

การประยุกต์การโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยและแบบจำลองทางภาษาไทย
ในการรู้จ้าตัวพิมพ์อักษรไทย



นายสุกรี ลินธุกิจโภุ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาระบบทดลองพิวเตอร์ ภาควิชาช่างเครื่องคอมพิวเตอร์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541
ISBN 974-332-151-9
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

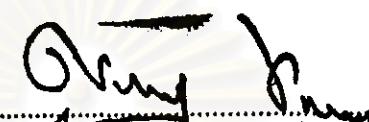
**AN APPLICATION OF INDUCTIVE LOGIC PROGRAMMING AND
BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK
TO THAI PRINTED CHARACTER RECOGNITION**

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

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์การโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยและเบิกพรอพาเกชันนิวroxเน็ตเวิร์ก ในการรู้จักตัวผู้พิมพ์อักษรไทย
โดย	นายสุกรี ลินฤทธิ์โน้ย
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.บุญเสริม กิจศิริกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทนานาชาติ

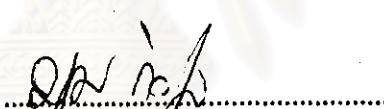

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ คุกวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

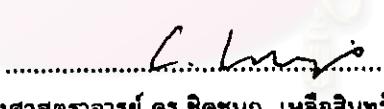
คณะกรรมการสอบบัณฑิตวิทยานิพนธ์

ป.ภ.ก. จ.ส.ก.ต.ย.อ.ด.ก.
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จันทร์ดีภัณฑ์)

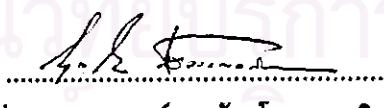
ประธานกรรมการ


(อาจารย์ ดร.บุญเสริม กิจศิริกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา


(รองศาสตราจารย์ ดร.ชิตชนก เหลืองสินหัวรพ์)

กรรมการ


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญชัย ไสวรวณิชกุล)

กรรมการ

**สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

สุกร ศินธุกิจโภุ : การประยุกต์การโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยและเบิกพรอพารากอนนิวรอล เน็ตเวิร์กในการรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทย (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.

การรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทยได้รับการศึกษาจากผู้วิจัยอย่างแพร่หลายมาเป็นเวลากว่า 10 ปี ใช้วิธีการต่างๆ เพื่อทำการทดลอง วิธีการโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัย (Inductive Logic Programming:ILP) หรือ ไอแอลพี เป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้กับการรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทยได้เป็นอย่างดี มีอัตราการรู้จำ 84.97% ซึ่ง วิธีการนี้ทำการรู้จำโดยการสร้างกฎข้อจำกัดอย่างบวก ตัวอย่างลบ และความรู้ภูมิหลัง ทั้งหมดนี้ถูกอธิบายใน รูปของโปรแกรมเชิงตรรกะ อย่างไรก็ตามในการใช้วิธีการไอแอลพีเพื่อทำการจำแนกตัวพิมพ์อักษรไทย 77 ตัว ออกเป็นคลาส (class) จะเกิดปัญหาขึ้น เนื่องจากระบบที่ใช้วิธีการไอแอลพีส่วนใหญ่จะทำงานเกี่ยวกับตัว อย่างเพียง 2 คลาส คือ ตัวอย่างบวก และตัวอย่างลบ และสร้างกฎสำหรับตัวอย่างบวกขึ้น ตัวอย่างที่ไม่ตรงกับ กฎจะถูกจำแนกเป็นลบ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ วิธีการไอแอลพีจะต้องทำการเรียนรู้แนวคิดแบบหลายคลาส (multi-class concept) ซึ่งสามารถกระทำได้โดยสร้างกฎสำหรับแต่ละคลาสขึ้นจากตัวอย่างบวกซึ่งเป็นตัวอย่าง ของคลาสนั้นและตัวอย่างลบซึ่งเป็นตัวอย่างของคลาสนั้นๆ กฎเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในการจำแนกตัวอย่างใหม่ ต่อไป แต่ในการฝึกของตัวอย่างใหม่โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวอย่างที่มีสัญญาณรบกวนอาจไม่ตรงกับกฎข้อใดเลย ซึ่งวิธีการไอแอลพีจะไม่สามารถจำแนกตัวอย่างเหล่านี้ได้ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการอื่นเพื่อทำการประมาณในการ เลือกกฎที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างในการฝึกดังกล่าว

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอด้วยการทำการประมาณเพื่อเลือกกฎโดยใช้เบิกพรอพารากอนนิวรอล เน็ตเวิร์ก (Backpropagation Neural Network:BNN) หรือ บีเอ็นเอ็น ซึ่งในบีเอ็นเอ็นแบบที่ที่นี่ใช้จำนวน สัญพจน์ (literal) ที่ไม่ตรงและจำนวนสัญพจน์ที่ตรงกับตัวอย่างเป็นอินพุตเดอร์ (input vector) ในกระบวนการ การเรียนรู้ อัตราการรู้จำของบีเอ็นเอ็นแบบนี้มีค่า 92.55% ซึ่งสูงกว่าอัตราการรู้จำของไอแอลพีเพียงอย่างเดียว แต่ข้อเสียคือบีเอ็นเอ็นแบบที่ที่นี่นี้ให้ความสำคัญของทุกสัญพจน์ในกฎแต่ละข้อเท่ากัน ดังนั้นจึงไม่สามารถ กำหนดให้สัญพจน์ที่สำคัญกว่ามีค่าน้ำหนักมากกว่าสัญพจน์อื่นๆ ได้ เมื่อใช้ค่าความจริงของสัญพจน์ทุก สัญพจน์ในกฎแต่ละข้อแทนจำนวนสัญพจน์ที่ไม่ตรงและจำนวนสัญพจน์ที่ตรงกับตัวอย่างเป็นอินพุตเดอร์ใน โครงสร้างบีเอ็นเอ็นแบบที่สอง ทำให้ได้อัตราการรู้จำสูงขึ้นเป็น 94.26% ซึ่งสูงกว่าวิธีการอื่นๆ ที่ทำการทดสอบ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

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..... วิศวกรรมคณิตศาสตร์

ผู้อภิปรายชื่อนักศึกษา.....

ดร. นิติกร

สาขาวิชา..... วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ผู้อภิปรายชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ดร. นิติกร

ปีการศึกษา..... 2541

ผู้อภิปรายชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

ปีการศึกษา..... 2541

ผู้อภิปรายชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมป่าภาค

วิทยานิพนธ์ รวมถึงผลงานที่ตีพิมพ์จากงานวิจัยทั้งหมด ส่าเร็จอุ่ล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์
อย่างยิ่งของ อาจารย์ ดร.บุญเสริม กิจศิริกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้ความรู้ คำแนะนำ ข้อคิด
เห็น และข้อเสนอแนะต่างๆ ตลอดการวิจัยในครั้งนี้ ในส่วนของการทดลองได้รับความช่วยเหลือจากคุณเตชะ
รัตนายาร ในการวางแผนผลลัพธ์ขั้นต้น และคุณอภิญญา สุวรรณภรษา ในเรื่องกฎหมายและความรู้ภูมิหลัง จึงขอ
ขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี่ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยได้ขอรับขอบพระคุณเปิด นารดา คุณอาจารย์ ทุกท่าน ซึ่งได้อบรมสั่งสอนและ
สนับสนุนผู้วิจัยเรื่องงานนี้ส่าเร็จการศึกษา

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๑
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๑
กิตติกรรมประจำปี.....	๒
สารบัญ.....	๓
สารบัญดาวน์โหลด.....	๔
สารบัญภาพ.....	๕
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	3
1.6 ผลงานที่พิมพ์จากงานวิจัย.....	4
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1.1 การเรียนรู้ของเครื่อง.....	5
2.1.2 การโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัย.....	8
2.1.3 การสร้างกฎโดยระบบโปรแกรม.....	12
2.1.4 แบ็กพรอพอาเกชันนิวโรลเน็ตเวิร์ก.....	14
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
3 วิธีการวิจัยด้วยคอมพิวเตอร์อักษรไทย.....	23
3.1 โครงสร้างของระบบ.....	23
3.1.1 กระบวนการเรียนรู้.....	23
3.1.2 กระบวนการสร้าง.....	24
3.2 การประเมินผลขั้นต้น.....	25
3.2.1 การปรับปัจจุบันภาษาข้อมูล.....	26
3.2.2 การตั้งลักษณะสำคัญของตัวอักษร.....	26
3.3 การเรียนรู้กฎโดยวิธีการโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัย.....	28
3.3.1 ตัวอย่างที่ใช้ในการเรียนรู้กฎ.....	28
3.3.2 ความรู้ภูมิหลัง.....	30
3.3.3 การเรียนรู้กฎ.....	32
3.4 การประมาณเลือกกฎที่ใกล้เคียงโดยวิธีการแบ็กพรอพอาเกชันนิวโรลเน็ตเวิร์ก.....	34
3.4.1 โครงสร้างของนิวโรลเน็ตเวิร์ก.....	34
3.4.2 การเรียนรู้เพื่อสร้างนิวโรลเน็ตเวิร์ก.....	35
3.5 ขั้นตอนการวิจัยด้วยอักษร.....	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่	
4 การทดสอบและผลการทดสอบ.....	40
4.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ.....	40
4.2 วิธีการที่นำกากองเปรียบเทียบ.....	41
4.3 ผลการทดสอบ.....	41
4.4 ผลการทดสอบเพิ่มเติม.....	43
4.4 ปัญหาและข้อจำกัด.....	44
5 สูปการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	45
5.1 สูปการวิจัย.....	45
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	45
รายงานยังคง.....	47
ภาคผนวก ก.....	49
ภาคผนวก ช.....	50
ภาคผนวก ค.....	57
ภาคผนวก ง.....	63
ภาคผนวก ฉ.....	67
ประวัติผู้เขียน.....	69

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ສາງບັດທາງ

หน้า

๘๖๗

4.1 แสดงอัตราการรู้เข้าเมืองนำกลุ่มตัวอย่างไปทดสอบด้วยวิธีการค่าฯ.....

42

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่

2.1	แสดงตัวอย่างของการใช้กฎไฮโซขั้นในการหาข้อสรุปจากอนุประโยค 2 อนุประโยค.....	10
2.2	แสดงตัวอย่างของการใช้ตัวดำเนินการไออีในการสร้างสมมติฐานจากอนุประโยค 2 อนุประโยค.....	
2.4	แสดงตัวอย่างการนำนิวรอสเน็ตเวิร์กแบบหลายชั้นไปประยุกต์ใช้งานกับการรู้จ้าเสียงชุด.....	
3.1	ขั้นตอนในการสร้างกฎเพื่อใช้ในการรู้จ้าตัวอักษร.....	
3.3	ขั้นตอนในการรู้จ้าตัวอักษร.....	
3.5	การกำหนดตัวอักษรให้บาง.....	
3.7	เขตย่อของตัวอักษร.....	
3.9	รูปแบบที่ใช้แทนภาพตัวอักษร.....	
3.11	ตัวอย่างความรู้สึกเมือง.....	
3.13	แสดงโครงสร้างของนิวรอสเน็ตเวิร์กที่ใช้จำนวนสัญพจน์ที่ไม่ตรงและจำนวนสัญพจน์ที่ตรง กับตัวอย่างเป็นอินพุตเวกเตอร์.....	
4.1	ขั้นตอนและวิธีการเลือกເຕັກເຕີບນິວຮອນໃນการรู้จ้าตัวอักษร.....	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย