

ระบบออนไลน์สำหรับการรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทยหลายรูปแบบ



นางสาวมณฑลดา บุญสุวรรณ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
บัณฑิตวิทยาลัย จฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2535

ISBN 974-581-484-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018218 15197888

AN OFF-LINE SYSTEM FOR RECOGNITION OF MULTIPLE-FONT PRINTED THAI CHARACTERS



MISS MONLADA BOONSUWAN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Computer Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1992

ISBN 974-581-484-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ระบบออนไลน์สำหรับการรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทยหลายรูปแบบ

โดย

นางสาวมณฑา บุญสุวรรณ

ภาควิชา

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพนธ์ หิรัญย์วิชัยชากร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระ ธีรพิทักษ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

ผอ. ธีระ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรภักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

สุพรรณ ธีรภักย์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุพรรณ ธีรภักย์)

นิพนธ์ หิรัญย์วิชัยชากร

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพนธ์ หิรัญย์วิชัยชากร)

วีระ ธีรพิทักษ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระ ธีรพิทักษ์)

เมธี ศรีสังวาล

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เมธี ศรีสังวาล)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

มนลดา บุญสุวรรณ : ระบบออฟไลน์สำหรับการรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทยหลายรูปแบบ (AN OFF-LINE SYSTEM FOR RECOGNITION OF MULTIPLE-FONT PRINTED THAI CHARACTERS) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.พิพัฒน์ หิรัญย์วิมลชากร, ผศ.ดร.วีระ ธีวพิทักษ์, 123 หน้า. ISBN 974-581-484-9

ระบบออฟไลน์สำหรับการรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทยหลายรูปแบบที่ได้กล่าวถึงในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นระบบการรู้จำอักษรที่มีจุดประสงค์เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทยได้มากกว่า 1 รูปแบบของอักษร และเนื่องจากอักษรไทยเป็นอักษรซึ่งมีลักษณะทางโครงสร้างที่ซับซ้อนและประกอบด้วยเส้นโค้งเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นเทคนิคที่ได้นำมาใช้ในการวิจัยนี้จึงได้แก่เทคนิคของการวิเคราะห์เส้นแสดงขอบของอักษร โดยจะนำรหัสทิศทางแบบลูกโซ่ของฟรีแมน กับความแตกต่างของทิศทางของเส้นแสดงขอบของอักษรมาใช้ในการตัดแบ่งเส้นแสดงขอบของอักษรออกเป็นเส้นโค้งและส่วนโค้งนูน จากนั้นลักษณะสำคัญได้แก่ ความยาวระหว่างจุดบ่งความนูนหรือจุดบ่งความเว้าที่อยู่ติดกัน 2 จุด ภายในส่วนโค้งหนึ่ง ๆ ก็จะถูกนำมาใช้ในขั้นตอนของการเปรียบเทียบแบบไดนามิกโปรแกรมมิง เพื่อหาค่าความแตกต่างระหว่างแต่ละคู่ส่วนโค้งของอักษรที่ต้องการรู้จำกับอักษรต้นแบบ จากนั้นคู่ส่วนโค้งที่มีความคล้ายกันมากที่สุดระหว่างอักษรทั้งสองก็จะถูกตรวจพบได้ และนำมาใช้เป็นคู่ส่วนโค้งเริ่มต้นสำหรับการเปรียบเทียบของคู่ส่วนโค้งอื่น ๆ ที่อยู่ถัดไป จากการที่ได้นำวิธีการเปรียบเทียบแบบไดนามิกโปรแกรมมิงมาประยุกต์ใช้นี้ ทำให้สามารถหาค่าความแตกต่างระหว่างแต่ละส่วนของอักษร และความแตกต่างระหว่างอักษร สำหรับนำมาใช้ในการแยกประเภทของอักษรได้ ผลจากการวิจัยโดยใช้รูปแบบของตัวพิมพ์อักษรไทยจำนวน 3 รูปแบบ (จำนวนอักษรทั้งหมด 1,030 ตัว) มีความถูกต้อง 94.7 เปอร์เซ็นต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา..... 2534

ลายมือชื่อนิสิต..... มนลดา บุญสุวรรณ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม.....



C116836 : MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEY WORD : OFF-LINE SYSTEM/RECOGNITION/MULTIPLE-FONT CHARACTERS/PRINTED THAI CHARACTERS

MONLADA BOONSUWAN : AN OFF-LINE SYSTEM FOR RECOGNITION OF MULTIPLE-FONT PRINTED THAI CHARACTERS. THESIS ADVISOR : ASST.PROF.PIPAT HIRANVANICHAKORN, Ph.D., ASST.PROF.WEERA RIEWPITAK, Ph.D., 123 PP. ISBN 974-581-484-9

In this thesis, an off-line system for recognition of multiple-font printed Thai characters is described. The aim of the character recognition system is to recognize more than one font of printed Thai characters. Because of complicated structures and many similar curves of Thai characters, the method based on the structural analysis of their contours is proposed. In the thesis, Freeman chain code and directional differences of contour tracing are utilized to extract concavities and convexities of the contours of characters. Simple features of arc, such as length between adjacent +/- vertices are utilized to calculate the distance between each arc pair of an input character and a model in the Dynamic Programming matching process. Then, the most similar arc pair is detected and utilized as standard for determining the matching of the next arc pairs. By applying DP matching, the distance between character portions and the distance between characters are calculated for the classification. The recognition method is applied to 3 fonts of printed Thai characters (1,030 character data), and a recognition rate of 94.7% has been obtained.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2534

ลายมือชื่อนิติ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ หิรัญสวัสดิ์ชากร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระ ธีรพิทักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านได้สละเวลา ให้คำแนะนำ และ ข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณ ในความกรุณาเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และ บัณฑิตวิทยาลัย ที่สนับสนุนทางด้านเงินทุนการวิจัย

ขอขอบพระคุณ บริษัท ชนารรชน อินฟอร์เมชันซิสเต็มส์ จำกัด และ บริษัท เอ็นอีซี (ประเทศไทย) จำกัด ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการอนุเคราะห์ข้อมูล ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ในการทำวิจัย รวมทั้งขอขอบพระคุณเพื่อนๆ และทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจ แก่ผู้วิจัยตลอดมา

และ ขอขอบพระคุณ ท่านคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่ได้ช่วยพิจารณา ให้คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไข และอนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และ น้องๆ ที่คอยให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูปภาพ	ณ
บทที่	
1. บทนำ	1
ความเป็นมาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขั้นตอนการวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2. ทฤษฎีการรู้จำตัวพิมพ์อักษร	4
ทฤษฎีเบื้องต้น	4
ความหมายของการรู้จำอักษร	4
ประเภทของการรู้จำอักษร	4
หลักการทํางานของการรู้จำอักษรด้วยแสง	6
เทคนิคการรู้จำอักษร	8
การวิจัยเกี่ยวกับการรู้จำอักษรไทยในอดีต	12
เทคนิคการวิเคราะห์เส้นแสดงขอบของอักษร	16
การตัดแบ่งเส้นแสดงขอบของอักษรออกเป็นส่วโค้งย่อย	18
พีเชอร์ของอักษร	23
ไดนามิกโปรแกรมมิง	24
การเปรียบเทียบแบบไดนามิกโปรแกรมมิง	24
หลักการของการเปรียบเทียบแบบไดนามิกโปรแกรมมิง	24
อัลกอริทึมในการทํางานสำหรับการเปรียบเทียบ	
แบบไดนามิกโปรแกรมมิง	32

อักษรไทย	35
อักษรที่ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการรู้จำอักษร	35
กลุ่มอักษรไทยที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน	36
กลุ่มอักษรไทยแยกตามระดับการเขียน	37
3. การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการรู้จำอักษร	38
การออกแบบ	40
การรับข้อมูลจากเครื่องกวาดตรวจด้วยแสง	41
โปรแกรมการตัดอักษรโดยอัตโนมัติ	42
โปรแกรมการวิเคราะห์ลักษณะสำคัญของอักษร	46
การกำจัดสัญญาณรบกวนจากเมตริกซ์ของอักษร	46
การหาจุดเริ่มต้นของเส้นแสดงขอบของอักษร	51
การหาเส้นแสดงขอบของอักษรพร้อมทั้งค่ารหัสทิศทาง	51
การหาจุดเปลี่ยนทิศทางบนเส้นแสดงขอบของอักษร	62
การหาระยะห่างระหว่างจุดบ่งความหนาหรือจุดบ่งความเว้า ...	68
การกำหนดส่วนโค้งบนเส้นแสดงขอบของอักษร	69
การหาจำนวนหัวของอักษร	71
การหาอัตราส่วนของความกว้างต่อความสูงของอักษร	77
โปรแกรมการสร้างพจนานุกรมของอักษร	79
โครงสร้างพจนานุกรมของอักษร	79
การสร้างพจนานุกรมของอักษร	83
โปรแกรมการรู้จำอักษร	88
การรับอักษรเข้าสู่โปรแกรม	88
การเปรียบเทียบอักษรโดยวิธีการไดนามิกโปรแกรมมิ่ง	88
4. ผลการวิจัย	100
ตัวอย่างอักษรที่ใช้ในการวิจัย	100
ผลการวิจัย	102
อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	102
จำนวนอักษรที่ใช้ในการวิจัย	102
จำนวนอักษรในพจนานุกรมของอักษร	103
ผลการรู้จำอักษร	104

5. บทสรุป และ ข้อเสนอแนะ 108

 สรุปแนวทางการวิจัย 108

 สรุปผลการวิจัย 112

 ข้อเสนอแนะ 116

 แนวทางการวิจัยต่อ 117

เอกสารอ้างอิง 118

ภาคผนวก 120

ประวัติผู้เขียน 123



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 อีลกอริทึมของสมการไดนามิกโปรแกรมมิ่งแบบสมมาตรและ แบบไม่สมมาตร	34
2.2 ตารางรหัสอักขระไทยที่ใช้กับคอมพิวเตอร์มาตรฐาน สม่อ.	36
3.1 ลักษณะของความโค้งเว้าของอักขระ จ1 และ อักขระ จ2	90
3.2 การเปรียบเทียบเพื่อหาส่วนโค้งคู่ที่คล้ายกันมากที่สุดระหว่าง อักขระที่ต้องการรู้จำกับอักขระต้นแบบในพจนานุกรมของอักขระ	92
3.3 ค่าความแตกต่างที่ได้ระหว่างคู่ส่วนโค้งของอักขระที่ต้องการรู้จำ กับอักขระต้นแบบ และค่าความแตกต่างที่ได้ระหว่างอักขระทั้งสอง	97
4.1 ผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างสมการไดนามิก โปรแกรมมิ่งแบบสมมาตรและแบบไม่สมมาตร โดยใช้ค่าความชัน ที่แตกต่างกัน	105
4.2 ผลการรู้จำตัวพิมพ์อักขระไทยในแต่ละรูปแบบ (จำนวนอักขระ)	106
4.3 ผลการรู้จำตัวพิมพ์อักขระไทยหลายรูปแบบ (เปอร์เซ็นต์)	106
5.1 การเปรียบเทียบความถูกต้องในการรู้จำตัวพิมพ์อักขระไทยรูปแบบเดียว	114
5.2 การเปรียบเทียบความถูกต้องในการรู้จำตัวพิมพ์อักขระไทยหลายรูปแบบ	115

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

รูป		หน้า
2.1	แผนภาพแสดงหลักการทำงานของการรู้จำอักขระด้วยแสง	7
2.2	ตัวอย่างการกำจัดสัญญาณรบกวน	8
2.3	ตัวอย่างภาพบิตเมตริกซ์ของเส้นแสดงโครงร่างอักขระ	11
2.4	ตัวอย่างภาพบิตเมตริกซ์ของเส้นแสดงขอบของอักขระ	12
2.5	รหัสแบบบล็อกโซ่ของฟรีแมน	17
2.6	แผนภาพแสดงการตัดแบ่งเส้นแสดงขอบของอักขระออกเป็นส่วนย่อย ตามลักษณะของความเว้าและความนูน	17
2.7	การให้เครื่องหมายแก่จุดที่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทาง	18
2.8	การให้เครื่องหมายตามการเปลี่ยนทิศทางของเส้นแสดงขอบของรูป ที่ถูกเข้ารหัสทิศทาง	18
2.9	ตัวอย่างของจุดซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางตามรหัสแบบบล็อกโซ่ของฟรีแมน	19
2.10	เครื่องหมาย S_1	20
2.11	ตัวอย่างการให้เครื่องหมาย S_1 และค่ารหัส F_1	20
2.12	ตัวอย่างการกำหนดจุดบ่งความนูนให้แก่จุด C_1	21
2.13	ตัวอย่างของอักขระไทยที่มีการกำหนดจุดบ่งความนูนและจุดบ่งความเว้า	23
2.14	ฟังก์ชันแวน์ปึง F และข้อจำกัดของการปรับช่วงขอบเขต r	25
2.15	ข้อจำกัดของความชันบนฟังก์ชันแวน์ปึง F	28
2.16	ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการถ่วงน้ำหนัก $W(k)$	31
3.1	การรับข้อมูลจากเครื่องกวาดตรวจด้วยแสงและการตัดอักขระออกจาก ประโยคทีละตัว กับ การดึงลักษณะสำคัญของอักขระเพื่อใช้สร้าง พจนานุกรมของอักขระและรู้จำอักขระ	38
3.2	ตัวอย่างรูปแบบของอักขระที่ใช้ในการวิจัย	41
3.3	รูปแบบของแฟ้มข้อมูลที่เข้าและออกจากโปรแกรมการตัดอักขระ	43
3.4	รูปแบบการเก็บของแฟ้มข้อมูลของเมตริกซ์ของอักขระ	43
3.5	ผังงานแสดงการทำงานของโปรแกรมการตัดอักขระโดยอัตโนมัติ	44
3.6	ผังงานแสดงการทำงานของโปรแกรมการวิเคราะห์ ลักษณะสำคัญของอักขระ	47

3.7	เมตริกซ์ของอักษระที่มีสัญญาณรบกวนและที่กำจัดสัญญาณรบกวนแล้ว	48
3.8	รูปแบบที่ถือว่าเป็นสัญญาณรบกวนและเมตริกซ์ของอักษระซึ่งมี สัญญาณรบกวนตรงกับรูปแบบที่กำหนด	49
3.9	ผังงานแสดงการกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากเมตริกซ์ของอักษระ	50
3.10	การหาค่าแห่งเริ่มต้นสำหรับการเปรียบเทียบเพื่อหาจุดที่จะมา ประกอบกันเป็นเส้นแสดงขอบของอักษระจุดต่อไป	52
3.11	การหาจุดถัดไปแต่ละจุดในทิศทางเริ่มนำพิกษาเพื่อหา เส้นแสดงขอบของอักษระ	53
3.12	อักษระที่ได้จากการกวาดตรวจด้วยเครื่องกวาดตรวจด้วยแสงและอักษระ ที่ผ่านการกำจัดสัญญาณรบกวนแล้วและเส้นแสดงขอบของอักษระ	53
3.13	การกำหนดรหัสทิศทางให้กับจุดบนเส้นแสดงขอบของอักษระ	55
3.14	ตัวอย่างของเส้นแสดงขอบของอักษระพร้อมทั้งคำรหัสทิศทาง	56
3.15	ผังงานแสดงการหาเส้นแสดงขอบของอักษระพร้อมทั้งคำรหัสทิศทาง ...	57
3.16	จุดเปลี่ยนทิศทางบนเส้นแสดงขอบของอักษระ	62
3.17	เครื่องหมาย S_1	63
3.18	จุดเปลี่ยนทิศทางซึ่งมีเครื่องหมาย S_1 กำกับอยู่	63
3.19	ผังงานแสดงการกำหนดเครื่องหมาย S_1 ให้กับจุดเปลี่ยนทิศทาง C_1 ..	64
3.20	ผังงานแสดงการกำหนดจุดบ่งความนูนและจุดบ่งความเว้า	67
3.21	จุดบ่งความนูนและจุดบ่งความเว้าบนเส้นแสดงขอบของอักษระ	68
3.22	ผังงานแสดงการกำหนดส่วนโค้งบนเส้นแสดงขอบของอักษระ	70
3.23	ตัวอย่างอักษระไทยที่มีการกำหนดจุดบ่งความนูนและจุดบ่งความเว้า ...	71
3.24	ตัวอย่างเส้นแสดงขอบของอักษระประเภทที่มีหัวและไม่มีหัว	72
3.25	ผังงานแสดงการหาจำนวนหัวของอักษระ	74
3.26	เส้นแสดงขอบของอักษระประเภทที่ไม่มีหัว มีหัว 1 หัว และ มีหัว 2 หัว	75
3.27	ความผิดพลาดที่เกิดจากการกวาดตรวจด้วยแสงกับอักษระตัวเดิม	76
3.28	ตัวอย่างการคำนวณค่าอัตราส่วนความกว้างต่อความสูงของอักษระ	78
3.29	รูปแบบการเก็บอักษระในพจนานุกรมของอักษระ	79
3.30	รูปแบบการเก็บลักษณะสำคัญของอักษระในพจนานุกรมของอักษระ	80
3.31	ตัวอย่างแสดงลักษณะสำคัญของอักษระ จ	82
3.32	รูปแบบการเก็บอักษระ จ	83
3.33	ผังงานแสดงการเก็บอักษระต้นแบบสำหรับเป็นพจนานุกรมของอักษระ ..	86
3.34	ผังงานแสดงการเรียงรู้อักษระ	87

3.35	ตัวอย่างแสดงลักษณะสำคัญของอักษร จ1 และ อักษร จ2	91
3.36	ผังงานแสดงการหาส่วนโค้งคู่ที่มีความคล้ายกันมากที่สุด	93
3.37	ผังงานแสดงการหาอักษรต้นแบบที่มีความคล้ายกับอักษรที่ ต้องการรู้จำมากที่สุด	96
3.38	การกำหนดค่า ii_u และ mm_u ให้กับอักษรที่ต้องการรู้จำ และอักษรต้นแบบตามลำดับ	99
4.1	อักษรรูปแบบที่ 1 รูปแบบที่ 2 และ รูปแบบที่ 3	100

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย