การประยุกต์การโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยและแบ็กพรอพาเกชันนิวรอลเน็ตเวิร์ก ในการรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทย

นายสุกรี สินธุภิญโญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-332-151-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I18520662

AN APPLICATION OF INDUCTIVE LOGIC PROGRAMMING AND BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK TO THAI PRINTED CHARACTER RECOGNITION

Mr. Sukree Sinthupinyo

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Computer Engineering
Department of Computer Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998
ISBN 974-332-151-9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์การโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยและแบ็กพรอพาเกชันนิวรอลเน็ตเวิร์ก ในการรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทย
โดย	นายสุกรี สินธุภิญโญ
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.บุญเสริม กิจศิริกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์) คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา) ประธานกรรมการ

.....
(อาจารย์ ดร.บุญเสริม กิจศิริกุล) อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชิดชนก เหลือสินทรัพย์) กรรมการ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญชัย โสวรรณวณิชกุล) กรรมการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สุกรี สินธุภิญโญ : การประยุกต์การโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยและแบ็กพรอพาเกชันนิวรอลเน็ตเวิร์กในการรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทย (AN APPLICATION OF INDUCTIVE LOGIC PROGRAMMING AND BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK TO THAI PRINTED CHARACTER RECOGNITION) อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร.บุญเสริม กิจศิริกุล, 69 หน้า. ISBN 974-332-151-9.

การรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทยได้รับการศึกษาจากผู้วิจัยอย่างแพร่หลายมาเป็นเวลานานโดยมีการใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อทำการทดลอง วิธีการโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัย (Inductive Logic Programming:ILP) หรือไอแอลพี เป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้กับการรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทยได้เป็นอย่างดี มีอัตราการรู้จำ 84.97% ซึ่งวิธีการนี้ทำการรู้จำโดยการสร้างกฎขึ้นจากตัวอย่างบวก ตัวอย่างลบ และความรู้ภูมิหลัง ทั้งหมดนี้ถูกอธิบายในรูปของโปรแกรมเชิงตรรกะ อย่างไรก็ตามในการใช้วิธีการไอแอลพีเพื่อทำการจำแนกตัวพิมพ์อักษรไทย 77 ตัว ออกเป็นหลายคลาส (class) จะเกิดปัญหาขึ้น เนื่องจากระบบที่ใช้วิธีการไอแอลพีส่วนใหญ่จะทำงานเกี่ยวกับตัวอย่างเพียง 2 คลาส คือ ตัวอย่างบวก และตัวอย่างลบ และสร้างกฎสำหรับตัวอย่างบวกขึ้น ตัวอย่างที่ไม่ตรงกับกฎจะถูกจำแนกเป็นลบ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ วิธีการไอแอลพีจะต้องทำการเรียนรู้แนวคิดแบบหลายคลาส (multi-class concept) ซึ่งสามารถกระทำได้โดยสร้างกฎสำหรับแต่ละคลาสขึ้นจากตัวอย่างบวกซึ่งเป็นตัวอย่างของคลาสนั้นและตัวอย่างลบซึ่งเป็นตัวอย่างของคลาสอื่น ๆ กฎเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในการจำแนกตัวอย่างใหม่ต่อไป แต่ในกรณีของตัวอย่างใหม่โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวอย่างที่มีสัญญาณรบกวนอาจไม่ตรงกับกฎข้อใดเลย ซึ่งวิธีการไอแอลพีจะไม่สามารถจำแนกตัวอย่างเหล่านี้ได้ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการอื่นเพื่อทำการประมาณในการเลือกกฎที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างในกรณีดังกล่าว

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวิธีการทำการประมาณเพื่อเลือกกฎโดยใช้แบ็กพรอพาเกชันนิวรอลเน็ตเวิร์ก (Backpropagation Neural Network:BNN) หรือ บีเอ็นเอ็น ซึ่งในบีเอ็นเอ็นแบบที่หนึ่งใช้จำนวนสัญพจน์ (literal) ที่ไม่ตรงและจำนวนสัญพจน์ที่ตรงกับตัวอย่างเป็นอินพุตเวกเตอร์ (input vector) ในกระบวนการเรียนรู้ อัตราการรู้จำของบีเอ็นเอ็นแบบนี้มีค่า 92.55% ซึ่งสูงกว่าอัตราการรู้จำของไอแอลพีเพียงอย่างเดียว แต่ข้อเสียคือบีเอ็นเอ็นแบบที่หนึ่งนี้ให้ความสำคัญของทุกสัญพจน์ในกฎแต่ละข้อเท่ากัน ดังนั้นจึงไม่สามารถกำหนดให้สัญพจน์ที่สำคัญกว่ามีค่าน้ำหนักมากกว่าสัญพจน์อื่น ๆ ได้ เมื่อใช้ค่าความจริงของสัญพจน์ทุกสัญพจน์ในกฎแต่ละข้อแทนจำนวนสัญพจน์ที่ไม่ตรงและจำนวนสัญพจน์ที่ตรงกับตัวอย่างเป็นอินพุตเวกเตอร์ในโครงสร้างบีเอ็นเอ็นแบบที่สอง ทำให้ได้อัตราการรู้จำสูงขึ้นเป็น 94.26% ซึ่งสูงกว่าวิธีการอื่น ๆ ที่ทำการทดสอบในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวเพียงแผ่นเดียว

4070564221 : MAJOR COMPUTER ENGINEERING
KEY WORD: INDUCTIVE LOGIC PROGRAMMING / BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK / THAI PRINTED CHARACTER RECOGNITION

SUKREE SINTHUPINYO : AN APPLICATION OF INDUCTIVE LOGIC PROGRAMMING AND BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK TO THAI PRINTED CHARACTER RECOGNITION. THESIS ADVISOR : BOONSERM KIJSIRIKUL, Ph.D. 69 pp. ISBN 974-332-151-9.

Thai Printed Character Recognition has been widely studied for many years. Several approaches to this task have been proposed. Inductive Logic Programming (ILP) was one successful approach that achieved 84.57% of recognition accuracy. ILP produces the definition of the rules from positive examples, negative examples and background knowledge, all of which are described in logic programs. However, some problems arise when ILP is applied to task of classifying 77 different Thai characters where there are several classes of examples. Most ILP systems work with two classes of examples (positive and negative), and construct a set of rules for the positive class. Any example not covered by the rules is classified as negative. In this thesis, ILP must learn a multi-class concept that could be produced by constructing a set of rules for each class with its examples as positive and the other examples as negative. These learned rules are then used to classify future data. However, in case of unseen character images, especially the noisy images, may not exactly match with any rules in the rule set, i.e., they may not be covered by any rules. Thus, a method for approximating the rule that best matches the unseen image is needed.

This thesis presents a method for rule approximation by using Backpropagation Neural Network (BNN). First the number of nonmatching literals and the number of matching literals are used as the training input vector to BNN. The recognition accuracy of the first BNN is 92.55% which improves that of ILP alone. However, the disadvantage of this BNN is that it takes each literal in a rule with equal significance. Thus, it is unable to give important literals higher weights than others. Instead of the numbers of nonmatching and matching literals, the second structure of BNN is designed to uses the truth values of all literals as the input vector. This second BNN yields the significant improvement by achieving 94.26% accuracy and surpasses the other methods tested in this thesis.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ รวมถึงผลงานที่ตีพิมพ์จากงานวิจัยทั้งหมด สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งของ อาจารย์ ดร.บุญเสริม กิจศิริกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้ความรู้ คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ตลอดการวิจัยในครั้งนี้ ในส่วนของการทดลองได้รับความช่วยเหลือจากคุณเดชา รัตนาธาร ในเรื่องการประมวลผลขั้นต้น และคุณอภิญญา สุพรรณวรรษา ในเรื่องกฎและความรู้ภูมิหลัง จึงขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ ทุกท่าน ซึ่งได้อบรมสั่งสอนและสนับสนุนผู้วิจัยเรื่อยมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญภาพ..... ญ
บทที่
1 บทนำ..... 1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย..... 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย..... 3
1.6 ผลงานที่ตีพิมพ์จากงานวิจัย..... 4
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 5
2.1.1 การเรียนรู้ของเครื่อง..... 5
2.1.2 การโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัย..... 6
2.1.3 การสร้างกฎโดยระบบโปรกอล..... 12
2.1.4 แบ็กพรอพาเกชันนิวรอลเน็ตเวิร์ก..... 14
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 17
3 วิธีการรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทย..... 23
3.1 โครงสร้างของระบบ..... 23
3.1.1 กระบวนการเรียนรู้..... 23
3.1.2 กระบวนการรู้จำ..... 24
3.2 การประมวลผลขั้นต้น..... 25
3.2.1 การปรับปรุงคุณภาพข้อมูล..... 26
3.2.2 การดึงลักษณะสำคัญของตัวอักษร..... 26
3.3 การเรียนรู้กฎโดยวิธีการโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัย..... 28
3.3.1 ตัวอย่างที่ใช้ในการเรียนรู้กฎ..... 28
3.3.2 ความรู้ภูมิหลัง..... 30
3.3.3 การเรียนรู้กฎ..... 32
3.4 การประมาณเลือกกฎที่ใกล้เคียงโดยวิธีการแบ็กพรอพาเกชันนิวรอลเน็ตเวิร์ก..... 34
3.4.1 โครงสร้างของนิวรอลเน็ตเวิร์ก..... 34
3.4.2 การเรียนรู้เพื่อสร้างนิวรอลเน็ตเวิร์ก..... 35
3.5 ขั้นตอนการรู้จำตัวอักษร..... 38

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
4	การทดลองและผลการทดลอง	40
	4.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง	40
	4.2 วิธีการที่นำมาทดลองเปรียบเทียบ	41
	4.3 ผลการทดลอง	41
	4.4 ผลการทดลองเพิ่มเติม	43
	4.4 ปัญหาและข้อจำกัด	44
5	สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ	45
	5.1 สรุปการวิจัย	45
	5.2 ข้อเสนอแนะ	45
รายการอ้างอิง		47
ภาคผนวก ก		49
ภาคผนวก ข		50
ภาคผนวก ค		57
ภาคผนวก ง		63
ภาคผนวก จ		67
ประวัติผู้วิจัย		69

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

4.1 แสดงอัตราการรู้จำเมื่อนำกลุ่มตัวอย่างไปทดสอบด้วยวิธีการต่าง ๆ..... 42

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่

2.1 แสดงตัวอย่างของการใช้กฎรีโซลูชันในการหาข้อสรุปจากอนุประโยค 2 อนุประโยค..... 10

2.2 แสดงตัวอย่างของการใช้ตัวดำเนินการไอออีในการสร้างสมมติฐานจากอนุประโยค 2 อนุประโยค..... 11

2.3 แสดงตัวอย่างการสร้างสมมติฐานด้วยวิธีการไอออี..... 13

2.4 แสดงตัวอย่างการนำนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบหลายชั้นไปประยุกต์ใช้งานกับการรู้จำเสียงพูด.... 16

2.5 องค์ประกอบซิกมอยด์..... 16

3.1 ขั้นตอนในการสร้างกฎเพื่อใช้ในการรู้จำตัวอักษร..... 23

3.2 ขั้นตอนในการสร้างนิวรอลเน็ตเวิร์กเพื่อทำการประมาณกฎที่ใกล้เคียง..... 24

3.3 ขั้นตอนในการรู้จำตัวอักษร..... 24

3.4 การกำจัดสัญญาณรบกวน..... 26

3.5 การทำตัวอักษรให้บาง..... 26

3.6 เวกเตอร์พื้นฐาน..... 27

3.7 เซตย่อยของตัวอักษร..... 28

3.8 การแทนภาพโครงร่างตัวอักษรด้วยเวกเตอร์พื้นฐาน..... 29

3.9 รูปแบบที่ใช้แทนภาพตัวอักษร..... 30

3.10 แสดงตัวอย่างบวกและตัวอย่างลบในการเรียนรู้กฎของตัวอักษร 'ก'..... 31

3.11 ตัวอย่างความรู้ภูมิหลัง..... 32

3.12 ตัวอย่างกฎที่ได้จากกระบวนการโปรกอล..... 33

3.13 แสดงโครงสร้างของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่ใช้จำนวนสัญพจน์ที่ไม่ตรงและจำนวนสัญพจน์ที่ตรงกับตัวอย่างเป็นอินพุตเวกเตอร์..... 35

3.14 แสดงโครงสร้างของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่ใช้ค่าความจริงของแต่ละสัญพจน์เป็นอินพุตเวกเตอร์..... 36

4.1 ขั้นตอนและวิธีการเลือกเอาต์พุตนิวรอนในการรู้จำตัวอักษร..... 41

4.2 กราฟเปรียบเทียบอัตราการรู้จำเมื่อนำกลุ่มตัวอย่างไปทดสอบด้วยวิธีการต่าง ๆ..... 43

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย