู้จำโดยนิวรอลเน็ตเวิร์กทั้งสองโครงสร้างมีวิธีการที่คล้ายกัน คือ นำกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบมาทำการเปรียบเทียบกับสัญพจน์และค่าคงที่ในกฎทุกข้อ เพื่อหาค่าความจริง นำค่าความจริงเหล่านี้จัดรูปแบบตามโครงสร้างของนิวรอลเน็ตเวิร์กแล้วป้อนเป็นอินพุตให้กับนิวรอลเน็ตเวิร์ก ทำการคำนวณโดยใช้น้ำหนักและไบแอสของนิวรอลเน็ตเวิร์ก จากนั้นจึงเลือกนิวรอนที่มีค่ามากที่สุดเป็นเอาต์พุต ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนและวิธีการเลือกเอาต์พุตนิวรอนในการรู้จำตัวอักษร

4.3 ผลการทดลอง

เมื่อนำกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดสอบไปทดสอบหาอัตราการรู้จำด้วยวิธีการต่างๆ ในหัวข้อ 4.2 ผลที่ได้เป็นดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 พบว่าวิธีการแบ็กพรอพาเกชันนิวรอลเน็ตเวิร์ก (BNN) มีอัตราการรู้จำ 84.25% ไม่แตกต่างจากวิธีการโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัย (ILP) ซึ่งมีอัตราการรู้จำ 84.97% ที่ระดับนัยสำคัญ* 0.01

---

* ค่าระดับนัยสำคัญทุกค่าที่แสดงไว้ในการวิจัยครั้งนี้คำนวณตามวิธีการหาความแตกต่างของความผิดพลาดของสมมติฐาน 2 สมมติฐาน (difference in error of two hypotheses) [16]

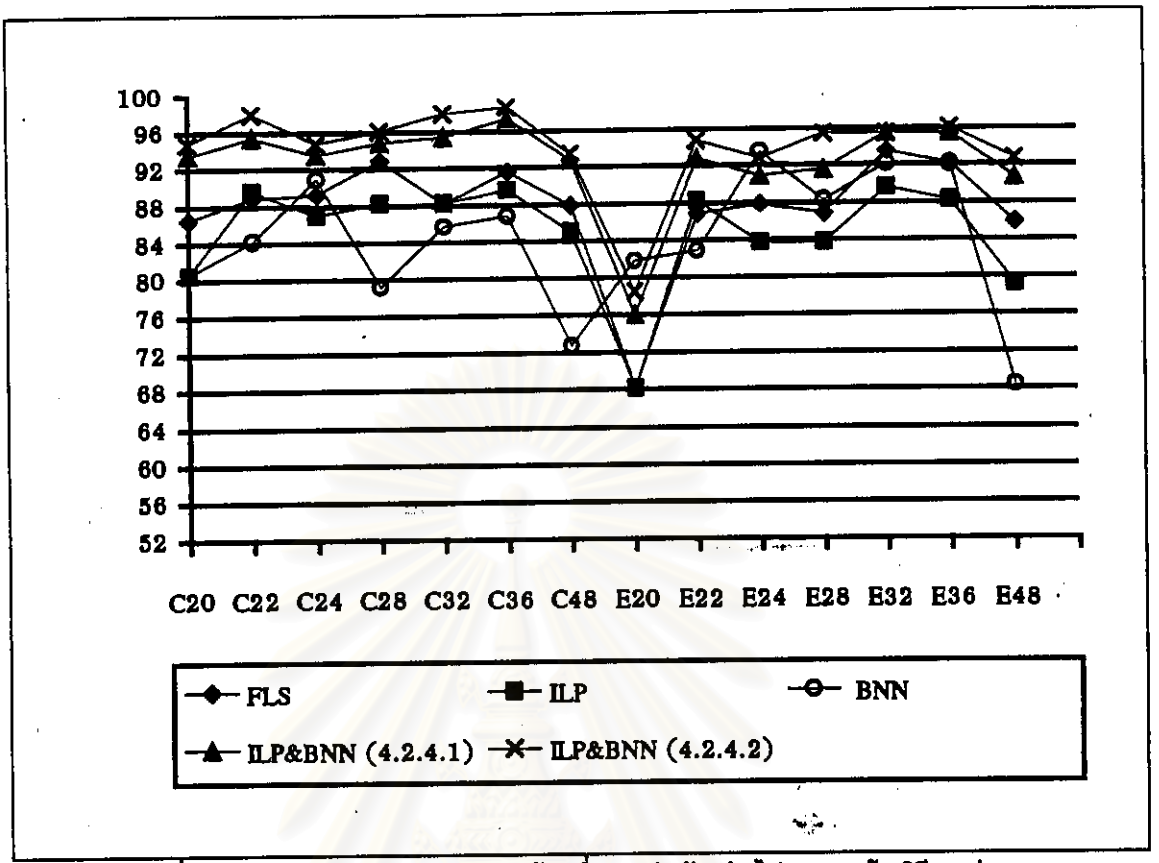
อัตราการรู้จำของวิธีการฟัซซีโลจิกและวิธีการซินแทกติก (FLS) มีค่าเฉลี่ย 87.62% สูงกว่าอัตราการรู้จำของวิธีการโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัย ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 84.97% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เนื่องจากวิธีการโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยไม่สามารถเลือกกฎที่ใกล้เคียงในกรณีที่ไม่มีกฎที่ตรงพอดีจึงทำให้อัตราการรู้จำต่ำกว่าวิธีการฟัซซีโลจิกและวิธีการซินแทกติกซึ่งสามารถทำการประมาณได้

เมื่อใช้วิธีการประมาณเลือกกฎโดยวิธีการแบ็กพรอพาเกชันนิวรอลเน็ตเวิร์กมาเลือกกฎทำให้อัตราการรู้จำเฉลี่ยเมื่อใช้นิวรอลเน็ตเวิร์กที่มีโครงสร้างซึ่งใช้จำนวนสัญพจน์ที่ไม่ตรงและจำนวนสัญพจน์ที่ตรงกับตัวอย่างเป็นอินพุตเวกเตอร์ (ILP&BNN 4.2.4.1) สูงขึ้นเป็น 92.55% สูงกว่าอัตราการรู้จำโดยวิธีการฟัซซีโลจิกและวิธีการซินแทกติกรวมทั้งวิธีการโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยโดยไม่มีการประมาณเพื่อเลือกกฎที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และเมื่อใช้นิวรอลเน็ตเวิร์กที่มีโครงสร้างซึ่งใช้ค่าความจริงของแต่ละสัญพจน์เป็นอินพุตเวกเตอร์ (ILP&BNN 4.2.4.2) ประมาณกฎที่ใกล้เคียง ทำให้อัตราการรู้จำสูงขึ้นเป็น 94.26% ไม่สูงกว่าอัตราการรู้จำของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่มีโครงสร้างซึ่งใช้จำนวนสัญพจน์ที่ไม่ตรงกับตัวอย่างและจำนวนสัญพจน์ที่ตรงกับตัวอย่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แต่สูงกว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสูงกว่าอัตราการรู้จำโดยวิธีการฟัซซีโลจิกและวิธีการซินแทกติกรวมทั้งวิธีการโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยโดยไม่มีการประมาณเพื่อเลือกกฎที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงอัตราการรู้จำเมื่อนำกลุ่มตัวอย่างไปทดสอบด้วยวิธีการต่าง ๆ

รูปแบบอักษร	จำนวนตัวอักษร	FLS	ILP	BNN	ILP&BNN (4.2.4.1)	ILP&BNN (4.2.4.2)
C20	154	86.54	80.52	80.52	93.47	94.77
C22	154	88.90	89.61	84.21	95.42	98.04
C24	154	89.20	87.01	90.91	93.54	94.77
C28	154	92.89	88.31	79.22	94.81	96.10
C32	154	88.23	88.31	85.71	95.42	98.04
C36	154	91.58	89.61	86.84	97.37	98.68
C48	154	87.95	85.06	72.73	92.84	93.46
E20	154	68.19	68.18	81.82	75.99	78.57
E22	154	86.89	88.31	82.89	92.86	94.77
E24	154	87.86	83.77	93.51	90.92	92.86
E28	154	86.89	83.77	88.31	91.56	95.45
E32	154	93.51	89.61	92.21	95.46	95.45
E36	154	92.20	88.31	92.11	95.45	96.05
E48	154	85.90	79.22	68.42	90.76	92.72
ค่าเฉลี่ย	154	87.62	84.97	84.25	92.55	94.26

C และ E หมายถึงรูปแบบตัวอักษรคอร์เดียและยูโครเซียตามลำดับ



รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบอัตราการรู้จำเมื่อนำกลุ่มตัวอย่างไปทดสอบด้วยวิธีการต่าง ๆ

4.4 ผลการทดลองเพิ่มเติม

4.4.1 ลำดับของตัวอย่างในการเรียนรู้ของแบ็กพรอพาเกชันนิวรอลเน็ตเวิร์กมีผลต่ออัตราการรู้จำและจำนวนรอบที่ใช้ในการเรียนรู้ของแบ็กพรอพาเกชันนิวรอลเน็ตเวิร์ก

ในการทดลองนี้นอกจากจะทำการศึกษาอัตราการรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทยของวิธีการโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยร่วมกับแบ็กพรอพาเกชันนิวรอลเน็ตเวิร์กแล้ว ยังพบว่าในกระบวนการเรียนรู้ของนิวรอลเน็ตเวิร์ก ลำดับของตัวอย่างมีความสำคัญต่ออัตราการรู้จำ กล่าวคือ ในการทดลองนี้ได้จัดลำดับของตัวอย่างในการเรียนรู้ของนิวรอลเน็ตเวิร์กโดยจัดให้ภาพตัวอักษรเดียวกันเรียงติดกัน (‘ก’, ‘ก’, ‘ก’, ..., ‘ก’, ‘ข’, ‘ข’, ‘ข’, ..., ‘ข’, ..., ‘ค’, ‘ค’, ‘ค’, ..., ‘ค’) ทำให้ได้อัตราการรู้จำ 92.55% และจำนวนรอบ 281,139 รอบ ในโครงสร้างของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่ใช้จำนวนสัญพจน์ที่ไม่ตรงและจำนวนสัญพจน์ที่ตรงกับตัวอย่างเป็นอินพุตเวกเตอร์ ในขณะเดียวกันได้ทดลองสลับลำดับของตัวอย่างโดยใช้กลุ่มตัวอย่างชุดเดิมโดยเรียงตัวอักษรแบบเดียวกันและขนาดเดียวกันอยู่ติดกัน และเรียงตามลำดับพยัญชนะ (‘ก’, ‘ข’, ‘ข’, ..., ‘ค’, ‘ก’, ‘ข’, ‘ข’, ..., ‘ค’, ...,‘ก’, ‘ข’, ‘ข’, ..., ‘ค’) ได้อัตราการรู้จำ 92.39% และใช้ 239,327 รอบ สำหรับนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบที่ใช้ค่าความจริงของแต่ละสัญพจน์เป็นอินพุตเวกเตอร์ เมื่อใช้ลำดับของตัวอย่างเป็นแบบภาพตัวอักษรเดียวกันเรียงติดกัน ได้อัตราการรู้จำ 94.26% และใช้จำนวนรอบ 121,726 รอบในการเรียนรู้ ในขณะที่เมื่อสลับลำดับของตัวอย่างโดยให้ตัวอักษรแบบเดียวกันและขนาดเดียวกันเรียงติดกัน ทำให้ได้อัตราการรู้จำ 93.79% และใช้จำนวนรอบ 131,849 รอบ

4.4.2 ค่าที่ใช้ค่าความจริงมีผลต่อจำนวนรอบที่ใช้ในการเรียนรู้ของนิวรอลเน็ตเวิร์ก

โครงสร้างของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่ใช้ค่าความจริงของแต่ละสัญพจน์เป็นอินพุตเวกเตอร์ ในการทดลองนี้ได้กำหนดให้แทนสัญพจน์ที่ตรงกับตัวอย่างด้วย '1' และแทนค่าสัญพจน์ที่ไม่ตรงกับตัวอย่างด้วย '0' ทำให้ได้อัตราการรู้จำ 94.26% และใช้จำนวนรอบในการเรียนรู้ 121,726 รอบ ซึ่งเมื่อเปลี่ยนค่ากำหนดจากการแทนค่าสัญพจน์ที่ไม่ตรงกับตัวอย่างด้วย '0' เป็น '-1' ทำให้จำนวนรอบที่ใช้ในการเรียนรู้ลดลงเป็น 73,501 รอบ ในขณะที่อัตราการรู้จำยังมีค่าเท่าเดิม

4.5 ปัญหาและข้อจำกัด

4.5.1 ขั้นตอนการประมวลผลขั้นต้น

ในงานวิจัยนี้ต้องการทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการรู้จำของการใช้โปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยร่วมกับแบ็กพรอพาเกชันนิวรอลเน็ตเวิร์กกับวิธีการฟัซซีโลจิกและวิธีการชินแทกติก [2] ซึ่งสามารถใช้ประยุกต์ในงานด้านการรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทยได้ดี ให้อัตราการรู้จำสูง และวิธีการโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัย [8] จึงใช้ขั้นตอนการประมวลผลขั้นต้นแบบเดียวกัน ซึ่งมีความผิดพลาดเกิดขึ้นจากขั้นตอนนี้ เช่น ในบางกรณีโครงร่างของภาพจะขาดเป็นช่วง เกิดรอยหยักที่ไม่ต้องการขึ้นในโครงร่างของภาพตัวอักษร จำนวนเวกเตอร์พื้นฐานมีมากเกินไปเนื่องจากภาพตัวอักษรมีความซับซ้อน ฯลฯ อันเป็นผลทำให้อัตราการรู้จำในการทดลองนี้ไม่สูงเท่าที่ควรเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ

4.5.2 กลุ่มความรู้ภูมิหลังและกฎที่ได้จากการเรียนรู้โดยระบบโปรกอล

งานวิจัยนี้ใช้กลุ่มของกฎเดียวกับงานวิจัยการประยุกต์ใช้การโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยในการรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทย [8] ซึ่งกฎเหล่านี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ หากมีการกำหนดความรู้ภูมิหลัง และลำดับของสัญพจน์ในการสร้างกฎใหม่ อันมีผลทำให้อัตราการรู้จำของวิธีการที่เกี่ยวข้องกับการโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยเปลี่ยนแปลงได้ โดยกลุ่มของกฎที่ใช้ในการทดลองนี้ได้เลือกกลุ่มของกฎที่ให้อัตราการรู้จำสูงสุดเมื่อไม่มีการประมาณเพื่อเลือกกฎ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย