

การตรวจหาตำแหน่งและรู้จำเวลาของนาฬิกาตัวเลขในภาพวีดิทัศน์แบบอัตโนมัติ



นายเจษฎา แสงพานิชย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

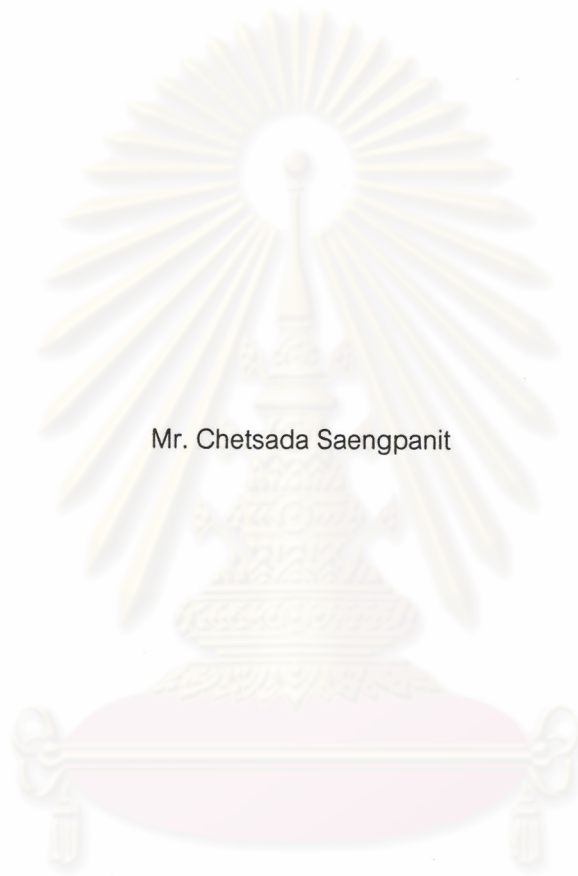
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-4572-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AUTOMATIC TIME DETECTION AND RECOGNITION OF DIGITAL CLOCK IN VIDEO IMAGES



Mr. Chetsada Saengpanit

ศูนย์วิทยทรัพยากร

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Computer Science

Department of Computer Engineering

Faculty of Computer Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

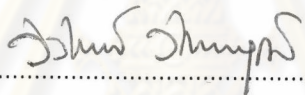
ISBN 974-17-4572-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การตรวจหาตำแหน่งและรู้จำเวลาของนาฬิกาตัวเลขในภาพวิดีโอแบบ
อัตโนมัติ
โดย นายเจษฎา แสงพานิชย์
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ชน โคควาวิสารัช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

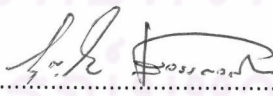

..... คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ติเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการสอบ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ วิฒนาวุฒิ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ชน โคควาวิสารัช)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สาธิต วงศ์ประทีป)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญชัย โสวรรณวิชกุล)

เจษฎา แสงพานิชย์: การตรวจหาตำแหน่งและรู้จำเวลาของนาฬิกาตัวเลขในภาพวีดิทัศน์แบบอัตโนมัติ (AUTOMATIC TIME DETECTION AND RECOGNITION OF DIGITAL CLOCK IN VIDEO IMAGES) อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ.นงลักษณ์ โควาศิราช, 77 หน้า. ISBN 974-17-4572-9.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาขั้นตอนวิธีและพัฒนาโปรแกรมต้นแบบในการตรวจหาตำแหน่งและรู้จำเวลาของนาฬิกาตัวเลขในภาพวีดิทัศน์ ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขและการรู้จำนาฬิกาตัวเลข

การตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขทำ 2 ขั้นตอนคือ การตรวจหาตำแหน่งอย่างหยาบและการตรวจหาตำแหน่งอย่างละเอียด งานวิจัยนี้ใช้สมบัติความเกี่ยวเนื่องกันตามเวลาของภาพวีดิทัศน์และขอบภาพของนาฬิกาตัวเลขในการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขอย่างหยาบ ส่วนการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขอย่างละเอียดซึ่งเป็นการระบุตำแหน่งของตัวเลขแต่ละตัวได้ใช้วิธีการค้นหาจุดภาพที่มีค่าต่ำที่สุดช่วยแบ่งส่วนตัวเลขออกจากพื้นหลัง นอกจากนี้ได้ตรวจหาตำแหน่งเครื่องหมายโคลอนเพื่อช่วยแยกแยะระหว่างวันที่กับเวลา การระบุตำแหน่งที่ตรวจหาได้ว่าเป็นวัน เดือน ปี ชั่วโมง นาที วินาที หรือเศษของวินาทีพิจารณาจากรูปแบบของนาฬิกาตัวเลขที่ใช้เป็นผู้กำหนด ผลการทดลองการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขจากภาพวีดิทัศน์ 3 แหล่ง โดยแต่ละแหล่งใช้กล้องวีดิทัศน์ที่มีชุดแบบอักษรรูปแบบ และตำแหน่งของนาฬิกาตัวเลขแตกต่างกัน รวมทั้งสิ้น 90 ซีต มีความถูกต้องร้อยละ 85.56 และใช้จำนวนเฟรมเฉลี่ยในการตรวจหาเท่ากับ 31 เฟรม

การรู้จำนาฬิกาตัวเลขประกอบด้วยการประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น และการรู้จำตัวเลข การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นทำเพื่อแบ่งส่วนตัวเลขออกจากพื้นหลังโดยใช้วิธีการเข้ารหัสแบบลดความยาว และนำไปทำให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกัน จากนั้นจึงวิเคราะห์หาจำนวนและตำแหน่งของรูภายในตัวเลข งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการรู้จำตัวเลขอย่างง่ายเพื่อนำมาใช้ทดสอบการรู้จำนาฬิกาตัวเลขโดยใช้ต้นไม้การตัดสินใจมาช่วยแบ่งกลุ่มตัวเลขตามจำนวนและตำแหน่งของรูภายในตัวเลข และใช้ดัชนีความคล้ายในการเปรียบเทียบตัวเลขที่ต้องการรู้จำกับตัวเลขในแผนแบบภายในกลุ่มเดียวกัน ถ้าค่าดัชนีความคล้ายระหว่างตัวเลขที่ต้องการรู้จำกับตัวเลขในแผนแบบตัวเลขใดมีค่ามากที่สุด จะกำหนดให้ตัวเลขนั้นเป็นผลลัพธ์ของการรู้จำ ผลการทดลองการรู้จำตัวเลข 3 ชุดแบบอักษร จำนวน 900 ตัว ให้อัตราการรู้จำถูกต้องร้อยละ 99.44 รู้จำผิดร้อยละ 0.33 และรู้จำไม่ได้ร้อยละ 0.22 โดยความผิดพลาดเกิดจากการแบ่งส่วนตัวเลขออกจากพื้นหลังผิดพลาดอันเนื่องมาจากพื้นหลังมีความซับซ้อนและมีสัญญาณรบกวนภายในภาพวีดิทัศน์สูง

ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	ลายมือชื่อนิสิตเจษฎา แสงพานิชย์.....
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 
ปีการศึกษา	2546	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4470259221 : MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEY WORD: DIGITAL CLOCK DETECTION/ DIGIT RECOGNITION/ VIDEO PROCESSING

CHETSADA SAENGPANIT: AUTOMATIC TIME DETECTION AND RECOGNITION OF DIGITAL CLOCK IN VIDEO IMAGES. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. NONGLUK COVAVISARUCH, 77 pp. ISBN 974-17-4572-9.

The purposes of this research are to find an algorithm and to develop a prototype of automatic time detection and recognition of a digital clock in video images. The proposed algorithm consists of two processes; digital clock detection and digital clock recognition.

The digital clock detection algorithm is composed of two steps which are coarse detection and fine detection. Temporal properties of videos and edges of digital clock are utilized to coarsely locate the digital clock. For fine detection which is to locate each digit of the digital clock, minimum pixel searching method is applied for segmenting the digits from the background. Furthermore, colon signs detection is used to discriminate date from time. The located digit positions are determined as date, month, year, hour, minute, second, or sub-second by the format pre-set by a user. Ninety shots from three sources of videos, which have different font styles, formats, and locations of the digital clock, are tested. The experimental results show that time detection rate of digital clock is 85.56% and average number of frames for detecting is 31.

The digital clock recognition consists of two steps; pre-processing and analysis, and digit recognition. The pre-processing and analysis step is to segment the digit from the background by using run-length encoding method. Then the segmented digit is normalized. Number of holes and each hole's position of a digit are analyzed. In this research, a simple digit recognition approach using a decision tree and similarity index is proposed. The decision tree is applied to categorize digits by the number of holes and the hole's position of a digit. Similarity index is used to measure the similarity between a tested digit and digit's templates. The digit in the template that yields the maximum similarity index is the recognition result. In this research, 900 digits with 3 font styles were tested. The recognition rate is 99.44%, the misclassification rate is 0.33%, and the rejection rate is 0.22%. Errors are from the digit segmentation step which is caused by the complex background and noises in the video frame.

Department	Computer Engineering	Student's signature..... <i>๒๕๖๓ ๒๕๖๓ ๒๕๖๓</i>
Field of study	Computer Science	Advisor's signature..... <i>NONGLUK</i>
Academic year	2003	Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงมิได้หากปราศจากความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ ผศ. นงลักษณ์ โควาศิลาวัณ ซึ่งได้สละเวลาในการให้คำแนะนำ เสนอแนะแนวทางการวิจัย และช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ช่วยชี้แนะแนวทางและให้ข้อคิดเห็นในการพัฒนางานวิจัยนี้

ขอขอบคุณทุนวิจัยโครงการเชื่อมโยงการวิจัยภาควิชาชีพวิศวกรรมคอมพิวเตอร์สู่ภาคอุตสาหกรรม ปี 2547 โครงการย่อยที่ 5 เครื่องมือซอฟต์แวร์ช่วยตรวจวัดความเร็วของวัตถุจากภาพเคลื่อนไหวที่ให้เงินสนับสนุนแก่งานวิจัยนี้

ขอขอบคุณพี่กำธร สิมมามี ที่ช่วยให้คำแนะนำเกี่ยวกับแนวทางการวิจัย แนะนำหนังสือที่น่าสนใจ และช่วยแก้ปัญหาในด้านต่าง ๆ มาโดยตลอด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการเขียนโปรแกรม

ขอขอบคุณพี่สมนึก รังสิวงค์ ที่ช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการเดินทาง

ขอขอบคุณพี่นันทนา ธินรุ่งโรจน์ ที่ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้ในด้านการประมวลผลภาพและการโปรแกรมมากยิ่งขึ้น รวมทั้งให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ นอกจากนี้ยังเอื้อเฟื้อเพื่อแถบวีดิทัศน์พร้อมข้อมูลภาพเพื่อใช้ทดลองผลการวิจัย

ขอขอบคุณน้องพิพัฒน์ ประทีปอมรกุล และน้องภัทราภรณ์ อริยะปริชากุล ที่ช่วยอ่านและตรวจทานแก้ไขทั้งบทความทางวิชาการและวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และ น้อง ๆ ที่น่ารักทุกคนที่คอยให้แนะนำทางด้านการเรียน ให้ความช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่ และให้ความสุขแก่ผู้วิจัยตลอดการศึกษา

ขอขอบคุณผู้มีส่วนช่วยเหลือและคอยให้กำลังใจทุกท่านที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

และท้ายสุดนี้ที่จะลืมมิได้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกท่านที่อุปการะเลี้ยงดู คอยให้กำลังใจ ให้ความเข้าใจ และสนับสนุนผู้วิจัยทางด้านการศึกษาดลอดมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
1.2.1 การตรวจหาตำแหน่งข้อความในภาพวีดิทัศน์.....	2
1.2.2 การรู้จำตัวอักษร	4
1.3 วัตถุประสงค์.....	5
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	5
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	5
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ	6
1.7 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์.....	6
2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การประมวลผลภาพดิจิทัล	7
2.1.1 การตรวจหาขอบภาพ	7
2.1.2 การแปลงภาพสีเป็นภาพระดับเทา.....	9
2.1.3 การสเกลภาพ	9
2.1.4 การหาค่าขีดแบ่ง.....	11
2.1.5 การหาค่าขีดแบ่งด้วยวิธี Otsu	12
2.1.6 การประมวลผลภาพเชิงสัญญาณวิทยา.....	13
2.1.7 การปิดป้ายส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน	15
2.1.8 โพรไฟล์การฉาย.....	15
2.1.9 การเข้ารหัสแบบลดความยาว.....	17
2.2 การจำแนกประเภทแบบรูป.....	17

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.2.1	ต้นไม้การตัดสินใจ.....18
2.2.2	ดัชนีความคล้าย.....20
3	การตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขตัวเลขในภาพวีดิทัศน์
3.1	การตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขตัวเลขอย่างหยาบ.....21
3.1.1	การตรวจหาขอบภาพ.....22
3.1.2	การกำจัดขอบภาพที่ไม่ใช่ส่วนของนาฬิกาตัวเลขตัวเลข.....23
3.1.3	การตรวจหาตำแหน่งอย่างหยาบ.....25
3.2	การตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขตัวเลขอย่างละเอียด.....27
3.2.1	การค้นหาจุดภาพที่มีค่าต่ำที่สุด.....27
3.2.2	การทำให้เป็นภาพลักษณะฐานสอง.....28
3.2.3	การหาความสูงของนาฬิกาตัวเลขตัวเลข.....29
3.2.4	การตรวจหาเครื่องหมายโคลอน.....29
3.2.5	การตรวจหาตำแหน่งตัวเลขแต่ละตัว.....30
4	การรู้จำนาฬิกาตัวเลขตัวเลข
4.1	การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น.....31
4.1.1	การสเกลภาพ.....31
4.1.2	การแบ่งส่วนตัวเลขออกจากพื้นหลัง.....32
4.1.3	การทำตัวเลขให้เป็นบรรทัดฐาน.....33
4.1.4	การวิเคราะห์หารูและการจำแนกประเภทของรูภายในตัวเลข.....34
4.2	กระบวนการรู้จำ.....35
4.2.1	แผ่นแบบ.....35
4.2.2	ต้นไม้การตัดสินใจ.....35
4.2.3	การวัดดัชนีความคล้าย.....36
5	การทดลองและผลการทดลอง
5.1	การตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขตัวเลข.....37
5.1.1	ปัจจัยด้านความละเอียดของภาพวีดิทัศน์.....37
5.1.2	ปัจจัยด้านสีบนที่ข้อมูลภาพวีดิทัศน์.....38
5.1.3	ปัจจัยด้านความซับซ้อนของพื้นหลัง.....42
5.1.4	ปัจจัยด้านการตั้งค่าขีดแบ่งในขั้นตอนการค้นหาจุดภาพที่มีค่าต่ำที่สุด.....43

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5.1.5	การทดลองกับภาพวีดิทัศน์แหล่งต่าง ๆ45
5.1.6	สรุปผลการทดลอง48
5.2	การรู้จักานาฬิกาตัวเลขตัวเลข50
5.2.1	วิธีการทดลอง50
5.2.2	ผลการทดลอง.....50
5.2.3	การวิเคราะห์และสรุปผล.....52
6	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
6.1	สรุปผลการวิจัย.....54
6.1.1	การตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขตัวเลข54
6.1.2	การรู้จักานาฬิกาตัวเลขตัวเลข54
6.2	ข้อเสนอแนะ55
	รายการอ้างอิง.....56
	ภาคผนวก
	ภาคผนวก ก
	โปรแกรมต้นแบบ59
	ภาคผนวก ข
	บทความที่นำเสนอในงานประชุมวิชาการ64
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์77

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตัวอย่างข้อมูลที่แสดงลักษณะเด่นของวัตถุทรงกลมประเภทต่าง ๆ.....	18
5.1	ผลการทดลองปัจจัยด้านความละเอียดของภาพวีดิทัศน์	39
5.2	ผลการทดลองปัจจัยด้านสีบนที่ข้อมูลภาพวีดิทัศน์	41
5.3	ผลการทดลองปัจจัยด้านความซับซ้อนของพื้นหลังของภาพวีดิทัศน์	44
5.4	ผลการทดลองปัจจัยด้านการตั้งค่าขีดแบ่งในขั้นตอนการค้นหาจุดภาพที่มีค่าต่ำที่สุด.....	46
5.5	รายละเอียดของภาพวีดิทัศน์ทั้งสามแหล่ง	47
5.6	ผลการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขจากภาพวีดิทัศน์ 3 แหล่ง	49
5.7	ผลการรู้จำตัวเลขจากวีดิทัศน์ 3 แหล่ง.....	51
5.8	รายละเอียดผลการทดลองการรู้จำตัวเลขแต่ละตัวจากวีดิทัศน์ 3 แหล่ง	51
ก.1	ปุ่มและหน้าที่ของแถบเครื่องมือ.....	61

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 ตัวอย่างนาฬิกาตัวเลขในภาพวิถีทัศนซึ่งแสดงการไหลของ เซลล์เม็ดเลือดแดงในหลอดเลือด	1
2.1 หน้ากากของตัวดำเนินการ Sobel	8
2.2 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงกำลังสามใน 1 มิติ	10
2.3 การหาค่าขีดแบ่งจากฮิสโทแกรมของค่าระดับเทา	11
2.4 ตัวอย่างการดำเนินการทางตรรกะแอนด์ ออร์ และนอต	13
2.5 การดำเนินการทางสัญญาณวิทยากับภาพลักษณะฐานสอง (ก) ด้วยสมาชิกโครงสร้าง (ข) ซึ่งประกอบด้วย (ค) การขยายขนาด และ (ง) การกรอง	14
2.6 ภาพลักษณะฐานสองและส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน 5 ส่วนของค่า 1	16
2.7 ตัวอย่างภาพเงาการฉายของภาพภาพลักษณะฐานสอง	16
2.8 การเข้ารหัสแบบลดความยาวสำหรับภาพลักษณะฐานสอง	17
2.9 ต้นไม้การตัดสินใจเพื่อจำแนกประเภทของวัตถุทรงกลม	20
2.10 ภาพประกอบการหาค่าดัชนีความคล้าย	20
3.1 ขั้นตอนวิธีการตรวจหาตำแหน่งนาฬิกาตัวเลขตัวเลข	22
3.2 ตัวอย่างภาพผลลัพธ์จากการตรวจหาขอบภาพตามแนวตั้ง	23
3.3 ตัวอย่างการกำจัดขอบภาพที่ไม่ใช่ส่วนของนาฬิกาตัวเลข	24
3.4 ภาพเงาการฉายตามแนวตั้ง	26
3.5 กล้องสี่เหลี่ยมล้อมรอบนาฬิกาตัวเลขอย่างหนา	26
3.6 การกำหนดเงื่อนไขการหยุดการค้นหาจุดภาพที่มีค่าต่ำที่สุด โดยใช้การกำหนดค่าขีดแบ่งของค่าเฉลี่ยของฮิสโทแกรม	28
3.7 การหาค่าขีดแบ่งรูปที่ 3.6(ก) ที่ทำการสเกลแล้วด้วยวิธี Otsu	29
3.8 การตัดส่วนภาพจากการหาความสูงของนาฬิกาตัวเลข	29
3.9 การตรวจหาเครื่องหมายโคลอน	29
3.10 กล้องสี่เหลี่ยมล้อมรอบตัวเลขแต่ละตัวที่ตรวจหาได้	30
4.1 การสเกลภาพต้นฉบับให้มีความละเอียดสูงขึ้น	32
4.2 ตัวอย่างรูปแสดงส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันในลักษณะต่าง ๆ	32
4.3 การวิเคราะห์ส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน	33
4.4 การทำตัวเลขให้เป็นบรรทัดฐาน	34
4.5 การหาเส้นรอบขอบของตัวเลขเพื่อหาจำนวนและตำแหน่งของรู	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 ตัวอย่างภาพตัวเลขที่เป็นแผ่นแบบ 0 ถึง 9.....	36
4.7 ดันไม้การตัดสินใจเพื่อจำแนกประเภทของตัวเลขในรูปที่ 4.6	36
5.1 ตัวอย่างภาพวิดิทัศน์จากสื่อบันทึกข้อมูลต่างกัน.....	42
5.2 ตัวอย่างภาพวิดิทัศน์ที่พื้นหลังมีความซับซ้อนต่างกัน.....	42
5.3 ตัวอย่างภาพวิดิทัศน์จากแหล่งต่าง ๆ	47
5.4 แบบอักษรของตัวเลขจากภาพวิดิทัศน์แหล่งที่ 1	50
5.5 แบบอักษรของตัวเลขจากภาพวิดิทัศน์แหล่งที่ 2	50
5.6 แบบอักษรของตัวเลขจากภาพวิดิทัศน์แหล่งที่ 3	50
5.7 ตัวเลขที่รู้จำผิดตัวที่ 1	52
5.8 ตัวเลขที่รู้จำผิดตัวที่ 2	52
5.9 ตัวเลขที่รู้จำผิดตัวที่ 3	52
5.10 ตัวเลขที่รู้จำไม่ได้ตัวที่ 1	52
5.11 ตัวเลขที่รู้จำไม่ได้ตัวที่ 2	52
ก.1 หน้าจอหลัก.....	60
ก.2 เมนูย่อยของเมนู File	60
ก.3 เมนูย่อยของเมนู View	61
ก.4 หน้าจอสำหรับกำหนดรูปแบบของนาฬิกาตัวเลขและแสดงผลการรู้จำ.....	62
ก.5 หน้าจอแสดงภาพวิดิทัศน์.....	63
ก.6 แถบสถานะแสดงอัตราการจัดเฟรมและขนาดของภาพวิดิทัศน์.....	63