

การศึกษาการจำแนกตัวเลขด้วยการประมวลผลภาพ
A STUDY OF DIGIT CLASSIFICATION USING
IMAGE PROCESSING



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการจำแนกตัวเลขด้วยการประมวลผลภาพ
A STUDY OF DIGIT CLASSIFICATION USING
IMAGE PROCESSING

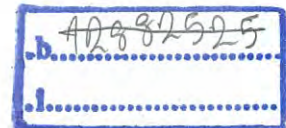


T149284



ร.พ.
ช. 6137
2558

เลขหมู่..... 149284
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี... 30. ๓. ๒๕๖1



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในห้องสมุดเท่านั้น มอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF DIGIT CLASSIFICATION USING IMAGE PROCESSING



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED
IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาการแยกแยะตัวเลขด้วยการประมวลผลภาพ
 A Study of Digit Classification Using Image Processing
 ชื่อนักศึกษา นายนิธกร เลิศชาญวุฒิ รหัสนักศึกษา 55051531
 ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
 ภาควิชา ฟิสิกส์
 ปีการศึกษา 2558
 อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.วิจิต ศิริโชติ
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.กาจปัญญา สุวรรณสุขโฮ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการการสอบ	ลายมือชื่อ
อ.ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์ ประธานกรรมการ	
ดร.พิศาล สุวิสูตร กรรมการ	
อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง กรรมการ	
รศ.วิจิต ศิริโชติ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	
ดร.กาจปัญญา สุวรรณสุขโฮ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาการแยกแยะตัวเลขด้วยการประมวลผลภาพ
ชื่อนักศึกษา	นายนิกร เลิศชาญวุฒิ รหัสนักศึกษา 55051531
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา	ฟิสิกส์
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.วิจิต ศิริโชติ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.กมลปัญญา สุวรรณสุขุโ

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษชิ้นนี้มุ่งเน้นไปทางด้านหลักการพื้นฐานทางการประมวลผลภาพดิจิทัล โดยนำมาใช้แยกแยะตัวเลข(0-9) โดยผู้ทำการทดลอง ใช้ วิธี cross-correlation และ วิธีขีดทับ สำหรับวิธี cross-correlation จะใช้เทมเพลตเป็นเส้นตรงและเส้นขนานเพื่อจะนำมาหาส่วนที่เป็นเส้นตรงและเส้นขนานในรูปภาพ สำหรับวิธี intersection จะเขียนเส้นสี่เส้นลงไปในรูปแบบตัวเลขและนับค่าจุดที่ตัดกับเส้นทั้งสี่เพื่อนำมาทำนายชนิดของตัวเลข

คำสำคัญ : cross-correlation template matlab วิธีขีดทับ

Title	A Study of Digit Classification Using Image Processing	
Student	Mr.Nithikom Lertchanvuth	Student ID 5505531
Degree	Bachelor of Science (Applied physics)	
Department	Physics	
Faculty	Science	
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)	
Academic Year	2015	
Advisor	Assoc.Prof.Wichit Sirichote	
Co-advisor	Dr.Kajpanya Suwansukko	

Abstract

This special project is concern in fundamental of digital image processing and used to classify digit numbers(0-9). Experimenter use cross-correlation and intersection method. For correlation method, A vertical line and horizontal line template were use to classify the part of vertical line and horizontal line on the digit image number. And, the decision condition was set to predict the result. For intersection method, four lines were drawn in rectangular shape. The intersection points of digit number with the rectangular were count. Number of points was used to decision each digit number.

Keywords : cross-correlation, template, matlab, intersection

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากความเมตตาของ รศ.วิจิต ศรีโชติ และ ดร.กาญจปัญญา สุวรรณสุขุโข ที่ที่คอยให้คำปรึกษาดูแลอย่างใกล้ชิดและให้ความช่วยเหลือแนะนำสิ่งที่ดีในการปรับปรุงข้อบกพร่องในการทำโครงการพิเศษ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รศ.อนุพงศ์ สรงประภา ที่คอยให้คำปรึกษาแก่ข้าพเจ้าและเป็นผู้ที่ชี้ทางสว่างทางด้านวิชาการให้แก่ข้าพเจ้าในทุกๆ เรื่องที่ข้าพเจ้าอยากรู้มาโดยตลอดสี่ปีที่ผ่านมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ให้ได้รับการศึกษา ตลอดจนคอยเลี้ยงดูและอบรมสั่งสอนและเป็นกำลังใจเป็นแรงผลักดันในการทำโครงการพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมถึงเพื่อนๆ และบุคคลอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวมา ผู้จัดทำโครงการขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

นิธิกร เลิศชาญวุฒิ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฎ
คำย่อและสัญลักษณ์	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ภาพดิจิทัลในเชิงคณิตศาสตร์	3
2.1.1 ชนิดของสัญญาณไฟฟ้า	3
2.1.2 การประมวลผลภาพ	3
2.1.3 Spatial domain และพิกเซล	4
2.1.4 รูปดิจิทัลที่แสดงโดยเมตริกซ์	5
2.1.5 Padding	5
2.1.6 Binary image	5
2.1.7 Grey scale image	6
2.1.8 Cross-correlation และค่า correlation coefficient	6
2.2 ภาพดิจิทัลในเชิงฟิสิกส์	7
2.2.1 Wave field	7
2.2.2 Fourier transform	7
2.2.3 สมการของ Helmholtz	7
2.2.4 Angular spectrum	8
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	9
3.1 ศึกษาทฤษฎีทางการประมวลผลภาพ	9
3.2 เตรียมข้อมูลตัวเลข และส่วนประกอบต่างๆ	9
3.3 ทำการวิเคราะห์ภาพด้วยโปรแกรม Matlab	9
3.3.1 ขั้นตอนวิเคราะห์ภาพด้วยวิธี cross-correlation	9
3.3.2 ขั้นตอนวิเคราะห์ภาพด้วยวิธีของ intersection	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน	11
3.4.1 ภาพตัวเลข	11
3.4.2 ภาพตัวเลขที่ผ่านการทำ padding	12
3.4.3 ภาพ Template	14
3.4.4 ภาพ Template ที่ผ่านการทำ padding	14
3.4.5 ภาพตัวเลขที่ใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์	15
3.4.6 โปรแกรม Matlab	17
3.4.7 โปรแกรม Photoshop	17
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	18
4.1 ผลการทดลองการวิเคราะห์ภาพโดยใช้เทคนิค cross-correlation	18
4.2 ผลการทดลองการวิเคราะห์ภาพโดยใช้วิธี intersection	63
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	94
5.1 สรุปผลงานวิจัย	94
5.2 ข้อเสนอแนะ	95
5.2.1 ข้อเสนอสำหรับโครงการพิเศษ	95
5.2.2 ข้อเสนอสำหรับแนวทางการทำในอนาคต	95
เอกสารอ้างอิง	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation ในการวิเคราะห์ตัวเลข 0 ถึง 1	60
4.2 ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation ในการวิเคราะห์ตัวเลข 2 ถึง 5	61
4.3 ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation ในการวิเคราะห์ตัวเลข 6 ถึง 9	62
4.4 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 0	84
4.5 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 1	85
4.6 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 2	86
4.7 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 3	87
4.8 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 4	88
4.9 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 5	89
4.10 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 6	90
4.11 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 7	91
4.12 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 8	92
4.13 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 9	93
5.1 ตารางผลสรุปผลความแม่นยำของเทคนิค cross-correlation	94
5.2 ตารางผลสรุปผลความแม่นยำของวิธี intersection	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ชนิดของสัญญาณ	3
2.2 spatial domain	4
2.3 Digital image ที่แสดงด้วยเมตริกซ์	5
2.4 Padding	5
2.5 Binary image	5
2.6 Gray scale image	6
2.7 ภาพตัวอย่าง Wave field ที่ขึ้นกับแกน x และ y	7
3.1 ภาพเส้นทั้ง 4 เมื่ออ้างอิงด้วย pixel	10
3.2 ภาพเส้นทั้ง 4 เมื่ออ้างอิงด้วย matrix	10
3.3 ภาพตัวเลข ที่ยังไม่ได้ทำ padding	11
3.4 ภาพตัวเลข 1-3 ที่ผ่านการทำ padding	12
3.5 ภาพตัวเลข 5-7 ที่ผ่านการทำ padding	13
3.6 ภาพตัวเลข 8-9 ที่ผ่านการทำ padding	14
3.7 ภาพ Template	14
3.8 ภาพ Template ที่ผ่านการทำ padding	14
3.9 ภาพตัวเลข 0-3 ที่ผ่านการใช้วิธีของ Nyuu	15
3.10 ภาพตัวเลข 4-7 ที่ผ่านการใช้วิธีของ Nyuu	16
3.11 ภาพตัวเลข 8-9 ที่ผ่านการใช้วิธีของ Nyuu	17
3.12 โปรแกรม Matlab	17
3.14 โปรแกรม Photoshop	17
4.1 ผลการ cross-correlation ของเส้นตรง กับ template เส้นตรงแนวตั้ง	18
4.2 ผลการ cross-correlation ของ เส้นตรงนอน กับ template เส้นตรงนอน	18
4.3 ผลการ cross-correlation ของ เส้นตรงแนวนอน กับ เส้นตรงแนวนอน	19
4.4 ผลการ cross-correlation ของ เส้นตรงแนวนอน กับ เส้นตรงแนวนอน	19
4.5 ผลการ cross-correlation ของเลข 0 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 1)	20
4.6 ผลการ cross-correlation ของเลข 0 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 2)	20
4.7 ผลการ cross-correlation ของเลข 0 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 3)	21
4.8 ผลการ cross-correlation ของเลข 0 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 4)	21
4.9 ผลการ cross-correlation ของเลข 0 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 5)	21
4.10 ผลการ cross-correlation ของเลข 1 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 1)	22
4.11 ผลการ cross-correlation ของเลข 1 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 2)	22
4.12 ผลการ cross-correlation ของเลข 1 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 3)	23
4.13 ผลการ cross-correlation ของเลข 1 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 4)	23
4.14 ผลการ cross-correlation ของเลข 1 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 5)	23
4.15 ผลการ cross-correlation ของเลข 2 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 1)	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.87	ผลการ cross-correlation ของเลข 6 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 2)	52
4.88	ผลการ cross-correlation ของเลข 6 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 3)	53
4.89	ผลการ cross-correlation ของเลข 6 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 4)	53
4.90	ผลการ cross-correlation ของเลข 6 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 5)	53
4.91	ผลการ cross-correlation ของเลข 7 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 1)	54
4.92	ผลการ cross-correlation ของเลข 7 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 2)	54
4.93	ผลการ cross-correlation ของเลข 7 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 3)	55
4.94	ผลการ cross-correlation ของเลข 7 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 4)	55
4.95	ผลการ cross-correlation ของเลข 7 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 5)	55
4.96	ผลการ cross-correlation ของเลข 8 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 1)	56
4.97	ผลการ cross-correlation ของเลข 8 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 2)	56
4.98	ผลการ cross-correlation ของเลข 8 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 3)	57
4.99	ผลการ cross-correlation ของเลข 8 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 4)	57
4.100	ผลการ cross-correlation ของเลข 8 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 5)	57
4.101	ผลการ cross-correlation ของเลข 9 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 1)	58
4.102	ผลการ cross-correlation ของเลข 9 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 2)	58
4.103	ผลการ cross-correlation ของเลข 9 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 3)	59
4.104	ผลการ cross-correlation ของเลข 9 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 4)	59
4.105	ผลการ cross-correlation ของเลข 9 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 5)	59
4.106	เส้น NVL ตัดตัวเลข 0	63
4.107	เส้น NVL ตัดตัวเลข 1	64
4.108	เส้น NVL ตัดตัวเลข 2	64
4.109	เส้น NVL ตัดตัวเลข 3	65
4.110	เส้น NVL ตัดตัวเลข 4	65
4.111	เส้น NVL ตัดตัวเลข 5	66
4.112	เส้น NVL ตัดตัวเลข 6	66
4.113	เส้น NVL ตัดตัวเลข 7	67
4.114	เส้น NVL ตัดตัวเลข 8	67
4.115	เส้น NVL ตัดตัวเลข 9	68
4.116	เส้น FVL ตัดตัวเลข 0	68
4.117	เส้น FVL ตัดตัวเลข 1	69
4.118	เส้น FVL ตัดตัวเลข 2	69
4.119	เส้น FVL ตัดตัวเลข 3	70
4.120	เส้น FVL ตัดตัวเลข 4	70
4.121	เส้น FVL ตัดตัวเลข 5	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.122 เส้น FVL ตัดตัวเลข 6	71
4.123 เส้น FVL ตัดตัวเลข 7	72
4.124 เส้น FVL ตัดตัวเลข 8	72
4.125 เส้น FVL ตัดตัวเลข 9	73
4.126 เส้น NHL ตัดตัวเลข 0	73
4.127 เส้น NHL ตัดตัวเลข 1	74
4.128 เส้น NHL ตัดตัวเลข 2	74
4.129 เส้น NHL ตัดตัวเลข 3	75
4.130 เส้น NHL ตัดตัวเลข 4	75
4.131 เส้น NHL ตัดตัวเลข 5	76
4.132 เส้น NHL ตัดตัวเลข 6	77
4.133 เส้น NHL ตัดตัวเลข 7	76
4.134 เส้น NHL ตัดตัวเลข 8	77
4.135 เส้น NHL ตัดตัวเลข 9	77
4.136 เส้น FHL ตัดตัวเลข 0	78
4.137 เส้น FHL ตัดตัวเลข 1	78
4.138 เส้น FHL ตัดตัวเลข 2	79
4.139 เส้น FHL ตัดตัวเลข 3	79
4.140 เส้น FHL ตัดตัวเลข 4	80
4.141 เส้น FHL ตัดตัวเลข 5	80
4.142 เส้น FHL ตัดตัวเลข 6	81
4.143 เส้น FHL ตัดตัวเลข 7	81
4.144 เส้น FHL ตัดตัวเลข 8	82
4.145 เส้น FHL ตัดตัวเลข 9	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อ	คำอธิบาย
NVL	Near vertical line
NHL	Near horizontal line
FVL	Far vertical line
FHL	Far horizontal line



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการประมวลผลภาพได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ซึ่งนอกจากจะใช้ในงานวิจัยและการตรวจสอบวัตถุ แผนภาพ ลายมือ แม้กระทั่งการแพทย์ก็ยังมี การประยุกต์ใช้งานการประมวลผลภาพกันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งยังสามารถประยุกต์เกี่ยวกับการจัดเก็บ ไฟล์ภาพได้ เช่น JPEG, PNG เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อทำการศึกษาทฤษฎีและคณิตศาสตร์เบื้องต้นของ digital image processing
- 1.2.2 เพื่อทำเทคนิคทางการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบตัวเลข
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการใช้งาน โปรแกรม Matlab

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 สามารถวิเคราะห์ตรวจสอบแยกตัวเลขได้

1.4 ขั้นตอนการวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาทฤษฎีทาง digital image processing
- 1.4.2 ศึกษาวิธีการใช้โปรแกรม Matlab
- 1.4.3 เก็บข้อมูลตัวเลข
- 1.4.4 ใช้เทคนิคทาง image processing ในการตัดแยก ภาพต่างๆเป็นหมวดหมู่ และได้ค่า เฉพาะของแต่ละเลข
- 1.4.5 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์
- 1.4.6 สรุปผลการทดลอง

ตารางที่ 1.1

แผนการดำเนินงาน	พ. ย.	ธ. ค.	ม. ค.	ก. พ.	มี. ค.	เม. .ย.	พ. ค.
1.เสนอโครง							
2.ศึกษาข้อมูล							
3.เก็บข้อมูลตัวเลข							
4.ทดลอง บันทึกผลและสรุปผล							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถนำความรู้ไปต่อยอดโดยนำ real time system เข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อให้มีความรวดเร็วมากขึ้นได้

1.5.2 เข้าใจทฤษฎี ทางการประมวลผลภาพและนำไปต่อยอดในวิชาต่างๆได้

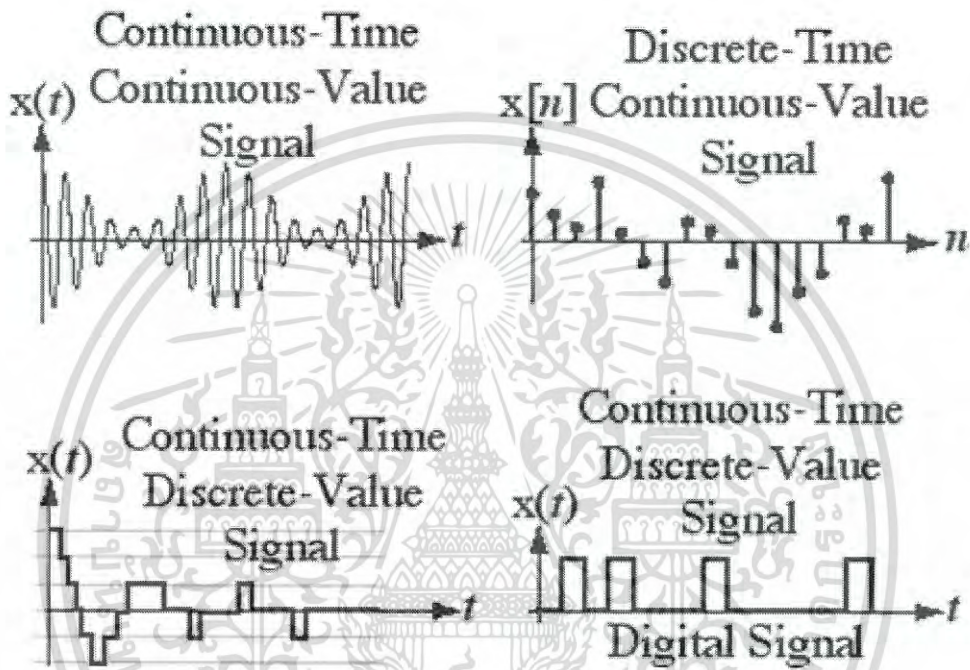


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 ภาพดิจิทัลในเชิงคณิตศาสตร์

2.1.1 ชนิดของสัญญาณไฟฟ้า



รูปที่ 2.1 ชนิดของสัญญาณ

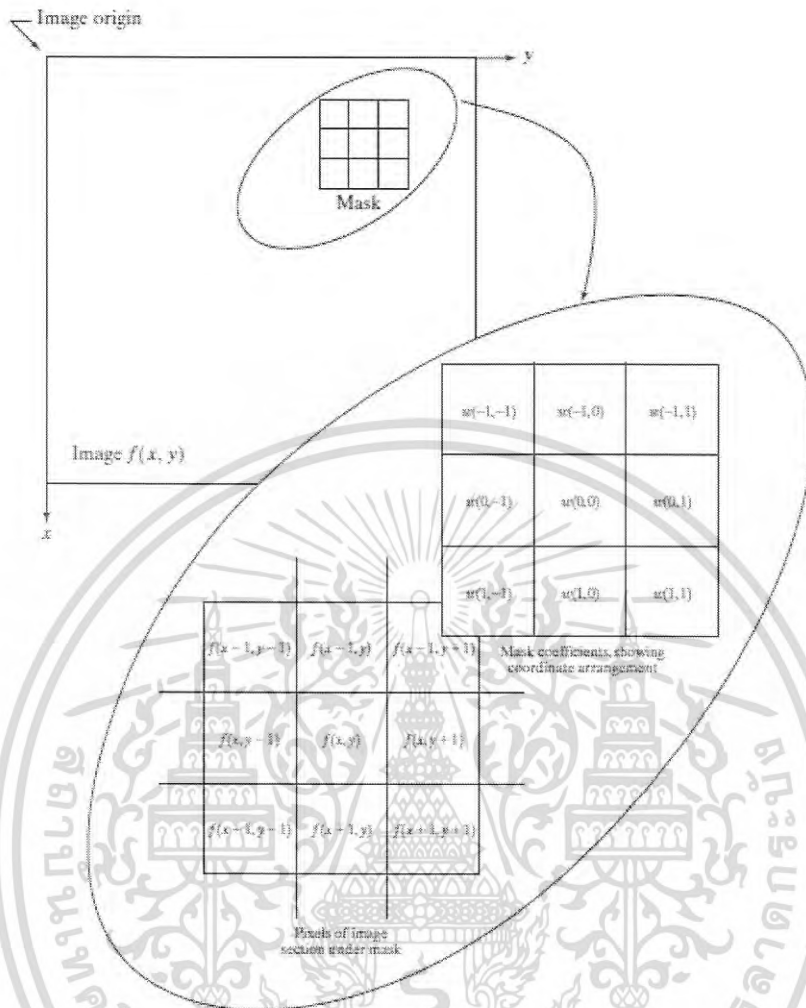
ที่มา: <http://www.doesystem.com/Doesystem/img/intosignal3.jpg>

โดยทั่วไปแล้วสัญญาณไฟฟ้าทุกรูปแบบจะถูก plot อยู่ใน 2 แกนคือ แกน Y ซึ่งเป็น amplitude และ แกน X ซึ่งเป็นเวลา ซึ่งชนิดสัญญาณที่ขึ้นกับแกนทั้ง 2 แบบ นี้มีดังต่อไปนี้ สัญญาณแบบต่อเนื่องหรือ continuous-time signal เป็นสัญญาณที่มีค่า amplitude ในทุกค่าของแกนเวลา ซึ่งสัญญาณแบบต่อเนื่องมีอยู่สองชนิดได้แก่ สัญญาณอนาลอก และสัญญาณดิจิทัล ส่วนสัญญาณที่มีเวลาไม่ต่อเนื่อง หรือ discrete-time signal ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีเวลาไม่ต่อเนื่องและเป็นสัญญาณที่เกิดจากการ sampling สัญญาณอนาลอก ให้มีความคล้ายคลึงกับตัวสัญญาณจริงมากที่สุด

2.1.2 Digital image processing

Digital image processing หรือ การประมวลผลภาพดิจิทัล คือ discrete time signal ที่ plot แกน amplitude เทียบกับ แกนสองแกนคือ แกน x และ แกน y ซึ่งค่า amplitude ในที่นี้คือค่า intensity ต่างๆของภาพที่นำมาประมวลผล โดยเราจะเรียกค่า amplitude ว่า quantize เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนูญ เตเห็นาไปใช้บะเยชชานการค้ำไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 Spatial domain และฟิสิกเซล



รูปที่ 2.2 spatial domain

ในทฤษฎีของการประมวลผลภาพนั้นจะมีที่เป็นพื้นที่เล็กๆซึ่งแบ่งออกเป็นช่องสี่เหลี่ยมเล็กๆนำมาเรียงกันต่อเนื่องทั้งแกน x และ y ซึ่งเราเรียกขอบเขตเหล่านี้ว่า spatial domain เราจะเรียกสี่เหลี่ยมเล็กๆนี้ว่า pixel หรือ picture element ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

$$g(x,y) = T[f(x,y)]$$

โดยกำหนดให้ $g(x,y)$ = output image
 $f(x,y)$ = input image
 T = Transformation operator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 รูปดิจิทัลที่แสดงโดยเมตริกซ์

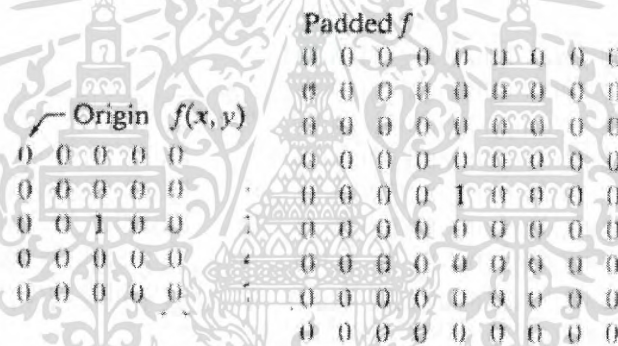
$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & \dots & a_{0,N-1} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & \dots & a_{1,N-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{M-1,0} & a_{M-1,1} & \dots & a_{M-1,N-1} \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.3 Digital image ที่แสดงด้วยเมตริกซ์

โดยปกติแล้วภาพจะถูกบอกตำแหน่งด้วย pixel แต่ยังสามารถแสดงรูปภาพเป็นเมตริกซ์ได้โดยจะอ้างอิงจุดในภาพโดยอาศัย row กับ column

2.1.5 Padding

Padding คือการเพิ่มขนาดให้กับรูปภาพซึ่ง intensity ของรูปภาพ



รูปที่ 2.4 Padding

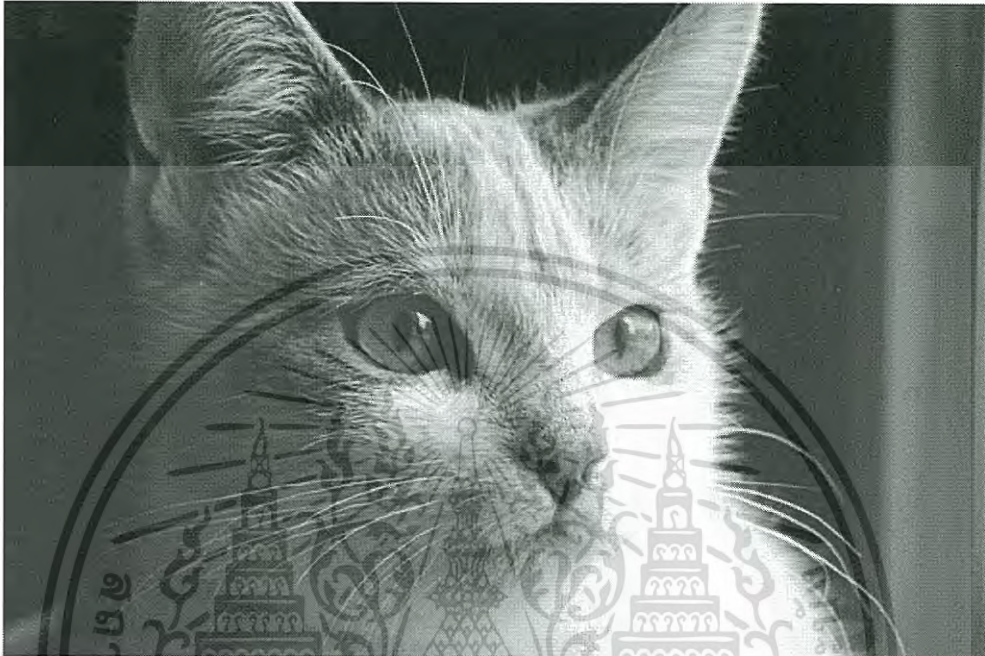
2.1.6 Binary image



รูปที่ 2.5 Binary image

Binary image หรือ ภาพขาว-ดำ เป็นภาพที่มีค่า quantize เพียงสองค่าคือ 0 (สีดำ) และ 1 (สีขาว)

2.1.7 Grey scale image



รูปที่ 2.6 Grey scale image

ที่มา : <http://static1.squarespace.com/static/502aaa24c4aab556e90782ef/t/50c20798e4b04b98bce28624/1354893209527/grayscale.jpg>

Gray scale image คือภาพที่มีระดับ quantize เท่ากับ 8bit หรือมี quantize level เท่ากับ 256(0 ถึง 255) ซึ่ง ไล่จาก 0(สีดำ) ไปยัง 1(สีขาว)

2.1.8 Cross-correlation และค่า correlation coefficient

Cross-correlation หรือ Spatial Cross-correlation เป็นหนึ่งในเทคนิคในการประมวลผลภาพซึ่งเป็นเทคนิค ที่นำส่วนใดส่วนหนึ่งของภาพ (template) นำมาเป็น filter เพื่อใช้ในการหาจุดที่เหมือนกับภาพที่ตัดมาในภาพต้นฉบับ โดยผลลัพธ์จะออกมาเป็นกราฟและมีค่ามากที่สุดที่ รูป template ตรงกับ input image โดยแสดงด้วยสมการดังนี้

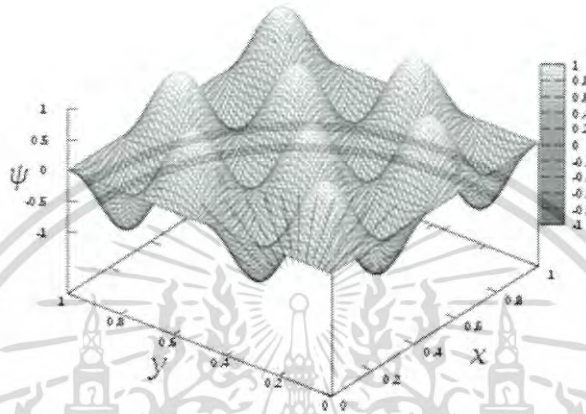
$$w(x, y) \star f(x, y) = \sum_{s=-\infty}^{\infty} \sum_{t=-\infty}^{\infty} f(s, t)w(x + s, y + t)$$

โดยผลลัพธ์ของการ cross-correlation คือค่า correlation coefficient ที่ plot กับ แกน x และ แกน y เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ภาพดิจิทัลในเชิงฟิสิกส์

2.2.1 Wave field

ในโมเดลทางคณิตศาสตร์มี spatial domain ที่มี function ขึ้นกับ intensity ของภาพ แต่ถ้าเป็นโมเดลทางฟิสิกส์นั้น spatial domain จะมีความต่อเนื่องในแกน x กับ y และไม่ได้ถูกถูกแบ่งออกเป็น pixel เหมือนกับ ใน โมเดลทางคณิตศาสตร์ ซึ่ง wave field จะใช้ตัวแปร $U(\mathbf{r},t)$ เป็น wave field ที่มีส่วนประกอบเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่ 2.7 ภาพตัวอย่าง Wave field ที่ขึ้นกับแกน x และ y

ที่มา : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6d/Particle2D.svg/320px-Particle2D.svg.png>

2.2.2 Fourier transform

Fourier transform หรือการแปลงฟูเรียร์ คือการแยกแยะองค์ประกอบต่างๆที่อยู่ใน domain หนึ่งๆไปองค์ประกอบใน frequency domain โดยสัญญาณที่จะนำมาทำการ Fourier transform นั้นต้องเป็นสัญญาณที่ไม่ periodic โดย Fourier transform นั้นจะมี algorithm ในการแปลงกลับ เรียกว่า inverse Fourier transform ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ดังสมการ

$$\text{FT}\{h(t)\} = H(f) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t)e^{-j2\pi ft} dt$$

$$\text{IFT}\{H(f)\} = h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} H(f)e^{j2\pi ft} df$$

2.2.3 สมการของ Helmholtz

Helmholtz equation เป็นสมการที่อธิบายถึงคลื่นที่เป็น non-dispersive wave ซึ่งเป็นคลื่นที่ไม่เปลี่ยนแปลงเฟสเมื่อคลื่นที่ไปในทิศต่างๆ ซึ่งแสดงตามสมการดังนี้

$$(\nabla^2 + k^2)U(\mathbf{r}) = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 Angular spectrum

Angular spectrum คือค่า ความถี่ต่างๆใน spatial frequency domain โดยที่ค่าเหล่านี้จะบ่งบอกถึงความชัดของภาพและความละเอียดของภาพในเฉพาะคลื่นที่ขึ้นกับสมการHelmholtz โดยแสดงได้ตามสมการนี้

$$A(f_x, f_y, 0) = \iint_{-\infty}^{\infty} U(x, y, 0) e^{-j2\pi(f_x x + f_y y)} dx dy$$

$$U(x, y, 0) = \iint_{-\infty}^{\infty} A(f_x, f_y, 0) e^{j2\pi(f_x x + f_y y)} df_x df_y$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในโครงงานนี้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน

3.1 ศึกษาทฤษฎีทางการประมวลผลภาพ

ทฤษฎีพื้นฐานของการประมวลผลภาพนั้นครอบคลุมไปถึงวิชาอื่นๆที่เกี่ยวข้องโดยตัวข้าพเจ้าเริ่มศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเป็นพื้นฐานของการประมวลผลภาพดังนี้

1. ทฤษฎีการประมวลผลสัญญาณ
2. ทฤษฎีการประมวลผลสัญญาณภาพและเรื่องอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

3.2 เตรียมข้อมูลตัวเลข และส่วนประกอบต่างๆ

1. เก็บข้อมูลภาพตัวเลขที่โดยสร้างข้อมูลตัวเลขด้วยโปรแกรม photoshop ซึ่งขนาดที่กำหนดของพื้นที่ในการวาดตัวเลขที่กำหนดคือ 50x50 pixel ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าต้องพยายามเขียนตัวเลขให้เต็มพื้นที่ 50x50 pixel ซึ่งสีของพื้นหลังจะให้สีของพื้นหลังเป็นสีขาวและสีที่ใช้วาดเป็นสีดำและเซฟภาพในรูปแบบของ JPG

2. สร้าง template ของการ cross-correlation โดยสร้างเส้นตรงยาว และเส้นตรงขวางลากยาวจากขอบบนถึงขอบล่าง และขอบซ้ายถึงขอบขวาตามลำดับ

3. ทำการ Pad เพื่อให้ตัวเลขต่างๆที่เขียนไว้ด้วย ภาพขนาด 100x100 pixel

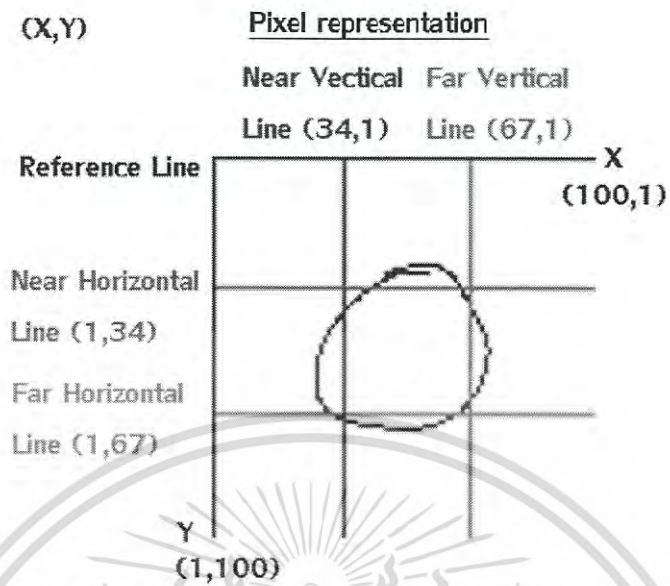
3.3 ทำการวิเคราะห์ภาพด้วยโปรแกรม Matlab

3.3.1 ขั้นตอนวิเคราะห์ภาพด้วยวิธี cross-correlation

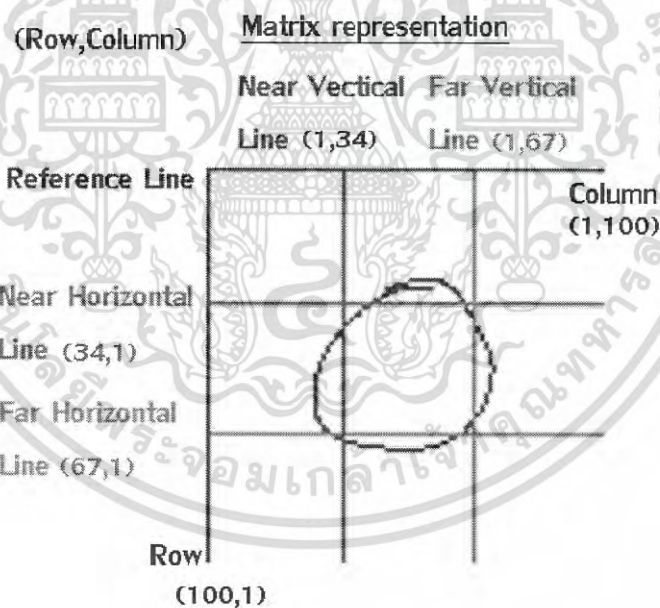
1. ทำการวิเคราะห์ภาพโดยใช้เทคนิค cross-correlation เพื่อทำการหาค่าเฉพาะของตัวเลขต่างๆ โดยใช้ template เป็น รูปเส้นแนวตั้ง และ รูปเส้นแนวนอน ที่มีขนาด 50x50 pixel นำไปทำการ cross-correlate กับ ภาพตัวเลขที่ทำการ pad ไว้แล้ว และจะทำแบบเดียวกันกับ ภาพเส้นตรงและเส้นแนวนอนที่ทำการ pad ไว้แล้ว เพื่อทำเป็น reference

2. โดยหลังจากเสร็จการ cross-correlation เมื่อ plot กราฟสามมิติ เทียบกับ pixel แล้ว ในแกน Z จะเป็นค่าของ correlation coefficient ซึ่งถ้ามีค่าใด เกินกว่า 0.5 จะเรียกว่า True ถ้าต่ำกว่า 0.5 จะเรียกว่า Fault ซึ่งจะนำไปใช้ในการตัดสินใจต่อไป

3.3.2 ขั้นตอนวิเคราะห์ภาพด้วยวิธีของ intersection



รูปที่ 3.1 ภาพเส้นทั้ง 4 เมื่ออ้างอิงด้วย pixel



รูปที่ 3.2 ภาพเส้นทั้ง 4 เมื่ออ้างอิงด้วย matrix

1. นำภาพตัวเลขที่นำมาแปลงเป็นภาพ binary
2. ใช้เทคนิค intersection ซึ่งเป็นเทคนิคในการลากเส้นตรงและเส้นแนวนอนเพื่อหาจุดตัดบนตัว

เลข โดยมีแนวคิดดังต่อไปนี้แบ่งพื้นที่เป็นสามส่วนทั้งแกน x และ y โดยนำความยาวและความกว้างมาหารสาม กำหนดให้ binary image มี สีดำเป็น 1 และสีขาวเป็น 0 จากนั้นถ้าสีดำซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

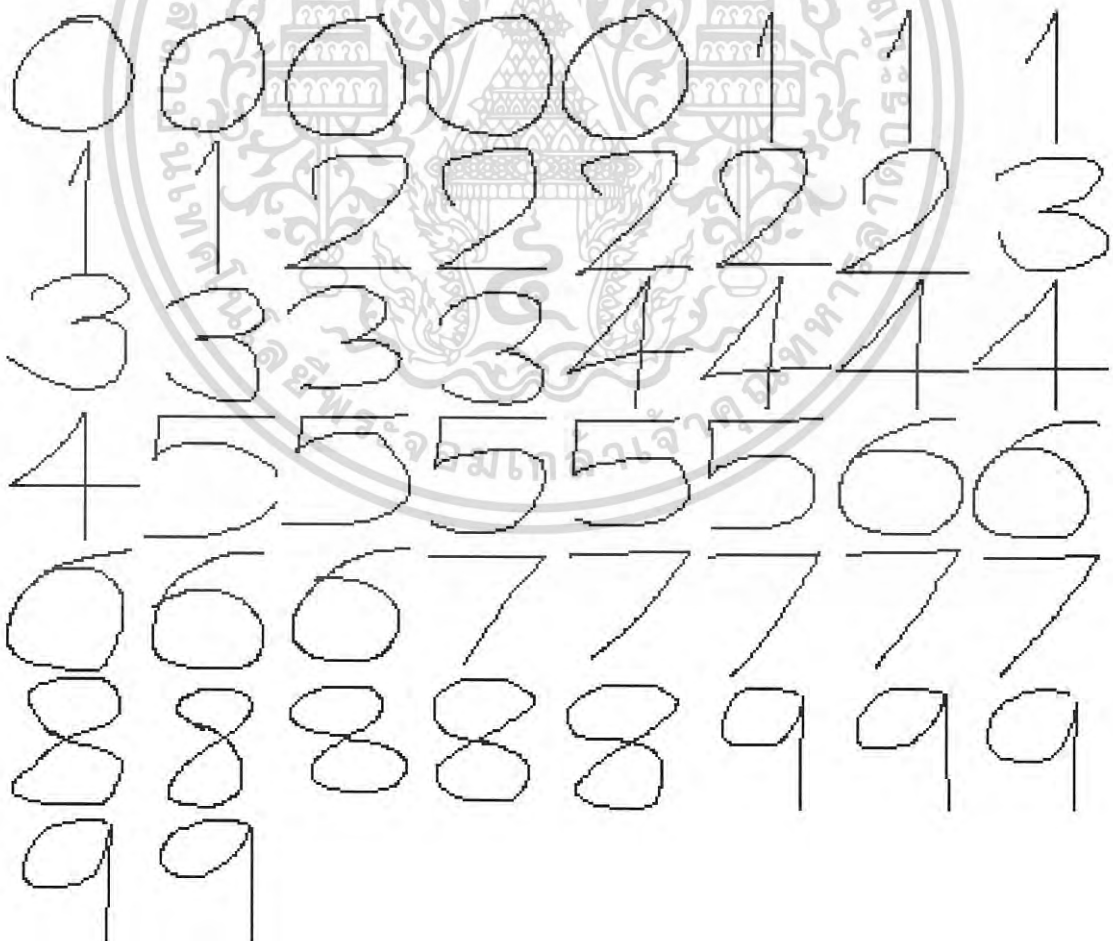
เป็น 1 มาคูณกับ pixel ที่ว่างๆ ให้เป็นเส้นๆ ก็เหมือนกับเป็นการขีดเส้นลงไปโดยถ้านำเส้นไปขีดใน ระยะที่กำหนดไว้ก็จะได้จุดตัดต่างๆ ในรูป

- near horizontal line(NHL) ลากจากจุด $X=1, Y=34$ ถึง $X=100, Y=34$ ซึ่งเมื่อแสดงโดย matrix(ซึ่งแสดงเป็น row และ column) จะเท่ากับ row ที่ 34 กับ column ที่ 1 ถึง 100
- far horizontal line(FHL) ลากจากจุด $X=1, Y=67$ ถึง $X=100, Y=67$ ซึ่งเมื่อแสดงโดย matrix(ซึ่งแสดงเป็น row และ column) จะเท่ากับ row ที่ 67 กับ column ที่ 1 ถึง 100
- near vertical line(NVL) ลากจากจุด $X=34, Y=1$ ถึง $X=34, Y=100$ ซึ่งเมื่อแสดงโดย matrix(ซึ่งแสดงเป็น row และ column) จะเท่ากับ row ที่ 1 ถึง 100 กับ column ที่ 34
- far vertical line(FVL) ลากจากจุด $X=67, Y=1$ ถึง $X=67, Y=100$ ซึ่งเมื่อแสดงโดย matrix(ซึ่งแสดงเป็น row และ column) จะเท่ากับ row ที่ 1 ถึง 100 กับ column ที่ 67

ผลที่ได้คือเส้นที่ตัดผ่านตัวเลขจะมีจุดที่ทับกับตัวเลข

3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน

3.4.1 ภาพตัวเลขขนาด 50x50 pixel



รูปที่ 3.3 ภาพตัวเลข ที่ยังไม่ได้ทำ padding

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ภาพตัวเลขที่ผ่านการทำ padding

ภาพตัวเลขที่ผ่านการทำ padding มีขนาด 100x100 pixel



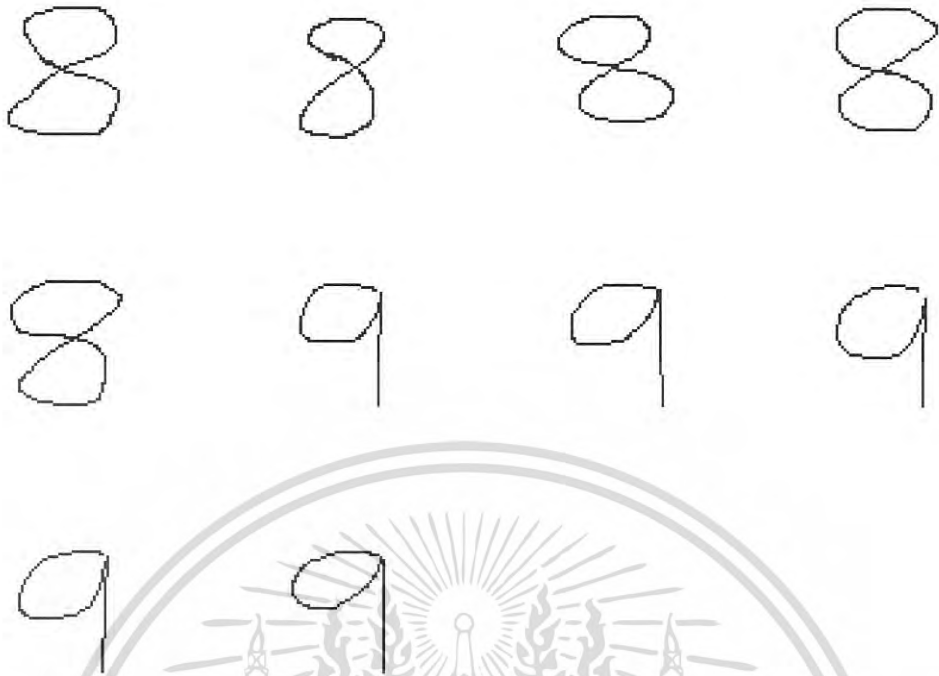
รูปที่ 3.4 ภาพตัวเลข 1-3 ที่ผ่านการทำ padding

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ภาพตัวเลข 5-7 ที่ผ่านการทำ padding

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ภาพตัวเลข 8-9 ที่ผ่านการทำ padding

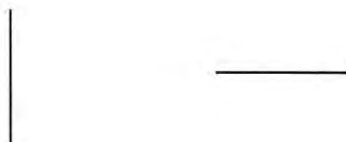
3.4.3 ภาพ Template



รูปที่ 3.7 ภาพ Template

3.4.4 ภาพ Template ที่ผ่านการทำ padding

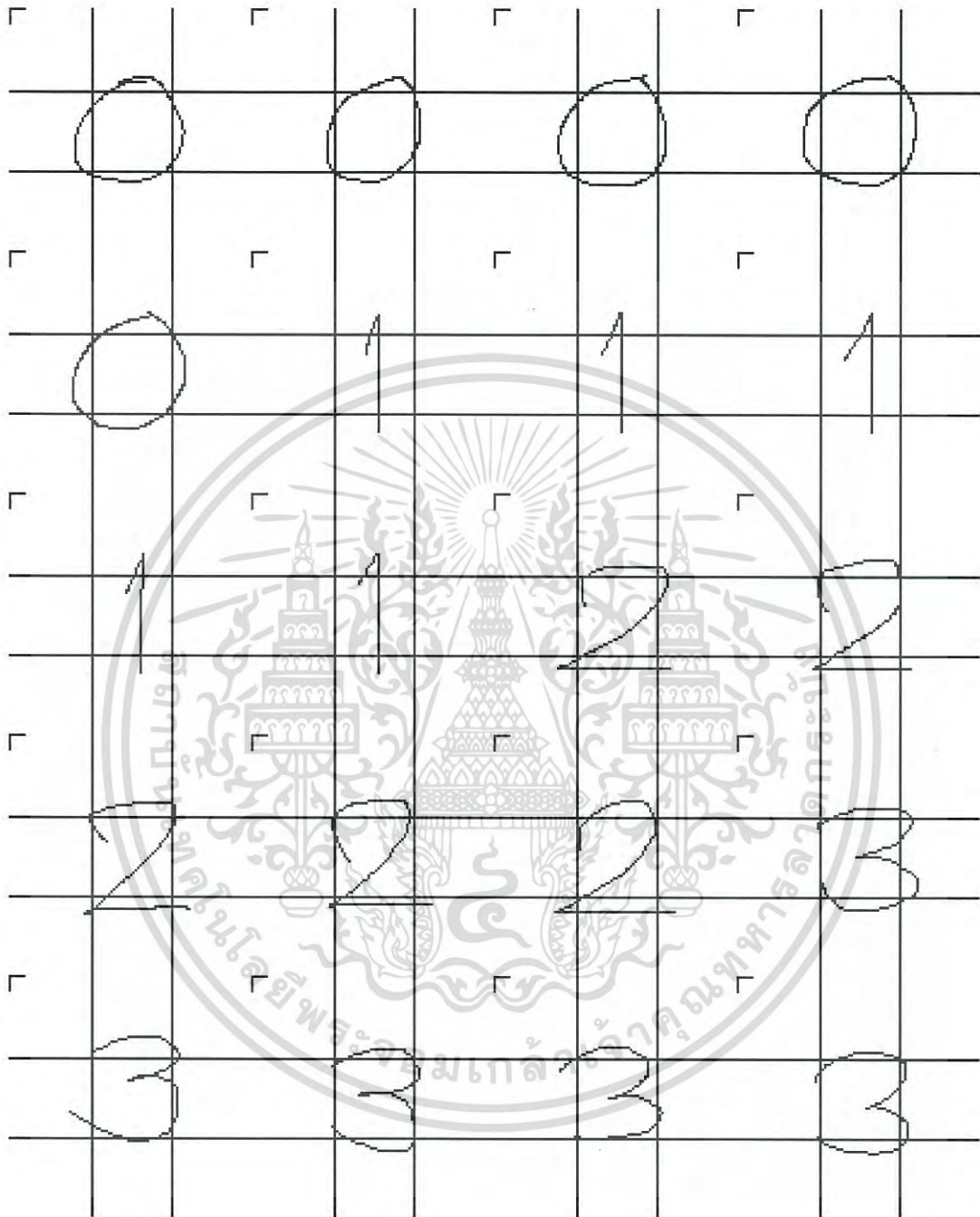
ภาพ Template ที่ผ่านการทำ padding ผ่านการทำ padding เป็นขนาด 100x100 pixel



รูปที่ 3.8 ภาพ Template ที่ผ่านการทำ padding

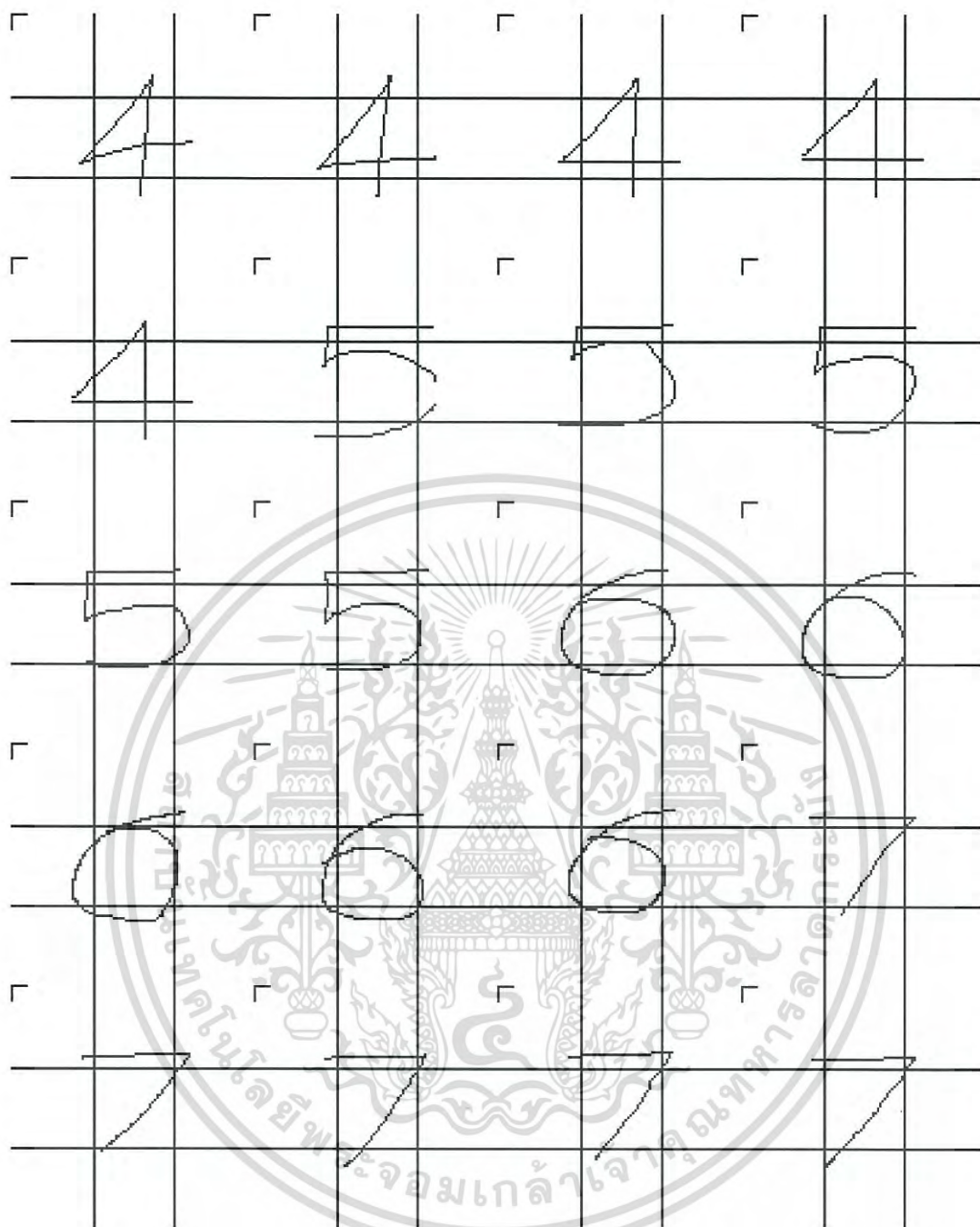
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 ภาพตัวเลขที่ใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์



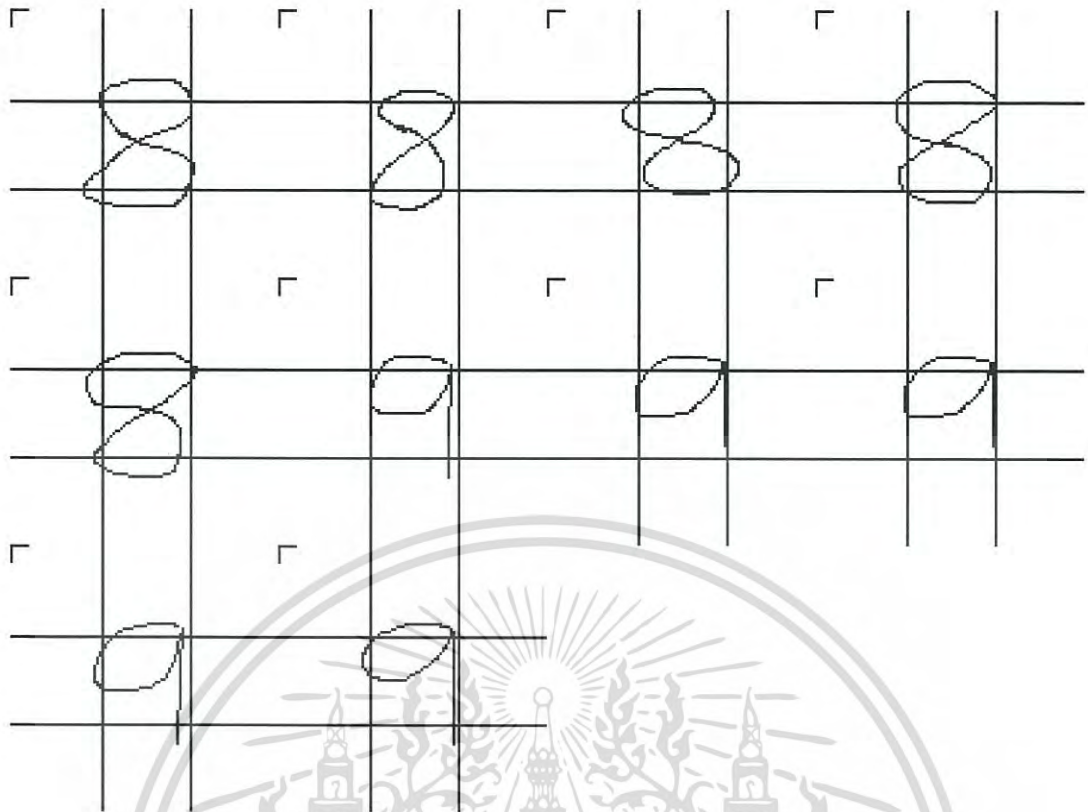
รูปที่ 3.9 ภาพตัวเลข 0-3 ที่ผ่านการใช้วิธีของ intersection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ภาพตัวเลข 4-7 ที่ผ่านการใช้วิธีของ intersection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ภาพตัวเลข 8-9 ที่ผ่านการใช้วิธีของ intersection

3.4.6 โปรแกรม Matlab



MATLAB

รูปที่ 3.12 โปรแกรม Matlab

3.4.7 โปรแกรม Photoshop



รูปที่ 3.14 โปรแกรม Photoshop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

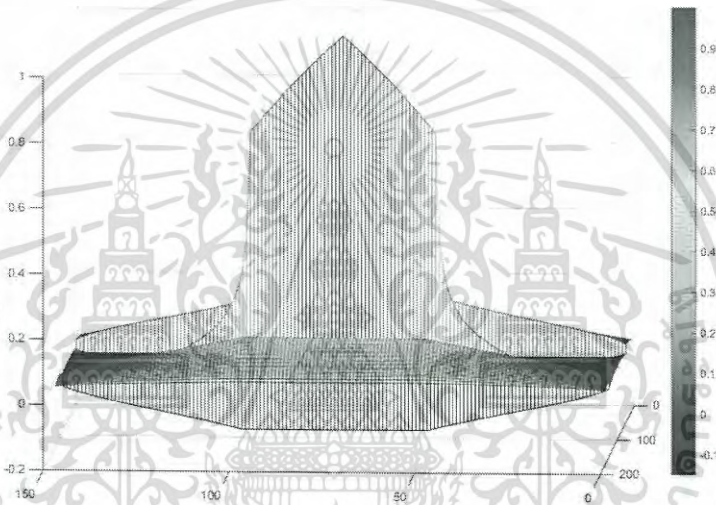
บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

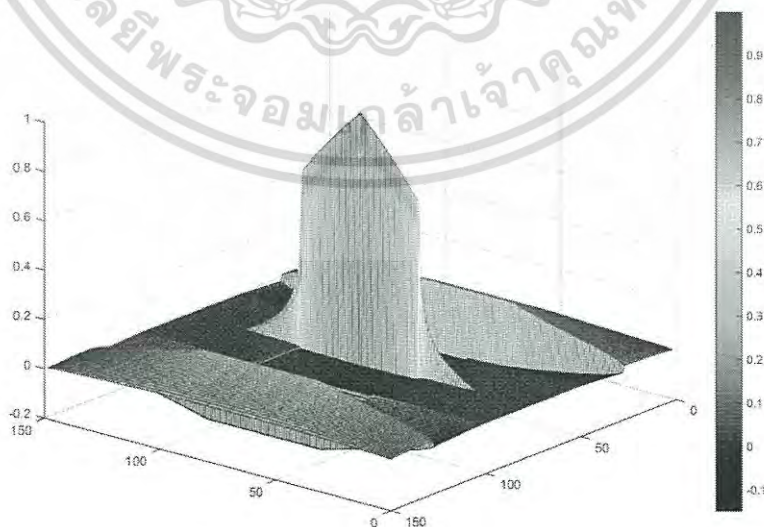
4.1 ผลการทดลองการวิเคราะห์ภาพโดยใช้เทคนิค cross-correlation

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ เส้น ตรงแนวตั้งที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวตั้ง เพื่อสร้าง reference สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้มีความคล้ายคลึงกับรูปแบบ 100% จึงได้ค่า correlation coefficient = 1 ตรงส่วนที่มีความเหมือนกับ template พอดี



รูปที่ 4.1 ผลการ cross-correlation ของเส้นตรง กับ template เส้นตรงแนวตั้ง

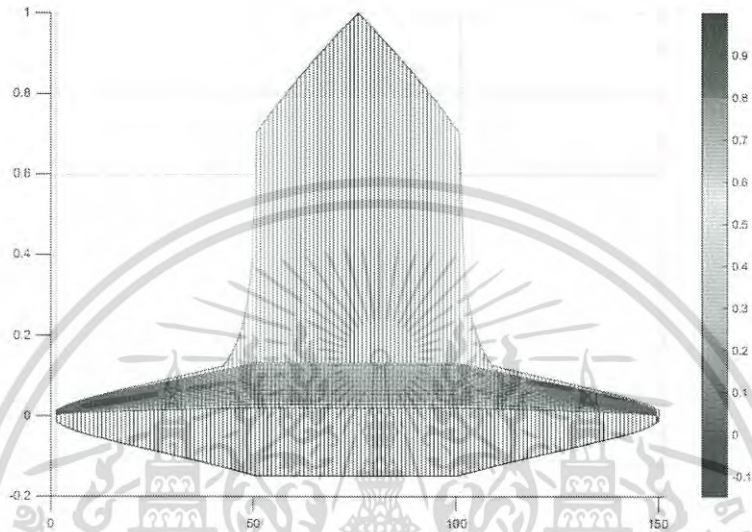


รูปที่ 4.2 ผลการ cross-correlation ของ เส้นตรงนอน กับ template เส้นตรงนอน

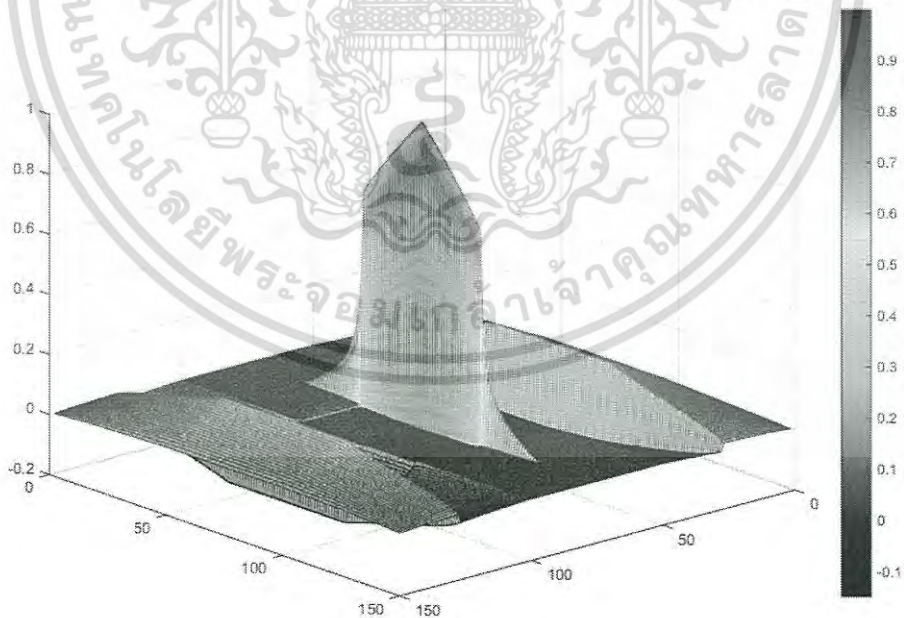
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ เส้นตรงแนวนอนที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวนอน เพื่อสร้าง reference สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้มีความคล้ายคลึงกับรูปแบบ 100% จึงได้ค่า correlation coefficient = 1 ตรงส่วนที่มีความเหมือนกับ template พอดี



รูปที่ 4.3 ผลการ cross-correlation ของ เส้นตรงแนวนอน กับ เส้นตรงแนวนอน



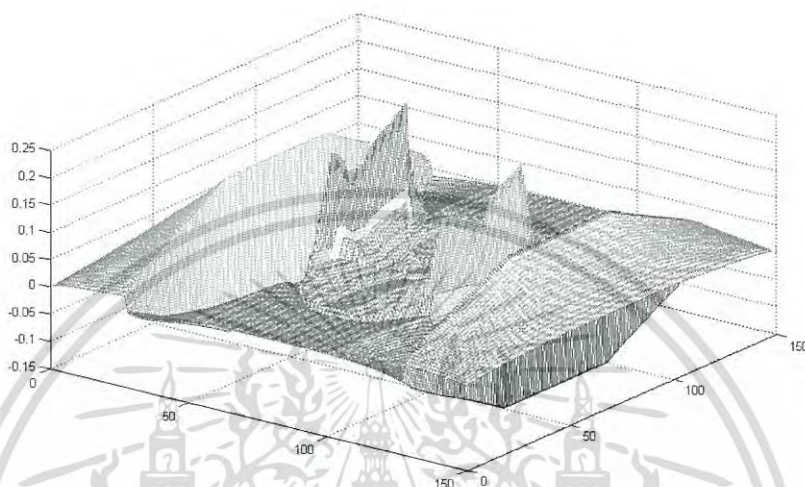
รูปที่ 4.4 ผลการ cross-correlation ของ เส้นตรงแนวนอน กับ เส้นตรงแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

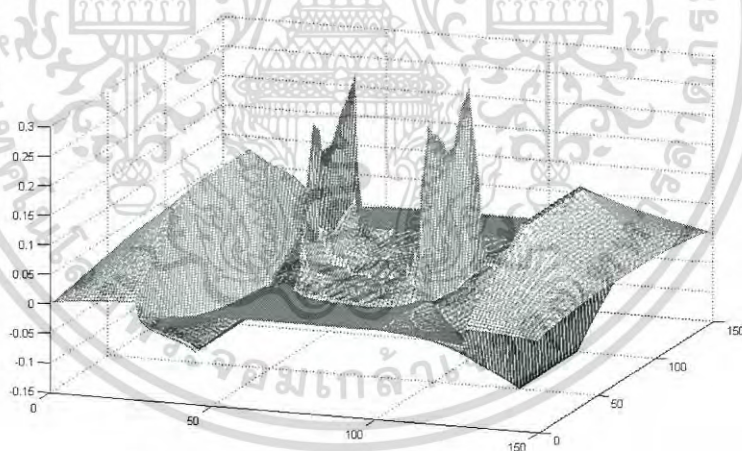
ผลการทดลองต่อไปนี้จะใช้ตัวเลขในหน้า 16-18 ตามลำดับจากซ้ายไปขวา และบนลงล่าง

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 0 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวตั้งโดยทดลองทั้งหมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข 0 นั้นแทบจะไม่มีเส้นตรงแนวตั้งอยู่เลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient ไม่ถึง 0.5 ทำให้ค่า ทั้ง 5 ค่านั้น เป็น fault

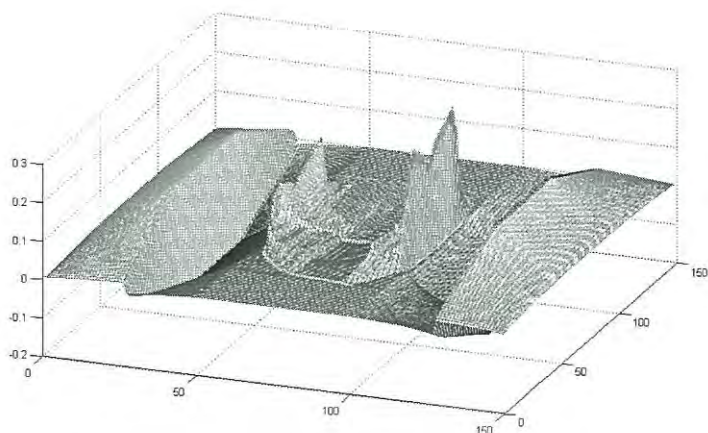


รูปที่ 4.5 ผลการ cross-correlation ของเลข 0 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 1)

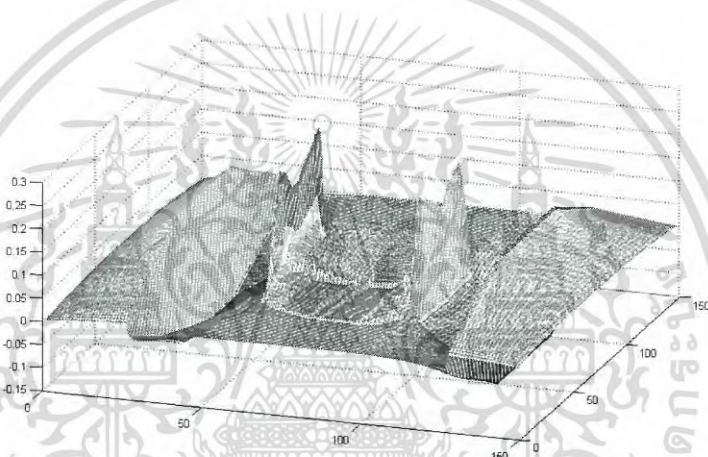


รูปที่ 4.6 ผลการ cross-correlation ของเลข 0 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 2)

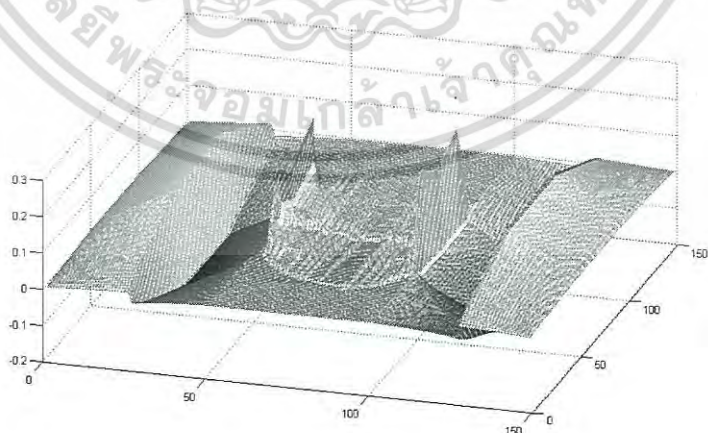
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ผลการ cross-correlation ของเลข 0 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 3)



รูปที่ 4.8 ผลการ cross-correlation ของเลข 0 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 4)

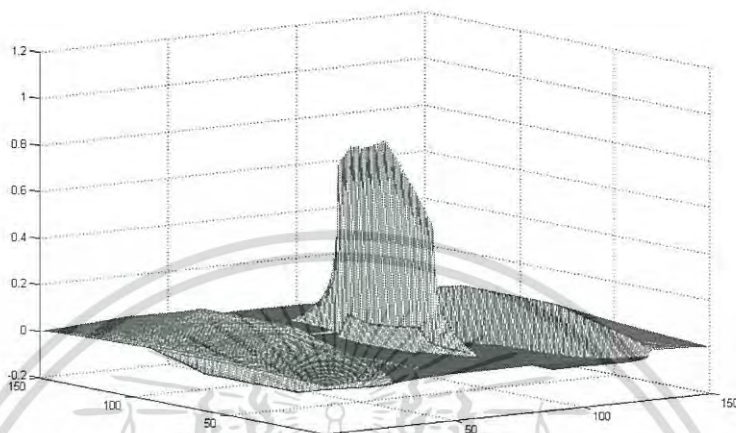


รูปที่ 4.9 ผลการ cross-correlation ของเลข 0 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 5)

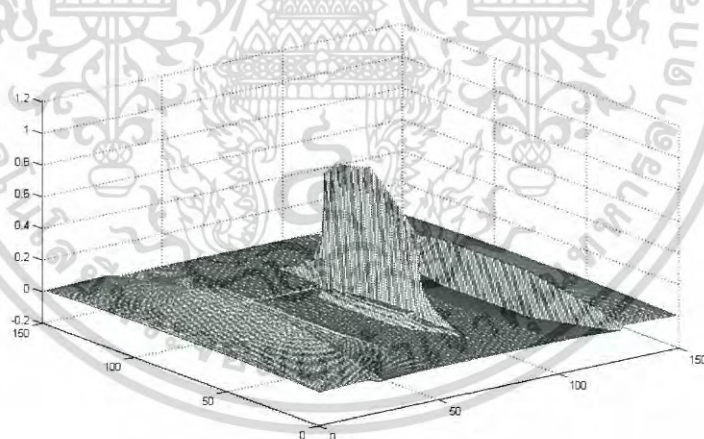
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 1 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวตั้งโดยทดลองทั้ง หมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข 1 นั้นแทบจะไม่มีเส้นตรงแนวตั้งอยู่เลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient มากกว่า 0.5 ทำให้ค่า ทั้ง 5 ค่านั้น เป็น true

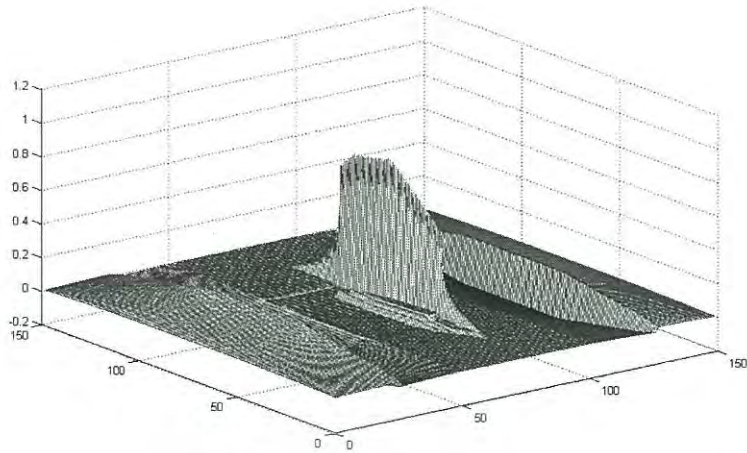


รูปที่ 4.10 ผลการ cross-correlation ของเลข 1 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 1)

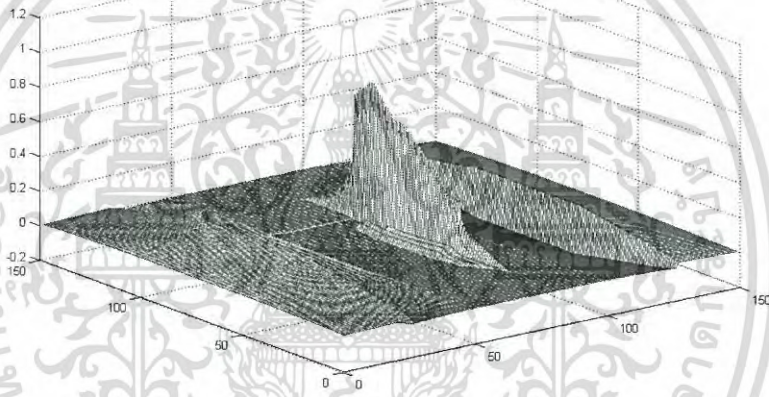


รูปที่ 4.11 ผลการ cross-correlation ของเลข 1 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 2)

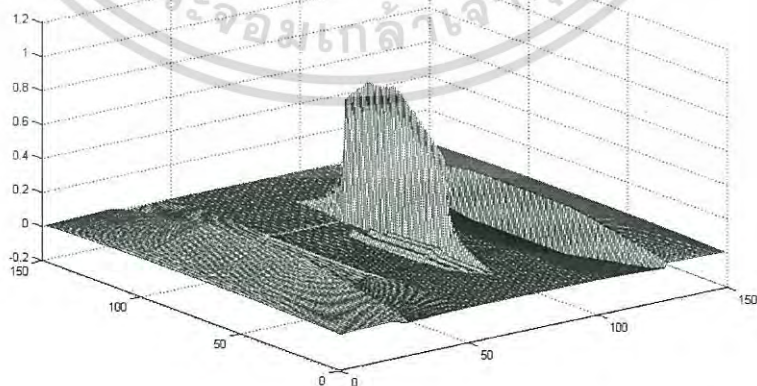
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ผลการ cross-correlation ของเลข 1 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 3)



รูปที่ 4.13 ผลการ cross-correlation ของเลข 1 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 4)

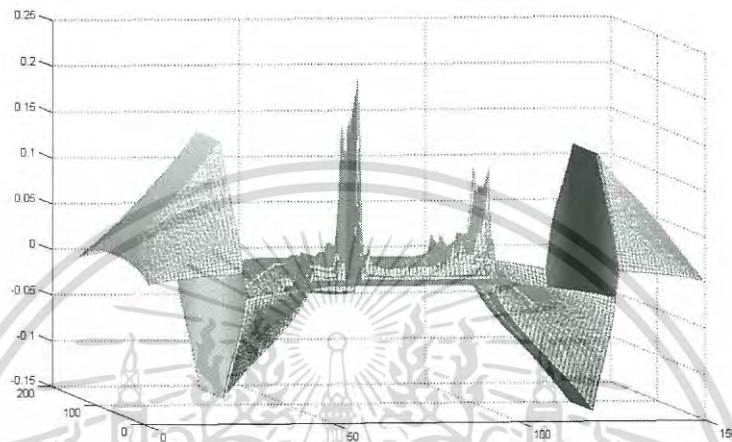


รูปที่ 4.14 ผลการ cross-correlation ของเลข 1 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 5)

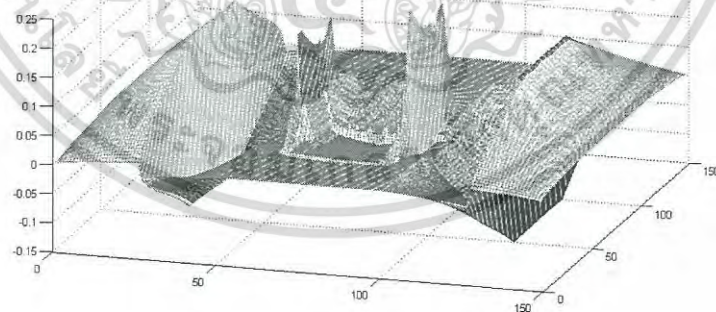
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 2 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวตั้งโดยทดลองทั้งหมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข 2 นั้นแทบจะไม่มีเส้นตรงแนวตั้งอยู่เลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient ต่ำกว่า 0.5 ทำให้ค่า ทั้ง 5 ค่า นั้น เป็น Fault

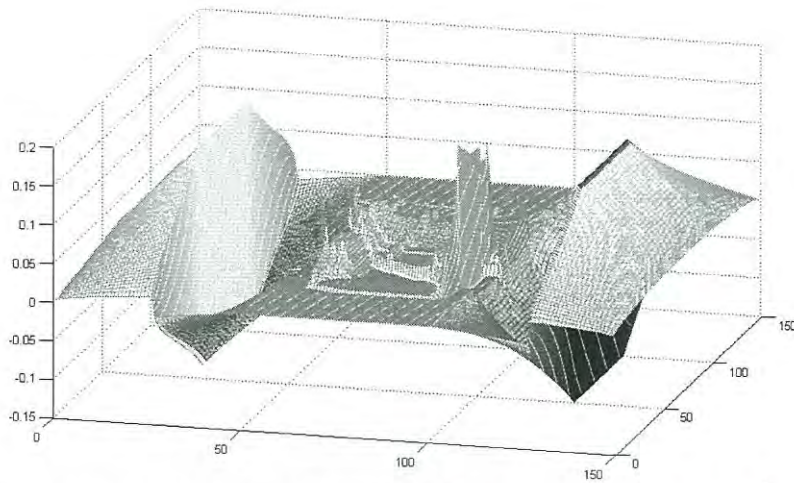


รูปที่ 4.15 ผลการ cross-correlation ของเลข 2 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 1)

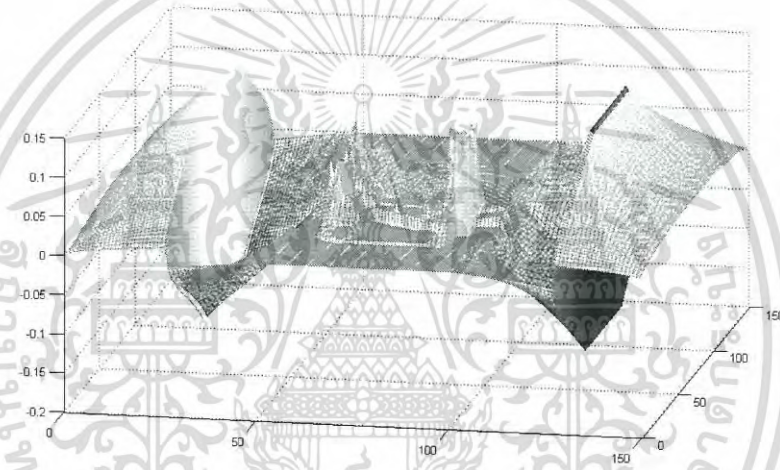


รูปที่ 4.16 ผลการ cross-correlation ของเลข 2 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 2)

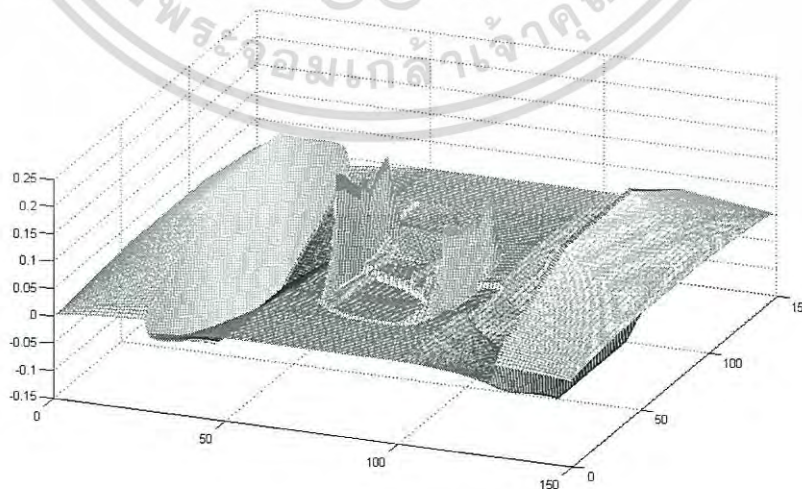
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 ผลการ cross-correlation ของเลข 2 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 3)



รูปที่ 4.18 ผลการ cross-correlation ของเลข 2 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 4)

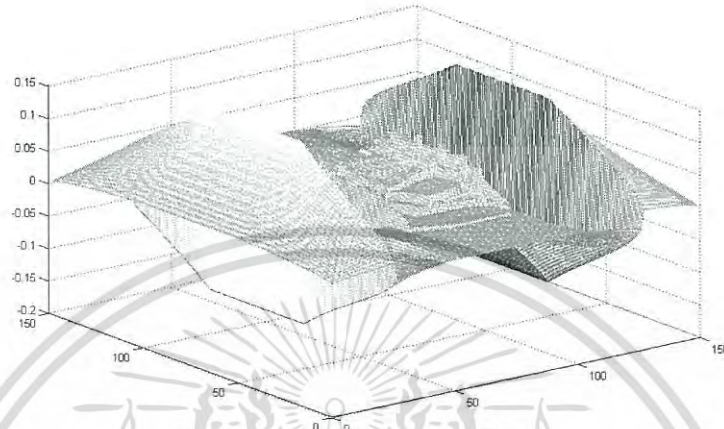


รูปที่ 4.19 ผลการ cross-correlation ของเลข 2 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 5)

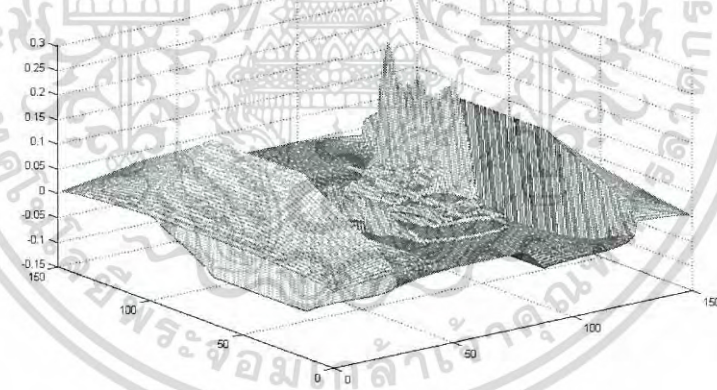
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 3 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวตั้งโดยทดลองทั้งหมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข 3 นั้นแทบจะไม่มีเส้นตรงแนวตั้งอยู่เลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient ต่ำกว่า 0.5 ทำให้ค่า ทั้ง 5 ค่านั้น เป็น Fault

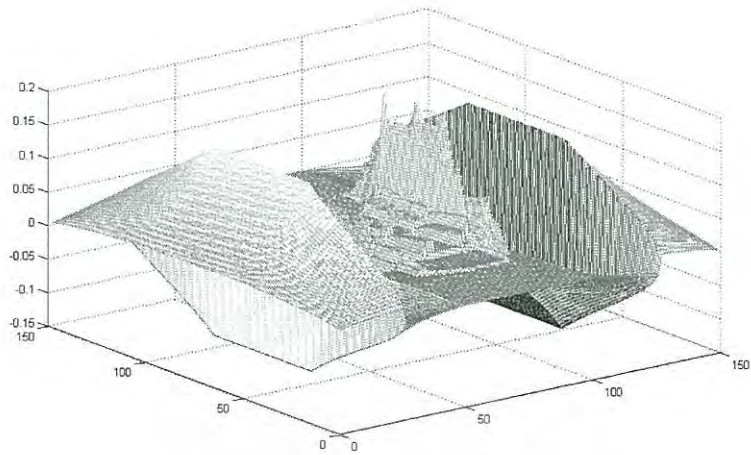


รูปที่ 4.20 ผลการ cross-correlation ของเลข 3 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 1)

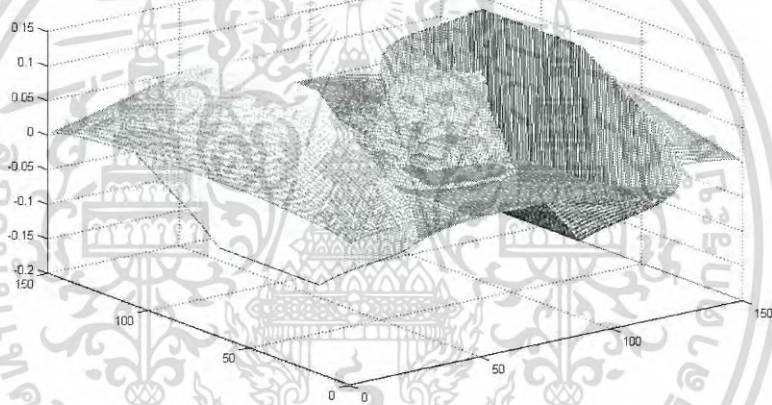


รูปที่ 4.21 ผลการ cross-correlation ของเลข 3 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 2)

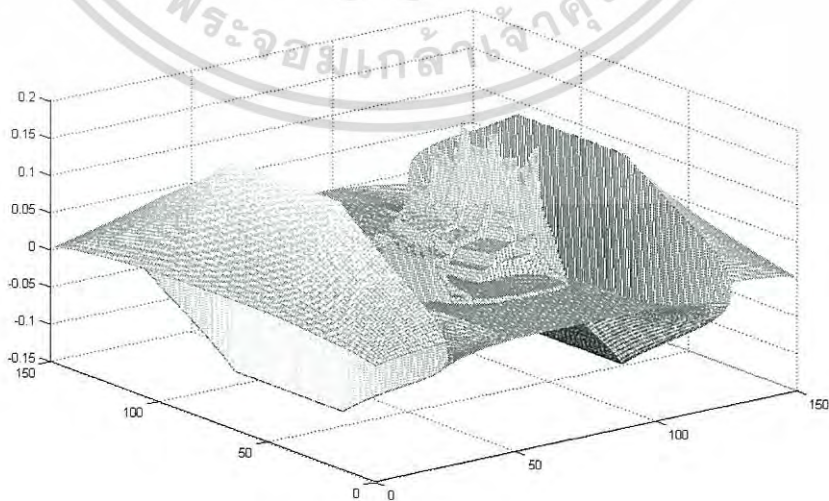
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 ผลการ cross-correlation ของเลข 3 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 3)



รูปที่ 4.23 ผลการ cross-correlation ของเลข 3 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 4)

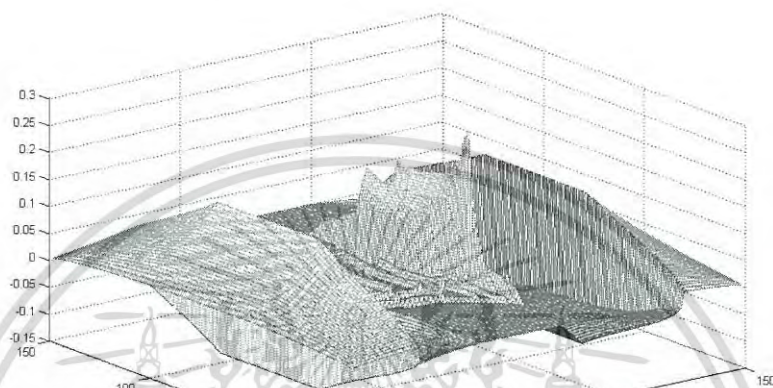


รูปที่ 4.24 ผลการ cross-correlation ของเลข 3 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 5)

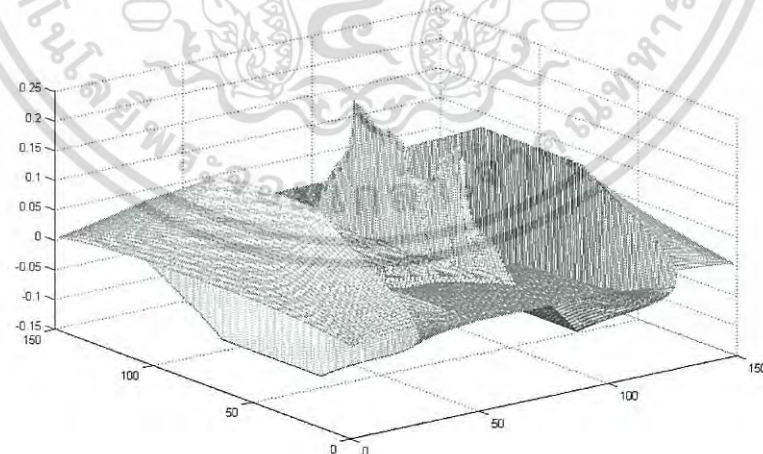
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังเว็บไซต์อื่น การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 4 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวตั้งโดยทดลองทั้งหมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

โดยทั่วไปของเลข 4 ที่มีความเป็น linear นั้นจะมีเส้นตรงอยู่สองเส้นคือเส้นตรงแนวนอนและเส้นตรงแนวตั้ง แต่ถ้าใน sample มีความเป็น non-linear ก็จะทำให้ได้ค่า correlation coefficient ต่ำ ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่าค่า correlation coefficient ต่ำกว่า 0.5 อยู่ 3 ค่า และสูงกว่าอยู่ 2 ค่า หรือก็คือ True = 2 Fault = 3

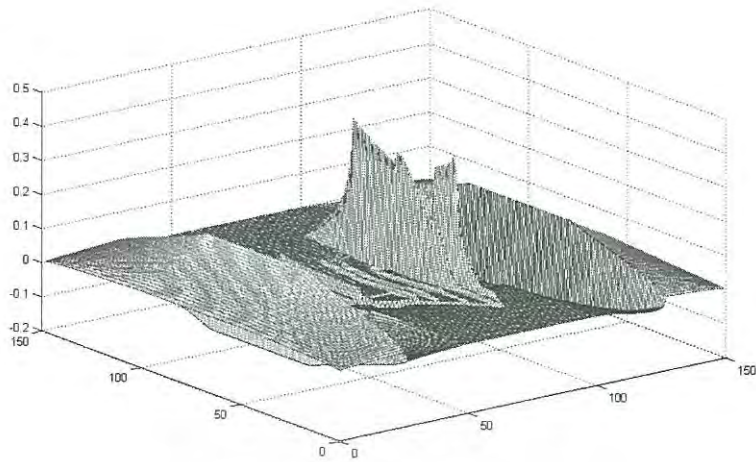


รูปที่ 4.25 ผลการ cross-correlation ของเลข 4 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 1)

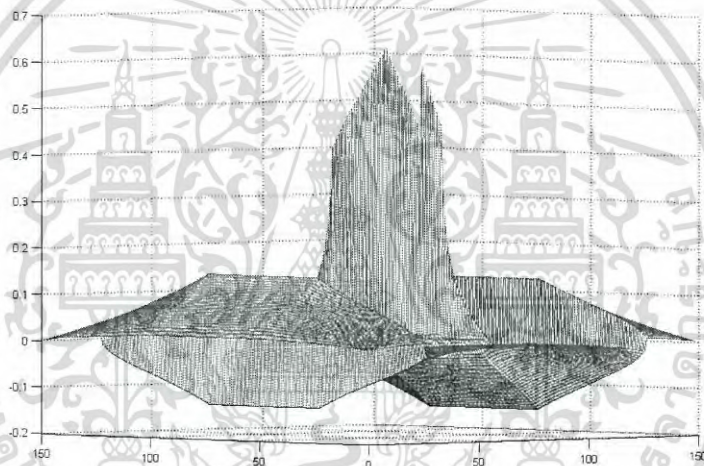


รูปที่ 4.26 ผลการ cross-correlation ของเลข 4 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 2)

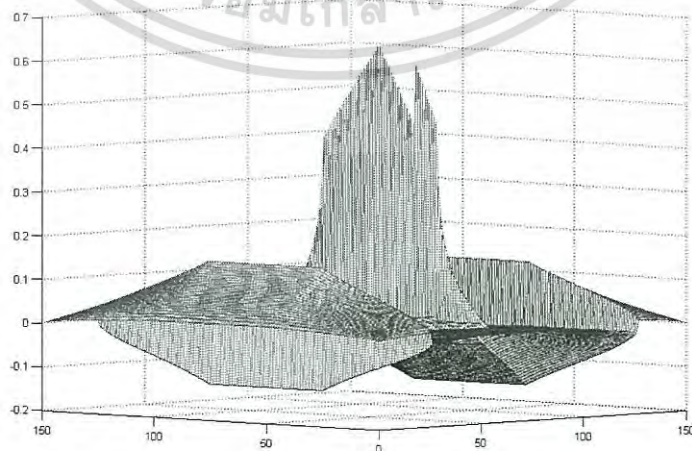
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 ผลการ cross-correlation ของเลข 4 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 3)



รูปที่ 4.28 ผลการ cross-correlation ของเลข 4 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 4)

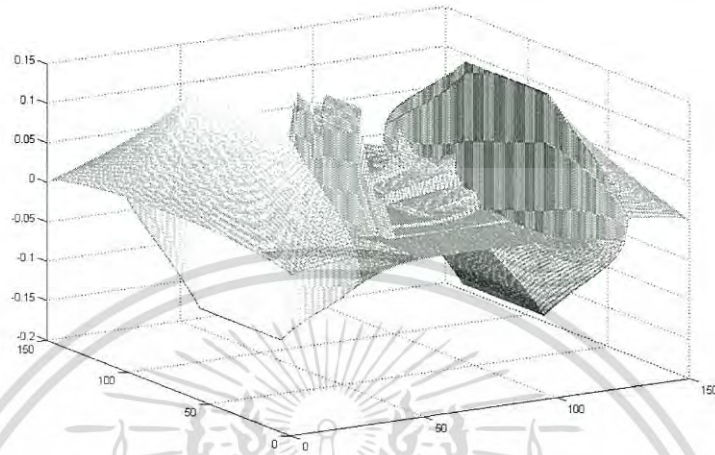


รูปที่ 4.29 ผลการ cross-correlation ของเลข 4 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 5)

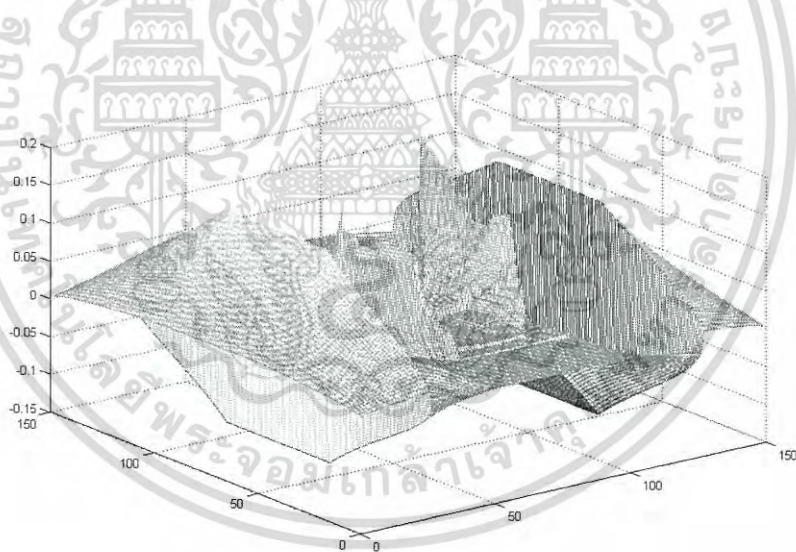
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 5 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวตั้งโดยทดลองทั้ง หมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข 5 นั้นแทบจะไม่มีเส้นตรงแนวตั้งอยู่เลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient ต่ำกว่า 0.5 ทำให้ค่า ทั้ง 5 ค่านั้น เป็น Fault

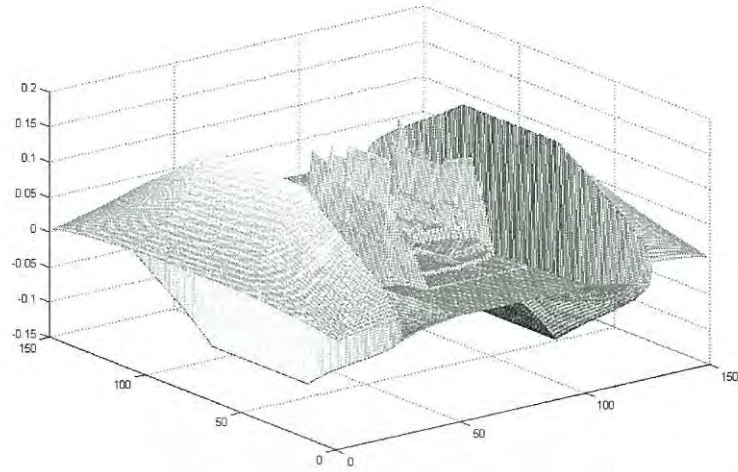


รูปที่ 4.30 ผลการ cross-correlation ของเลข 5 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 1)

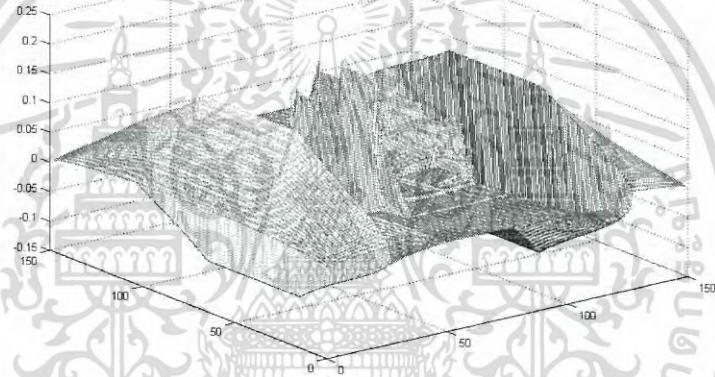


รูปที่ 4.31 ผลการ cross-correlation ของเลข 5 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 2)

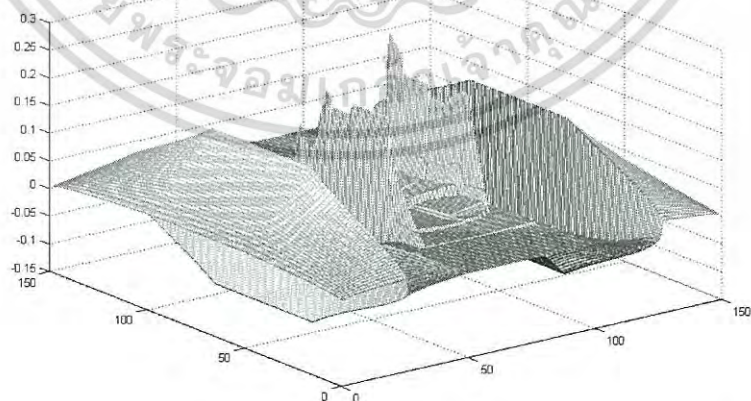
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 ผลการ cross-correlation ของเลข 5 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 3)



รูปที่ 4.33 ผลการ cross-correlation ของเลข 5 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 4)

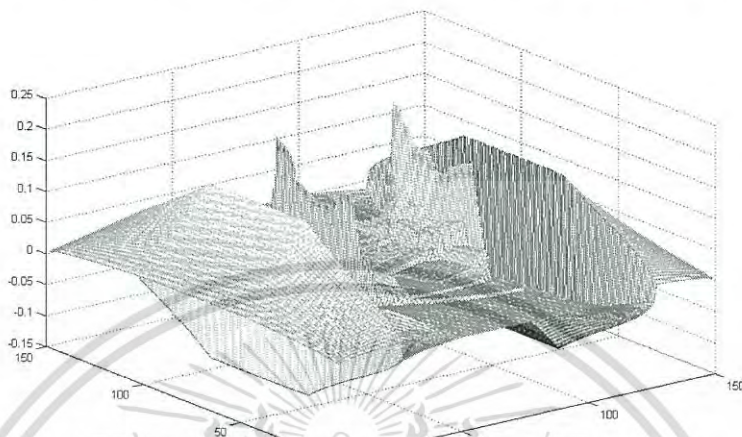


รูปที่ 4.34 ผลการ cross-correlation ของเลข 5 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 5)

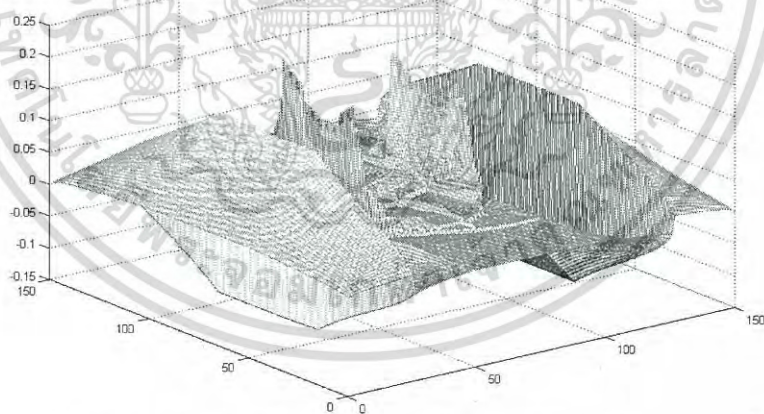
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 6 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวตั้งโดยทดลองทั้ง หมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข 6 นั้นแทบจะไม่มีเส้นตรงแนวตั้งอยู่เลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient ต่ำกว่า 0.5 ทำให้ค่า ทั้ง 5 ค่านั้น เป็น Fault

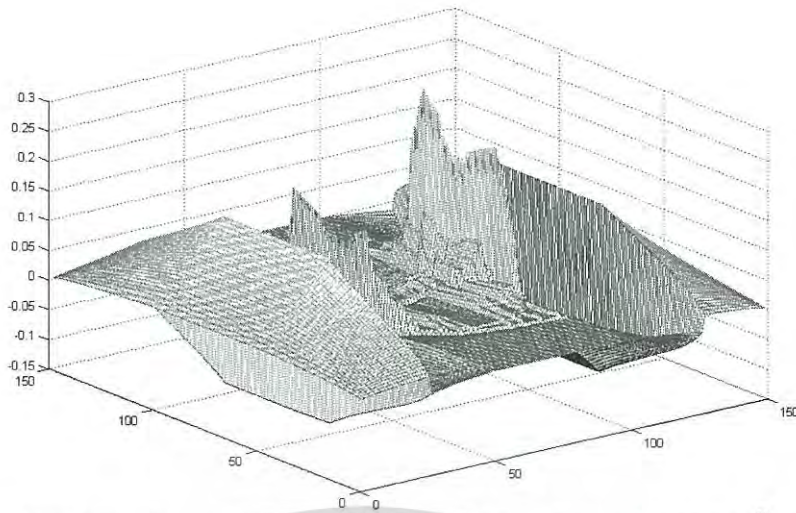


รูปที่ 4.35 ผลการ cross-correlation ของเลข 6 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 1)

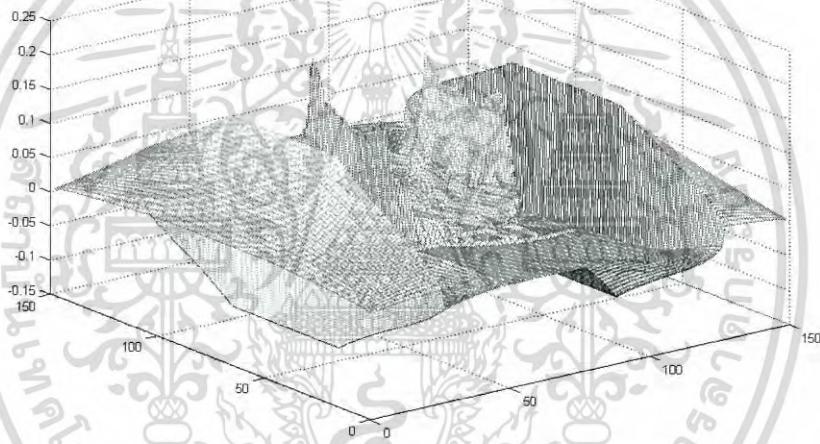


รูปที่ 4.36 ผลการ cross-correlation ของเลข 6 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 2)

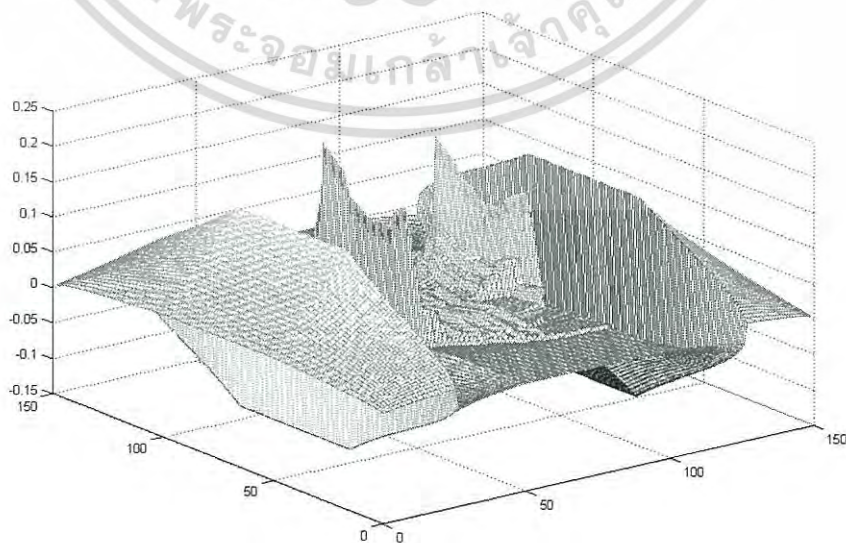
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.37 ผลการ cross-correlation ของเลข 6 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 3)



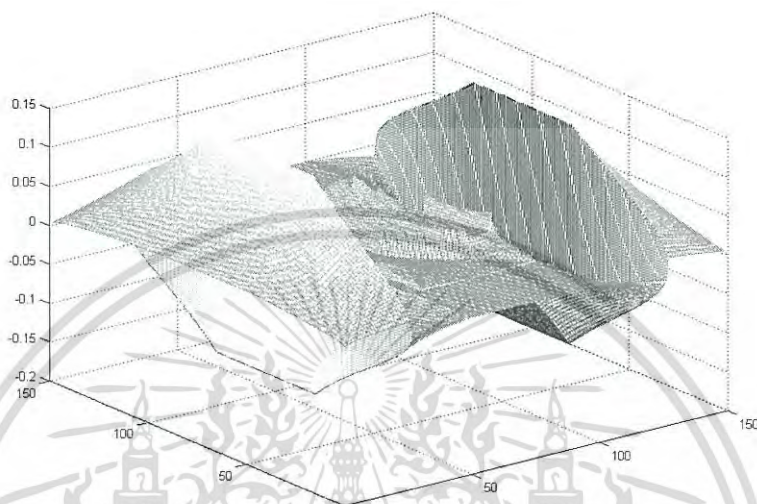
รูปที่ 4.38 ผลการ cross-correlation ของเลข 6 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 4)



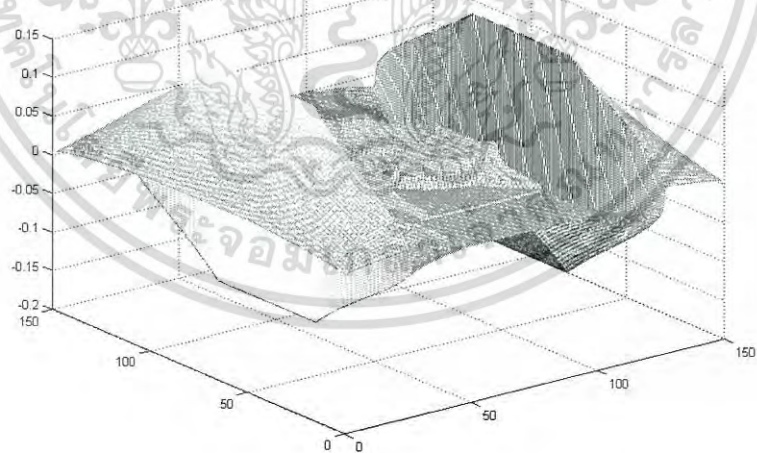
เอกสารนี้เป็นรูปที่ 4.39 ผลการ cross-correlation ของเลข 6 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 5) การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 7 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวตั้งโดยทดลองทั้ง หมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข 7 นั้นแทบจะไม่มีเส้นตรงแนวตั้ง อยู่เลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient ต่ำกว่า 0.5 ทำให้ค่า ทั้ง 5 ค่านั้น เป็น Fault

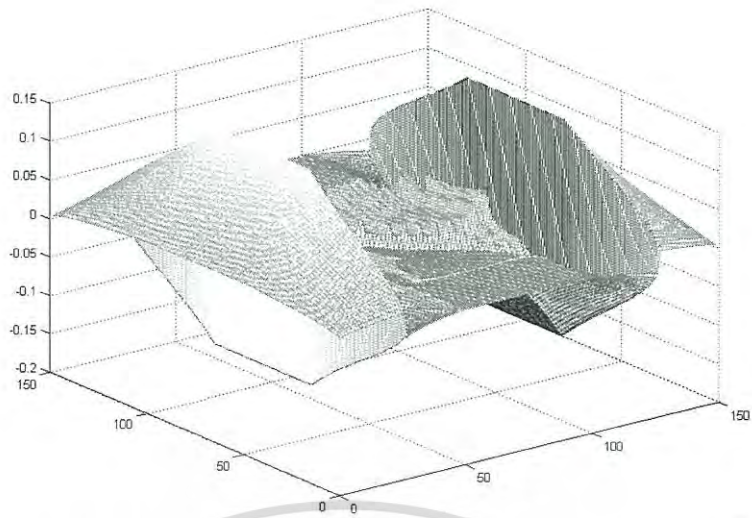


รูปที่ 4.40 ผลการ cross-correlation ของเลข 7 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 1)

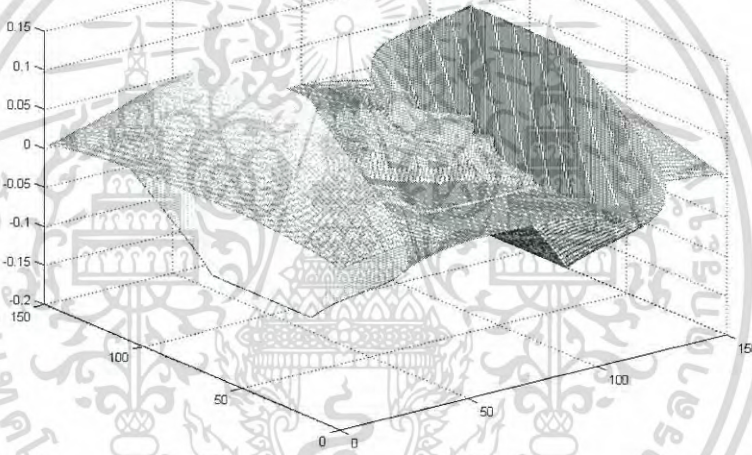


รูปที่ 4.41 ผลการ cross-correlation ของเลข 7 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 2)

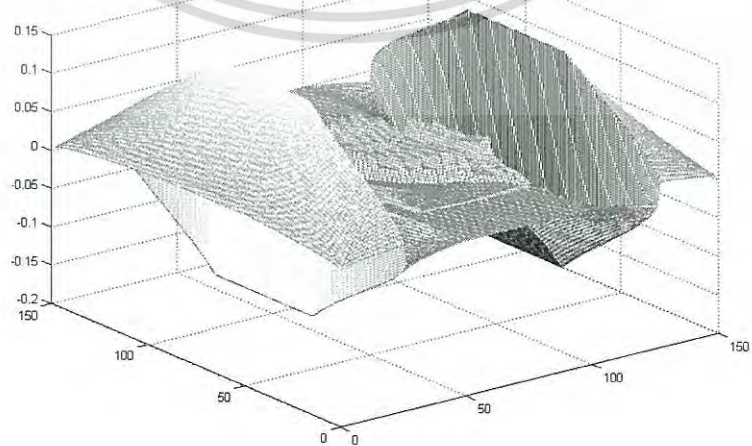
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.42 ผลการ cross-correlation ของเลข 7 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 3)



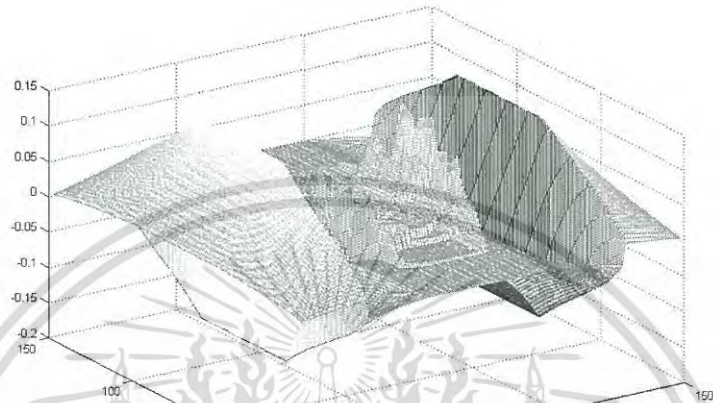
รูปที่ 4.43 ผลการ cross-correlation ของเลข 7 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 4)



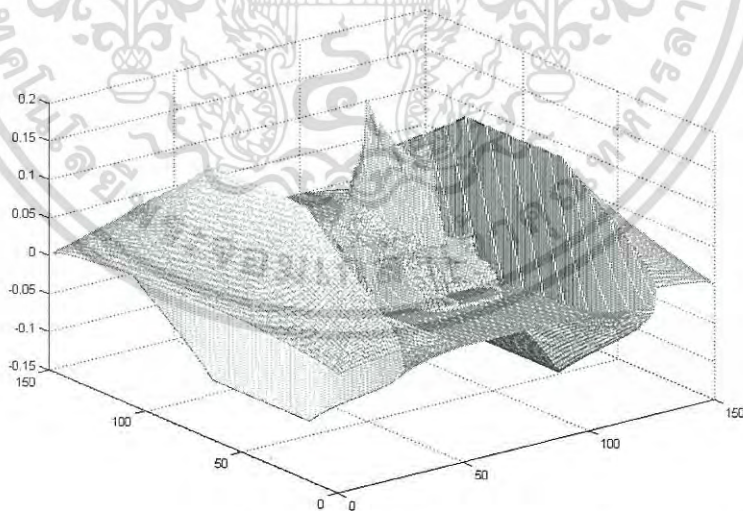
เอกสารนี้เป็นรูปที่ 4.44 ผลการ cross-correlation ของเลข 7 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 5) การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 8 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวตั้งโดยทดลองทั้งหมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข 8 นั้นแทบจะไม่มีเส้นตรงแนวตั้ง อยู่เลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient ต่ำกว่า 0.5 ทำให้ค่า ทั้ง 5 ค่านั้น เป็น Fault

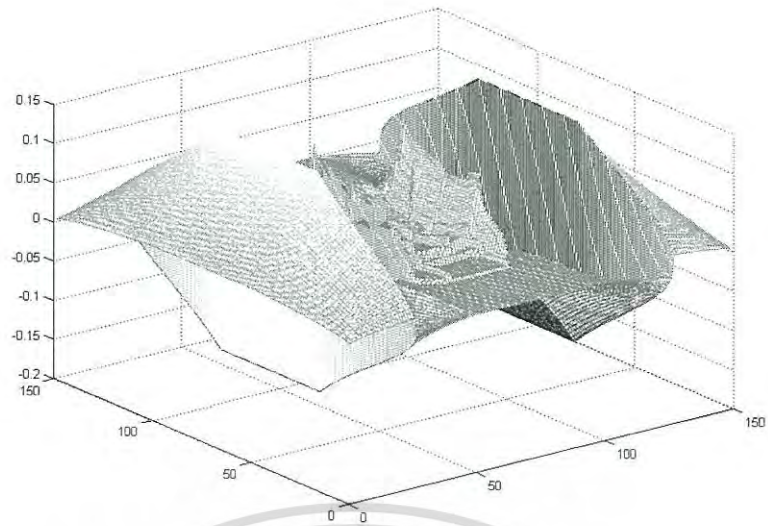


รูปที่ 4.45 ผลการ cross-correlation ของเลข 8 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 1)

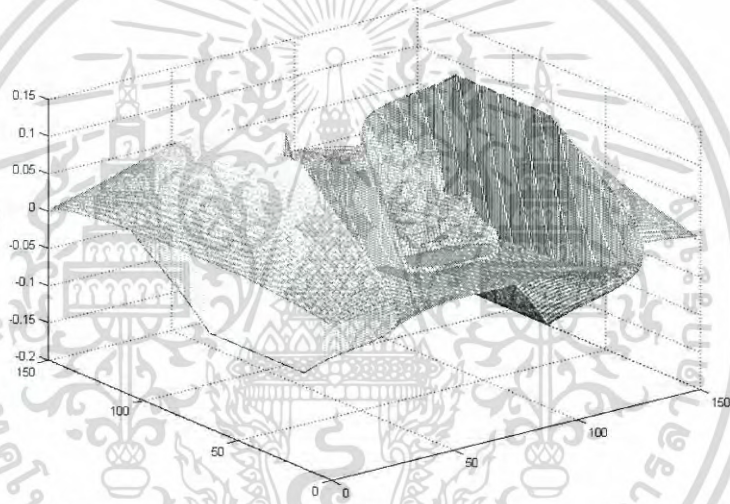


รูปที่ 4.46 ผลการ cross-correlation ของเลข 8 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 2)

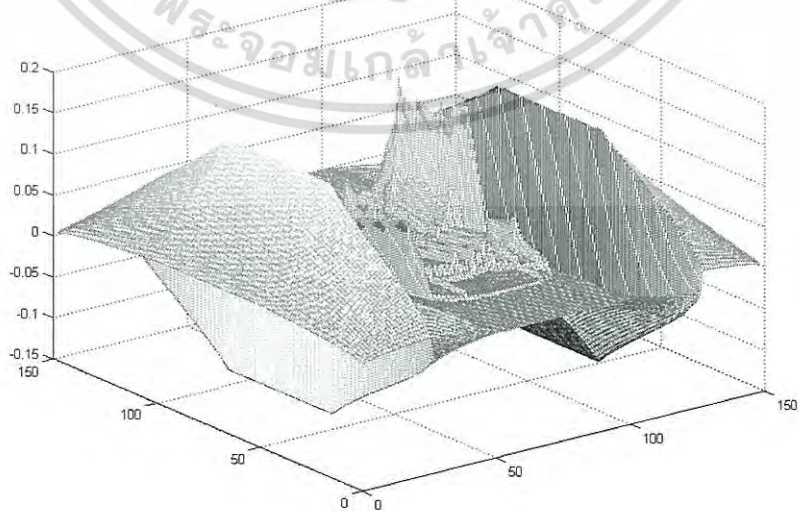
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.47 ผลการ cross-correlation ของเลข 8 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 3)



รูปที่ 4.48 ผลการ cross-correlation ของเลข 8 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 4)

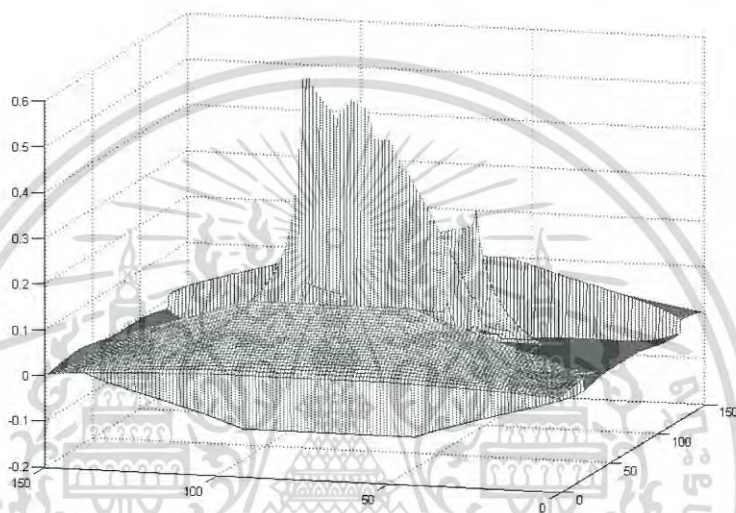


รูปที่ 4.49 ผลการ cross-correlation ของเลข 8 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 5)

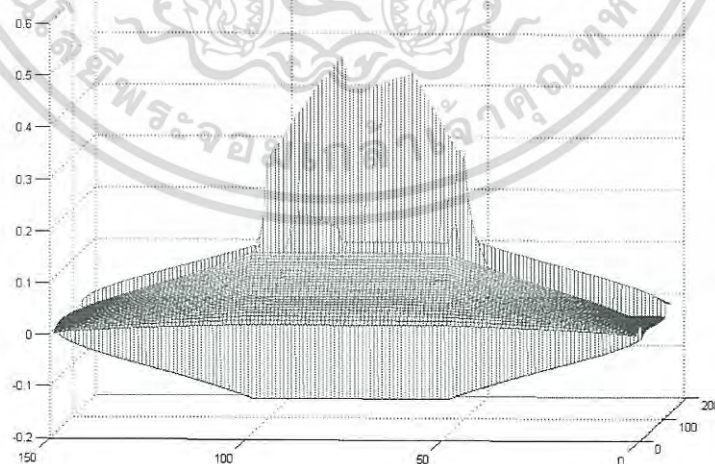
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 9 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวตั้งโดยทดลองทั้งหมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

โดยทั่วไปของเลข 9 ที่มีความเป็น linear นั้นจะมีเส้นตรงอยู่ 1 เส้นตรงแนวตั้ง แต่ถ้าใน sample มีความเป็น non-linear ก็จะทำให้ได้ค่า correlation coefficient ต่ำ ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่าค่า correlation coefficient ต่ำกว่า 0.5 อยู่ 3 ค่า และสูงกว่าเพียง 2 ค่า หรือก็คือ True = 2 Fault = 3 ซึ่งในความเป็นจริงควรจะไม่มี fault เลย

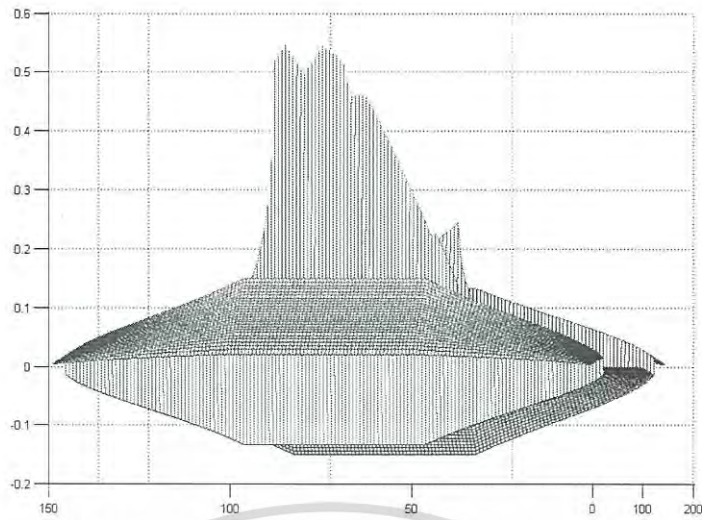


รูปที่ 4.50 ผลการ cross-correlation ของเลข 9 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 1)

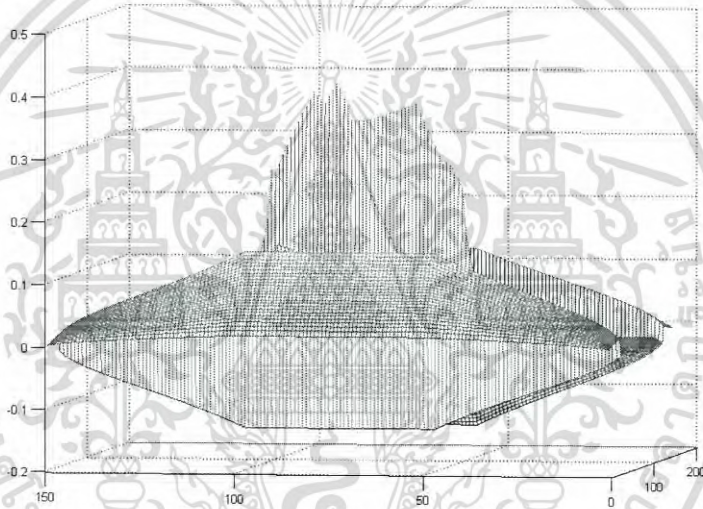


รูปที่ 4.51 ผลการ cross-correlation ของเลข 9 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 2)

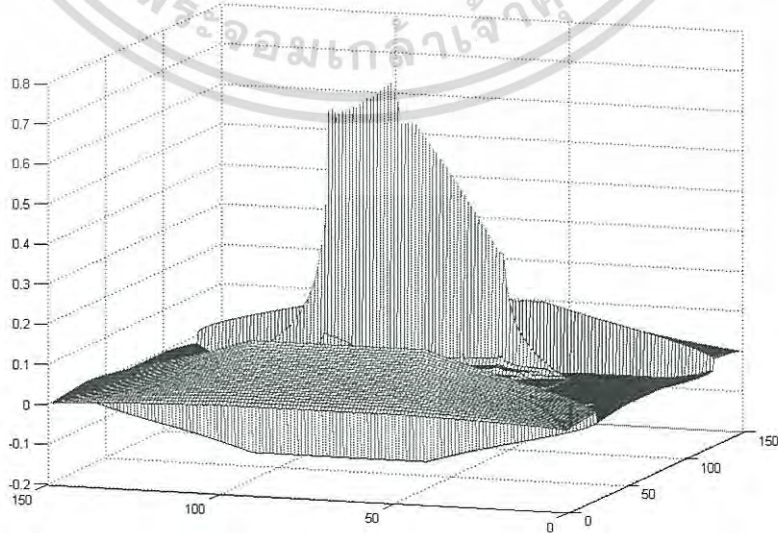
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.52 ผลการ cross-correlation ของเลข 9 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 3)



รูปที่ 4.53 ผลการ cross-correlation ของเลข 9 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 4)

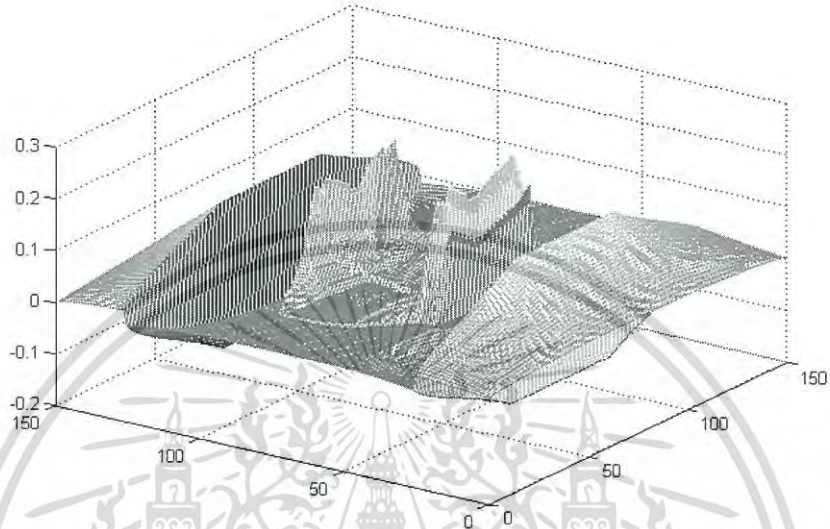


รูปที่ 4.54 ผลการ cross-correlation ของเลข 9 กับ template เส้นตรงแนวตั้ง (ครั้งที่ 5)

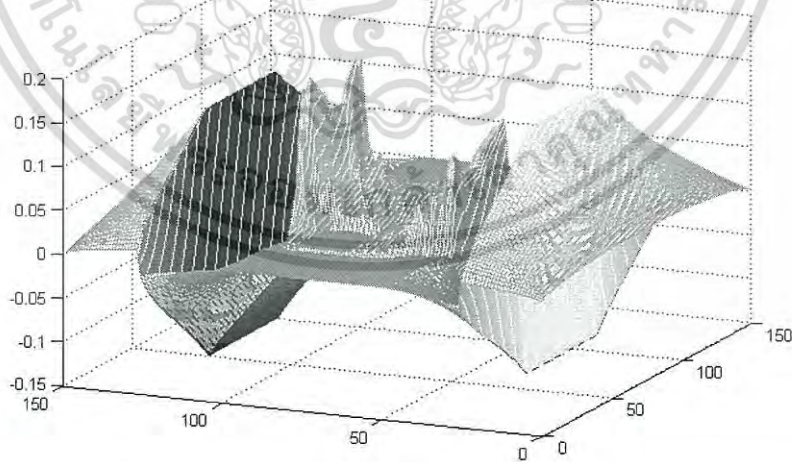
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเชิงพาณิชย์ที่ขอให้นำไปใช้โดยไม่ขออนุญาตให้เป็นการฝ่าฝืนกฎหมาย
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 0 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวนอนโดยทดลองทั้งหมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข 0 นั้นแทบจะไม่มีเส้นตรงแนวนอนอยู่เลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient น้อยกว่า 0.5 ดังนั้น ค่าทั้ง 5 ค่านี้ เป็น fault

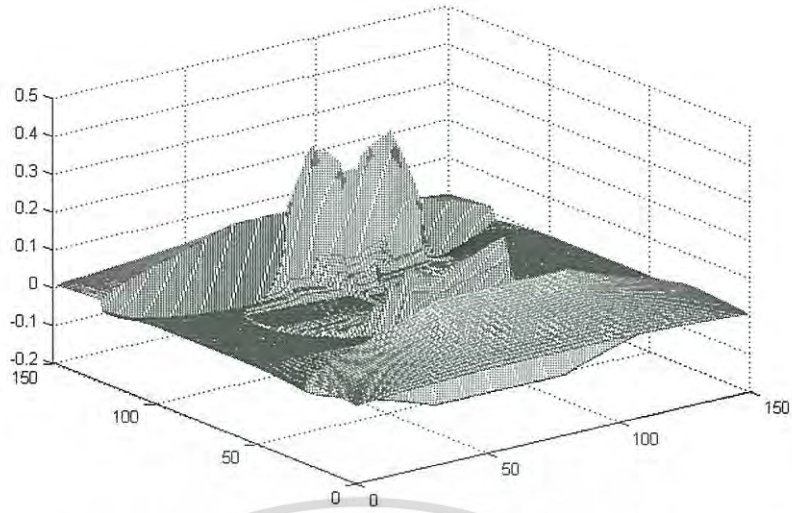


รูปที่ 4.55 ผลการ cross-correlation ของเลข 0 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 1)

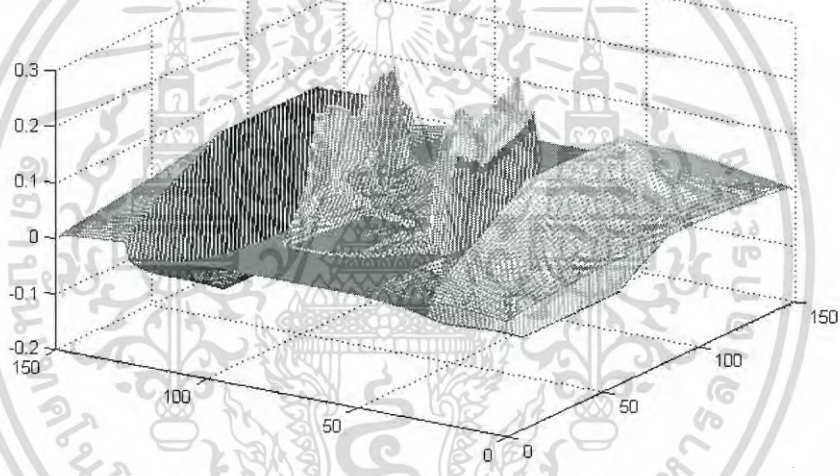


รูปที่ 4.56 ผลการ cross-correlation ของเลข 0 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 2)

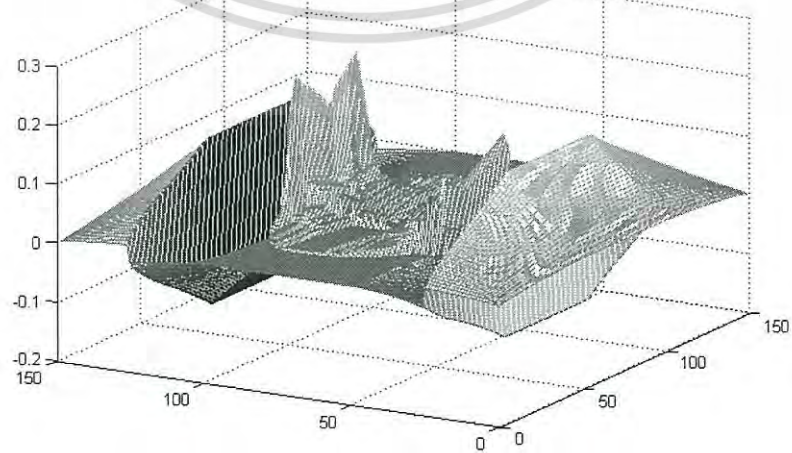
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.57 ผลการ cross-correlation ของเลข 0 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 3)



รูปที่ 4.58 ผลการ cross-correlation ของเลข 0 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 4)

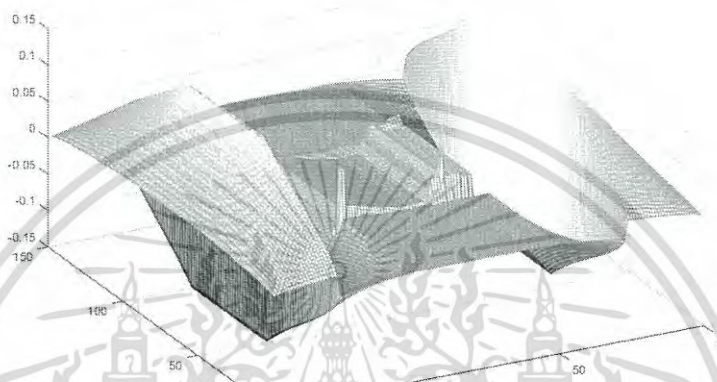


รูปที่ 4.59 ผลการ cross-correlation ของเลข 0 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 5)

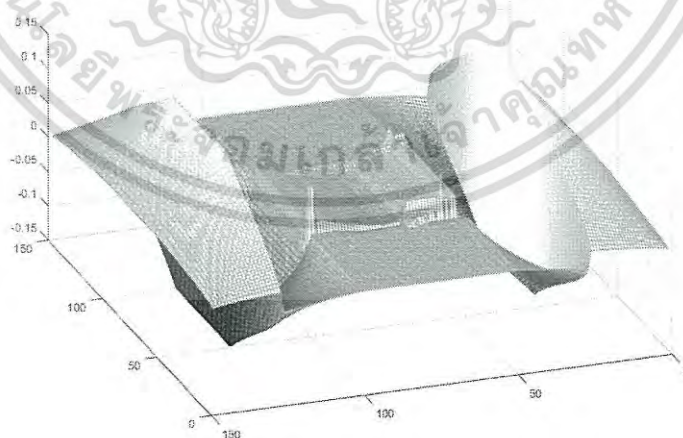
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการขงในเพื่อการค้าที่ขอให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 1 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวนอนโดยทดลองทั้งหมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข 1 นั้นแทบจะไม่มีเส้นตรงแนวนอนอยู่เลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient น้อยกว่า 0.5 ดังนั้น ค่าทั้ง 5 ค่านั้น เป็น fault

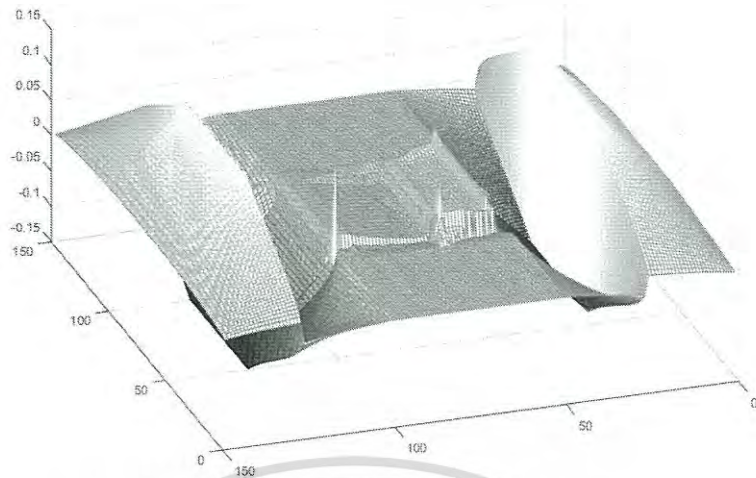


รูปที่ 4.60 ผลการ cross-correlation ของเลข 1 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 1)

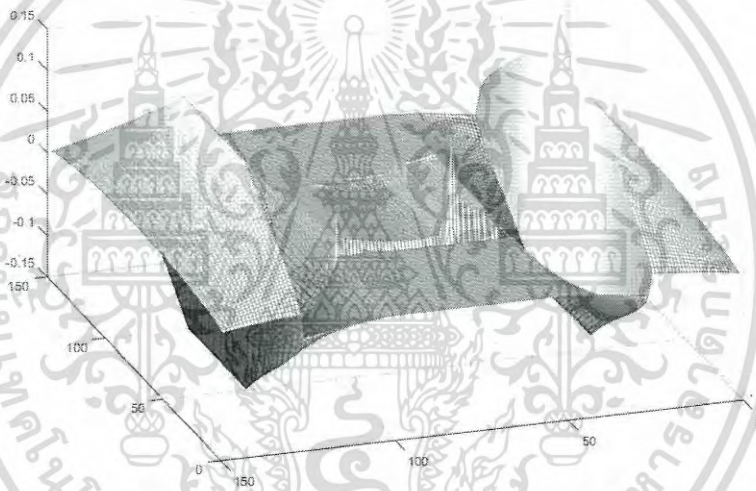


รูปที่ 4.62 ผลการ cross-correlation ของเลข 1 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 2)

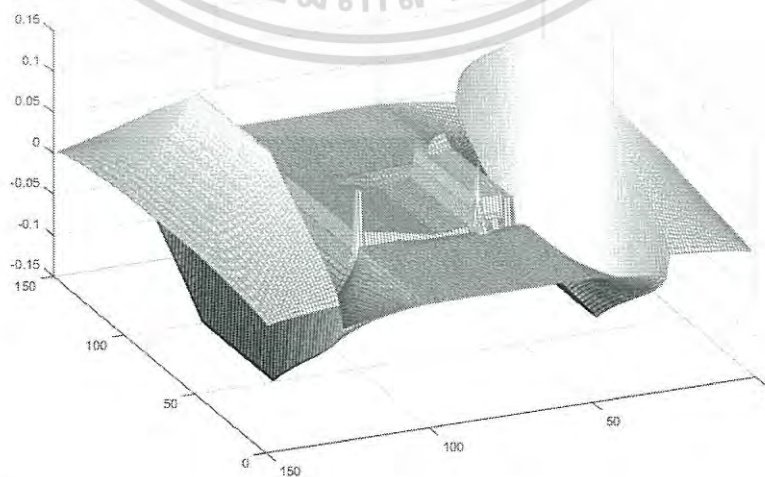
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.63 ผลการ cross-correlation ของเลข 1 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 3)



รูปที่ 4.64 ผลการ cross-correlation ของเลข 1 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 4)

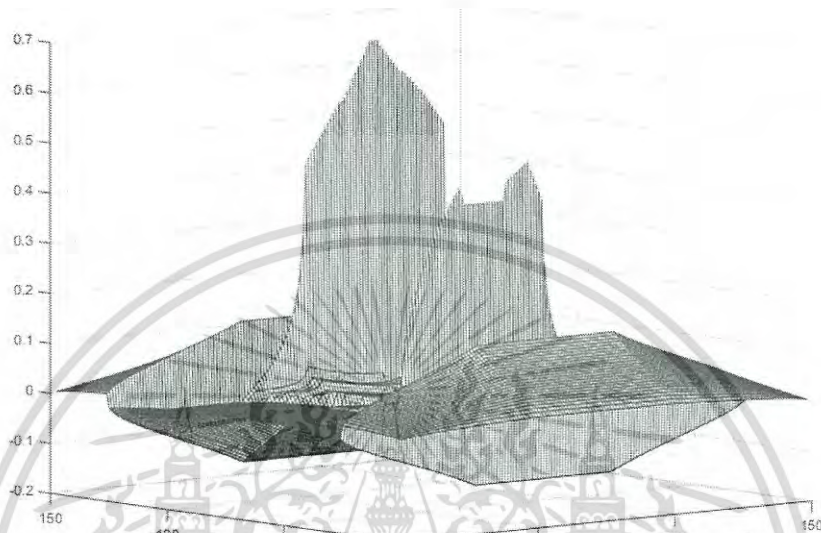


รูปที่ 4.65 ผลการ cross-correlation ของเลข 1 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 5)

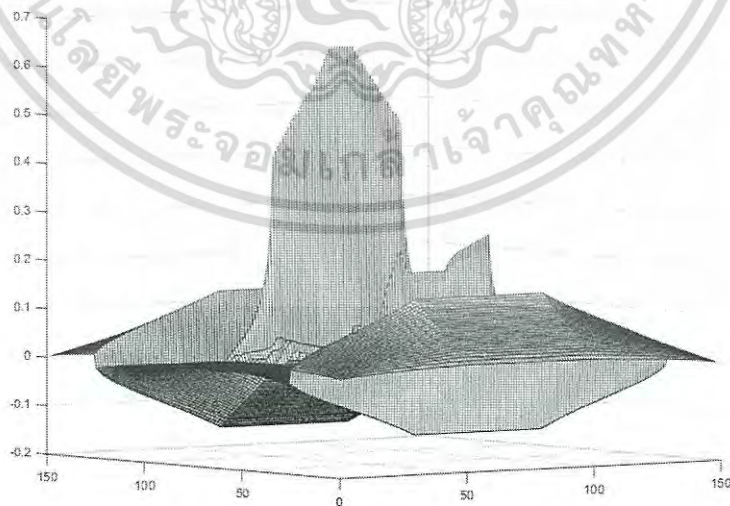
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 2 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวนอนโดยทดลองทั้งหมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข 2 นั้นมีเส้นตรงแนวนอนอยู่เลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient มากกว่า 0.5 ดังนั้น ค่าทั้ง 5 ค่านั้น เป็น true

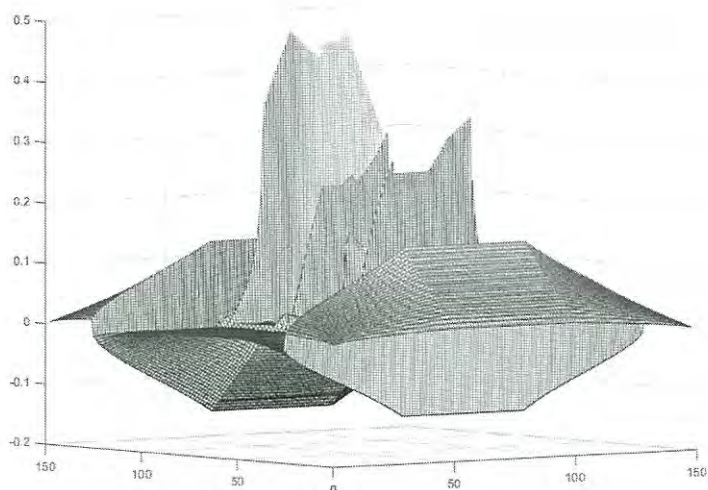


รูปที่ 4.66 ผลการ cross-correlation ของเลข 2 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 1)



รูปที่ 4.67 ผลการ cross-correlation ของเลข 2 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 2)

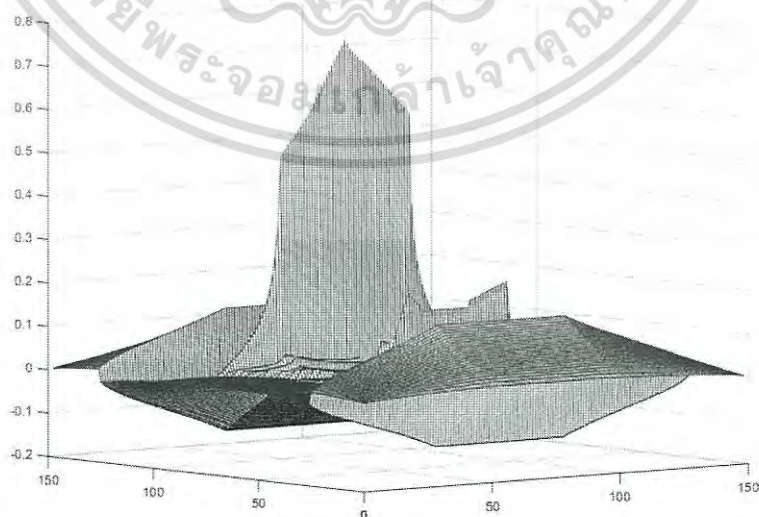
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.68 ผลการ cross-correlation ของเลข 2 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 3)



รูปที่ 4.69 ผลการ cross-correlation ของเลข 2 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 4)

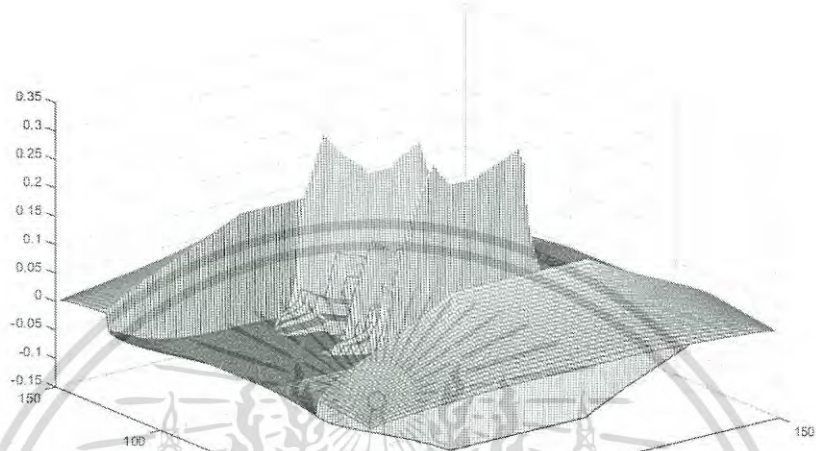


รูปที่ 4.70 ผลการ cross-correlation ของเลข 2 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 5)

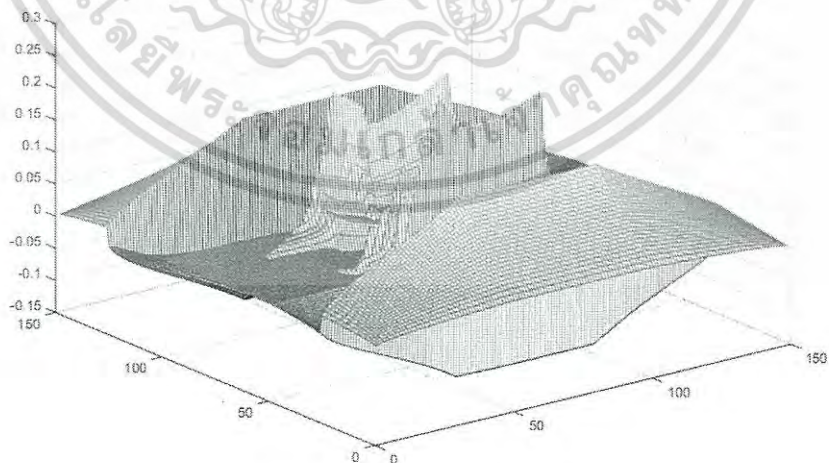
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 3 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวนอนโดยทดลองทั้งหมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข 3 นั้นแทบจะไม่มีเส้นตรงแนวนอนอยู่เลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient น้อยกว่า 0.5 ดังนั้น ค่าทั้ง 5 ค่านั้น เป็น fault

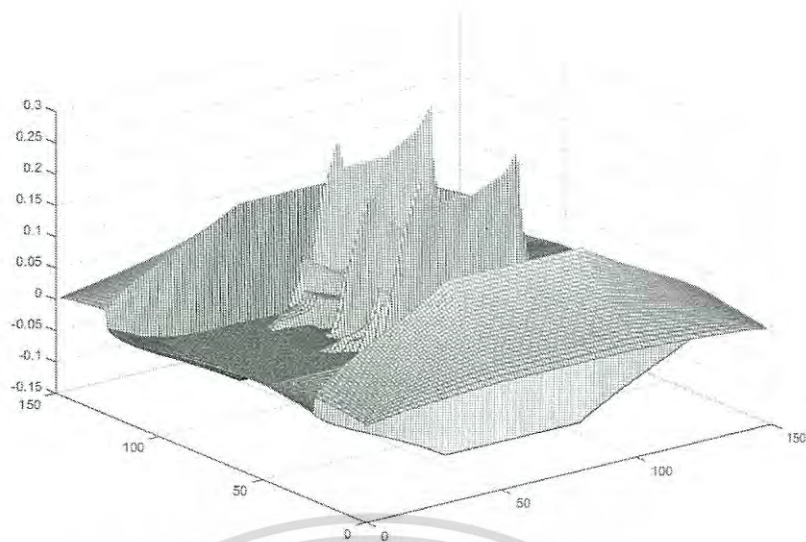


รูปที่ 4.71 ผลการ cross-correlation ของเลข 3 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 1)

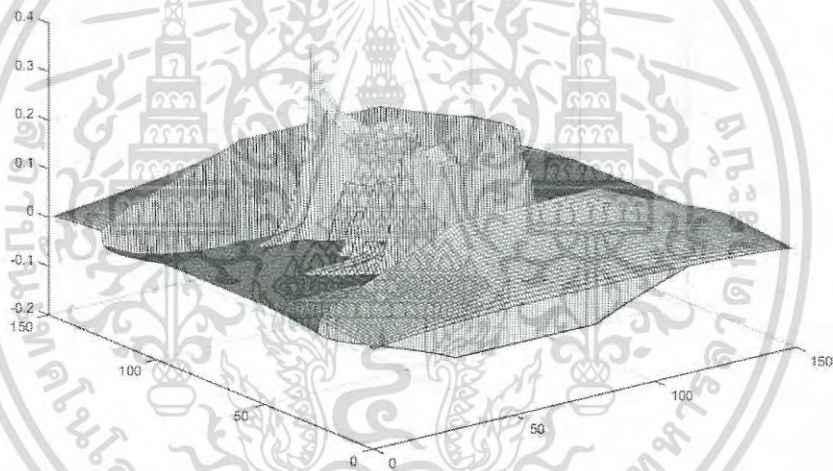


รูปที่ 4.72 ผลการ cross-correlation ของเลข 3 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 2)

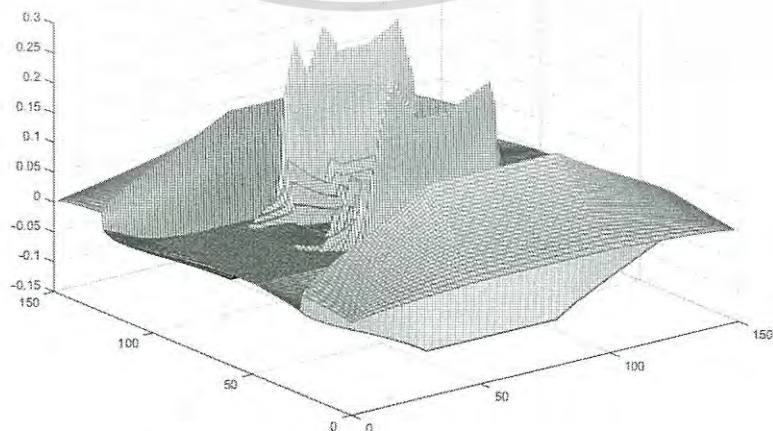
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.73 ผลการ cross-correlation ของเลข 3 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 3)



รูปที่ 4.74 ผลการ cross-correlation ของเลข 3 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 4)

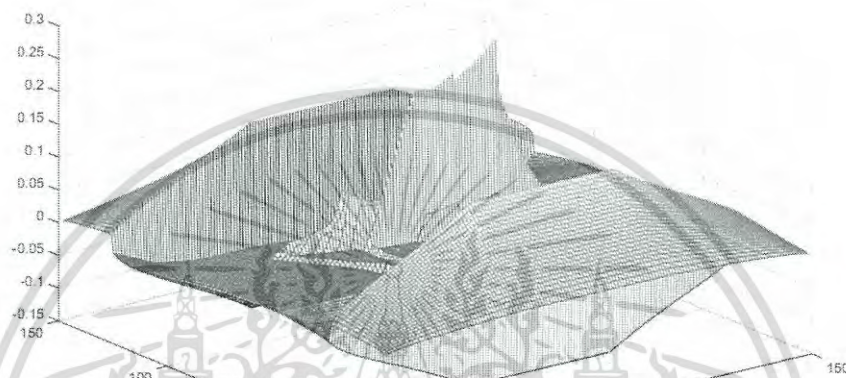


รูปที่ 4.75 ผลการ cross-correlation ของเลข 3 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 5)

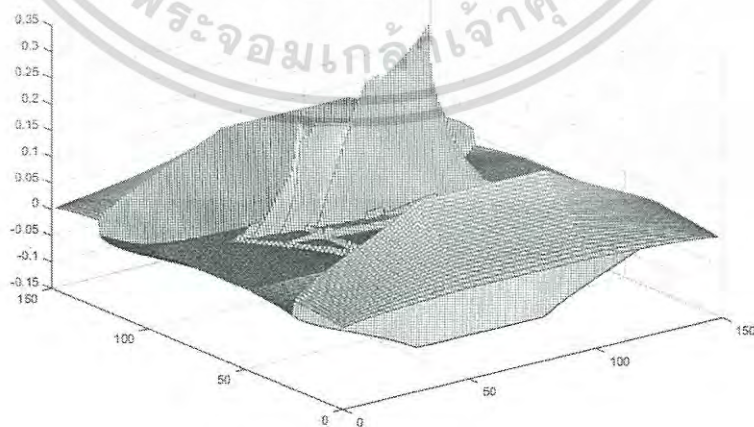
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 4 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวนอนโดยทดลองทั้งหมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข 4 นั้นมีส่วนของเส้นตรงอยู่ แต่เนื่องจากความไม่ linear ของตัวอักษรเลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient มากกว่า 0.5 เพียง 3 ค่า หรือ true = 3, fault = 2

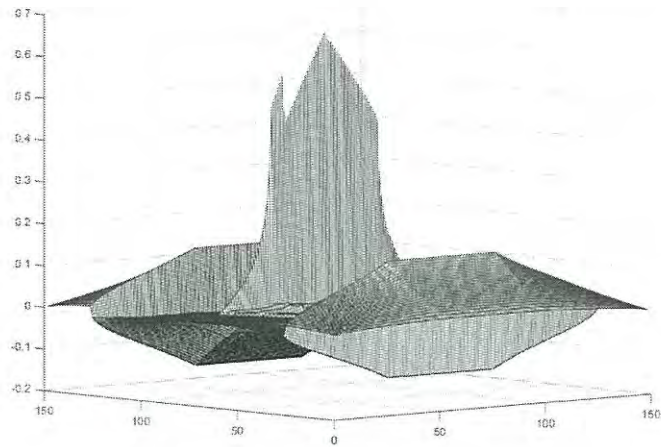


รูปที่ 4.76 ผลการ cross-correlation ของเลข 4 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 1)

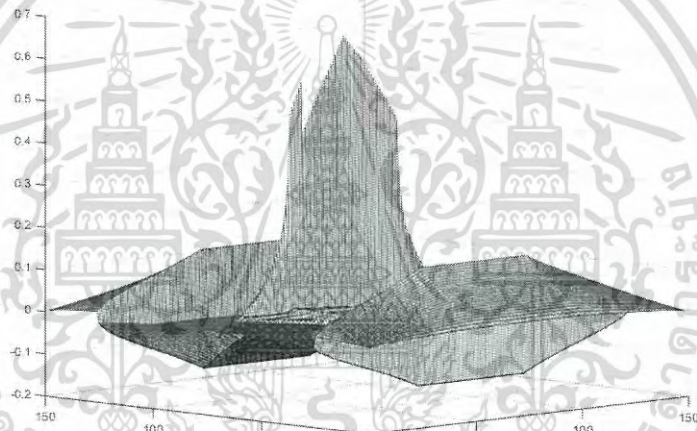


รูปที่ 4.77 ผลการ cross-correlation ของเลข 4 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 2)

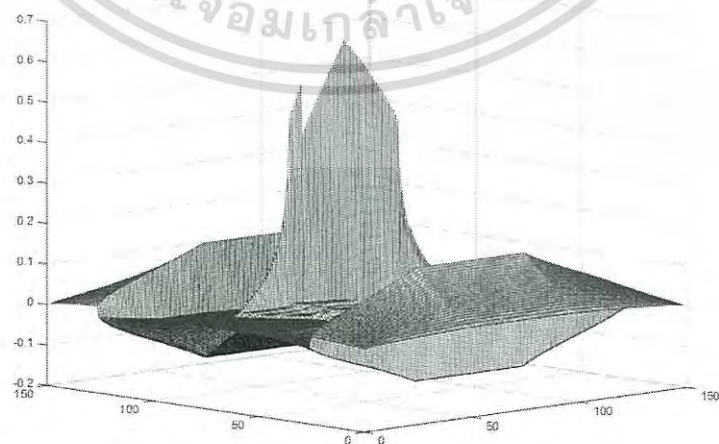
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.78 ผลการ cross-correlation ของเลข 4 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 3)



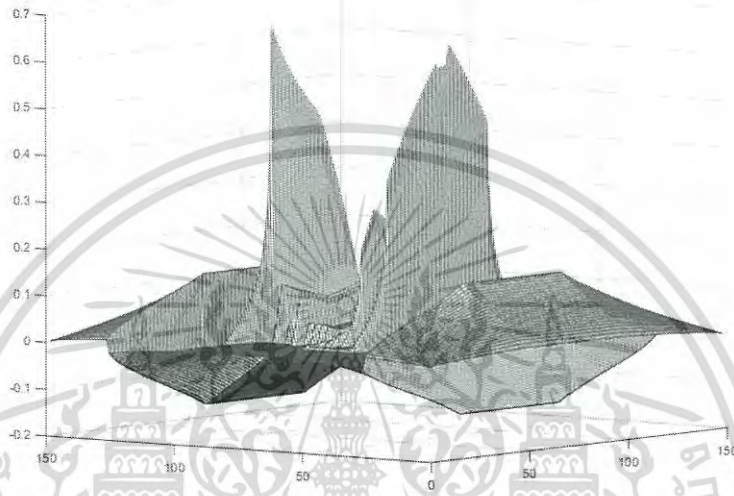
รูปที่ 4.79 ผลการ cross-correlation ของเลข 4 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 4)



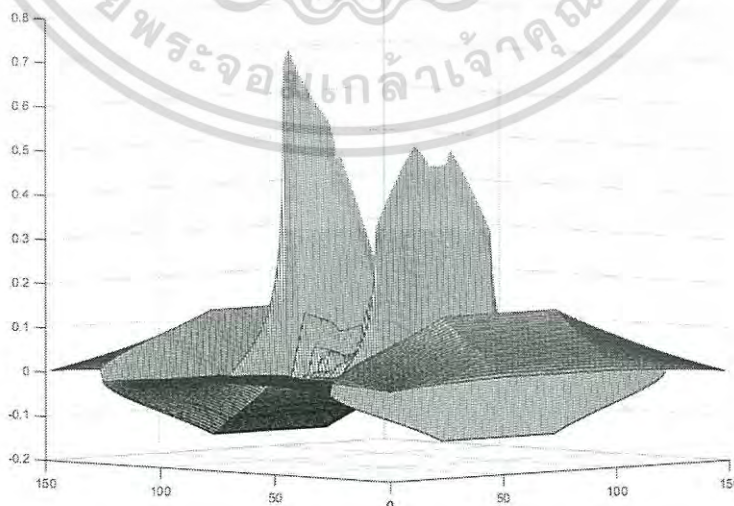
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดยโรงเรียนเซนต์จอร์จวิทยา และสงวนลิขสิทธิ์โดยผู้จัดทำเอกสาร (ครั้งที่ 5) การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 5 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวนอนโดยทดลองทั้ง หด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข 5 นั้นมีส่วนของเส้นตรงแนวนอนอยู่เลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient มากกว่า 0.5 ดังนั้น ค่าทั้ง 5 ค่า นั้น เป็น true

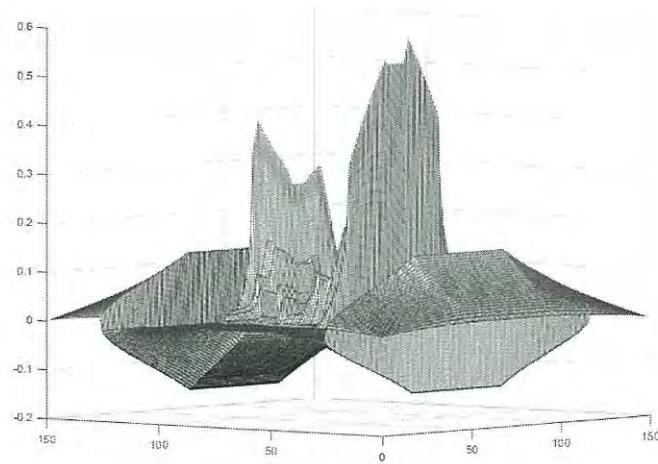


รูปที่ 4.81 ผลการ cross-correlation ของเลข 5 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 1)

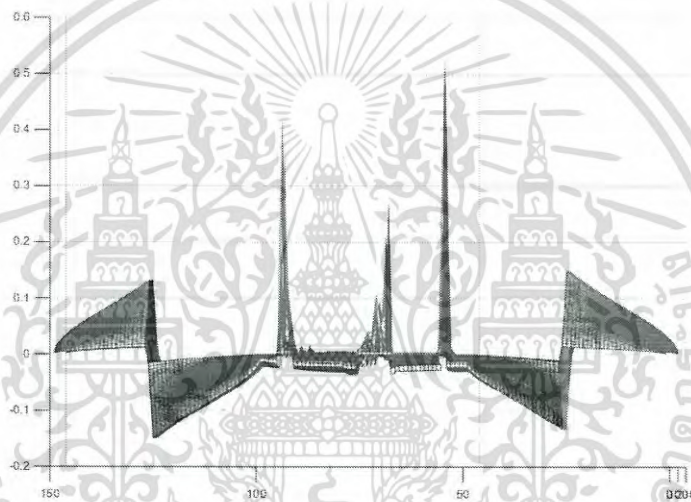


รูปที่ 4.82 ผลการ cross-correlation ของเลข 5 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 2)

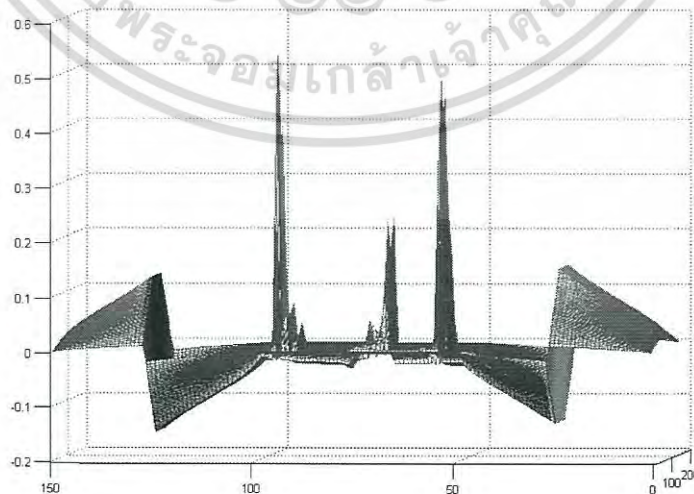
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.83 ผลการ cross-correlation ของเลข 5 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 3)



รูปที่ 4.84 ผลการ cross-correlation ของเลข 5 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 4)

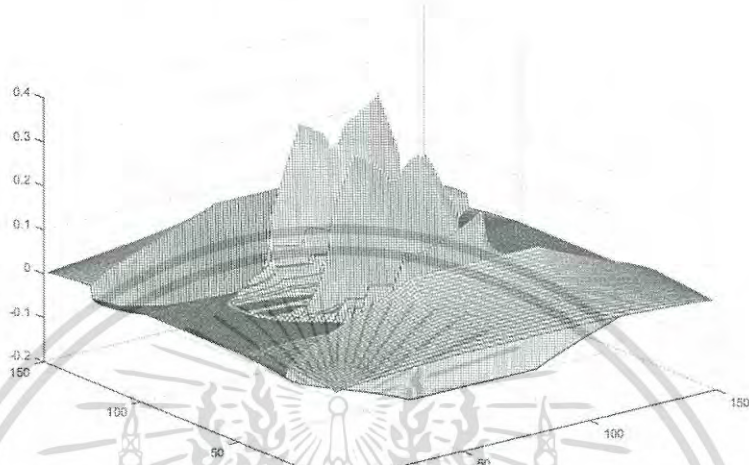


รูปที่ 4.85 ผลการ cross-correlation ของเลข 5 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 5)

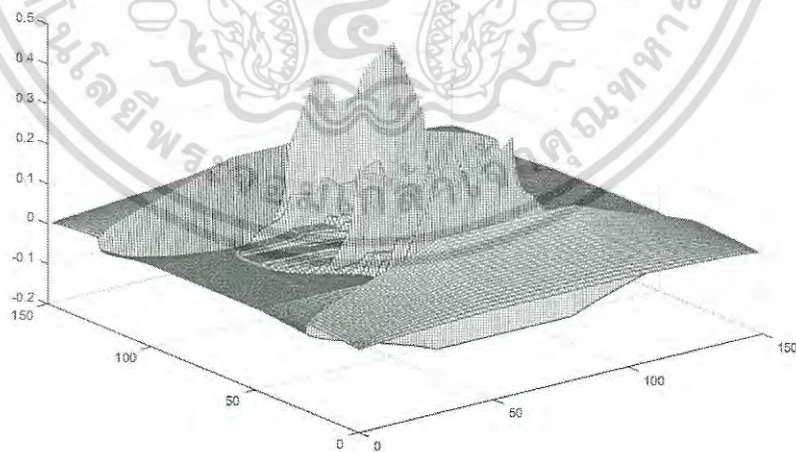
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 6 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวนอนโดยทดลองทั้งหมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข 6 นั้นแทบจะไม่มีเส้นตรงแนวนอนอยู่เลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient น้อยกว่า 0.5 ดังนั้น ค่าทั้ง 5 ค่านี้ เป็น fault

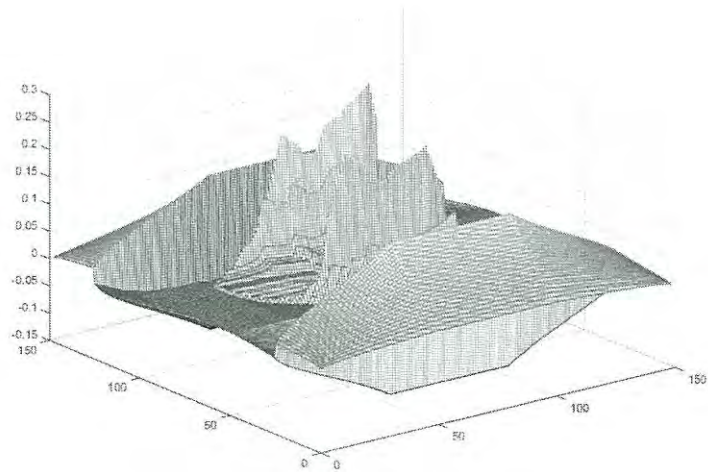


รูปที่ 4.86 ผลการ cross-correlation ของเลข 6 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 1)

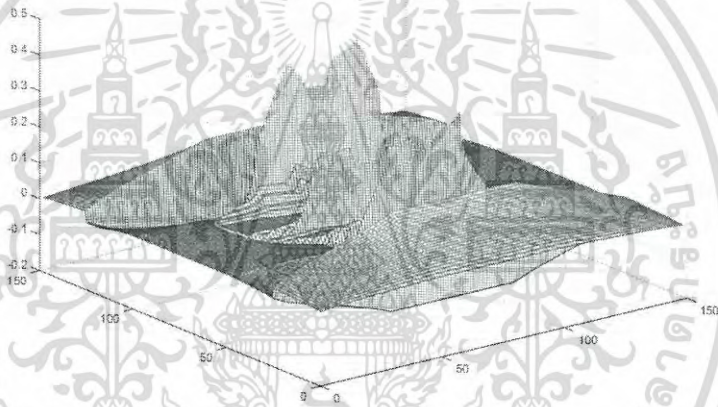


รูปที่ 4.87 ผลการ cross-correlation ของเลข 6 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 2)

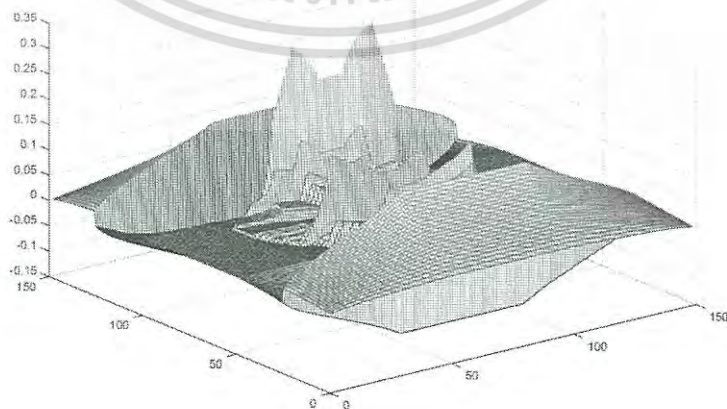
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.88 ผลการ cross-correlation ของเลข 6 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 3)



รูปที่ 4.89 ผลการ cross-correlation ของเลข 6 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 4)

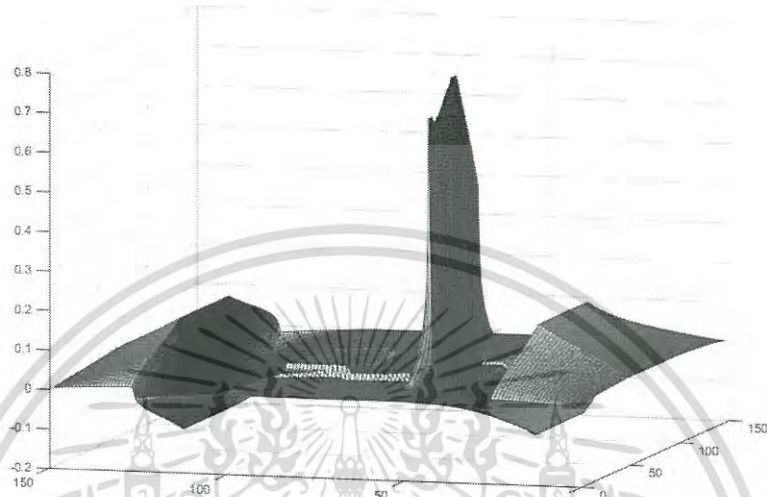


รูปที่ 4.90 ผลการ cross-correlation ของเลข 6 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 5)

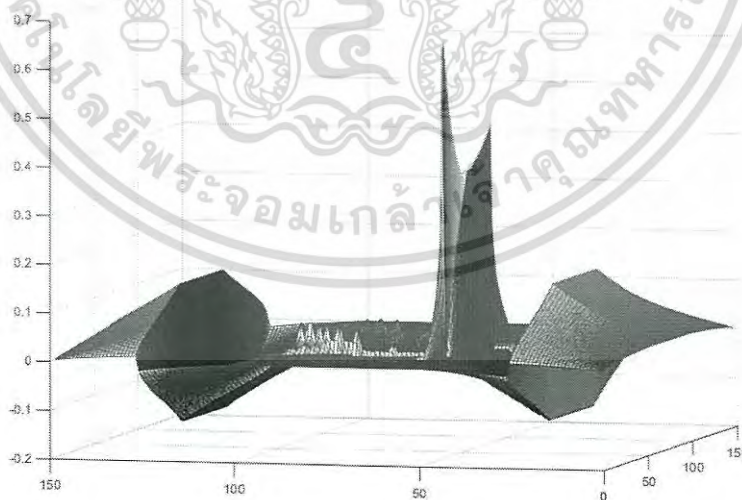
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 7 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวนอนโดยทดลองทั้งหมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข 7 นั้นมีส่วนของเส้นตรงแนวนอนอยู่เลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient มากกว่า 0.5 ดังนั้น ค่าทั้ง 5 ค่า นั้น เป็น true

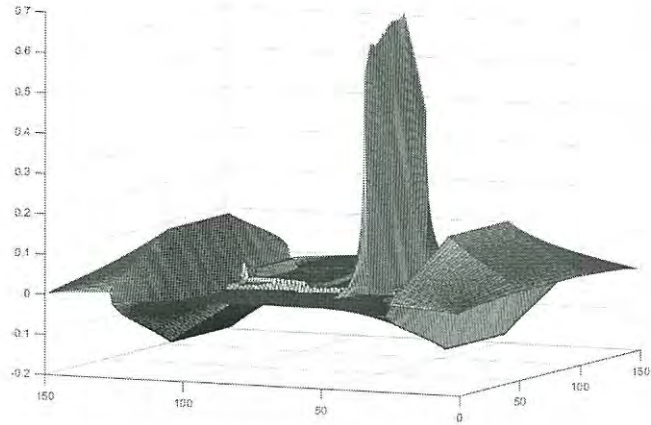


รูปที่ 4.91 ผลการ cross-correlation ของเลข 7 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 1)

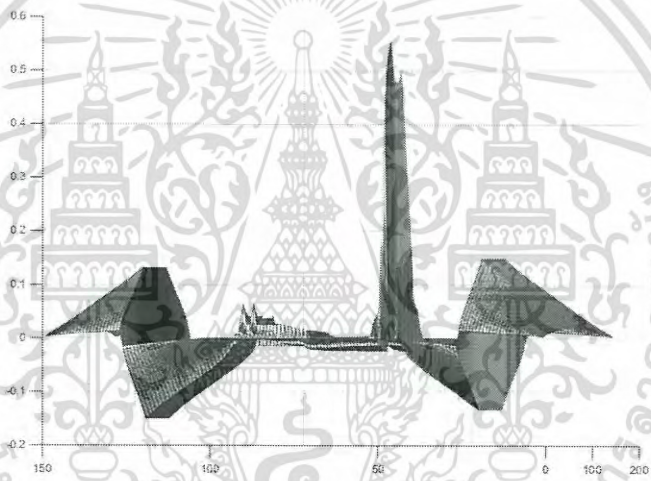


รูปที่ 4.92 ผลการ cross-correlation ของเลข 7 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 2)

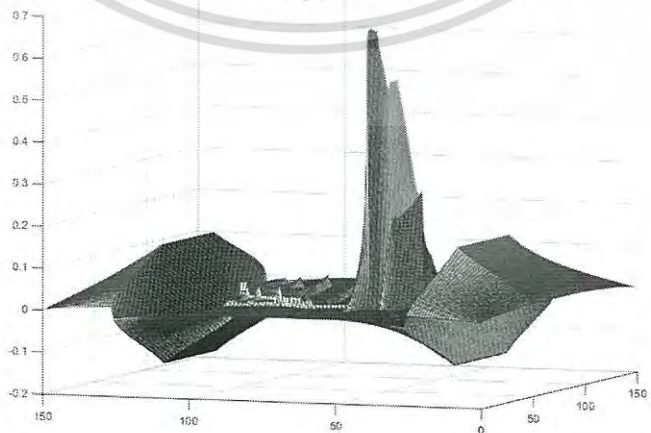
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.93 ผลการ cross-correlation ของเลข 7 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 3)



รูปที่ 4.94 ผลการ cross-correlation ของเลข 7 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 4)

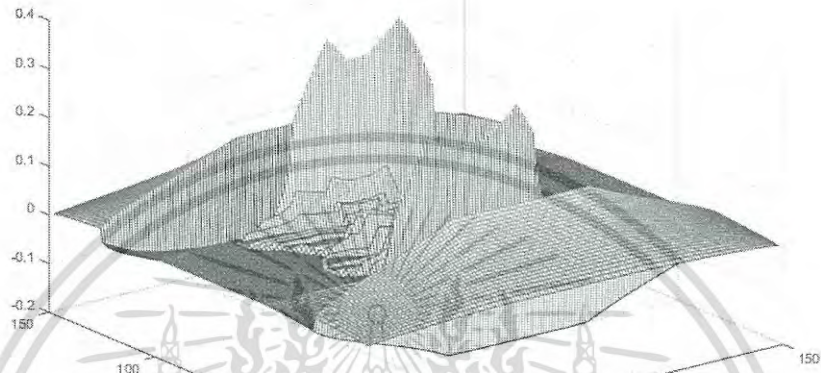


รูปที่ 4.95 ผลการ cross-correlation ของเลข 7 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 5)

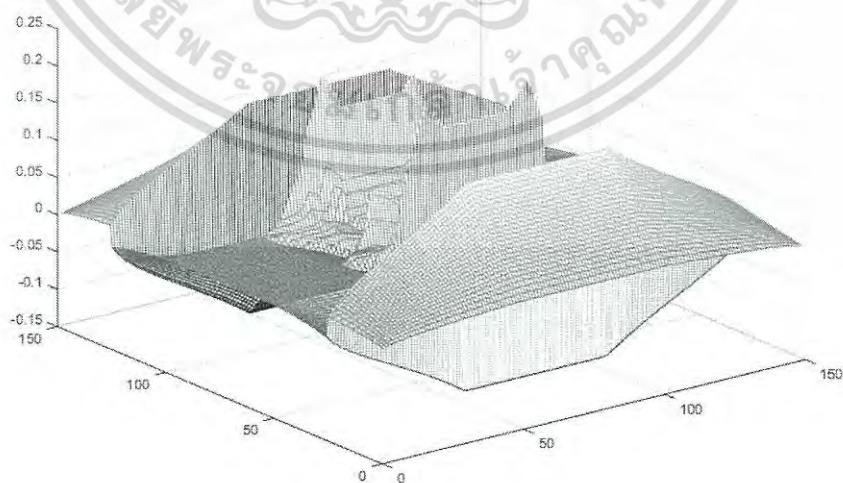
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เห็นได้เห็น โปรดอย่าเผยแพร่ การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 8 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวนอนโดยทดลองทั้งหมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข นั้นแทบจะไม่มีเส้นตรงแนวนอนอยู่เลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient น้อยกว่า 0.5 ดังนั้น ค่าทั้ง 5 ค่านั้น เป็น fault

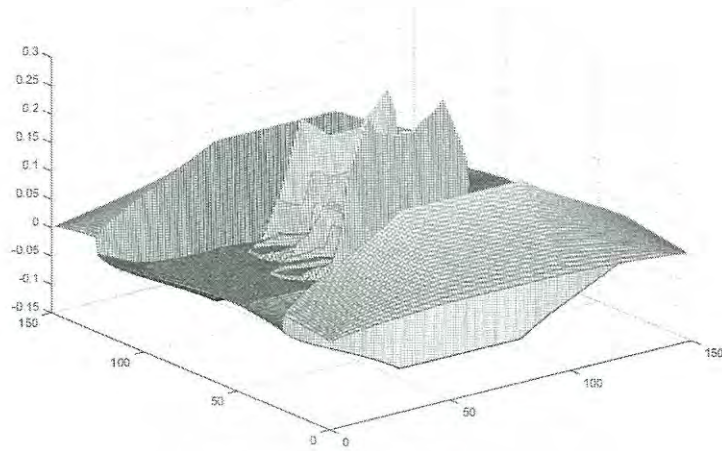


รูปที่ 4.96 ผลการ cross-correlation ของเลข 8 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 1)



รูปที่ 4.97 ผลการ cross-correlation ของเลข 8 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 2)

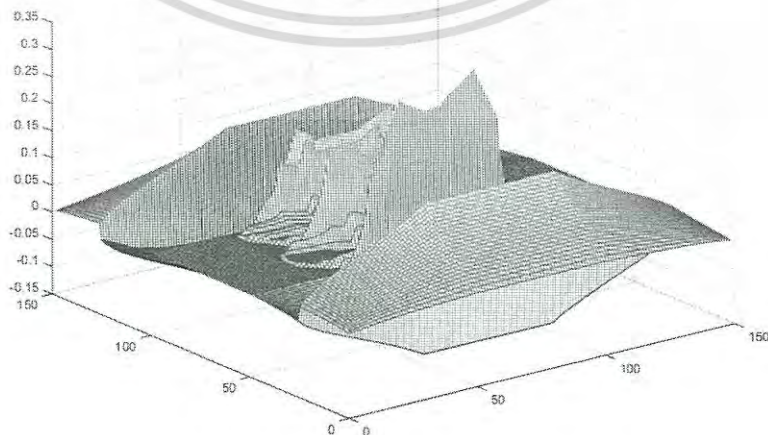
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.98 ผลการ cross-correlation ของเลข 8 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 3)



รูปที่ 4.99 ผลการ cross-correlation ของเลข 8 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 4)

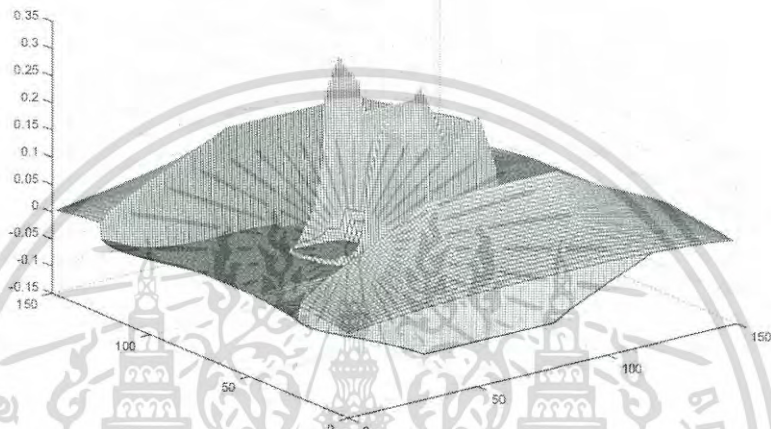


รูปที่ 4.100 ผลการ cross-correlation ของเลข 8 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 5)

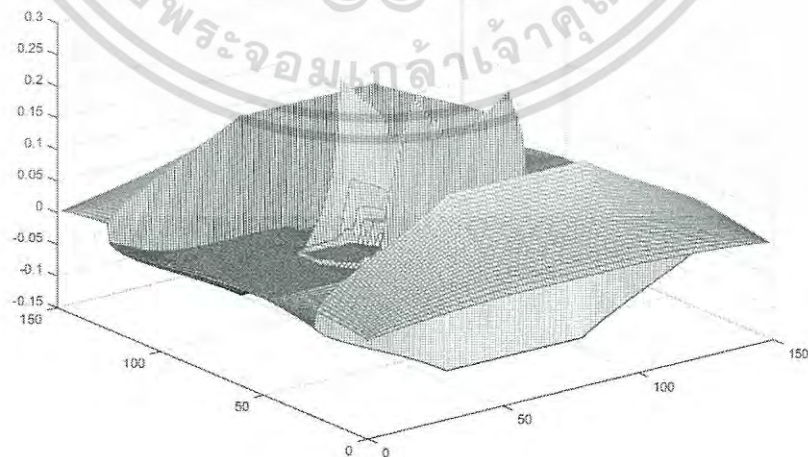
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation กับ ตัวเลข 9 ที่ผ่านการทำ padding โดยใช้ template เส้นตรงแนวนอนโดยทดลองทั้งหมด 5 sample สามารถสรุปผลได้ดังนี้

เนื่องจาก template ที่ใช้เป็นแนวเส้นตรงซึ่งในตัวเลข 9 นั้นแทบจะไม่มีเส้นตรงแนวนอนอยู่เลยทำให้ได้ค่า correlation coefficient น้อยกว่า 0.5 ดังนั้น ค่าทั้ง 5 ค่านั้น เป็น fault

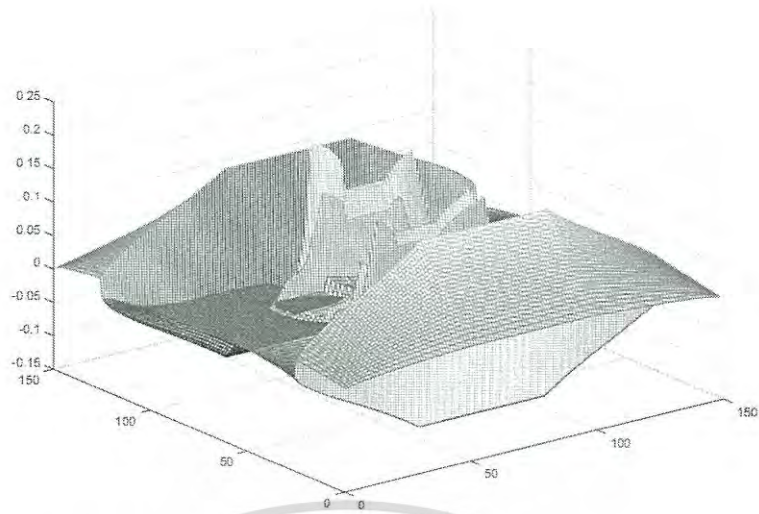


รูปที่ 4.101 ผลการ cross-correlation ของเลข 9 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 1)

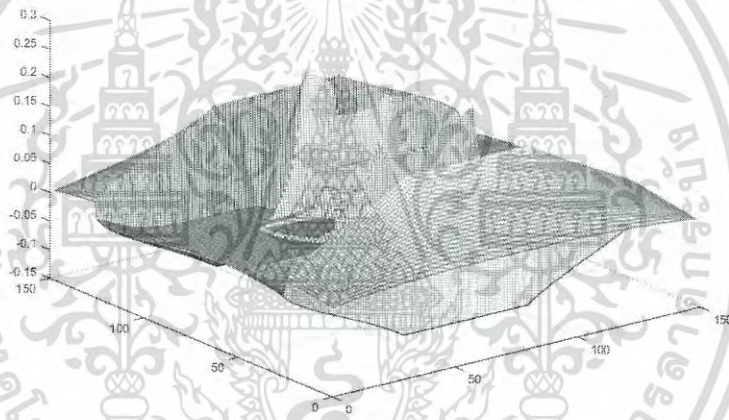


รูปที่ 4.102 ผลการ cross-correlation ของเลข 9 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 2)

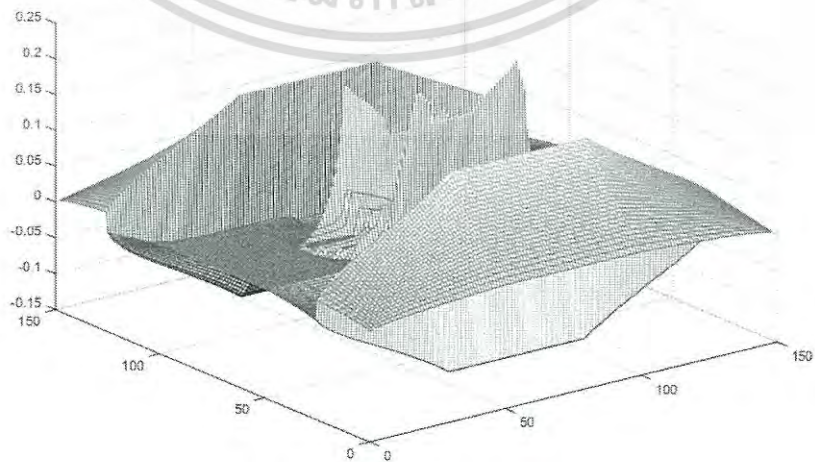
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.103 ผลการ cross-correlation ของเลข 9 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 3)



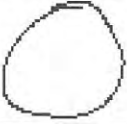

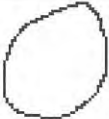







รูปที่ 4.104 ผลการ cross-correlation ของเลข 9 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 4)



รูปที่ 4.105 ผลการ cross-correlation ของเลข 9 กับ template เส้นตรงแนวนอน (ครั้งที่ 5)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองวิธี cross-correlation ค่าที่ได้จะขึ้นอยู่กับความเป็นเส้นตรงแนวตั้งและเส้นตรงแนวนอนที่มีความเหมือนกับ template ที่สร้างขึ้นมาโดยเมื่อ template มีความเหมือนกับตรงส่วนใดของตัวอักษรจะทำให้ได้ค่า correlation coefficient เท่ากับ 1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation ในการวิเคราะห์ตัวเลข 0 ถึง 1

Sample (ตัวเลข 0)	Template เส้นตรงแนวตั้ง	Template เส้นตรง แนวนอน	Sample (ตัวเลข 1)	Template เส้นตรง แนวตั้ง	Template เส้นตรง แนวนอน
	F	F		T	F
	F	F		T	F
	F	F		T	F
	F	F		T	F
	F	F		T	F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation ในการวิเคราะห์ตัวเลข 2 ถึง 5

Sample (ตัวเลข 2)	Template เส้นตรงแนวตั้ง	Template เส้นตรง แนวนอน	Sample (ตัวเลข 3)	Template เส้นตรง แนวตั้ง	Template เส้นตรง แนวนอน
	F	T		F	F
	F	T		F	F
	F	T		F	F
	F	T		F	F
	F	T		F	F
Sample (ตัวเลข 4)	Template เส้นตรงแนวตั้ง	Template เส้นตรง แนวนอน	Sample (ตัวเลข 5)	Template เส้นตรง แนวตั้ง	Template เส้นตรง แนวนอน
	F	F		F	T
	F	F		F	T
	F	T		F	T
	T	T		F	T
	T	T		F	T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการใช้เทคนิค cross-correlation ในการวิเคราะห์ตัวเลข 6 ถึง 9

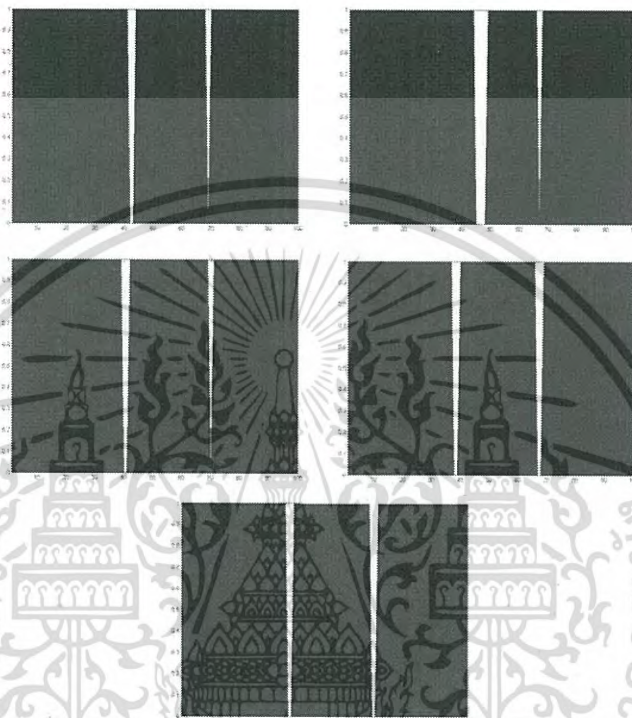
Sample (ตัวเลข 6)	Template เส้นตรงแนวตั้ง	Template เส้นตรงแนวนอน	Sample (ตัวเลข 7)	Template เส้นตรงแนวตั้ง	Template เส้นตรงแนวนอน
	F	F		F	T
	F	F		F	T
	F	F		F	T
	F	F		F	T
	F	F		F	T
Sample (ตัวเลข 8)	Template เส้นตรงแนวตั้ง	Template เส้นตรงแนวนอน	Sample (ตัวเลข 9)	Template เส้นตรงแนวตั้ง	Template เส้นตรงแนวนอน
	F	F		F	F
	F	F		F	F
	F	F		T	F
	F	F		F	F
	F	F		T	F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองการวิเคราะห์ภาพโดยใช้วิธีของ intersection

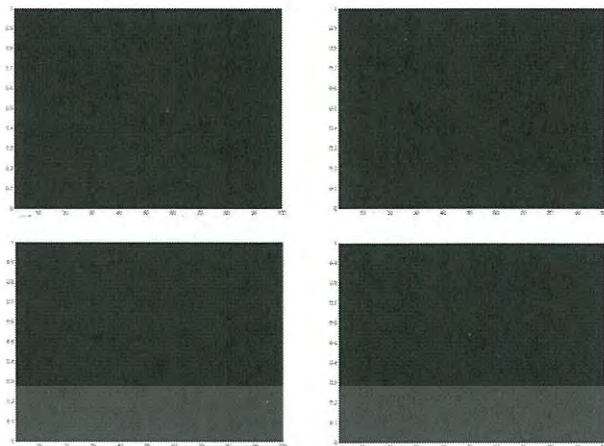
จากกราฟในรูปจะ plot ระหว่าง pixel ที่นำเส้นไปขีดทับ กับ สีขาว(1) และ สีดำ(0) ซึ่งค่าที่เป็นหลุมลงไปหมายถึง พื้นที่สีดำ

near vertical line(NVL)

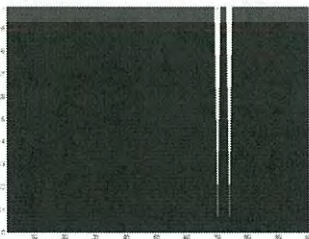


รูปที่ 4.106 เส้น NVL ตัดตัวเลข 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

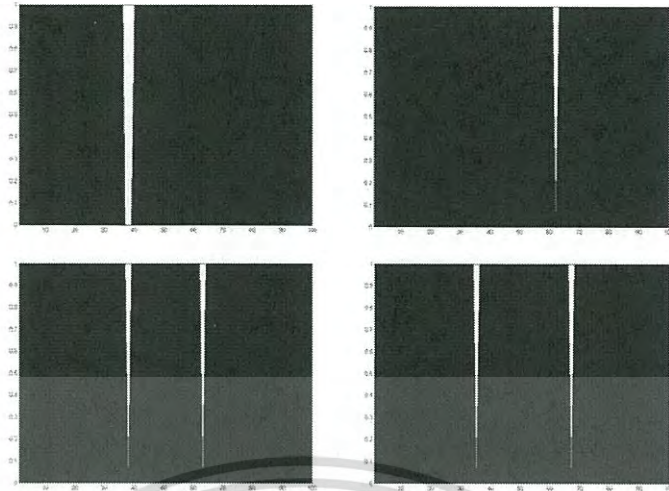


รูปที่ 4.107 เส้น NVL ตัดตัวเลข 1



รูปที่ 4.108 เส้น NVL ตัดตัวเลข 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.109 เส้น NVL ตัดตัวเลข 3



รูปที่ 4.110 เส้น NVL ตัดตัวเลข 4

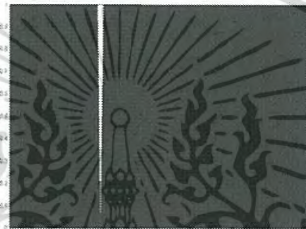
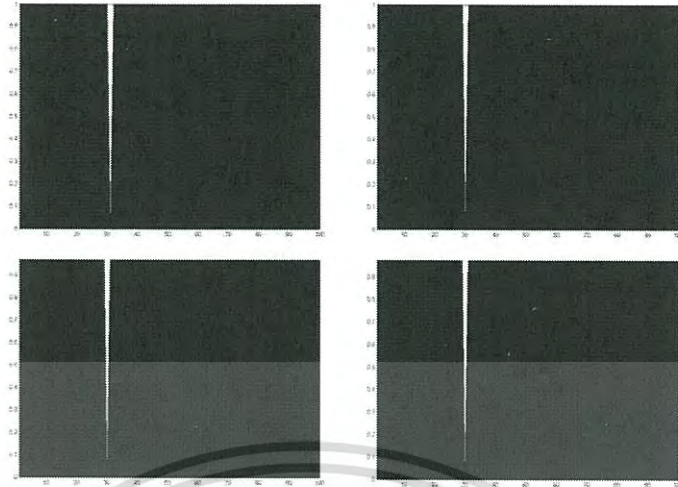
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



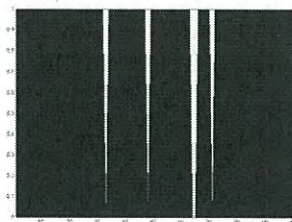
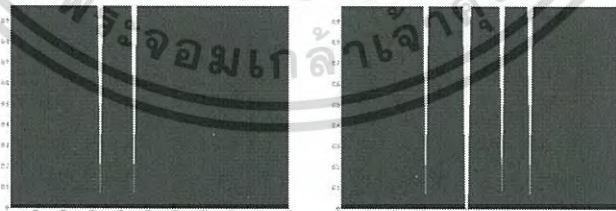
รูปที่ 4.111 เส้น NVL ตัดตัวเลข 5

รูปที่ 4.112 เส้น NVL ตัดตัวเลข 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

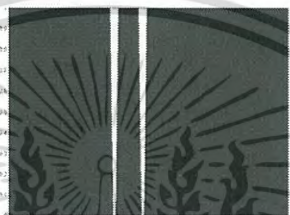
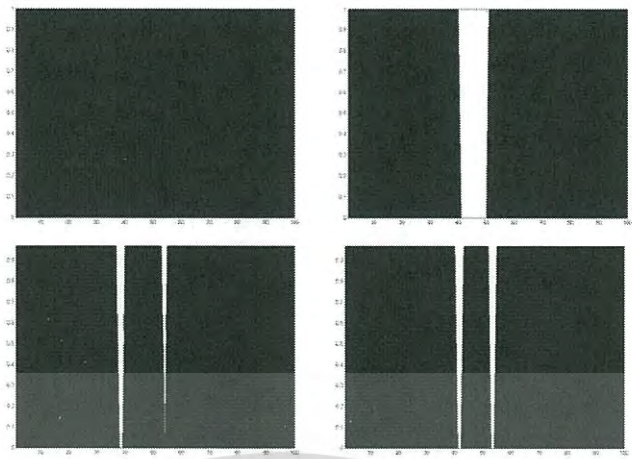


รูปที่ 4.113 เส้น NVL ตัดตัวเลข 7



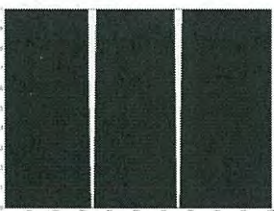
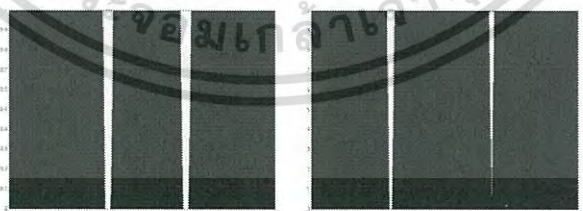
รูปที่ 4.114 เส้น NVL ตัดตัวเลข 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



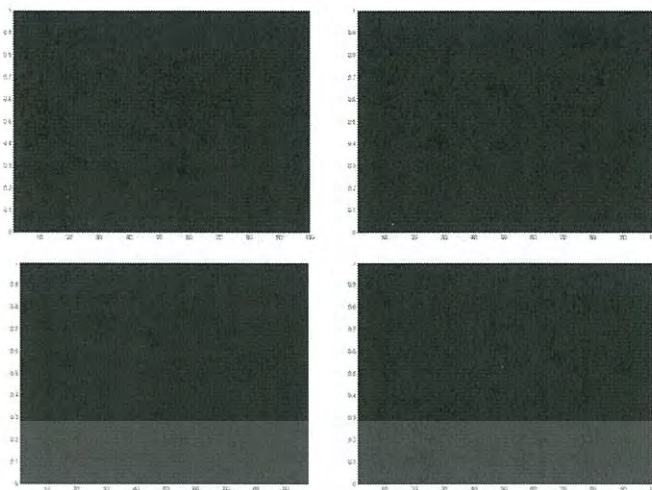
รูปที่ 4.115 เส้น NVL ตัดตัวเลข 9

far vertical line(FVL)

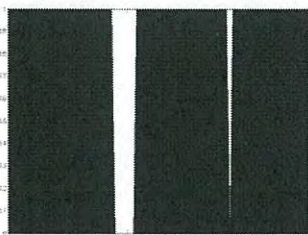
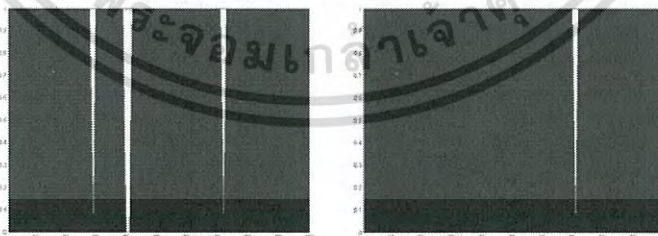


รูปที่ 4.116 เส้น FVL ตัดตัวเลข 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.117 เส้น FVL ตัดตัวเลข 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.119 เส้น FVL ตัดตัวเลข 3

รูปที่ 4.120 เส้น FVL ตัดตัวเลข 4

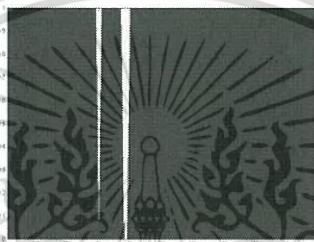
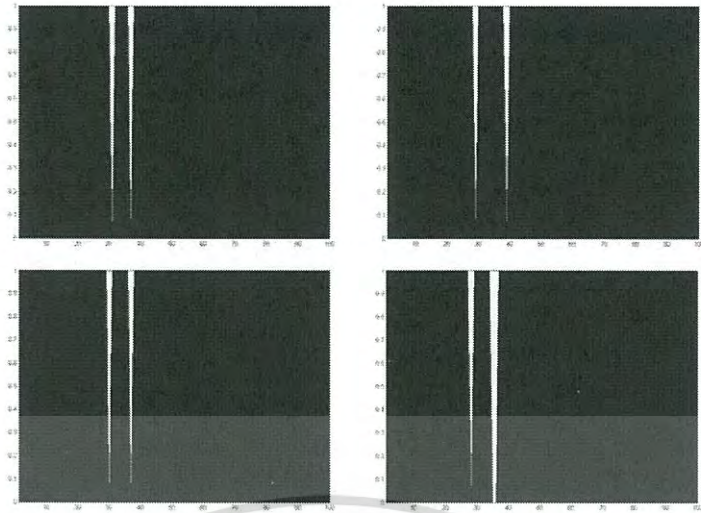
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



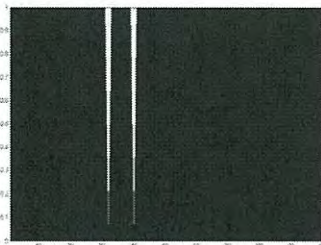
รูปที่ 4.121 เส้น FVL ตัดตัวเลข 5

รูปที่ 4.122 เส้น FVL ตัดตัวเลข 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

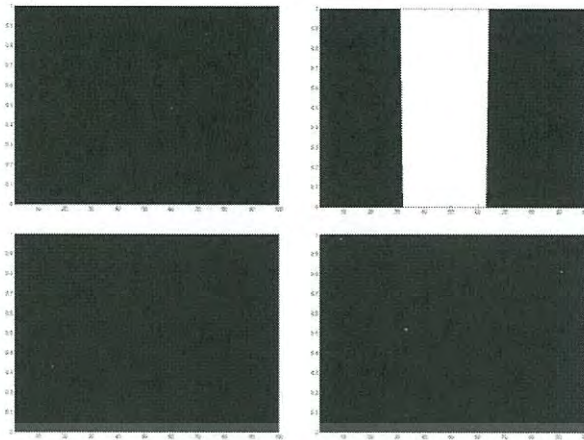


รูปที่ 4.123 เส้น FVL ตัดตัวเลข 7



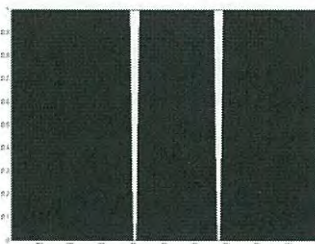
รูปที่ 4.124 เส้น FVL ตัดตัวเลข 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



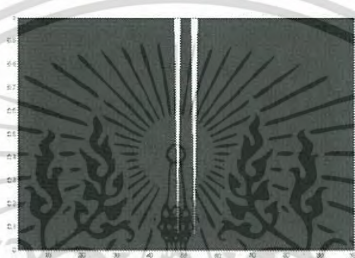
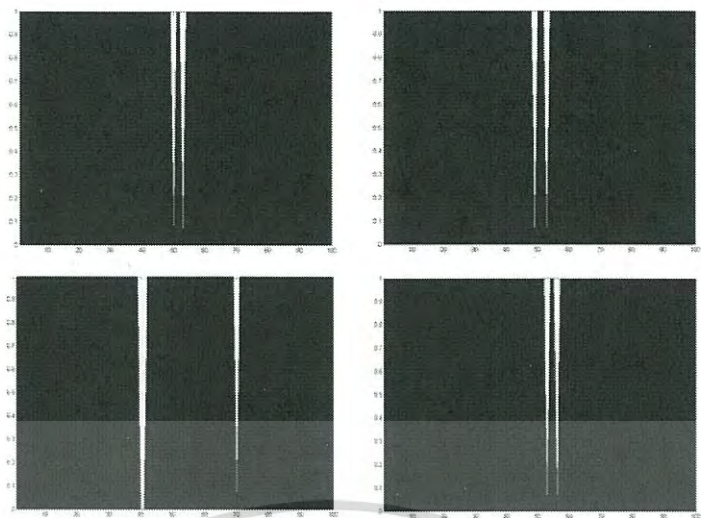
รูปที่ 4.125 เส้น FVL ตัดตัวเลข 9

near horizontal line(NHL)

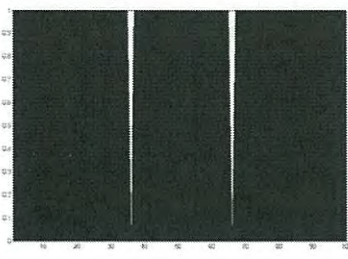
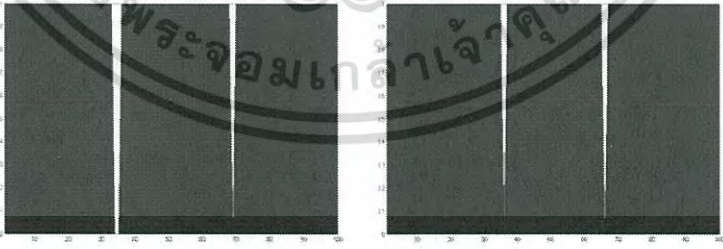


รูปที่ 4.126 เส้น NHL ตัดตัวเลข 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.127 เส้น NHL ตัดตัวเลข 1



รูปที่ 4.128 เส้น NHL ตัดตัวเลข 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.129 เส้น NHL ตัดตัวเลข 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในเพียงการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

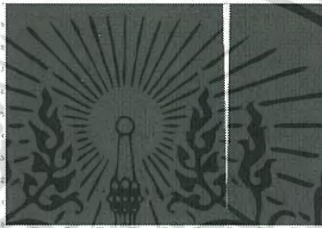
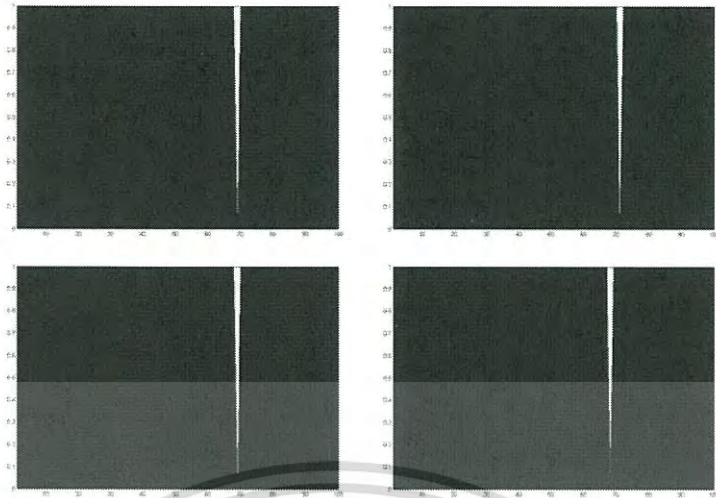
รูปที่ 4.130 เส้น NHL ตัดตัวเลข 4



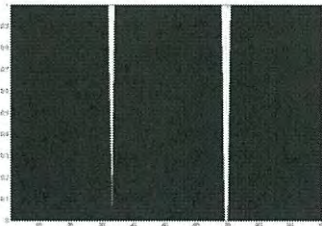
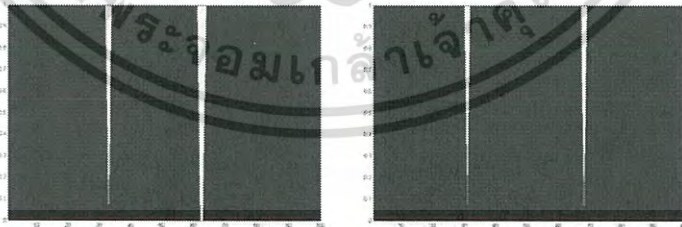
รูปที่ 4.131 เส้น NHL ตัดตัวเลข 5

รูปที่ 4.132 เส้น NHL ตัดตัวเลข 6

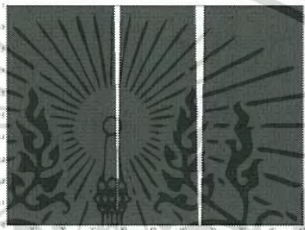
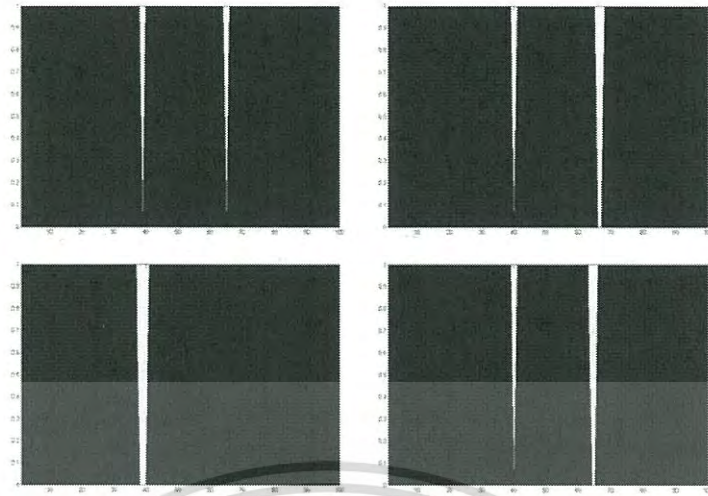
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.133 เส้น NHL ตัดตัวเลข 7

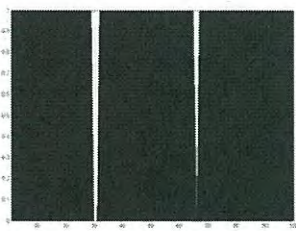
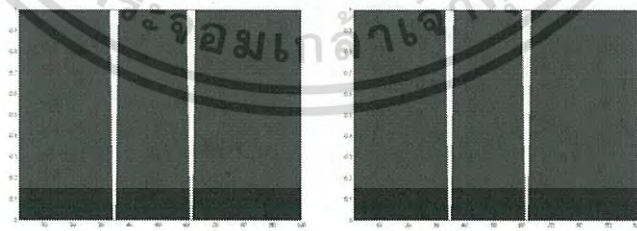
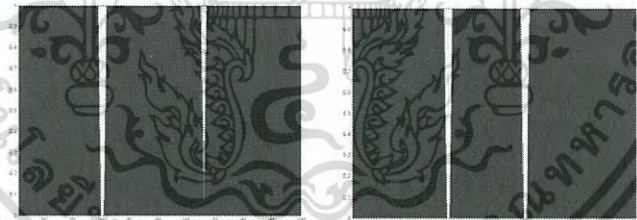


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเชิงพาณิชย์เท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



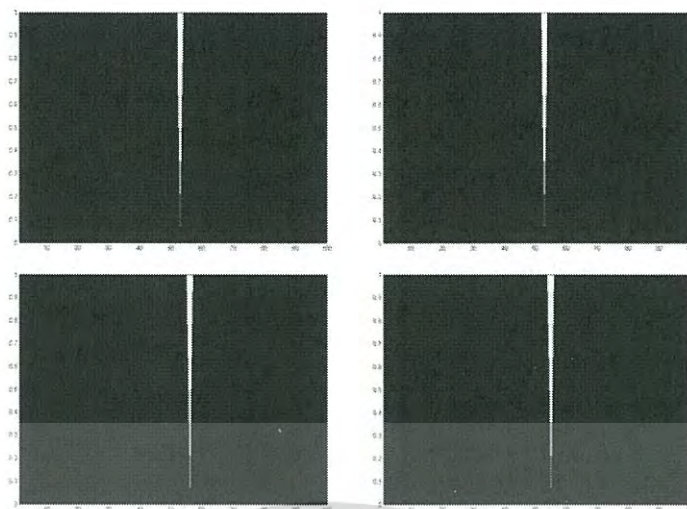
รูปที่ 4.135 เส้น NHL ตัดตัวเลข 9

far horizontal line(FHL)

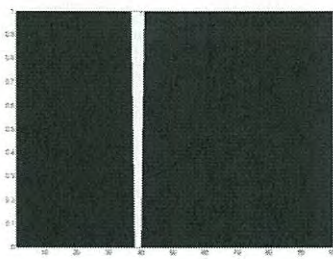


รูปที่ 4.136 เส้น FHL ตัดตัวเลข 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

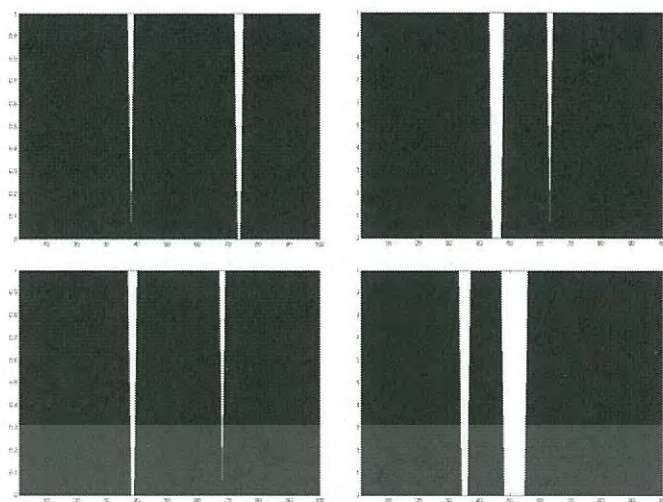


รูปที่ 4.137 เส้น FHL ตัดตัวเลข 1

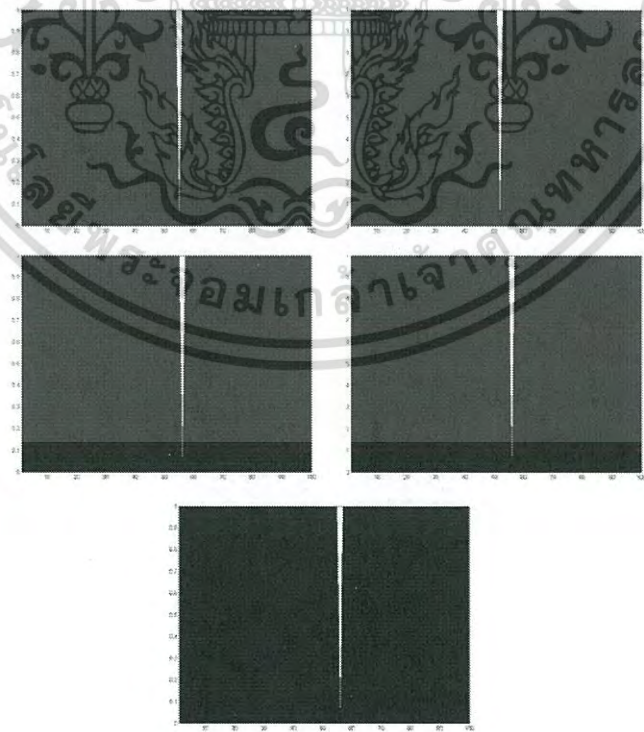


รูปที่ 4.138 เส้น FHL ตัดตัวเลข 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

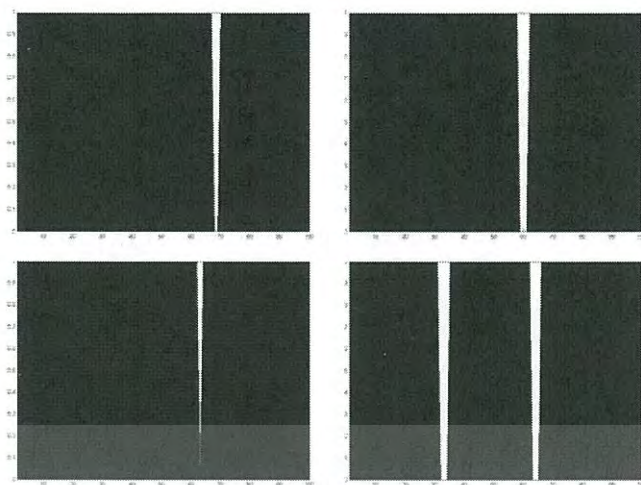


รูปที่ 4.139 เส้น FHL ตัดตัวเลข 3

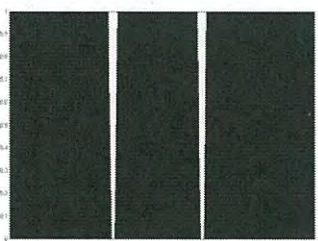


รูปที่ 4.140 เส้น FHL ตัดตัวเลข 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

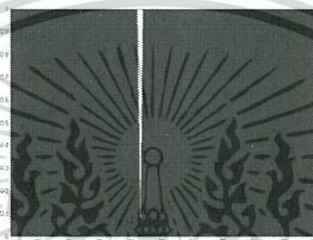
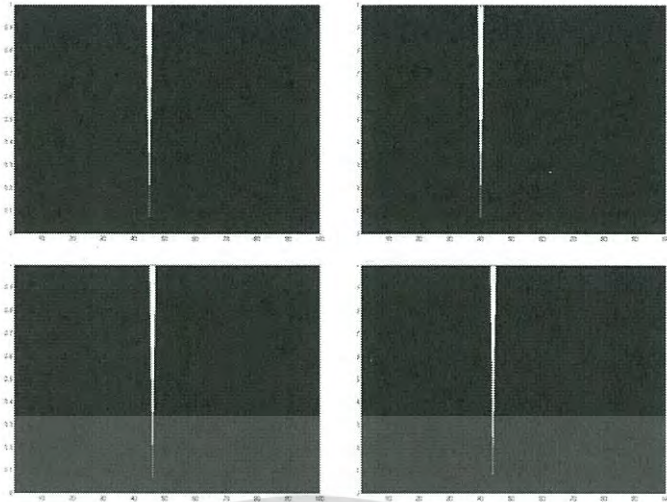


รูปที่ 4.141 เส้น FHL ตัดตัวเลข 5

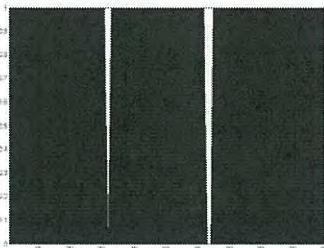


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.142 เส้น FHL ตัดตัวเลข 6

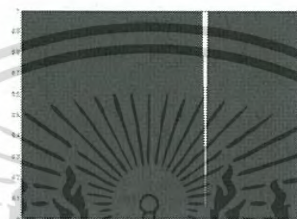
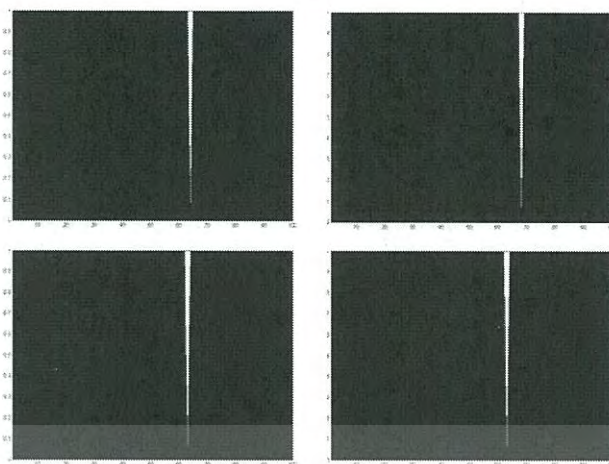


รูปที่ 4.143 เส้น FHL ตัดตัวเลข 7



รูปที่ 4.144 เส้น FHL ตัดตัวเลข 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.145 เส้น FHL ตัดตัวเลข 9



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

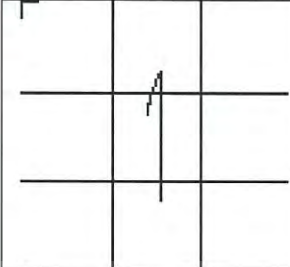
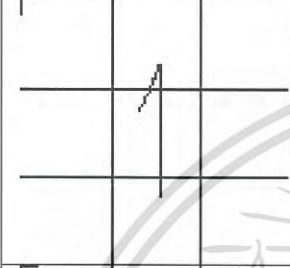
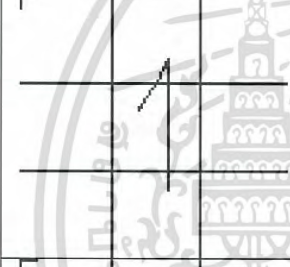
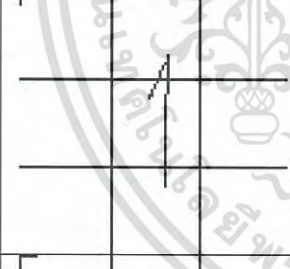
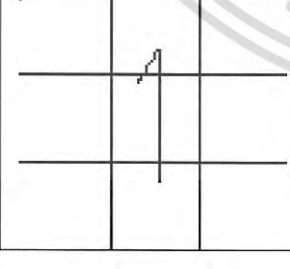
ตารางสรุปผล ซึ่งค่าที่อยู่ในตารางคือค่าจำนวนจุดที่เส้นต่างๆตัดกับตัวเลขในรูปภาพ

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 0

Sample (ตัวเลข 0)	NVL	FVL	NHL	FHL
	2	2	2	2
	2	2	2	2
	2	2	2	2
	2	2	2	2
	2	2	2	2

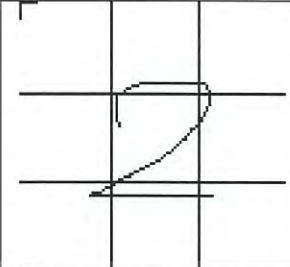
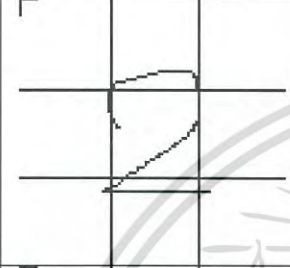
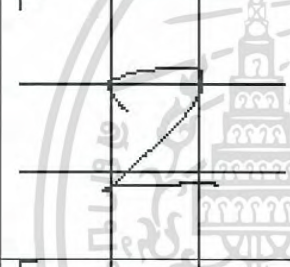
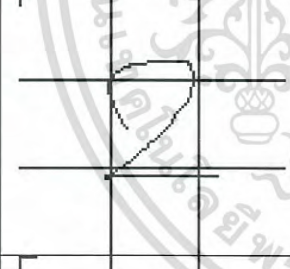
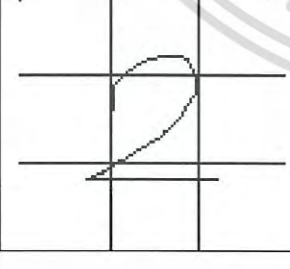
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 1

Sample (ตัวเลข 1)	NVL	FVL	NHL	FHL
	0	0	2	1
	0	0	2	1
	0	0	2	1
	0	0	2	1
	0	0	2	1




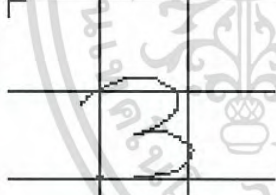

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 2

Sample (ตัวเลข 2)	NVL	FVL	NHL	FHL
	2	3	2	1
	2	3	2	1
	2	3	2	1
	2	1	2	1
	2	1	2	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 3

Sample (ตัวเลข 3)	NVL	FVL	NHL	FHL
	1	4	2	2
	1	4	2	2
	2	4	2	2
	2	2	2	2
	2	4	2	2

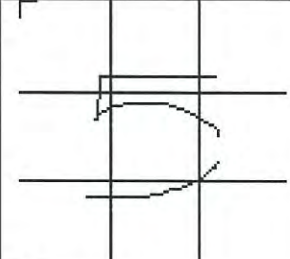
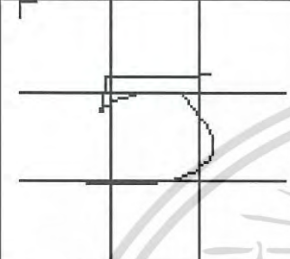
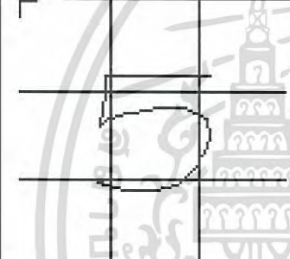
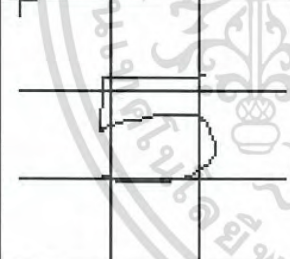
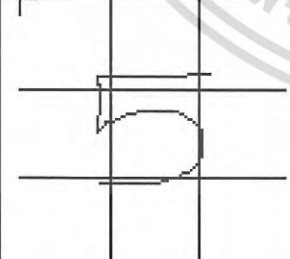
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 4

Sample (ตัวเลข 4)	NVL	FVL	NHL	FHL
	2	1	2	1
	2	1	2	1
	2	1	2	1
	2	1	2	1
	2	1	2	1

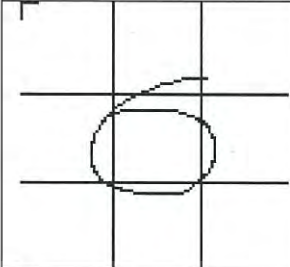
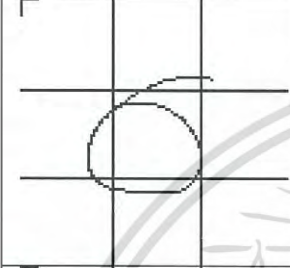
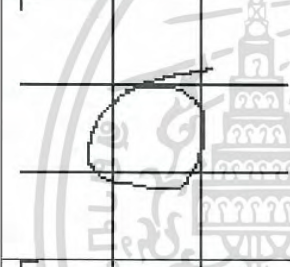
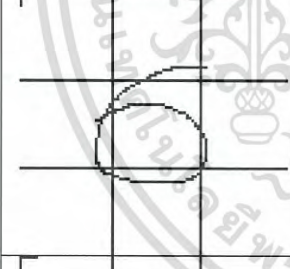
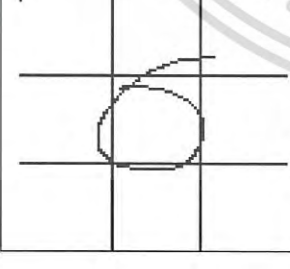
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 5

Sample (ตัวเลข 5)	NVL	FVL	NHL	FHL
	3	3	1	1
	3	3	1	1
	3	3	1	1
	3	3	1	2
	3	3	1	1

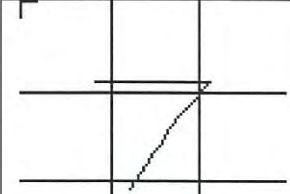




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 6

Sample (ตัวเลข 6)	NVL	FVL	NHL	FHL
	2	3	1	2
	2	3	1	2
	2	3	1	2
	3	3	1	2
	2	3	1	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 7

Sample (ตัวเลข 7)	NVL	FVL	NHL	FHL
	1	2	1	1
	1	2	1	1
	1	2	1	1
	1	2	1	1
	1	2	1	1

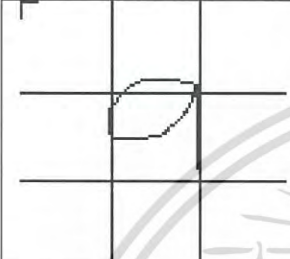
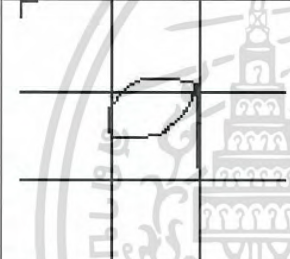
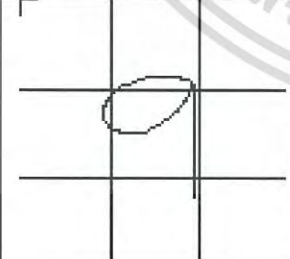
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 8

Sample (ตัวเลข 8)	NVL	FVL	NHL	FHL
	3	4	2	2
	0	0	2	2
	2	2	2	2
	4	2	2	2
	4	2	2	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองการใช้เทคนิค intersection ในการวิเคราะห์ตัวเลข 9

Sample (ตัวเลข 9)	NVL	FVL	NHL	FHL
	0	0	2	1
	1	1	2	1
	2	0	2	1
	2	0	2	1
	2	0	2	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

การวิเคราะห์ภาพในรายงานฉบับนี้จะถูกแบ่งออกเป็นสองวิธี ซึ่งวิธีได้แรกคือการวิเคราะห์ภาพด้วยเทคนิค cross-correlation และวิธีที่สองคือวิธี overlapping
ตารางที่5.1 ตารางผลสรุปผลความแม่นยำของเทคนิค cross-correlation

Sample	Accuracy (vertical line template)	Accuracy (horizontal line template)
0	100% (F = 5/5)	100% (F = 5/5)
1	100% (T = 5/5)	100% (F = 5/5)
2	100% (F = 5/5)	80% (T = 4/5)
3	100% (F = 5/5)	100% (F = 5/5)
4	100% (T = 5/5)	60% (T = 3/5)
5	100% (F = 5/5)	100% (T = 5/5)
6	100% (F = 5/5)	100% (F = 5/5)
7	100% (F = 5/5)	100% (T = 5/5)
8	100% (F = 5/5)	100% (F = 5/5)
9	40% (T = 2/5)	100% (F = 5/5)

ตารางที่5.2 ตารางผลสรุปผลความแม่นยำของวิธี intersection

Sample	Average of intersected point / Linear intersected point	Accuracy
0	(40/40) 8/8	100%
1	(15/15) 3/3	100%
2	(36/45) 7.2/9	80%
3	(46/50) 9.2/10	92%
4	(30/30) 6/6	100%
5	(41/45) 8.2/9	91.11%
6	(35/40) 7/8	87.5%
7	(25/25) 5/5	100%
8	(43/60) 8.6/12	71.66%
9	(22/25) 4.4/ 5	88%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับโครงการพิเศษ

1. เทคนิค cross-correlation นั้นเป็นเทคนิคที่ใช้กับตัวเลขที่เป็น non-linear ได้ไม่ดี เนื่องจากเวลาเขียนตัวเลขจริงในส่วนที่เป็นเส้นตรงต่าง ๆ นั้นจะไม่ตรงอย่างที่ทำการทดลอง
2. เนื่องจากผู้ทำการทดลองได้สุ่มเขียนตัวเลขขึ้นมาเองซึ่งไม่ได้ครอบคลุมค่า distribution ในทางสถิติทั้งหมดดังนั้นเวลาใช้จริง เทคนิคทั้งสองประเภทนี้จะมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมากขึ้นกว่าเดิม

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางในการทำในอนาคต

เนื่องจากวิชาที่ใช้ในการศึกษาต่อเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นผู้ที่ต้องการพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์พอสมควร และหลังจากนั้นจึงไปศึกษาวิชาที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. ความน่าจะเป็นและ stochastic process เป็นวิชาที่เกี่ยวกับศึกษาความเป็นไปได้และระบบต่างๆที่เป็นแบบ non-linear
2. การประมวลผลสัญญาณเชิงสถิติ และ ตัวกรองแบบ adaptive เป็นศาสตร์ที่นำ ความน่าจะเป็นมาประยุกต์ใช้ในการลดสัญญาณที่ไม่พึงประสงค์ เพื่อทำให้ระบบมีความเข้าใจในระบบ linear มากที่สุด
3. Computer vision เป็นศาสตร์เกี่ยวกับการนำ การประมวลผลภาพมาประยุกต์เพื่อทำงานแบบเฉพาะเจาะจงอาศัยการป้อนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แต่ในส่วนหลักการจะเป็น โมเดลทางคณิตศาสตร์ และสถิติทั้งหมด
4. Pattern classification และ pattern recognition เป็นศาสตร์ที่นำข้อมูลมาสร้างเงื่อนไขและทำให้คอมพิวเตอร์เข้าใจ และสามารถตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง
5. Machine learning เป็นศาสตร์ที่ทำให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้และตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง
6. Optimization เป็นศาสตร์ที่ช่วยในการทำให้กระบวนการต่างๆเป็นไปได้อย่างเร็วและดีที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ซึ่งทำการวิเคราะห์จากสมการคณิตศาสตร์และเงื่อนไขที่มี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Charles L. Phillips, John Parr, Eve Riskin. 2007. Signals, Systems, & Transforms.
- [2] Okan K. Ersoy. 2006. Diffraction, Fourier Optics and Imaging.
- [3] John G. Proakis, Dimitris K Manolakis. Digital Signal Processing.
- [4] Dr Simon J. D. Prince. 2012. Computer Vision: Models, Learning, and Inference.
- [5] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods. 2007. Digital Image Processing.
- [6] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods , Steven L. Eddins. 2009. Digital Image | Processing Using MATLAB.
- [7] E. Brigham. 1988. the fast fourier transform and its applications.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้