

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปรับปรุงวิธีการบด็อกค้ำน้ดั่งแบบสามเหลี่ยมในการประมาณค่ามิติ
แฟร็กทัลสำหรับภาพระดับเทา

AN IMPROVED TRIANGLE-BOX COUNTING METHOD OF
FRACTAL DIMENSION ESTIMATION FOR GRAY-LEVEL IMAGES



T139329



โดย

นายเหมรรค์มี วชิรหัตถพงษ์

HEMMARAT WACHIRAHATTHAPONG

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. กันต์พงษ์ วรรัตน์ปัญญา

b.....
j.....

๐๗.
๗๖๘๔ก
๒๕๕๖

๖.12๖210๖4

เลขหมู่.....139329
เลขทะเบียน.....
วันเดือนปี.....30 ต.ค. 2558

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาการศึกษาระดับ 2

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**AN IMPROVED TRIANGLE-BOX COUNTING METHOD OF
FRACTAL DIMENSION ESTIMATION FOR GRAY-LEVEL IMAGES**



HEMMARAT WACHIRAHATTHAPONG

**A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS OF THE COURSE**

INDEPENDENT STUDY 2

MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการเรียนการสอนปี 2013 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2013

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	การปรับปรุงวิธีการบล็อกเค้าน์ดิ่งแบบสามเหลี่ยมในการ ประมาณค่ามิติแฟร็กทัลสำหรับภาพระดับเทา
นักศึกษา	นายเหมรัมย์ วชิรหัตถพงศ์
รหัสนักศึกษา	53660549
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	เทคโนโลยีระบบสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. กัณฑ์พงษ์ วรรณปัญญา

บทคัดย่อ

มิติเศษส่วนหรือมิติแฟร็กทัล (Fractal Dimension) เป็นคุณลักษณะใช้ในการวัดความหยาบและความคล้ายคลึงกันของวัตถุที่ซับซ้อน แต่วิธีที่ใช้สำหรับประมาณค่ามิติแฟร็กทัลในงานวิจัยที่มีอยู่ มุ่งเน้นการปรับปรุงในการเลือกความสูงที่เหมาะสมของการนับกล่อง ยังไม่สามารถแก้ปัญหาเรื่องของการนับที่มีความละเอียดน้อย ซึ่งจะพบกับตารางกริดขนาดเล็กมากและตารางกริดขนาดใหญ่มากเรียกว่า Under Counting ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อความถูกต้องของการประมาณการค่ามิติแฟร็กทัล ในงานวิจัยนี้จะนำเสนอวิธีการในการประมาณค่ามิติแฟร็กทัลที่ถูกต้องมากขึ้น โดยใช้การแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมที่จะเพิ่มความแม่นยำของการนับให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะเรียกวิธีการนี้ว่า (An Improved Triangle Box-Counting Method : ITBC) ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า วิธีการที่ใช้การแบ่งสามเหลี่ยมแบบ ITBC นี้ จะให้ผลลัพธ์ของค่าผิดพลาดในการประมาณค่ามิติแฟร็กทัลที่ต่ำกว่าวิธีการของ Differential Box-Counting Method (DBC) , An Improve Box-Counting Method (IDBC) และ A Box-Counting Method with Adaptable Box-Height (ADBC)

Title An Improved Triangle-Box Counting Method of Fractal Dimension Estimation for Gray-level Images

Student Mr. Hemmarat Wachirahatthapong

Student ID. 53660549

Degree Master of Science

Program Information Technology

Major Information System Technology

Academic Year 2556

Advisor Assist. Prof. Dr. Kuntpong Woraratpanya

ABSTRACT

A fractal dimension (FD) is an effective feature, which characterizes roughness and self-similarity of complex objects. However, FD in nature scene requires the effective method for estimation. The existing methods focus on the improvement of selecting the suitable height of box-counts. This cannot overcome the undercounting problem, which is a key factor to have an impact on the accuracy of the FD estimation. This paper proposes a more accurate FD estimation, an improved triangle box-counting (ITBC) method, to increase the precision of box-counts associated with box sizes. The triangle-box-partition technique provides the double precision for box-counts, thus it can solve the undercounting issue and enhance the accuracy of the FD estimation. The proposed method is evaluated its performance in terms of fitting error. The experimental results show that the ITBC method outperforms the existing methods, including differential box-counting (DBC), improved DBC (IDBC), and box-counting with adaptable box-height (ADBC) methods.

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับคำปรึกษาและคำแนะนำอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัมปงษ์ วรรณบัญญัติ และช่วยเหลือเสนอแนะข้อคิดเห็นต่างๆ จนทำให้ ผู้จัดทำเกิดแนวคิดในการพัฒนางานวิจัยนี้ และยังให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเขียนเอกสารวิชาการด้วย จึงขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณหน่วยงานต้นสังกัดคือ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้การ สนับสนุนในการศึกษาในครั้งนี้ และขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา รวมถึงภรรยาของข้าพเจ้าที่ คอยให้กำลังใจตลอดการศึกษา ทำให้งานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานที่ คอยช่วยเหลือในการสอบภาษาอังกฤษและผ่านไปได้ด้วยดี

เหมรัมย์ วิชรหัตถพงศ์



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.1 วัตถุประสงค์.....	2
1.2 ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.3 นิยามศัพท์.....	2
1.4 ประโยชน์ของงานวิจัย.....	2
บทที่ 2	
2.1 การค้นคืนภาพโดยใช้เนื้อหาภาพ (Content-based Information Retrieval : CBIR).....	3
2.2 การประมวลผลภาพ (Image Processing).....	4
2.2.1 ภาพดิจิทัล (Digital Image).....	4
2.2.2 ภาพขาวดำ (Binary Image).....	5
2.2.3 ภาพระดับสีเทา (Gray Scale Image).....	5
2.2.4 ภาพสี (Color Image).....	6
2.3 คุณลักษณะเฉพาะของภาพ.....	7
2.4 การถอดลักษณะเฉพาะของภาพ.....	8
2.5.1 การถอดลักษณะเฉพาะทางสี.....	9
2.5.1.1 ฮิสโตแกรมสี (Color Histogram).....	9
2.5.1.2 คอร์รีโลแกรมของสี (Color Correlogram).....	10
2.5.2 การถอดลักษณะเฉพาะของภาพทางลวดลาย.....	10

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5.2.1 มิติเศษส่วน (Fractal Dimension).....	10
2.5.2.2 บล็อกเค้าน์ติง (Box-Counting Method).....	11
2.5.2.3 Differential Box-Counting (DBC)	13
2.5.2.5 An Improved Differential Box-Counting (IDBC).....	17
2.5.2.6 A Box-Counting Method with Adaptable Box Height (ADBC).....	18
2.6 การหาค่าผิดพลาดจากการประมาณค่าความชัน (Fitting Error)	19
2.7 การวัดความสอดคล้องด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของเคนดอลล์.....	20
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3	
3.1 การหาค่ามิติแฟร็กทัลด้วยวิธีการ DBC แบบแบ่งกล่องสามเหลี่ยม (Triangle Differential Box-Counting Method : TDBC).....	26
3.1.1 การหาค่ามิติแฟร็กทัลด้วยวิธีการ TDBC แบบ MinMax.....	29
3.1.2 ตัวอย่างการคำนวณ.....	33
3.2 การหาค่ามิติแฟร็กทัลด้วยวิธีการของ ADBC โดยการแบ่งเป็นสามเหลี่ยมสองรูป (Triangle Differential Box Counting with Adaptable Box Height).....	40
3.2.1 การหาค่ามิติแฟร็กทัลด้วยวิธีการ ITBC แบบ MinMax.....	42
3.2.2 ตัวอย่างวิธีการ ITBC.....	47
บทที่ 4	
4.1 ผลการทดลองด้วยวิธีการ TDBC	53
4.1.1 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ MaxMax.....	53
4.1.2 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ MaxMin	54
4.1.3 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ MaxAverage.....	54
4.1.4 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ MinMax.....	55
4.1.5 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ MinMin	56
4.1.6 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ MinAverage	57
4.1.7 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ AverageMax.....	58
4.1.8 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ AverageMin	59
4.1.9 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ AverageAverage	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2 ผลการทดลองด้วยวิธีการ ITBC.....	60
4.2.1 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ MaxMax	61
4.2.2 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ MaxMin	61
4.2.3 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ MaxAverage	62
4.2.4 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ MinMax	63
4.2.5 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ MinMin.....	64
4.2.6 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ MinAverage.....	65
4.2.7 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ AverageMax	66
4.2.8 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ AverageMin.....	67
4.2.9 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ AverageAverage.....	68
4.3 การปรับปรุงวิธีการของ TDBC และ ITBC โดยใช้ค่าความแปรปรวนที่เหมาะสม.....	69
4.3.1 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ Direct-TDBC.....	71
4.3.2 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ InDirect-TDBC	73
4.3.3 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ Direct-ITBC.....	74
4.3.4 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ InDirect-ITBC	76
4.4 การประเมินสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของวิธีการ	78
บทที่ 5	
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	81
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	82
5.3 ข้อเสนอแนะ	82
บรรณานุกรม.....	83
ภาคผนวก.....	85
ภาคผนวก ก	86
ภาคผนวก ข	120
ภาคผนวก ค	154
ประวัติผู้เขียน	156

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าของ Box Count สำหรับการแบ่งตารางย่อย (s) ขนาดต่างๆ	12
2.2 แสดงการแบ่งภาพออกเป็นตารางกริดย่อย 4 กรณิที่ใช้สัดส่วน r	18
3.1 การคำนวณค่า 1 และ k ในการแบ่งตารางกริดขนาด 2×2 เป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูป	35
3.2 การคำนวณค่า 1 และ k ในการแบ่งตารางกริดขนาด 4×4 เป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูป	38
3.3 แสดงการแบ่งภาพออกเป็นตารางกริดย่อย 4 กรณิที่ใช้สัดส่วน r	43
3.4 แสดงการแบ่งภาพออกเป็นตารางกริดย่อยที่ 4 กรณิที่ใช้สัดส่วน 3	48
3.5 การคำนวณค่า l และ k ของการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูป	49
3.6 แสดงการคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของการแบ่งตารางกริดเป็นรูป สามเหลี่ยม. 50	
4.1 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ MaxMax	53
4.2 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ MaxMin	54
4.3 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ MaxAverage	55
4.4 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ MinMax	55
4.5 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ MinMin	56
4.6 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ MinAverage	57
4.7 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ AverageMax	58
4.8 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ AverageMin	59
4.9 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ AverageAverage	60
4.10 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ MaxMax	61
4.11 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ MaxMin	62
4.12 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ MaxAverage	63
4.13 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ MinMax	64
4.14 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ MinMin	65
4.15 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ MinAverage	66
4.16 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ AverageMax	66
4.17 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ AverageMin	67
4.18 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ AverageAverage	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศีกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.19 ผลการทดลองด้วยวิธีการแบบ Direct-TDBC	72
4.20 ผลการทดลองด้วยวิธีการแบบ InDirect-TDBC	74
4.21 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ Direct-ITBC	75
4.22 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ InDirect-ITBC.....	77
4.23 การคำนวณค่าลำดับของความสอดคล้องด้วยเคนคอลลีของวิธีการแบบ TDBC	78
4.24 การคำนวณค่าลำดับของความสอดคล้องด้วยเคนคอลลีของวิธีการแบบ ITBC	79
ก.1 ค่า Fractal Dimension และค่า Fitting Error ของภาพ Brodatz จำนวน 111 ภาพ ที่ทดลองด้วยวิธีการ TDBC.....	87
ข.1 ค่า Fractal Dimension และค่า Fitting Error ของภาพ Brodatz จำนวน 111 ภาพ ที่ทดลองด้วยวิธีการ ITBC	121
ค.1 ตารางค่าวิกฤตของโคสแควร์.....	154

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การเก็บข้อมูลของภาพขาวดำ.....	5
2.2 ตัวอย่างการไล่สีตั้งแต่สีดำ สีเทา และสีขาวของภาพระดับสีเทา.....	5
2.3 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลของภาพระดับเทา.....	6
2.5 ค่าฮิสโตแกรมสี.....	9
2.6 รูปทรงแบบ Sierpinski และ Koch Curve	10
2.7 การนับจำนวนบล็อกละ โดยการแบ่งตารางย่อยขนาดต่างๆ.....	12
2.8 ค่าความชันเมื่อนำบล็อกที่ทำการนับด้วยขนาดตารางย่อยต่างๆ มาวาดกราฟ	13
2.9 รูปแบบการแบ่งบล็อกละย่อยเป็นแบบ Triangle Box.....	13
2.10 การแบ่งตารางกริดย่อยขนาด 128x128,64x64 และ 32x32 เป็นรูปสามเหลี่ยม	14
2.11 การแบ่งตารางกริดย่อยขนาด 16x16 และ 8x8 เป็นรูปสามเหลี่ยม	15
2.12 ค่าความชันเมื่อนำค่าการนับด้วยขนาดตารางย่อยต่างๆ มาวาดกราฟ	15
2.12 ค่าความชันเมื่อนำค่าการนับด้วยขนาดตารางย่อยต่างๆ มาวาดกราฟ.....	15
2.13 ค่าความเข้มระดับเทาสูงสุดและต่ำสุดตกที่มีค่าความแตกต่างน้อยกว่า s.....	17
2.14 การแบ่งตารางกริดกรณีที่ซ้อนทับกัน 1 จุดภาพ.....	18
3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	25
3.2 การแบ่งรูปภาพ Brodatz D24 ออกเป็นตารางกริดย่อยขนาด 4×4	29
3.3 รูปแบบการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2.....	29
3.4 การแบ่งตารางกริดขนาด 4×4 เป็นรูปสามเหลี่ยมแบบสมมาตรตาม Pattern1	30
3.5 การแบ่งตารางกริดขนาด 4×4 เป็นรูปสามเหลี่ยมแบบสมมาตรตาม Pattern2.....	30
3.6 แสดงการหาค่ากล่องของความเข้มระดับเทาสูงสุดและต่ำสุด.....	31
3.7 ตัวอย่างความเข้มของสี่ระดับเทาขนาด 8×8 จุดภาพ จากภาพ Brodatz D24	33
3.8 การแบ่งรูปภาพ Brodatz D24 ออกเป็นตารางกริดย่อยขนาด 2×2	34
3.9 การแบ่งตารางกริดขนาด 2×2 เป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2.....	34
3.10 รูปแบบการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยม Pattern1 และ Pattern2	34
3.11 การเลื่อนตารางกริดไปยังตำแหน่งถัดไป	36
3.12 การแบ่งรูปภาพ Brodatz D24 ออกเป็นตารางกริดย่อยขนาด 4×4	37
3.13 การแบ่งตารางกริดขนาด 4×4 เป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2.....	37

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.14 การเลื่อนตารางกริดไปยังตำแหน่งถัดไป	39
3.15 การแบ่งตารางกริดของภาพขนาด 13x23 เป็นตารางกริดย่อยที่ใช้ค่าสัดส่วนเท่ากับ 5	43
3.16 รูปแบบการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2.....	43
3.17 การแบ่งตารางกริดขนาด เป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปแบบสมมาตร	44
3.18 การแบ่งตารางกริดขนาด 4 × 4 เป็นรูปสามเหลี่ยมแบบสมมาตรตาม Pattern1	44
3.19 การแบ่งตารางกริดขนาด 4 × 4 เป็นรูปสามเหลี่ยมแบบสมมาตรตาม Pattern2.....	44
3.20 การแบ่งตารางกริดของภาพขนาด 13x23 เป็นตารางกริดย่อยที่ใช้ค่าสัดส่วนเท่ากับ 5.....	45
3.21 การปรับขนาดของกล่องตามแนวแกน z และคำนวณค่ากล่องของระดับเทาสูงสุดและต่ำสุด.....	45
3.22 ตัวอย่างความเข้มของสีระดับเทาขนาด 11 × 13 จุดภาพ จากภาพ Brodatz D24	47
3.23 การแบ่งตารางกริดของภาพขนาด 11 × 13 เป็นตารางกริดย่อยที่ใช้ค่าสัดส่วนเท่ากับ 3.....	48
3.24 รูปแบบการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2.....	48
3.25 การแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2	49
4.1 ภาพ Brodatz ที่ใช้ในการทดลอง	52
4.2 ภาพ Brodatz D03 และ D05	70

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระบวนการในการค้นคืนภาพด้วยเนื้อหา (Content-based Information Retrieval) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน ได้แก่ การแยกคุณลักษณะเฉพาะของภาพ (Image Feature Extraction) การสร้างดัชนีในการค้นคืนภาพ (Image Indexing) และการค้นคืนภาพ (Image Retrieval) และในขั้นตอนของการแยกคุณลักษณะเฉพาะของภาพนั้น มีนักวิจัยพัฒนาวิธีการแยกคุณลักษณะของภาพโดยใช้คุณลักษณะทางสี (Color) ลวดลาย (Texture) รูปร่าง (Shape) หรือใช้คุณลักษณะหลายคุณลักษณะประกอบกันเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการค้นคืนที่มีประสิทธิภาพ เช่น การใช้ฮิสโตแกรมของสี (Color Histogram) [16] การใช้คอร์รีโลแกรมสี (Color Correlogram) [8] การใช้สีและลวดลายประกอบกันสำหรับค้นคืนภาพ [3] การใช้คุณลักษณะของลวดลายและรูปร่างประกอบกันเพื่อใช้ในการแยกกลุ่มของภาพเอ็กซ์เรย์ [10] เป็นต้น ซึ่งจากงานวิจัยที่กล่าวมานั้นถ้าต้องการให้ประสิทธิภาพในการค้นคืนข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นจะต้องใช้คุณลักษณะหลายคุณลักษณะประกอบกัน และจากงานวิจัยที่กล่าวมานั้น การค้นคืนภาพโดยใช้คุณลักษณะทางสี ลวดลาย และรูปร่าง ยังพบปัญหาในการค้นคืนภาพที่มีลักษณะทางสีใกล้เคียงกันแต่อาจจะเป็นภาพต่างกลุ่มกัน เช่น กลุ่มภาพทะเล กับกลุ่มภาพภูเขาหิมะ กลุ่มของภาพใบไม้ ดอกไม้ เป็นต้น ซึ่งภาพในกลุ่มนี้ส่วนมากเป็นภาพที่เกิดจากธรรมชาติและมีลักษณะของภาพที่ไม่ชัดเจน แต่อาจมีลวดลายที่คล้ายคลึงกัน และถึงแม้จะมีลักษณะทางลวดลายที่คล้ายคลึงกัน แต่สิ่งหนึ่งที่แตกต่างกันคือมิติของภาพ ซึ่งภาพตามธรรมชาติโดยทั่วไปแล้วจะมีมิติที่ไม่เป็นจำนวนเต็มหรือเรียกว่ามิติแฟร็กทัล (Fractal Dimension) การประมาณค่ามิติแฟร็กทัลของภาพนี้จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เพื่อการค้นคืนภาพประเภทนี้ได้ค่อนข้างดี ซึ่งในทฤษฎีการหาปริมาตรเศษส่วนหรือมิติแฟร็กทัล จะเป็นวิธีการในการพิจารณามิติของรูปภาพจากรูปทรง หรือลวดลาย ประกอบการค้นคืนภาพ ในการคำนวณหามิติแฟร็กทัลของภาพมีหลายวิธี เช่น วิธีการของมัลติสเกลมินคอฟสกี (Multiscale Minkowski) วิธีการของมิติเฮาส์ดอร์ฟ (Hausdorff Dimension) หรือวิธีการของบ็อกเค้าน์ดิง (Box-Counting Method) [3][6][9] ซึ่งวิธีการของบ็อกเค้าน์ดิงนั้น มีงานวิจัยจำนวนมากนำวิธีการนี้ไปใช้ในการประมาณค่าของมิติรูปภาพเพื่อการค้นคืนภาพ เช่น งานวิจัยของ Li และคณะ [7] ได้นำวิธีการของบ็อกเค้าน์ดิงมาใช้ในการจัดกลุ่มลักษณะเด่นของม่านตา Odermir และคณะ [8] ได้นำวิธีการของบ็อกเค้าน์ดิงมาใช้ในการระบุพืชโดยการวิเคราะห์ความซับซ้อนของใบและรูปทรงภายในและภายนอก และงานวิจัยของคณิศร์ตัน [1] ได้ปรับปรุงวิธีการของบ็อกเค้าน์ดิงแบบสามเหลี่ยม (Triangle-Box Counting) ร่วมกับการใช้คอร์รีโลแกรมสีเพื่อใช้ในการค้นคืนภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอนด์ ซึ่งจากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าวิธีการของบล็อกเค้านิ่งนั้นสามารถนำมาใช้เพื่อการค้นคืนภาพตามธรรมชาติได้เป็นอย่างดี ประกอบกับวิธีการของบล็อกเค้านิ่งแบบสามเหลี่ยมสามารถใช้ได้เฉพาะกับภาพขาวดำเท่านั้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการปรับปรุงวิธีการของบล็อกเค้านิ่งแบบสามเหลี่ยมในการหามิติแฟร็กทัลเพื่อใช้กับภาพระดับเทาได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อปรับปรุงวิธีการบล็อกเค้านิ่งแบบสามเหลี่ยมที่สามารถในการประมาณค่าของมิติแฟร็กทัลที่มีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. ฐานข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดสอบ คือ ฐานข้อมูลภาพระดับเทา Brodatz จำนวน 111 ภาพ และใช้ภาพทดสอบจากงานวิจัย [15] [11] จำนวน 12 ภาพ เพื่อใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับวิธีการแบบดั้งเดิม

2. การวัดประสิทธิภาพของวิธีการใช้การหาค่าความผิดพลาดในการประมาณค่าความชันของกราฟ (Fitting Error)

1.4 นิยามศัพท์

1. Feature Extraction หมายถึง การสกัดคุณลักษณะด้วยวิธีการหาค่ามิติแฟร็กทัล
2. ตารางกริด หมายถึง การแบ่งภาพขนาดใหญ่เป็นภาพขนาดเล็กๆ
3. ตารางกริดรูปสามเหลี่ยม หมายถึง การแบ่งภาพจากตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมออกเป็นสองส่วนตามแนวทะแยงมุม
4. ค่าความแปรปรวน หมายถึง ค่าความแปรปรวนของความเข้มระดับเทา

1.5 ประโยชน์ของงานวิจัย

1. ได้ขั้นตอนวิธีการหาค่ามิติแฟร็กทัลที่มีประสิทธิภาพ
2. เป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการแยกคุณลักษณะของภาพ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบค้นคืนภาพระดับเทาหรือภาพสีอื่นต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ การค้นคืนภาพโดยใช้เนื้อหาภาพ (CBIR) มิติเศษส่วน (Fractal Dimension) การแยกลักษณะเฉพาะทางลวดลาย การประมาณค่ามิติเศษส่วนด้วยวิธีการบล็อกคั่นตั้ง (Box Counting) วิธีการบล็อกคั่นตั้งแบบสามเหลี่ยม (Triangle Box Counting) วิธีการบล็อกคั่นตั้งแบบปรับปรุง (An Improved Box-Counting Method) และวิธีการบล็อกคั่นตั้งโดยใช้ค่าสัดส่วนที่มีการปรับค่าได้ (A Box-Counting Method with Adaptable Box-Height) การหาค่าความแปรปรวน การวัดประสิทธิภาพการประมาณค่าความชัน การหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องกันของเคนคอลลี (Kendall (w) Coefficient of Concordance) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การค้นคืนภาพโดยใช้เนื้อหาภาพ (Content-based Information Retrieval : CBIR)

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ทำให้ข้อมูลข่าวสารต่างๆ เช่น ข้อความ รูปภาพ มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ฐานข้อมูลภาพมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นและเป็นฐานข้อมูลภาพขนาดใหญ่ ส่งผลให้การค้นคืนภาพจากคลังภาพขนาดใหญ่เป็นงานที่มีความยุ่งยากและต้องใช้เวลาานาน วิธีการในการค้นคืนภาพ ที่นำมาใช้ ได้แก่ การค้นหาคืนภาพด้วยคำอธิบายภาพ โดยที่มนุษย์เป็นผู้กำหนดข้อความคำอธิบายภาพ ซึ่งจะต้องกำหนดและสร้างคำจำกัดความให้กับภาพแต่ละภาพไว้ในฐานข้อมูล เมื่อต้องการค้นหาภาพ ก็จะดำเนินการโดยการป้อนคำค้นเพื่อใช้ในการสืบค้นข้อมูลภาพจากฐานข้อมูล ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพด้วยคำอธิบายภาพจะได้ผลลัพธ์ที่ดีในกรณีที่มีข้อมูลภาพไม่มากนัก และการให้คำอธิบายภาพมีความชัดเจนถูกต้อง แต่ถ้าข้อมูลภาพมีจำนวนมาก จำเป็นจะต้องใช้เวลามากเช่นเดียวกันในการให้จำกัดความให้กับภาพ ประกอบกับมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น หากผู้ใช้ไม่ทราบถึงคำค้นก็ไม่สามารถที่จะค้นหาภาพนั้นๆ ได้ หรือการให้คำอธิบายภาพไม่เหมาะสม ไม่สื่อความหมายก็ทำให้ได้ผลลัพธ์ของการค้นคืนที่ไม่ถูกต้องด้วย และข้อจำกัดที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ การค้นคืนข้อมูลภาพด้วยคำอธิบายภาพนั้นจะได้ภาพที่ไม่ตรงกับความต้องการปะปนมากับผลลัพธ์ด้วย จึงได้มีการพัฒนาขั้นตอนวิธีในการค้นคืนภาพโดยใช้เนื้อหาภาพ ซึ่งเนื้อหาภาพจะหมายถึงการใช้คุณลักษณะเฉพาะ (Feature) ของภาพ ได้แก่ สี รูปร่าง ลวดลาย เป็นต้น วิธีการค้นคืนภาพด้วยเนื้อหาภาพนั้นจะทำการแยกคุณลักษณะของภาพในฐานข้อมูลออกมา ซึ่งจะอยู่ในรูปของค่าตัวเลขที่เรียกว่า เวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ และนำเวกเตอร์คุณลักษณะเฉพาะที่ได้นำมาสร้างดัชนีสำหรับการค้นคืน และทำการเปรียบเทียบกับเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะของภาพสอบถาม ซึ่งการนำลักษณะเฉพาะของภาพมาใช้ในการค้นคืนจะทำให้ได้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ที่เกิดความแม่นยำมากขึ้น แต่ทั้งนี้ประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพจะมากขึ้นเพียงใด จะขึ้นอยู่กับวิธีการและคุณลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมในการค้นคืนด้วย

มิติของภาพเป็นคุณลักษณะเฉพาะอย่างหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการค้นคืนภาพตามธรรมชาติ เนื่องจากภาพตามธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีมิติที่ไม่เป็นจำนวนเต็ม ซึ่งเรียกว่ามิติเศษส่วน หรือมิติแฟร็กทัล ในการหาค่ามิติแฟร็กทัล ถ้าวิธีการใดสามารถประมาณค่ามิติแฟร็กทัลได้ใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎีมากเท่าใดจะแสดงถึงวิธีการนั้นมีประสิทธิภาพ บล็อกเค้านี้ตั้งก็เป็นวิธีหนึ่งที่ยอมรับนำมาใช้ในการประมาณค่ามิติแฟร็กทัลในงานวิจัยหลายๆ งานวิจัยได้นำวิธีการของบล็อกเค้านี้ตั้ง มาใช้เพื่อการประมาณค่ามิติแฟร็กทัล [18][14][1] เนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่ายและไม่ซับซ้อน ซึ่งจะได้กล่าวถึงวิธีการของบล็อกเค้านี้ตั้งแบบต่างๆ ในลำดับถัดไป

2.2 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

2.2.1 ภาพดิจิทัล (Digital Image)

ภาพดิจิทัล คือ ข้อมูลรูปภาพที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบดิจิทัล โดยตัวเลขฐานสองจะถูกใช้ในการกำหนดค่ารายละเอียดในภาพสี และโทนของภาพสี ภาพดิจิทัลจะอยู่ในรูปของตารางโดยที่แต่ละช่องจะเป็นส่วนหนึ่งของภาพหรืออักษร เรียกแต่ละจุดหรือช่องนั้นว่า “จุดภาพ” (Pixel) แต่ละจุดภาพจะถูกกำหนดให้มีระดับของความเข้ม (สีดำ สีขาว สีเทา หรือสีอื่น ๆ) ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของรหัสไบนารี (Binary Code) 0 และ 1

ภาพดิจิทัลสามารถนิยามเป็นฟังก์ชันสองมิติ $f(x, y)$ โดยที่ x และ y เป็นพิกัดของภาพ และแอม-พลิจูดของ f ที่พิกัด (x, y) ใด ๆ ภายในภาพสองมิติ คือ ค่าความเข้มแสงของภาพ (Intensity) ที่ตำแหน่งนั้น และเมื่อ x, y และแอมพลิจูดของ f เป็นค่าจำกัด (Finite Value) จึงเรียกรูปภาพนี้ว่าภาพดิจิทัล และถ้ากำหนดให้ภาพ $f(x, y)$ มีขนาด M แถว และ N คอลัมน์ และพิกัดของจุดกำเนิด (Origin) ของภาพ คือ ตำแหน่ง $(x, y) = (0, 0)$ แล้ว จะสามารถเขียนสมการให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

จากสมการที่ 2.1 ค่าแต่ละค่าที่อยู่ในเมทริกซ์จะเรียกว่า “จุดภาพ” โดยตำแหน่ง $(0,0)$ จะอยู่ทางด้านซ้ายมือสุดด้านบนของภาพ การจัดลำดับตำแหน่งของจุดภาพจะเรียงจากซ้ายไปขวาในแต่ละเส้นจุด และการจัดลำดับของเส้นจุดจะเรียงจากบนลงล่าง

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาหรือสิทธิการสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ภาพขาวดำ (Binary Image)

ภาพขาวดำหมายถึงรูปภาพที่ประกอบไปด้วยสีขาวและสีดำเท่านั้น และคอมพิวเตอร์สามารถวิเคราะห์ข้อมูลจากรูปภาพชนิดนี้ได้ง่ายกว่าภาพชนิดอื่น เนื่องจากภาพขาวดำจะมีค่าข้อมูลเพียง 2 ค่าเท่านั้น ซึ่งจะแทนสีดำด้วย 0 และสีขาวด้วย 1 หรือแทนสีดำด้วย 0 และสีขาวด้วย 255 ดังตัวอย่างการเก็บข้อมูลภาพขาวดำดังรูปต่อไปนี้

ความกว้างของรูปภาพ

0	1	0	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0	0	1
0	0	1	1	0	0	0	1
0	0	1	1	1	1	1	0
1	1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	0	1

ความยาวของรูปภาพ

จุดภาพและค่าสี
ภายในจุดภาพ

รูปที่ 2.1 การเก็บข้อมูลของภาพขาวดำ

2.2.3 ภาพระดับสีเทา (Gray Scale Image)

ภาพระดับสีเทาหมายถึงรูปภาพที่มีความสามารถในการแสดงสีได้ถึง 256 สี โดยไล่สีได้ตั้งแต่สีดำ สีเทา และสีขาวตามลำดับ ดังรูปที่ 2.2 โดยแต่ละสีเกิดจากขนาดแสงที่ตกกระทบบนรูปภาพ เรียกขนาดแสงที่ตกกระทบนี้นี้ว่า “ความเข้มแสง” (Intensity)



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการไล่สีตั้งแต่สีดำ สีเทา และสีขาวของภาพระดับสีเทา

ภาพระดับสีเทาจะใช้เมตริกซ์ 2 มิติในการเก็บข้อมูลเช่นเดียวกับภาพขาวดำ แต่ข้อมูลของภาพระดับสีเทาจะเป็นค่าความเข้มแสง โดยเป็นเลขจำนวนเต็มอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 255 หรืออาจจะกำหนดให้เป็นเลขจำนวนจริงในช่วง 0 ถึง 1 ก็ได้ ดังรูปที่ 2.3

ความกว้างของรูปภาพ

82	158	175	164	181	136	49	55
62	128	196	164	202	175	63	28
53	97	181	130	158	193	97	43
34	126	158	121	113	54	72	60
50	124	164	138	73	44	52	33
81	97	121	111	90	49	34	12
73	95	119	84	59	54	25	21
55	69	95	103	107	52	20	19

ความยาวของรูปภาพ

จุดภาพและค่าสี
ภายในจุดภาพ

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลของภาพระดับเทา

2.2.4 ภาพสี (Color Image)

ภาพดิจิทัลสีจะถูกเก็บในลักษณะที่เป็นค่าเวกเตอร์ กล่าวคือ แต่ละจุดภาพจะถูกแทนค่าด้วยค่ามากกว่าหนึ่งค่าขึ้นอยู่กับแบบจำลองสี เช่น ในแบบจำลองสี RGB ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กับการแสดงผลทางจอภาพคอมพิวเตอร์ แต่ละจุดภาพจะถูกแทนค่าด้วยค่า 3 ค่า ซึ่งเป็นความเข้มแสงของแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยที่ผลรวมของค่าทั้งสามใช้แทนสีผสมอื่นๆ การประมวลผลภาพสีจึงไม่แตกต่างจากการประมวลผลภาพระดับสีเทามากนัก เพียงแต่ประยุกต์ใช้กระบวนการนี้บนแต่ละระนาบสี หรือทำการแปลงแบบจำลองสี RGB ไปสู่แบบจำลองสีแบบอื่น เช่น HSV , CMYK , YCrCb เป็นต้น จากนั้นจึงประมวลผลบนองค์ประกอบที่เหมาะสมของแบบจำลองสีระบบใหม่ ตัวอย่างของภาพสีดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างภาพสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 คุณลักษณะเฉพาะของภาพ

คุณลักษณะเฉพาะของภาพเป็นลักษณะที่สามารถบ่งบอกความเป็นเอกลักษณ์ของภาพได้อย่างชัดเจน ในกระบวนการค้นคืนภาพด้วยเนื้อหาภาพนั้น ลักษณะเฉพาะของภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบการค้นคืนภาพเป็นอย่างมาก ในการวิเคราะห์หาข้อมูลข่าวสารที่แฝงอยู่ในภาพจำเป็นต้องเปลี่ยนรูปแบบการนำเสนอใหม่โดยใช้ข้อมูลอื่นประกอบ ลักษณะเฉพาะของภาพที่นิยมนำมาใช้ในการค้นคืนภาพ ได้แก่ ลักษณะเฉพาะทางสี ลักษณะเฉพาะทางรูปร่าง และลักษณะเฉพาะทางลวดลาย การเลือกลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมกับการค้นคืนภาพแต่ละภาพจะเป็นสิ่งที่สำคัญเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของการค้นคืนที่ถูกต้อง การถอดลักษณะเฉพาะเหล่านี้จึงต้องได้รับการพิจารณาอย่างรอบคอบ โดยใช้คุณสมบัติที่สำคัญของคุณลักษณะต่อไปนี้ เป็นเกณฑ์ประกอบการพิจารณา

1. ความเป็นหนึ่งเดียว (Uniqueness) หมายความว่า ข่าวสารเดียวกันที่แฝงอยู่บนภาพเดียวกัน หรือภาพต่างกัน จะต้องถูกแทนด้วยคุณลักษณะแบบเดียวกันนั้น
2. ความสมบูรณ์ (Completeness) คุณลักษณะที่ใช้แทนข่าวสารต้องสมบูรณ์แปลความไม่ได้ชัดเจน
3. ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง (Sensitivity) เป็นความสามารถแยกแยะความแตกต่างของคุณลักษณะ จะต้องมองเห็นการเปลี่ยนแปลงได้แม้มีการเปลี่ยนแปลงของข่าวสารเพียงเล็กน้อยก็ตาม
4. ความสามารถในการเป็นตัวแทน (Abstraction from Detail) เป็นคุณลักษณะที่สามารถสร้างได้จากคุณสมบัติพื้นฐานที่นำมาใช้แทนคุณลักษณะของภาพ
5. ความไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีการแปลง (Geometrical Transformation Invariance) คุณลักษณะที่ดีจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงตามลักษณะที่เปลี่ยนไปทางเรขาคณิต เช่น การเลื่อนตำแหน่ง การย่อขยาย การหมุน และการสะท้อน

ภาพแต่ละภาพจะมีลักษณะเฉพาะของแต่ละภาพที่แตกต่างกันตามลักษณะของผู้ที่เห็นภาพ แต่ละคนจะตีความหมาย ซึ่งคุณลักษณะที่นำมาใช้ได้แก่

สี (Color)

เป็นลักษณะเฉพาะของภาพที่มีบทบาทสำคัญในการค้นคืนภาพ เนื่องจากสีเป็นสิ่งที่สามารถมองเห็นได้ง่าย และเป็นสิ่งแรกที่สามารถสังเกตได้จากการมองภาพ และสามารถใช้ในการแยกแยะกลุ่มของภาพตามเนื้อหาได้อย่างดี เช่น สีฟ้าของน้ำทะเล สีแดงของดอกไม้ สีเขียวของใบไม้ เป็นต้น

รูปร่าง (Shape)

เป็นลักษณะเฉพาะของภาพที่ใช้อธิบายรูปร่างและลักษณะ รวมถึงขนาดของวัตถุภายในภาพ ซึ่งทำให้สามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง หรือแยกแยะระหว่างวัตถุที่มีรูปร่างที่แตกต่างกันได้

พื้นผิวหรือลวดลาย (Texture)

เป็นลักษณะเฉพาะของภาพที่ใช้อธิบายความหยาบ ความละเอียด ความซับซ้อนของวัตถุภายในภาพได้ เป็นรูปแบบการเรียงตัวของสี สามารถใช้แยกความแตกต่างของรูปภาพได้ดี ลวดลายเกิดขึ้นพร้อมกับรูปร่าง และเกิดจากเส้น สี ค่าน้ำหนักอ่อนแก่ ลวดลายที่ปรากฏเป็นลักษณะต่างๆ นั้น มาจาก 2 แหล่งที่มา คือ จากธรรมชาติ และลวดลายที่มนุษย์สร้าง

ลวดลายจากธรรมชาติ เป็นลวดลายของสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น ต้นไม้ ใบไม้ พื้นน้ำ พื้นดิน เป็นต้น ซึ่งลวดลายจากธรรมชาติเมื่อถ่ายทอดมาเป็นรูปภาพจากที่มนุษย์ใช้เครื่องช่วยการมองเห็น กล้องจุลทรรศน์ หรือรูปภาพจากภาพถ่ายดาวเทียม ทำให้ลวดลายที่ได้มีความแปลกใหม่ ทำให้ลวดลายจากแหล่งธรรมชาติเป็นวัตถุดิบที่สำคัญที่มนุษย์นำมาสร้างสรรค์เป็นลวดลายใหม่ๆ ได้

ลวดลายที่มนุษย์สร้างขึ้น เป็นลวดลายที่ได้รับอิทธิพลจากรูปแบบและลวดลายในธรรมชาติจนก่อให้เกิดแนวคิดในการออกแบบลวดลายใหม่โดยฝีมือมนุษย์ และลวดลายใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากการสร้างสรรค์รูปแบบของคอนกรีตที่สะสมมาจากในอดีตจนถึงปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบอักษร รูปแบบอิสระ รูปแบบเรขาคณิต หรือเครื่องมือเครื่องใช้ตามลัทธิความเชื่อ แล้วแต่เป็นรูปแบบที่มนุษย์สร้างขึ้น จนกลายมาเป็นแรงบันดาลใจแก่นักออกแบบรุ่นใหม่ และกลายมาเป็นสัญลักษณ์หรือรูปแบบลักษณะจนเป็นที่รู้จักกัน โดยทั่วไปในเวลาต่อมา

2.4 การถอดลักษณะเฉพาะของภาพ

ในการถอดลักษณะเฉพาะของภาพนั้น เป็นขั้นตอนของการสกัดเอาข้อมูลที่สำคัญของภาพ ซึ่งมีลักษณะเด่นและเป็นคุณสมบัติที่สามารถใช้แทนรูปภาพนั้นๆ ได้ดี โดยขั้นตอนวิธีที่ใช้จะใช้การประมวลผลภาพ (Image Processing) โดยลักษณะเฉพาะพื้นฐานได้แก่ สี (Color) ลวดลาย (Texture) และรูปร่าง (Shape) ซึ่งสีเป็นลักษณะเฉพาะของภาพที่มีบทบาทสำคัญในการค้นคืนที่มีผู้วิจัยนำมาใช้มาก เนื่องจากสามารถมองเห็นได้ง่ายและสามารถแยกแยะกลุ่มของภาพออกตามเนื้อหาได้เป็นอย่างดี ส่วนลวดลาย (Texture) เป็นลักษณะเฉพาะที่ใช้อธิบายความหยาบ ความซับซ้อนของวัตถุภายในภาพ ซึ่งแต่ละภาพจะมีลักษณะของลวดลายที่แตกต่างกันออกไปตามชนิดของภาพนั้นๆ ส่วนของรูปร่างหรือรูปทรงของวัตถุจะใช้อธิบายถึงลักษณะ รวมถึงขนาดของวัตถุภายในภาพ ซึ่งสามารถแยกภาพของวัตถุและภาพของพื้นหลังออกจากกันได้ และสามารถบ่งบอก

ถึงความแตกต่างกันของวัตถุหลายชนิดภายในภาพได้

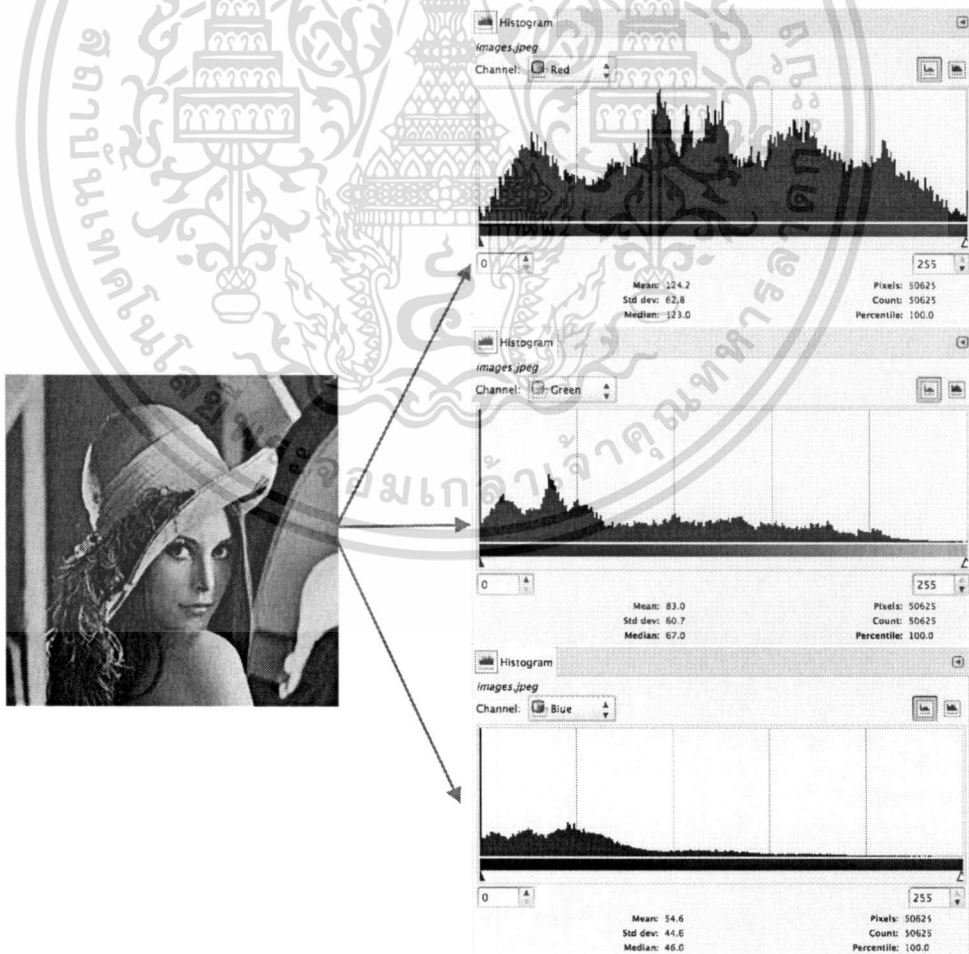
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 การถอดลักษณะเฉพาะทางสี

2.4.1.1 ฮิสโตแกรมสี (Color Histogram)

สีเป็นลักษณะเฉพาะของภาพที่มีความสำคัญ เพื่อนำมาใช้ในการค้นคืนภาพเป็นอย่างมาก เนื่องจากสีเป็นลักษณะเฉพาะของภาพที่มนุษย์สามารถรับรู้และสังเกตได้จากการมองภาพ สีจึงเป็นคุณลักษณะเฉพาะที่นักวิจัยหลายคนให้ความสนใจที่จะนำมาเป็นคุณลักษณะเฉพาะในการค้นคืนภาพ การแยกลักษณะเฉพาะทางสี เช่น การใช้ฮิสโตแกรมสี [16] จะเป็นกราฟแสดงความถี่หรือจำนวนจุดภาพที่ระดับค่าสีแต่ละสี โดยกราฟที่สร้างขึ้นนี้แทนอนแทนระดับค่าสีต่างๆ ส่วนแกนตั้งแทนจำนวนจุดภาพที่ระดับค่าสี ซึ่งฮิสโตแกรมสีเป็นการวัดการแจกแจงของสีภายในภาพ โดยภาพสี RGB จะมี 3 ระบายคือ แดง เขียว และน้ำเงิน แต่ละระบายมีความเข้มสี 8 บิต ซึ่งมีค่าที่เป็นไปได้ 256 ระดับ (0-255)

การใช้ฮิสโตแกรมสีนั้นสามารถคำนวณได้ง่ายและรวดเร็ว แต่ไม่สามารถบ่งบอกถึงตำแหน่งของข้อมูลสีภาพในภาพได้ จึงเกิดปัญหาในการค้นคืนภาพ ในกรณีที่ภาพสองภาพมีลักษณะที่แตกต่างกัน แต่กลับมีค่าฮิสโตแกรมสีที่เหมือนกัน



รูปที่ 2.5 ค่าฮิสโตแกรมสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 คอร์รีโลแกรมของสี (Color Correlogram)

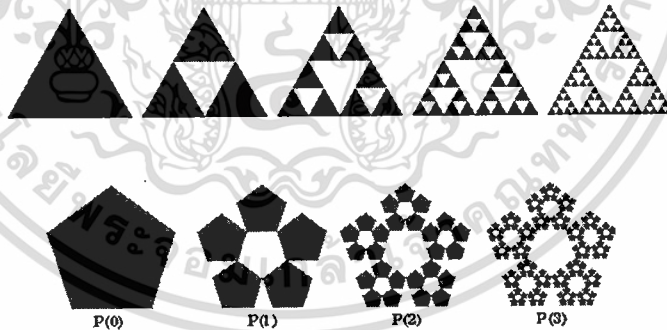
จากหลักการของฮิสโตแกรมสีจะใช้เพียงแค่ความถี่ของจำนวนจุดสีทั้งหมดภายในภาพนำมาสร้างฮิสโตแกรมโดยไม่มีค่านิ่งตำแหน่งของจุดสีภายในภาพ คอร์รีโลแกรม (Correlogram) [2] เป็นการพิจารณาสีเป็นคู่ โดยใช้ระยะห่างเชิงตำแหน่งแทนการนับจุดภาพเพียงอย่างเดียวโดยไม่คำนึงถึงข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะห่างระหว่างจุดภาพของคู่สีนั้น

2.4.2 การสกัดลักษณะเฉพาะของภาพทางลวดลาย

ลวดลายจัดเป็นองค์ประกอบที่ใช้บ่งบอกลักษณะของวัตถุได้เป็นอย่างดี เช่น ความหยาบ ละเอียด ขรุขระ เป็นต้น ขั้นตอนวิธีในการสกัดคุณลักษณะทางลวดลายโดยใช้วิธีการ Box Counting โดยมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.4.2.1 มิติเศษส่วน (Fractal Dimension)

มิติเศษส่วน (Fractal Dimension) หรือเรียกว่ามิติแฟร็กทัล[9] เป็นคุณลักษณะที่สำคัญของภาพในการบ่งบอกถึงความหยาบ ความหนาของภาพตามธรรมชาติ ซึ่งภาพโดยทั่วไปแล้วการระบุว่ามิติของภาพนั้นมีกี่มิติจะระบุเป็นตัวเลขจำนวนเต็มเช่น 1 มิติจะประกอบด้วยความยาวเพียงอย่างเดียว เช่น เส้นตรง ภาพ 2 มิติจะประกอบด้วยความยาวและความกว้าง เช่น รูปสี่เหลี่ยม หรือภาพ 3 มิติจะประกอบด้วย ความยาว ความกว้าง และความสูงหรือหนา เช่น รูปลูกบาศก์ เป็นต้น แต่ในธรรมชาตินั้นมีรูปจำนวนมากที่มีมิติไม่เป็นจำนวนเต็ม เช่น รูปทรงแบบ Sierpinski หรือรูปทรง Koch Curve [10] ดังภาพต่อไปนี้



รูปที่ 2.6 รูปทรงแบบ Sierpinski และ Koch Curve [21]

ซึ่งรูปทรงจากที่กล่าวมาข้างต้นนี้ประกอบด้วยรูปทรงเป็นจำนวนมากที่มีมิติไม่เป็นจำนวนเต็ม เช่น รูปสามเหลี่ยม Sierpinski ดังรูปที่ 2.7 นั้น มีทั้งความยาวและความกว้าง รูปทรงดังกล่าวมีค่ามิติโดยประมาณ 1.58 มิติที่ไม่เป็นจำนวนเต็มนี้เรียกว่ามิติเศษส่วนหรือ Fractal Dimension ซึ่งมิติแฟร็กทัลนี้จะใช้วัดความซับซ้อนของวัตถุหรือภาพ เช่น ความหนา ความขรุขระ หรือความหยาบของวัตถุ จึงใช้เป็นลักษณะเฉพาะที่สามารถจำแนกรูปร่าง (Shape) การแบ่งส่วนพื้นที่ (Texture)

ได้ดี ในการคำนวณค่าของมิติแฟร็กทัลสามารถคำนวณค่าของ Self-Similarity ได้ตามสมการต่อไปนี้

$$Ns^D = 1 \quad (2.2)$$

โดยที่ N คือจำนวนชิ้นที่ประกอบเป็นวัตถุ

s คือจำนวนสเกลที่ใช้วัด

D คือมิติที่ต้องการ

ดังนั้นถ้าต้องการหาค่าของมิติ (D) สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

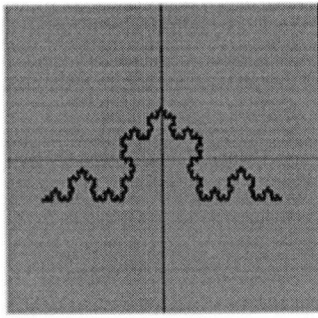
$$D = \frac{\log(N)}{\log(\frac{1}{s})} \quad (2.3)$$

ค่า D ที่ได้จะเป็นตัวแทนค่ามิติแฟร็กทัลของภาพ ซึ่งจะมีค่าเท่ากันทุกค่าในภาพหนึ่งภาพ ไม่ว่าจะค่าของ N และ s จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร จึงเป็นค่าตัวแทนภาพได้ดี และมีความคงทนต่อการหมุนย่อหรือขยายภาพได้เป็นอย่างดี ในการคำนวณค่าของมิติแฟร็กทัลนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น วิธีการของ Multiscale Minkowski, Hausdroff Dimension หรือ Box-Counting Method ในงานวิจัยนี้จะใช้การคำนวณค่ามิติแฟร็กทัลด้วยวิธีการ Box-Counting โดยมีรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไปนี้

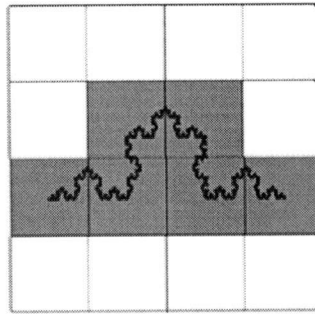
2.4.2.2 บล็อกเค้าน์ติง (Box-Counting Method)

บล็อกเค้าน์ติงเป็นเทคนิคที่ใช้ในการประมาณค่าของมิติแฟร็กทัลที่ใช้ในงานวิจัยหลายชิ้น [6][9][4][2][1] เพราะมีความง่ายและการคำนวณไม่ซับซ้อน วิธีการคำนวณค่ามิติแฟร็กทัลด้วยวิธีการบล็อกเค้าน์ติง เริ่มต้นจากภาพต้นฉบับขนาด $R \times R$ จุดภาพ ทำการคำนวณโดยการแบ่งภาพเป็นตารางย่อยขนาด $s \times s$ จุดภาพ โดย 1 ช่องของตารางแทน 1 จุดภาพ ตารางที่แบ่งจะอยู่ในรูปของ 2^n โดยที่ n เริ่มต้นเป็น 1,2,3 ไปเรื่อยๆ จนขนาดใหญ่ที่สุดมีขนาดเป็น $R/2 \times R/2$ จุดภาพ และทำการนับจำนวนช่องตารางย่อยที่มีส่วนของภาพอยู่ หรือเรียกว่า Box Count แทนด้วย $N(s)$ และทำการบันทึกข้อมูลค่า Box Count ที่นับได้ และขนาดของตารางแทนด้วย s จากนั้นเปลี่ยนขนาดของตารางให้ใหญ่ขึ้นจนครบขนาด $R/2 \times R/2$ จุดภาพ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการนับตารางย่อยที่มีภาพปรากฏอยู่แทนด้วย $N(s)$ นำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์แบบลอการิทึม โดยที่แกน x เป็น $\log(1/s)$ ส่วนแกน y เป็น $\log(N(s))$ และทำการประมาณค่าความชันของเส้นตรงที่มีค่าใกล้เคียงกับจุดบนระนาบด้วย Best Fit Line ความชันของกราฟที่ได้จะเป็นตัวแทนของมิติแฟร็กทัลของภาพ โดยขั้นตอนการคำนวณดังตัวอย่างต่อไปนี้

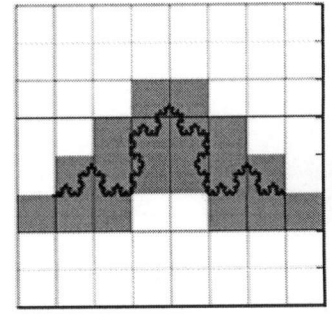
ตัวอย่างการคำนวณค่ามิติแฟร็กทัลของภาพ Koch Curve



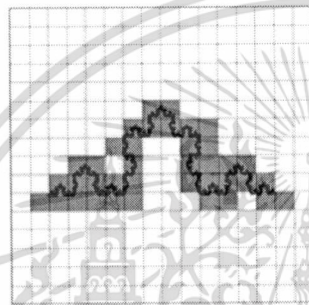
(a) $s = 128$ and $N(s) = 4$



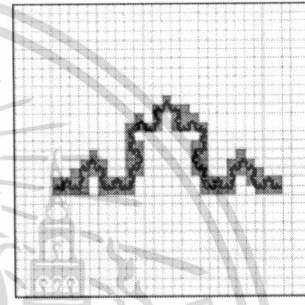
(b) $s = 64$ and $N(s) = 6$



(c) $s = 32$ and $N(s) = 18$



(d) $s = 16$ and $N(s) = 38$



(e) $s = 8$ and $N(s) = 83$

รูปที่ 2.7 การนับจำนวนบล็อกโดยการแบ่งตารางย่อยขนาดต่างๆ [19]

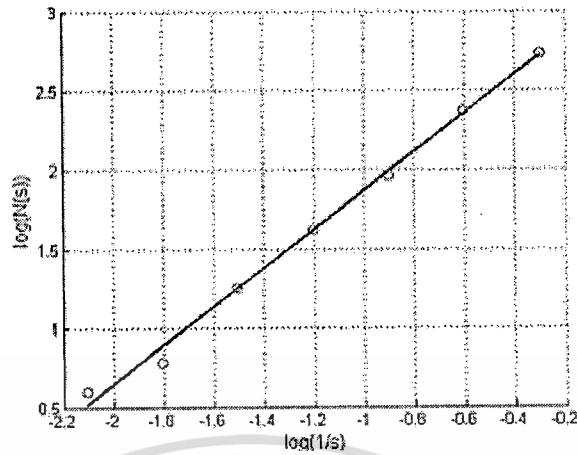
จากตัวอย่างข้างต้นจะทำการนับจำนวนบล็อกที่มีรูปพาดผ่านและทำการจดบันทึกไว้และทำการหาค่า $\log(N(s))$ และ $\log(1/s)$ ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 ค่าของการ Box Count สำหรับการแบ่งตารางย่อย (s) ขนาดต่างๆ

S	Box Count (N(s))	Log(1/s)	Log(N(s))
128	4	-2.1072	0.6021
64	6	-1.8062	0.7782
32	18	-1.5051	1.2553
16	38	-1.2041	1.5798
8	83	-0.9031	1.9191
4	218	-0.6021	2.3385
2	561	-0.3010	2.7490

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อนำตารางดังกล่าวมาหาค่าความชันได้ดังรูปต่อไปนี้

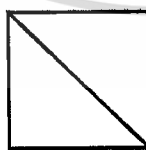


รูปที่ 2.8 ค่าความชันเมื่อนำค่าการนับด้วยขนาดตารางย่อยต่างๆ มาวาดกราฟ [19]

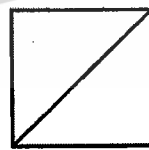
จากรูปที่ 2.9 จะได้ค่าความชันของกราฟเป็น 1.2131 ซึ่งจะเป็นค่าที่ใช้แทนมิติแฟร็กทัล (FD) ของ Koch Curve ข้างต้น

2.4.2.3 Triangle Box-Counting (TBC)

ในปี 2554 ได้มีงานวิจัยที่นำเสนอวิธีการในการนับจำนวนบล็อกแบบใหม่เพื่อเพิ่มความละเอียดในการนับและทำให้ค่ามิติแฟร็กทัลที่ได้จากการนับวิธีนี้มีค่าถูกต้องมากขึ้น โดยวิธีการที่นำเสนอนี้เรียกว่า Triangle Box Counting (TBC) [1] ซึ่งใช้วิธีเพิ่มความละเอียดในการแบ่งตารางย่อย โดยที่การแบ่งตารางย่อยของวิธีการบล็อกเค้านี้ดั้งแบบเดิมนั้นใช้การแบ่งเป็นตารางสี่เหลี่ยม แต่ในส่วนของ TBC นั้นจะแบ่งตารางกริดย่อยรูปสี่เหลี่ยมขนาด $n_x \times n_y$ ด้วยการแบ่งตารางย่อยลงอีกตามแนวทะแยงมุมทั้งสองด้านของสี่เหลี่ยมทำให้เกิดรูปสามเหลี่ยม 2 รูปดังนี้



(a) pattern-1



(b) pattern-2

รูปที่ 2.9 รูปแบบการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยม[19]

การนับค่าของตารางกริดที่มีภาพนั้นปรากฏอยู่ในสามเหลี่ยมทั้ง 2 รูปโดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

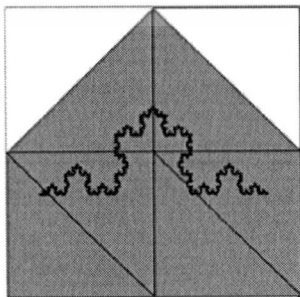
1. จากรูปภาพขนาด $R \times R$ จุดภาพ และทำการแบ่งเป็นตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด $s \times s$ จุดภาพ
2. แบ่งตารางย่อยสี่เหลี่ยมจัตุรัสออกเป็นพื้นที่ 3 เหลี่ยมขนาดเท่ากัน (Triangle Box : TB) ดังรูปที่ 2.10
3. ทำการนับจำนวนตารางกริดภายในสามเหลี่ยมที่มีภาพปรากฏตาม Pattern-1 แทนด้วย $C1$ และนับจำนวนตารางกริดภายในสามเหลี่ยมที่มีภาพปรากฏตาม Pattern-2 แทนด้วย $C2$
4. จากนั้นตรวจสอบการนับจำนวนตารางกริดของ $C1$ และ $C2$ และทำการบันทึกค่าจำนวนตารางกริดทั้งหมดที่นับได้ $N(s)$ ตามวิธีการดังต่อไปนี้

```

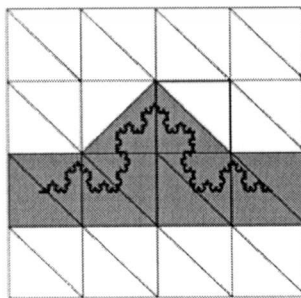
If C1 and C2 = 2 then
     $N_i(s) = N_i(s) + 2;$ 
Else if C1 and C2 = 1 then
     $N_i(s) = N_i(s) + 1;$ 
Else if C1 != C2 and C1 and C2 > 0 Then
     $n = \min(C1, C2);$ 
     $N_i(s) = N_i(s) + n;$ 
Else if C1 or C2 = 0
     $n = \max(C1, C2);$ 
     $N_i(s) = N_i(s) + n;$ 
End
  
```

5. ทำข้อ 2-4 ซ้ำจนครบทุกตารางกริดย่อยรูปสามเหลี่ยม

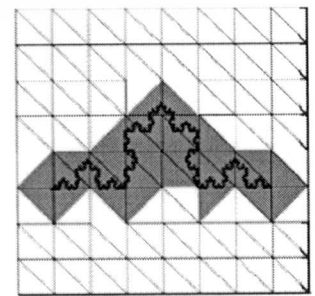
โดยรูปแบบของการแบ่งตารางกริดย่อยเป็นรูปสามเหลี่ยมแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้



(a) $s = 128$ and $N(s) = 6$

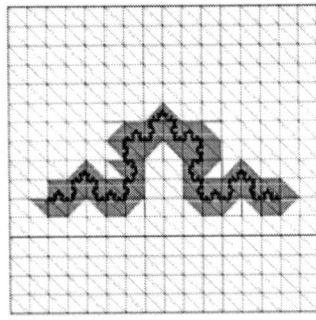


(b) $s = 64$ and $N(s) = 10$

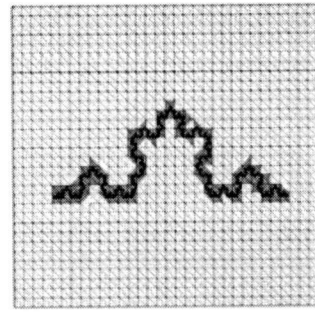


(c) $s = 32$ and $N(s) = 29$

รูปที่ 2.10 การแบ่งตารางกริดย่อยขนาด 128×128 , 64×64 และ 32×32 เป็นรูปสามเหลี่ยม[19]
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือนำไปใช้
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



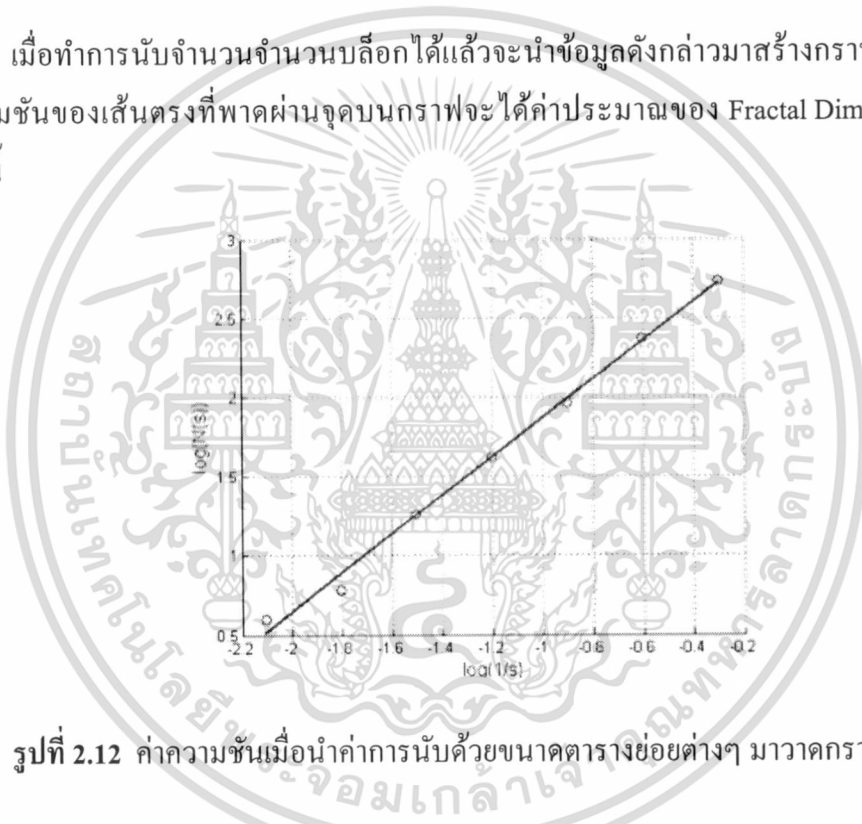
(d) $s = 16$ and $N(s) = 68$



(e) $s = 8$ and $N(s) = 148$

รูปที่ 2.11 การแบ่งตารางกริดย่อยขนาด 16×16 และ 8×8 เป็นรูปสามเหลี่ยม[19]

เมื่อทำการนับจำนวนจำนวนบล็อกได้แล้วจะนำข้อมูลดังกล่าวมาสร้างกราฟเพื่อประมาณค่าความชันของเส้นตรงที่พาดผ่านจุดบนกราฟจะได้ค่าประมาณของ Fractal Dimension ดังภาพต่อไปนี้



รูปที่ 2.12 ค่าความชันเมื่อนำค่าการนับด้วยขนาดตารางย่อยต่างๆ มาวาดกราฟ [19]

ซึ่งในงานวิจัย Triangle Box Counting นี้จะให้ประสิทธิภาพการค้นคืนที่ดีกว่าการใช้บล็อกเค้าน์ติ้งแบบเดิม แต่วิธีการนี้ยังไม่สามารถใช้กับภาพระดับเทา (Gray Scale) และภาพสีได้ ในงานวิจัยนี้จะเป็นการปรับปรุงวิธีการของ Triangle Box Counting ในการประมาณค่าของ Fractal Dimension ให้สามารถใช้กับภาพระดับเทาได้

2.4.2.4 Differential Box-Counting (DBC)

ในปี 1994 ได้มีงานวิจัยที่นำเสนอวิธีการนับกล่องที่ใช้กับภาพแบบระดับเทา โดยใช้วิธีการหาความแตกต่างของความเข้มสีระดับเทาภายในตารางกริดย่อยที่กำหนดขึ้น โดยวิธีการที่นำเสนอนี้เรียกว่า Differential Box Counting [5] วิธีการนี้จะพิจารณารูปภาพขนาด $R \times R$ ที่เป็นภาพเอกสารนี้เป็นเอกลักษณ์ของสีหรือการเรียงกันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับเทา และกำหนดให้แกน x แทนความกว้างของภาพขนาด R จุดภาพ และแกน y แทนความยาวของภาพขนาด R จุดภาพ และแกน z แทนความเข้มของสีระดับเทา โดยขั้นตอนของวิธีการของ DBC มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จากภาพขนาด $R \times R$ จุดภาพ จะทำการแบ่งรูปภาพเป็นตารางกริดย่อย ขนาด $s \times s$ จุดภาพที่ไม่มีการซ้อนทับกัน และแทนตำแหน่งของตารางกริดที่มีความยาว s และกว้าง s จุดภาพนี้ด้วย $\text{GridBlock}(i,j)$ โดยที่ i และ j หมายถึงตำแหน่งของตารางกริดตามแนวแกน x และ y ที่มีขนาด $s \times s$ จุดภาพ โดยเริ่มต้นที่ตารางกริดขนาด $2 \times 2, 4 \times 4, 8 \times 8$ ไปเรื่อยๆ จนมีขนาดใหญ่ที่สุดเป็น $R/2 \times R/2$ จุดภาพ

ขั้นตอนที่ 2 พิจารณาใน $\text{GridBlock}(i,j)$ ทำการแบ่งตารางกริดตามความสูงในแนวแกน z ให้มีขนาดเท่ากับ s' โดยที่ $s' = (s \times \Delta)/R$ โดยที่ Δ หมายถึงจำนวนความเข้มระดับเทาของภาพ เช่น ภาพระดับเทาจำนวนความเข้มสีเท่ากับ 256 ซึ่งในขั้นตอนนี้จะได้กล่อง (Box) ขนาดเท่ากับ $s \times s \times s'$ จุดภาพ ตัวอย่างเช่นภาพขนาด 256×256 และขนาดตารางกริด $s = 2$ จะได้ $s' = (2 \times 256)/256 = 2$ ดังนั้นจะได้กล่องขนาด $2 \times 2 \times 2$ จุดภาพ และเริ่มนับกล่องล่างสุดเป็นกล่องที่ 1 จากนั้นปรับขนาดความสูงของกล่องเพิ่มขึ้นครึ่งละ p และนับเป็นกล่องที่ 2 และเพิ่มความสูงขึ้นเรื่อยๆ ครึ่งละ p และนับเป็นกล่องที่ 3,4 ไปเรื่อยๆ จนกล่องสุดท้ายครอบคลุมความเข้มของสีระดับเทาสูงที่สุดใน $\text{GridBlock}(i,j)$ นั้น ในระหว่างที่มีการปรับขนาดของกล่องขึ้นครึ่งละ s นั้นจะทำการตรวจสอบว่าค่าระดับเทาที่ต่ำที่สุดใน $\text{GridBlock}(i,j)$ อยู่ในบริเวณกล่องที่เท่าใดแทนด้วย k และค่าระดับเทาสูงที่สุดใน $\text{GridBlock}(i,j)$ อยู่ในบริเวณกล่องที่เท่าใดแทนด้วย l

ขั้นตอนที่ 3 ทำการคำนวณค่าการนับกล่อง (Box Count) แทนด้วย $n_s(i,j)$ ตามสมการที่ (2-4) และบันทึกค่า $n_s(i,j)$ เป็นค่าการนับกล่องของตารางกริด $\text{GridBlock}(i,j)$

$$n_s(i,j) = l - k + 1 \quad (2.4)$$

ขั้นตอนที่ 4 เลื่อนตารางกริดไปยังตำแหน่งถัดไปขนาดเท่ากับ s โดยการเพิ่มค่า x ตามแนวแกน x จนหมดและเพิ่มค่าตามแนวแกน y ตามลำดับและดำเนินการตามข้อ 1 - 3 และทำการบันทึกค่า N_s คือค่าผลรวมของ n_s ในตำแหน่งที่ (i,j) ตามสมการที่ (2.5) และค่า s สำหรับตารางกริดที่มีขนาด $s \times s$ จุดภาพ

$$N_s = \sum_{i,j} n_s(i,j) \quad (2.5)$$

ขั้นตอนที่ 5 เปลี่ยนขนาดของตารางกริดโดยเพิ่มขึ้นครึ่งละ $2^n \times 2^n$ โดยที่ $2 \leq n \leq R/2$ จากนั้นทำตามขั้นตอนที่ 1 - 4 อีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 6 นำค่าผลรวมของ N_s และค่า s ที่บันทึกไว้ นำมาสร้างกราฟจากค่า $\text{Log}(N_s)$ และ $\text{Log}(1/s)$ และหาค่าความชันของกราฟ จะได้ค่าความชันเป็นตัวแทนของมิติแฟร็กทัลของรูปนั้น

2.4.2.5 An Improved Differential Box-Counting (IDBC)

ในปี 2009 มีผู้เสนองานวิจัยที่มีการปรับปรุงวิธีการของ DBC เพื่อให้การคำนวณค่าของมิติแฟร็กทัลมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นวิธีการนี้เรียกว่า An Improved Differential Box-Counting Method (IDBC) วิธีการนี้ได้ปรับปรุงข้อด้อยของจากวิธีการของ DBC ใน 3 ประเด็น ดังนี้

1. ปัญหาจากการเลือกความสูงของกล่อง (Box Height Selection)

ปัญหานี้เกิดจากการที่ขนาดของตารางกริดที่มีขนาดใหญ่มาก มีผลทำให้กล่องที่มีขนาด $s \times s \times s'$ นั้นมีขนาดใหญ่ตามด้วย เป็นสาเหตุให้เมื่อหาค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของความเข้มระดับเทาแล้วจะได้ค่า l และ k จากสมการที่ 2.4 ที่คำนวณได้อยู่ในกล่องเดียวกัน ทำให้การคำนวณค่าการนับกล่องขาดความเที่ยงตรง วิธีการของ IDBC ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาโดยปรับเปลี่ยนความสูงของกล่องโดยเปลี่ยนการปรับขนาดขึ้นครั้งละ s จุดภาพ จะปรับขนาดความสูงของกล่องโดยใช้สมการดังต่อไปนี้

(2.6)

$$h = \frac{s}{1 + 2a\sigma}$$

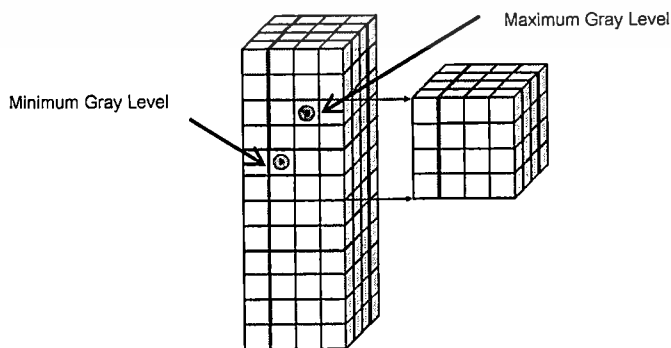
โดยที่

a เป็นจำนวนเต็มที่มีค่าเป็น 1,2,3 ... ซึ่งในงานวิจัยนี้ค่าของ a ที่เหมาะสมที่นำเสนอคือ 3 σ หมายถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความเข้มสีระดับเทาของภาพ

ทำให้ขนาดของกล่องแต่ละกล่องที่นำมาคำนวณใหม่จากวิธีการของ IDBC คือ $s \times s \times h$

2. ปัญหาจากการนับกล่อง (Box Number Calculation)

ปัญหานี้เกิดจากเมื่อมีการเลือกกล่องที่นำมาเป็นตัวแทนของค่าความเข้มสีระดับเทาต่ำที่สุดและค่าความเข้มระดับเทาสูงสุดในตารางกริดมีค่าความแตกต่างกันน้อยกว่าค่า s จะทำอาจทำให้ค่าของ k และ l ตามสมการที่ 2.4 นั้น เมื่อคำนวณได้แล้วควรเป็นค่าเดียวกัน แต่ในการคำนวณบางครั้งค่าของ k และ l ที่คำนวณด้วยวิธีการของ DBC นั้นจะได้ค่าการนับเป็นคนละกล่องกันดังรูปที่ 2.14 ซึ่งจะมีผลทำให้การคำนวณค่ามิติแฟร็กทัลคลาดเคลื่อน

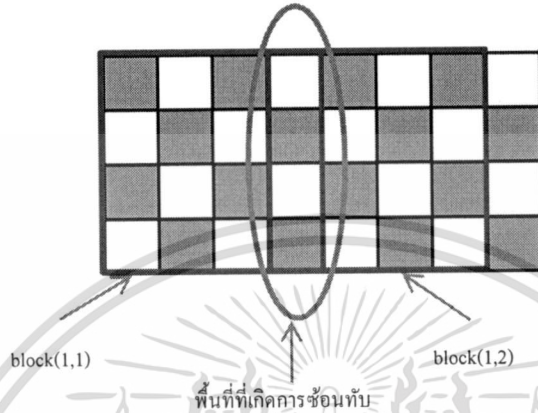


รูปที่ 2.13 ค่าของความเข้มระดับเทาสูงสุดและต่ำสุดตกที่มีค่าความแตกต่างน้อยกว่า s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปัญหาการแบ่งภาพเป็นตารางกริดย่อย (Image Intensity Surface Partition)

โดยปัญหานี้เกิดจากการแบ่งภาพเป็นตารางกริดย่อยขนาด $s \times s$ ทำให้ตำแหน่งของจุดภาพที่นำมาคำนวณไม่ครอบคลุมทุกจุดภาพ การแก้ปัญหของวิธีการของ IDBC คือ ในการเลื่อนตำแหน่งของกล่องไปยังกล่องถัดไปกำหนดให้มีการซ้อนทับกันของรูปภาพบริเวณขอบของกล่องจำนวน 1 คอลัมน์ทั้งแนวแกน x และแนวแกน y ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.14 การแบ่งตารางกริดกรณีที่ซ้อนทับกัน 1 จุดภาพ

2.4.2.6 A Box-Counting Method with Adaptable Box Height (ADBC) [12]

ในปี 2013 ได้มีงานวิจัยที่นำเสนอวิธีการหาค่ามิติเฟร็กทัลของรูปภาพโดยปรับปรุงวิธีการของ DBC และ IDBC โดยใช้ค่าสัดส่วน (Ratio) เป็นตัวคำนวณหาขนาดของตารางกริดย่อย และสามารถปรับใช้กับรูปภาพที่มีขนาดความกว้างและความยาวที่มีขนาดไม่เท่ากันได้ โดยวิธีการของ ADBC มีวิธีการดังนี้

1. เริ่มต้นที่รูปภาพขนาด $W \times H$ จุดภาพ ทำการเลือกค่าสัดส่วน r เป็นจำนวนเต็ม โดยที่ $Q \geq r \geq 2$ โดยที่ $Q = \min\{\sqrt{WH}, W, H\}$
2. จากนั้นทำการหาค่าของความกว้างและความยาวของตารางกริดย่อยจาก $w = W/r$ และ $h = H/r$ เพื่อใช้เป็นขนาดของตารางกริดขนาด $w \times h$ ในการแบ่งภาพออกเป็นตารางกริดย่อย โดยที่จะแบ่งตามสัดส่วนที่คำนวณได้ใน 4 กรณีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงการแบ่งภาพออกเป็นตารางกริดย่อย 4 กรณีที่ใช้สัดส่วน r

กรณี	จำนวนของตารางกริดขนาด $w \times h$	จำนวนของตารางกริดขนาด $w \times (H-hr)$	จำนวนของตารางกริดขนาด $(W-wr) \times h$	จำนวนของตารางกริดขนาด $(W-wr) \times (H-hr)$
$W=wr, H=hr$	$r \times r$	-	-	-

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

กรณีที	จำนวนของ ตารางกริดขนาด $w \times h$	จำนวนของ ตารางกริด ขนาด $w \times (H-hr)$	จำนวนของ ตารางกริด ขนาด $(W-wr) \times h$	จำนวนของ ตารางกริดขนาด $(W-wr) \times (H-hr)$
$W=wr, H>hr$	$r \times r$	$r \times 1$	-	-
$W>wr, H=hr$	$r \times r$	-	$1 \times r$	-
$W>wr, H>hr$	$r \times r$	$r \times 1$	$1 \times r$	1

3. หาค่าความสูงของกล่องจากสมการ

$$h = G / r \quad (2.7)$$

โดยที่ G คือจำนวนของความเข้มระดับเทาของภาพ

r คือค่าสัดส่วนที่ใช้ในการแบ่งตารางกริด

4. เมื่อทำการแบ่งตารางกริดเป็นขนาดต่างๆ ตามขั้นตอนที่ 2 แล้ว แต่ละตารางกริดจะคำนวณค่าการนับกล่องจากสมการต่อไปนี้

$$n_r = (I_{\max}(i, j) - I_{\min}(i, j)) / (h + 1) \times \frac{A(i, j)}{m \times n} \quad (2.8)$$

โดยที่ $I_{\max}(i, j)$ คือความเข้มสูงสุดของสีระดับเทาในตารางกริด (i, j)

$I_{\min}(i, j)$ คือความเข้มต่ำสุดของสีระดับเทาในตารางกริด (i, j)

h คือความสูงของกล่อง

$A(i, j)$ คือพื้นที่ในตารางกริด (i, j)

m, n คือขนาดความกว้างและความยาวของตารางกริด

5. คำนวณหาค่าผลรวมของ n_r จากสมการ

$$N_r = \sum_{i, j} n_r(i, j) \quad (2.9)$$

6. นำค่าผลรวมของ N_r ที่บันทึกไว้ทำการสร้างกราฟ และหาค่า $\log(N_r)$ และ $\log(1/r)$ จากนั้นหาค่าความชันของกราฟ จะได้ค่าความชันเป็นตัวแทนของมิติแฟร็กทัลของรูป

2.5 การหาค่าผิดพลาดจากการประมาณค่าความชัน (Fitting Error)

ค่า Fitting Error เป็นค่าที่จะวัดความแม่นยำในการหาค่าความชันของกราฟ ซึ่งเป็นค่าความชันนี้จะเป็นค่ามิติแฟร็กทัลของภาพนั่นเอง ดังนั้นในการวัดค่าความผิดพลาดจากการหาค่าความชันของกราฟจากการนำค่า $\log(N_r)$ และ $\log(1/s)$ สามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (mx_i + c - y_i)^2}{(1 + m^2)n}} \quad (2.10)$$

โดยที่ m คือค่าความชันของกราฟ

x_i คือค่า $\log(1/s)$ ของตารางกริดขนาด $s \times s$

y_i คือค่าของ $\log(N_s)$ ของตารางกริดขนาด $s \times s$

n คือจำนวนของ x_i และ y_i ที่นำมาใช้ในสมการนี้

ค่า Fitting Error บ่งบอกถึงการประมาณการค่าความชันนั้นมีความถูกต้องมากเท่าใด ดังนั้นค่าที่มีค่าน้อยแสดงถึงวิธีการในการประมาณค่าความชันนั้นมีความถูกต้องมากกว่าค่า Fitting Error ที่มีค่ามาก ซึ่งวิธีการของ Differential Box-Counting Method , An Improved Differential Box Counting Method จะใช้ค่าของ Fitting Error เป็นตัวเปรียบเทียบการประมาณการค่าความชันของกราฟ

จากวิธีการที่ใช้กับภาพระดับเทาที่กล่าวมาข้างต้นได้แก่ วิธีการของ Differential Box-Counting Method พบว่าวิธีการนี้ใช้การปรับขนาดความสูงของกล่องเป็นค่าเท่ากับขนาดของตารางกริด มีผลทำให้ความละเอียดในการนับน้อยลงเมื่อขนาดของตารางกริดมีขนาดเล็ก และวิธีการของ An Improved Box-Counting Method นั้นจะมีการประมวลผลที่ช้าขึ้นเนื่องจากการปรับขนาดของตารางกริดให้มีการซ้อนทับกัน 1 จุดภาพตามแนวตั้งและแนวนอน และวิธีการของ A Box-Counting Method with Adaptable Box Height เมื่อขนาดของค่าสัดส่วนมีค่าน้อยๆ จะทำให้ขนาดของตารางกริดมีขนาดใหญ่ ซึ่งจะมีผลทำให้การคำนวณค่าการนับกล่องยังคงมีความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้แนวคิดเรื่องการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูป จะทำให้พื้นที่การคำนวณค่าการนับกล่องมีพื้นที่มากขึ้น ซึ่งทำให้สามารถเลือกพิจารณาตารางกริดรูปสามเหลี่ยมในการคำนวณค่าการนับกล่องและใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมได้ดีกว่า จึงได้ออกแบบการดำเนินการวิจัยซึ่งจะได้กล่าวไว้อย่างละเอียดในบทที่ 3 ต่อไป

2.6 การวัดความสอดคล้องด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของ

เคนดอลล์ (Kendall Coefficient of Concordance , W)

การวัดความสอดคล้องกัน (Measure of Agreement) จะใช้ศึกษาว่าผู้ประเมิน 2 คนหรือ k คนมีความเห็นในทิศทางเดียวกันหรือไม่ในการจัดกลุ่มตัวอย่างลงในกลุ่มต่างๆ ความสอดคล้องกันสูงจะหมายถึงมีความสัมพันธ์กันสูงด้วย ในการวัดความสอดคล้องกันนี้จะใช้การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องกันของเคนดอลล์ หรือ W โดยที่ W ใช้เพื่อวัดความสัมพันธ์ของชุดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล k ชุดที่มีลักษณะลำดับที่ (K Sets of Ranking) เพื่อใช้วัดความสอดคล้องกันของผู้ตัดสิน k คน หรือแบบทดสอบ k ชุด รวมถึงสามารถนำไปประยุกต์เกี่ยวกับการจัดกลุ่มของตัวแปรต่างๆ ได้ [22][23] โดยกระบวนการในการวัดค่าความสอดคล้องโดยใช้ W จะทำการคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$W = \frac{12 \sum R_i^2 - 3k^2N(N+1)^2}{k^2N(N^2-1)} \quad (2.11)$$

โดยที่ R_i แทนผลรวมของข้อมูลในแนวคอลัมน์

N หมายถึงจำนวนของตัวแปรที่จะนำมาทดสอบ

k หมายถึงจำนวนของผู้ตัดสินหรือกรรมการ

ค่า W ที่ได้จะอยู่ในช่วง 0-1

ตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้จะใช้กรรมการ 3 คนเพื่อตัดสินว่าจะเลือก Patch สีต่างๆ โดยที่มีกรรมการที่ใช้ตัดสินจำนวน 6 คนว่าพอใจกับ Patch สีอะไรบ้าง ได้ผลลัพธ์ของการเลือกจากคณะกรรมการดังนี้

ตารางที่ 2.3 ค่าการให้คะแนนการเลือกของคณะกรรมการเพื่อเลือกสีของ Patch

กรรมการ	สีของ Patch							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	1	5	4	3	8	7	6
3	1	3	2	7	5	6	8	4
4	2	1	3	5	4	7	8	6
5	3	1	2	4	6	5	7	8
6	2	1	3	6	5	4	8	7
Σ	11	9	18	30	28	36	45	39

จากตัวอย่างข้างต้น กรรมการคนที่ 1 จะเลือกใช้ Patch A เป็นลำดับแรก และเลือก Patch B ถึง H เป็นลำดับที่ 2-8 ตามลำดับ กรรมการคนที่ 2 จะเลือก Patch B เป็นลำดับแรก และเลือก Patch A เป็นลำดับถัดมา จนครบทุก Patch ดังนั้นเมื่อนำมาหาค่าผลรวมของลำดับที่กรรมการแต่ละคนเลือกสีในแต่ละ Patch จะได้ผลลัพธ์ในแถวสุดท้าย (Σ) ค่าของผลรวมที่ได้นี้จะเป็นตัวบอกว่ากรรมการทั้ง 6 คนเลือก Patch ที่จะใช้เป็นอย่างไร ถ้ากรรมการทุกคนเลือกใช้ Patch A ทุกคน แสดงว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมการจะให้ลำดับที่ 1 กับ Patch A ทุกคน ซึ่งจะมีผลทำให้ผลรวมมีค่าเท่ากับ 6 ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด และถ้า Patch ใดถูกเลือกเป็นลำดับสุดท้ายกรรมการทุกคนจะให้ลำดับที่ 8 ของ Patch นั้น ซึ่งจะมีผลทำให้ผลรวมมีค่าเท่ากับ 48 ซึ่งมีค่ามากที่สุด ดังนั้นเมื่อมีการจัดลำดับแล้วถ้า Patch ใดได้ผลรวมน้อยที่สุดจะมีความสอดคล้องมากที่สุด หมายความว่า Patch นั้นจะถูกเลือกมาใช้งานเป็นลำดับแรก และคะแนนที่น้อยลำดับถัดมาจะถูกเลือกเป็นลำดับถัดไปเรื่อยๆ จากผลรวมของแต่ละ Patch สามารถคำนวณหาค่าของ W ได้ดังนี้

$$\sum R_j^2 = 11^2 + 9^2 + 18^2 + 30^2 + 28^2 + 36^2 + 45^2 + 39^2 = 7052$$

$$W = \frac{12(7052) - 3(6)^2 8(8+1)^2}{(6)^2 (8)(8^2 - 1)} = \frac{14640}{18144} = 0.807$$

การทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องจะใช้ค่า ไคสแควร์ (Chi-Square: χ^2) เป็นตัวที่ใช้วัดค่านัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

1. กรณีที่จำนวนผู้จัดอันดับตั้งแต่ 7 คนลงมา ($N \leq 7$) ใช้ตารางค่าวิกฤตของ S ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องจากตาราง 24 ภาคผนวก ถ้าค่า S ที่คำนวณได้มากกว่าค่า S จากตารางจะสรุปได้ว่าค่า W ที่คำนวณได้มีนัยสำคัญทางสถิติหรือการจัดอันดับของผู้ประเมินทั้งหมดสอดคล้อง

2. กรณี จำนวนผู้ถูกจัดอันดับมากกว่า 7 ($N > 7$) ให้เปลี่ยนค่า W เป็น χ^2 จากสูตรคำนวณค่าสัมประสิทธิ์จากสูตร

$$\chi^2 = k(N-1)W, \quad df = N-1$$

ถ้าค่า χ^2 ที่ได้จากการคำนวณมากกว่าค่า χ^2 จากตารางที่ 2 ในภาคผนวก จะสรุปได้ว่าค่า W ที่คำนวณได้มีนัยสำคัญทางสถิติ หรือการจัดอันดับของผู้ประเมินทั้งหมดสอดคล้องกัน

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- ในปี 1991 Swain และ Ballard [16] ได้คิดค้นการทำดัชนีภาพโดยใช้ฮิสโตแกรมสีที่สร้างมาจากทุกส่วนของภาพ ซึ่งการสร้างดัชนีภาพสีเท่ากับจำนวนสีทั้งหมดของภาพโดยตรงจะต้องใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูลจำนวนมากและใช้เวลาในการประมวลผลสูง ซึ่งบางครั้งจะไม่เหมาะสมกับการแสดงภาพที่มีจำนวนสีมาก และมีจุดด้อยคือมีแต่ข้อมูลการกระจายของสี แต่ไม่ได้แสดงข้อมูลความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งภายในภาพ ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในกรณีที่ภาพ 2 ภาพมีความแตกต่างกันมาก แต่กลับมีค่าฮิสโตแกรมสีเหมือนกัน ส่งผลให้ประสิทธิภาพการค้นคืนไม่ดีเท่าที่ควร

- ในปี 1994 Sarkar [15] และคณะ ได้นำเสนอวิธีการบล็อกเค้าน์ดิ่งที่สามารถใช้กับภาพระดับเทา เรียกว่า Differential Box Counting โดยการแบ่งตารางกริดตามแนวแกน x y และ z ด้วยขนาดที่เท่ากัน จากนั้นคำนวณค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของสีระดับเทาภายในบล็อกนั้น และปรับขนาดขึ้นเพื่อหาค่าแห่งของบล็อกที่ปรากฏค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของค่าระดับเทา และนำมาคำนวณเพื่อหาค่ามิติแฟร็กทัล ซึ่งทดสอบกับภาพ Brodatz และเปรียบเทียบกับวิธีการ 4 วิธีแล้วพบว่าได้ประสิทธิภาพในการค้นคืนที่ดีขึ้น แต่ยังมีปัญหาเรื่องของความเร็วในการประมวลผลเนื่องจากวิธีการดังกล่าวจะใช้การแบ่งตารางกริดตั้งแต่ 1,2,3 จนถึง $m/2$ ซึ่งทำให้ต้องประมวลผลทุกๆ ตารางกริดซึ่งแตกต่างจากการคำนวณบล็อกเค้าน์ดิ่งแบบเดิม

- ในปี 1996 Pass และ Zabih [14] ได้คิดค้นการนำฮิสโตแกรมสีมาทำการปรับปรุง โดยใช้ส่วนของจุดภาพสีเดียวกันที่เชื่อมติดกัน และไม่เชื่อมติดกันเพื่อใช้ในการค้นคืน เรียกว่า Color Coherence Vector (CCV) พบว่าประสิทธิภาพค้นคืนสูงกว่าการใช้ฮิสโตแกรม แต่ใช้เวลาในการประมวลผลมาก

- ในปี 1997 Huang และคณะ [8] ได้คิดค้นวิธีการค้นคืนภาพโดยใช้คอร์รีโลแกรมของสี โดยการใช้ความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งเข้ามา โดยการเปรียบเทียบและหาระยะห่างตำแหน่งของคู่สี ซึ่งทำให้ได้ผลการค้นคืนที่ดีขึ้นแต่ต้องใช้การคำนวณที่สูงและขนาดของเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะมีขนาดใหญ่

- ในปี 2005 Li และคณะ [18] ได้นำมิติแฟร็กทัลมาใช้เพื่อการจัดกลุ่มลักษณะเด่นของม่านตา โดยการแบ่งกลุ่มของภาพออกเป็น 16 บล็อก โดยแบ่งเป็นกลุ่มบน 8 บล็อกและกลุ่มล่าง 8 บล็อก จากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ยของมิติแฟร็กทัลในแต่ละกลุ่ม ทำให้สามารถจำแนกกลุ่มของม่านตาได้เป็น 4 กลุ่ม จากนั้นนำผลที่ได้เข้าสู่กระบวนการโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม Backpropagation เพื่อใช้ในการแบ่งกลุ่มข้อมูลตามคุณลักษณะเด่นของม่านตา ทำให้ได้ค่าความถูกต้อง 98.28% ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวยังพบปัญหากับอิทธิพลของแสงภายในภาพ

- ในปี 2008 Odermir และคณะ [5] นำเสนอวิธีการใช้บล็อกเค้าน์ดิ่งในการระบุพืชโดยการวิเคราะห์ความซับซ้อนของใบและรูปทรงภายในและภายนอก โดยการเปรียบเทียบการประมาณค่ามิติแฟร็กทัล 2 วิธีคือประสิทธิภาพของวิธีการของบล็อกเค้าน์ดิ่งและวิธีการของมัลติสเกลมินเค้าน์ดิ่ง ซึ่งวิธีการของบล็อกเค้าน์ดิ่งให้ความถูกต้อง 58% และวิธีการของมัลติสเกลมินเค้าน์ดิ่งช่วยให้สามารถจำแนกสปีชีส์ได้ถูกต้อง 74% ซึ่งความถูกต้องดังกล่าวยังต้องมีการปรับปรุงให้มีความถูกต้องมากขึ้น

- ในปี 2011 ดนัยรัตน์ [1] นำเสนอวิธีการใช้บล็อกเค้าน์ดิ่งร่วมกับการใช้คอร์รีโลแกรมสีเพื่อใช้ในการค้นคืนภาพบอนสี โดยปรับปรุงวิธีการบล็อกเค้าน์ดิ่งแบบเดิม ให้มีการแบ่งกล่องสีเหลี่ยมออกเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูป และนับรูปที่ปรากฏอยู่ในรูปสามเหลี่ยมนั้น และใช้วิธีการ

คอร์ริโลแกรมสีร่วมด้วย ทำให้ได้ความแม่นยำและความถูกต้องมากขึ้น แต่วิธีการบล็อกเค้านี้ได้แบบสามเหลี่ยมนี้ยังสามารถใช้ได้เฉพาะภาพขาวดำ ยังไม่สามารถใช้กับภาพสีได้

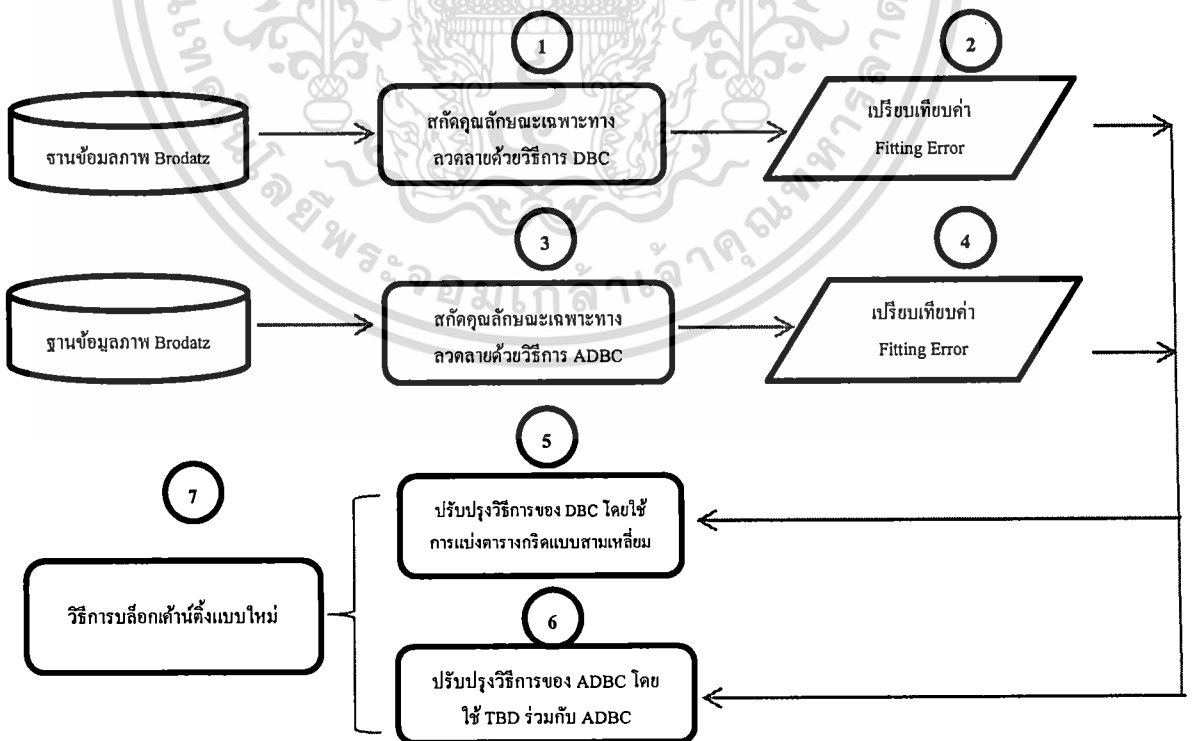
- ในปี 2012 Mohammad [10] ได้นำเสนอวิธีการใช้คุณลักษณะของลวดลายและรูปทรงในการแยกประเภทของภาพเอ็กซ์เรย์ โดยการหาขอบและรูปร่าง และใช้ตัวกรองแบบกาเบอร์ (Gabor) ในการแยกสเปกตรัมของลวดลายจากรูปร่างของภาพ และใช้ PPN(Probabilistic Neural Network), SVM(Support Vector Machine), การวัดระยะห่างแบบยูคลิด (Euclidian Distance) ในการประเมินและจัดหมวดหมู่ของภาพเอ็กซ์เรย์ ซึ่งทำให้ได้ผลลัพธ์ของการค้นคืนเฉลี่ย 94.2% ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการพัฒนาวิธีการให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

- ในปี 2013 Min Long และคณะ [12] ได้พัฒนาวิธีการหาค่ามิติแฟร็กทัลที่สามารถใช้กับภาพที่มีขนาดความกว้างและยาวไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากันได้ โดยใช้ค่าสัดส่วนเข้ามาช่วยในการแบ่งภาพออกเป็นตารางกริดย่อยและนำเสนอการปรับค่าความสูงของกล่องให้แปรผันตามสัดส่วน พบว่าให้ผลลัพธ์ของค่า Fitting Error ที่น้อยลง ทำให้การประมาณการค่ามิติแฟร็กทัลได้แม่นยำขึ้น แต่มีข้อด้อยในส่วนของค่าสัดส่วนมีขนาดเล็กทำให้ขนาดของตารางกริดที่ถูกแบ่งมีขนาดใหญ่ทำให้การประมาณการค่าความชันมีความคลาดเคลื่อนได้

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการดำเนินงานวิจัย โดยเริ่มต้นจากการตั้งสมมติฐานของงานวิจัยที่ว่า การแบ่งตารางกริดย่อยเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้วยวิธีการของ Differential Box-Counting Method (DBC), An Improved Box-Counting Method (IDBC) และ A Box-Counting Method with Adaptable Box Height (ADBC) ทำให้พื้นที่ที่ใช้ในการพิจารณาค่าความเข้มสีระดับเทาสูงสุดและความเข้มสีระดับเทาต่ำสุดมีพื้นที่ใช้คำนวณจำนวนมาก ซึ่งอาจมีผลทำให้ความละเอียดในการนับกล่องมีความถูกต้องลดลง ดังนั้นถ้ามีการแบ่งพื้นที่จากพื้นที่สี่เหลี่ยมเป็นพื้นที่สามเหลี่ยมสองรูป จะทำให้พื้นที่ในการพิจารณาความละเอียดมากขึ้น และจะมีผลทำให้ความละเอียดในการนับกล่องเพิ่มขึ้นด้วย และจากสมมติฐานในการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปนี้ จะทำการทดลองโดยการใช้ค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามาใช้เพื่อการวิเคราะห์และเลือกตำแหน่งของพื้นที่สามเหลี่ยมเป็นตัวแทนการนับกล่อง โดยเลือกพื้นที่ที่มีค่าความเข้มระดับเทาสูงสุดหรือต่ำที่สุดที่เหมาะสมเป็นตัวแทนของการนับกล่อง และทำให้ความละเอียดในการคำนวณค่าการนับกล่องและค่าความผิดพลาดในการประมาณการค่าความชัน ซึ่งเป็นตัวแทนของมิติแฟร็กทัลน้อยลง โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 และสมมติฐานดังกล่าว ได้ออกแบบการดำเนินการวิจัยเป็น 2 วิธีการดังนี้

1. ปรับปรุงวิธีการของ DBC แบบดั้งเดิม โดยปรับปรุงการปรับความสูงของกล่องซึ่งเดิมใช้การปรับความสูงตามสมการ $s' = (s \times \Delta) / M$ โดยที่ Δ หมายถึงจำนวนความเข้มระดับเทาของภาพมี เช่น ภาพระดับเทาจำนวนความเข้มสีเท่ากับ 256 โดยปรับเปลี่ยนการปรับขนาดความสูงของกล่องโดยใช้ค่า s แทนค่า s' และทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมออกเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปและทำการประมวลผลในรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูป โดยเลือกกล่องสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนที่เหมาะสมเป็นตัวแทนของการนับกล่อง และเปรียบเทียบค่า Fitting Error ที่ได้จากการปรับปรุงนี้เปรียบเทียบกับค่า Fitting Error ที่ได้จากการวิธีการของ DBC

2. ปรับปรุงวิธีการของ ADBC โดยทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมออกเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูป และทำการประมวลผลในรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูป โดยเลือกกล่องสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนที่เหมาะสมเป็นตัวแทนของการนับกล่อง โดยที่การคำนวณค่าการนับกล่องจะใช้สมการการนับกล่องของวิธีการ DBC และเปรียบเทียบค่า Fitting Error ที่ได้จากการปรับปรุงนี้กับค่า Fitting Error ที่ได้จากการวิธีการของ IDBC

ทำการทดสอบกับภาพ Brodatz จำนวน 111 ภาพ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการข้างต้นกับผลการทดลองของงานวิจัย DBC [15] และ ADBC [12] โดยใช้ภาพ Brodatz จำนวน 12 ภาพ โดยมีกระบวนการในการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 การหาค่ามิติแฟร็กทัลด้วยวิธีการ DBC แบบแบ่งกล่องสามเหลี่ยม (Triangle Differential Box-Counting Method : TDBC)

จากวิธีการของ DBC แบบดั้งเดิม ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงวิธีการดังกล่าว โดยการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมออกเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามวิธีการของ TBC ดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.4.2.2 และพิจารณาตารางกริดในรูปสามเหลี่ยมแต่ละรูปและคำนวณค่าการนับกล่อง จากนั้นจะใช้ค่าความแปรปรวนของความเข้มระดับเทาภายในรูปสามเหลี่ยมแต่ละรูปเพื่อเลือกค่าการนับกล่องจากสามเหลี่ยมทั้งสองรูปที่เหมาะสมเป็นตัวแทนของตารางกริดและเรียกว่าวิธีการแบบ TDBC โดยได้ออกแบบวิธีการการออกเป็น 9 วิธีการดังต่อไปนี้

- วิธีการแบบ MaxMax TDBC จะดำเนินการโดยการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุดจาก Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern2 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุดจาก Pattern2 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 และเลือกค่า

การนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 ที่มีค่ามากที่สุดเป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_i) ของตารางกริด

- วิธีการแบบ MaxMin TDBC จะดำเนินการ โดยการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุดจาก Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern2 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุดจาก Pattern2 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 และเลือกค่าการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_i) ของตารางกริด

- วิธีการแบบ MaxAverage TDBC จะดำเนินการ โดยการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาที่สุดจาก Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern2 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาที่สุดจาก Pattern2 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 และนำค่าการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้เป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_i) ของตารางกริด

- วิธีการแบบ MinMax TDBC จะดำเนินการ โดยการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาที่น้อยที่สุดจาก Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern2 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาที่สุดจาก Pattern2 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 และเลือกค่าการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 ที่มีค่ามากที่สุดเป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_i) ของตารางกริด

- วิธีการแบบ MinMin TDBC จะดำเนินการ โดยการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาที่น้อยที่สุดจาก Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern2 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนมาก

ที่สุดจาก Pattern2 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 และเลือกค่าการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_i) ของตารางกริด

- วิธีการแบบ MaxAverage TDBC จะดำเนินการโดยการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาน้อยที่สุดจาก Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern2 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุดจาก Pattern2 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 และนำค่าการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้เป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_i) ของตารางกริด

- วิธีการแบบ AverageMax TDBC จะดำเนินการโดยการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 พิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 โดยทำคำนวณค่าเฉลี่ยการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปตาม Pattern1 จากนั้นพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมของ Pattern2 และคำนวณค่าเฉลี่ยการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปตาม Pattern2 จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของการนับกล่องตาม Pattern1 และ Pattern2 มาพิจารณาโดยเลือกค่าการนับกล่องที่มีค่ามากที่สุดจาก Pattern1 และ Pattern2 เพื่อเป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_i) ของตารางกริด

- วิธีการแบบ AverageMin TDBC จะดำเนินการโดยการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 พิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 โดยทำคำนวณค่าเฉลี่ยการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปตาม Pattern1 จากนั้นพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมของ Pattern2 และคำนวณค่าเฉลี่ยการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปตาม Pattern2 จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของการนับกล่องตาม Pattern1 และ Pattern2 มาพิจารณาโดยเลือกค่าการนับกล่องที่มีค่าน้อยที่สุดจาก Pattern1 และ Pattern2 เพื่อเป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_i) ของตารางกริด

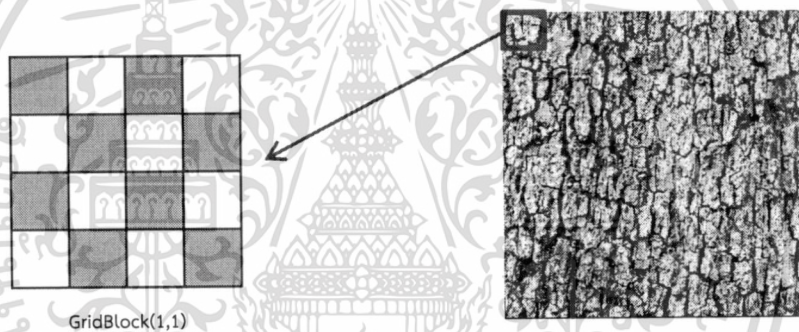
- วิธีการแบบ AverageAverage TDBC จะดำเนินการโดยการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 พิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 โดยทำคำนวณค่าเฉลี่ยการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปตาม Pattern1 จากนั้นพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมของ Pattern2 และคำนวณค่าเฉลี่ยการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปตาม Pattern2 และนำค่าเฉลี่ยการนับกล่องของ Pattern1 และ Pattern2 มาทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้เป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_i) ของตารางกริด

โดยตัวอย่างการคำนวณในบทนี้จะยกตัวอย่างการคำนวณด้วยวิธีการแบบ MinMax ในส่วนวิธีการอื่นจะแตกต่างกันในส่วนของการเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตามที่กล่าวไปแล้วข้างต้น

3.1.1 การหาค่ามิติแฟร็กทัลด้วยวิธีการ TDBC แบบ MinMax

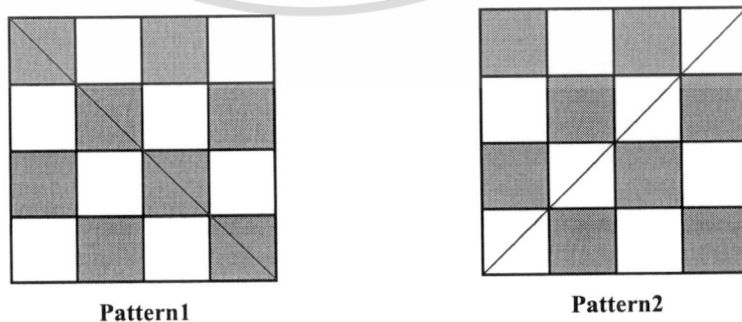
การคำนวณค่ามิติแฟร็กทัลด้วยวิธีการแบบ MinMax ดำเนินการดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 จากภาพ Brodatz ขนาด $R \times R$ จุดภาพ ทำการแบ่งรูปภาพเป็นตารางกริดย่อยขนาด $s \times s$ จุดภาพที่ไม่มีการซ้อนทับกัน และแทนตำแหน่งของตารางกริดที่มีความยาว s และกว้าง s จุดภาพนี้ด้วย GridBlock(i,j) โดยที่ i และ j เป็นตำแหน่งซ้ายบนของภาพ ในตารางกริดตามแนวแกน x และ y ที่มีขนาด $s \times s$ จุดภาพ เริ่มต้นที่ i และ j เท่ากับ 1,1 ตามลำดับ ซึ่งการแบ่งตารางกริดนี้จะเริ่มต้นที่ตารางกริดขนาด 2×2 จุดภาพ และเพิ่มขึ้นครั้งละ $2^n \times 2^n$ จุดภาพ ดังตัวอย่างของรูปต่อไปนี้เป็นการแบ่งตารางกริดขนาด 4×4 จุดภาพ



รูปที่ 3.2 การแบ่งรูปภาพ Brodatz D24 ออกเป็นตารางกริดย่อยขนาด 4×4

ขั้นตอนที่ 2 ทำการแบ่งตารางกริดย่อยเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2 ดังนี้



รูปที่ 3.3 รูปแบบการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากวิธีการของ DBC จะใช้ขนาดของตารางกริดย่อยมีขนาดเท่ากันตามแนวแกน x และ y ดังนั้นการแบ่งตารางกริดย่อยเป็นรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 และ Pattern2 จะแบ่งแบบไม่สมมาตร (Asymmetric Partition)

ตัวอย่างการแบ่งตารางกริดขนาด 4×4 ตาม Pattern1 และ Pattern2



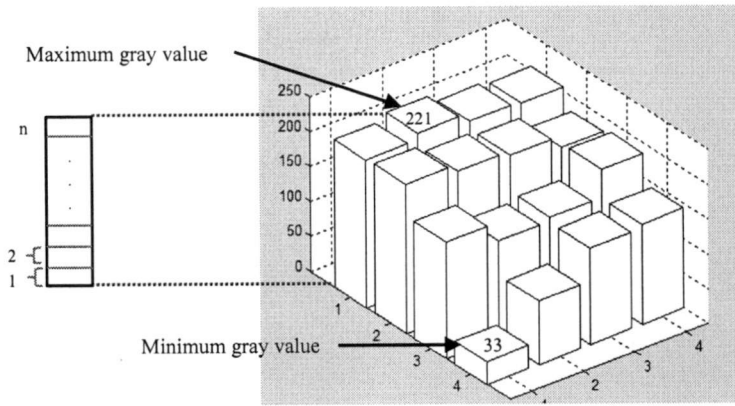
รูปที่ 3.4 การแบ่งตารางกริดขนาด 4×4 เป็นรูปสามเหลี่ยมแบบสมมาตรตาม Pattern1



รูปที่ 3.5 การแบ่งตารางกริดขนาด 4×4 เป็นรูปสามเหลี่ยมแบบสมมาตรตาม Pattern2

ขั้นตอนที่ 3 ทำการปรับขนาดของกล่องขึ้นด้วยความสูงของกล่องเท่ากับ s จะได้กล่องขนาด $s \times s \times s$ และเริ่มต้นนับกล่องล่างสุดเป็น 1 และปรับขนาดความสูงขึ้นครั้งละ s และนับกล่องถัดไปเป็น 2, 3, 4 ไปเรื่อยๆ จนความสูงของกล่องครอบคลุมความเข้มระดับเทาสูงสุดของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมนั้น และทำการหาค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของความเข้มระดับเทาภายในตารางกริดรูปสามเหลี่ยมรูปบนและรูปล่างของ Pattern1 ว่าค่าความเข้มระดับเทาสูงที่สุดและความเข้มระดับเทาต่ำที่สุดในแต่ละตารางกริดรูปสามเหลี่ยมนั้น อยู่ภายในบริเวณกล่องที่เท่าใด และนับกล่องที่มีค่าสูงสุดและกล่องที่มีค่าต่ำสุดแทนด้วย $L1Upper$, $K1Upper$, $L1Lower$, $K1Lower$ ตามลำดับ จากนั้นทำการหาค่าต่ำสุดของความเข้มระดับเทาภายในกล่องสามเหลี่ยมรูปบนและรูปล่างของ Pattern2 ว่าค่าความเข้มระดับเทาสูงที่สุดและความเข้มระดับเทาต่ำที่สุดในแต่ละตารางกริดรูปสามเหลี่ยมนั้น อยู่ภายในบริเวณกล่องที่เท่าใด และนับกล่องที่มีค่าสูงสุดและกล่องที่มีค่าต่ำสุดแทนด้วย $L2Upper$, $K2Upper$, $L2Lower$, $K2Lower$ ตามลำดับ ดังรูปต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงการหาค่ากล่องของความเข้มระดับเทาสูงสุดและต่ำสุด

ขั้นตอนที่ 4 ทำการคำนวณหาค่า n_s โดยใช้สมการที่ 2.4 ในกล่องสามเหลี่ยมบนและสามเหลี่ยมล่างของ Pattern1 แทนด้วย $n_sC1Upper$, $n_sC1Lower$ และคำนวณหา n_s ในกล่องสามเหลี่ยมบนและสามเหลี่ยมล่างของ Pattern2 แทนด้วย $n_sC2Upper$, $n_sC2Lower$ ตามสมการต่อไปนี้

$$\left. \begin{aligned} n_sC1Upper &= L1Upper - K1Upper + 1 \\ n_sC1Lower &= L1Lower - K1Lower + 1 \\ n_sC2Upper &= L2Upper - K2Upper + 1 \\ n_sC2Lower &= L2Lower - K2Lower + 1 \end{aligned} \right\} \quad (3.1)$$

ขั้นตอนที่ 5 หาค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาภายในกล่องสามเหลี่ยมบนและสามเหลี่ยมล่างของ Pattern1 แทนด้วย $VarC1Upper$, $VarC1Lower$ และค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาภายในกล่องสามเหลี่ยมบนและสามเหลี่ยมล่างของ Pattern2 แทนด้วย $VarC2Upper$, $VarC2Lower$ ตามสมการดังต่อไปนี้

ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N} \quad (3.2)$$

$$\left. \begin{aligned} VarC1Upper &= \sigma^2 (\text{BlockC1Upper}) \\ VarC1Lower &= \sigma^2 (\text{BlockC1Lower}) \\ VarC2Upper &= \sigma^2 (\text{BlockC2Upper}) \\ VarC2Lower &= \sigma^2 (\text{BlockC2Lower}) \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

โดยที่

BlockC1Upper หมายถึงความเข้มสีระดับเทาทุกจุดภาพภายในกล่องสามเหลี่ยมบนของ Pattern1

BlockC1Lower หมายถึงความเข้มสีระดับเทาทุกจุดภาพภายในกล่องสามเหลี่ยมล่างของ Pattern1

BlockC2Upper หมายถึงความเข้มสีระดับเทาทุกจุดภาพภายในกล่องสามเหลี่ยมบนของ Pattern2

BlockC2Lower หมายถึงความเข้มสีระดับเทาทุกจุดภาพภายในกล่องสามเหลี่ยมล่างของ Pattern2

ขั้นตอนที่ 6 เลือกค่า n_s โดยพิจารณาจากค่าความแปรปรวนดังนี้

เลือกค่า n_s ของกล่องสามเหลี่ยมบนหรือสามเหลี่ยมล่างของ Pattern1 ที่มีค่าความแปรปรวนของสีระดับเทาภายในกล่องสามเหลี่ยมที่มีค่าน้อยที่สุด เป็นตัวแทนการนับกล่องของในรูปแบบของ Pattern1 แทนด้วย n_sC1 และเลือกค่า n_s ของกล่องสามเหลี่ยมบนหรือสามเหลี่ยมล่างของ Pattern2 ที่มีค่าความแปรปรวนของสีระดับเทาที่น้อยที่สุดเป็นตัวแทนการนับกล่องของในรูปแบบของ Pattern2 แทนด้วย n_sC2 ดังนี้

```

if (VarC1Upper < VarC1Lower)
     $n_sC1 = n_sC1Upper$ 
else
     $n_sC1 = n_sC1Lower$ 
end
if (VarC2Upper < VarC2Lower)
     $n_sC2 = n_sC2Upper$ 
else
     $n_sC2 = n_sC2Lower$ 
end

```

ขั้นตอนที่ 7 ทำการคำนวณค่าการนับกล่องของ GridBlock(i,j) โดยเลือกจากค่าของ n_sC1 หรือ n_sC2 ที่มีค่ามากที่สุดแทนด้วย $N_s(i,j)$ ดังสมการดังต่อไปนี้

$$N_s(i,j) = \max \{ n_sC1, n_sC2 \} \quad (3.4)$$

ขั้นตอนที่ 8 บันทึกค่า $N_s(i,j)$ เป็นผลรวมของ N_s และค่า s ของตารางกริดขนาด $s \times s$ ดังสมการต่อไปนี้

$$N_s = \sum_{i,j} N_s(i,j) \quad (3.5)$$

ขั้นตอนที่ 9 ทำการเลื่อนตารางกริดไปยังตำแหน่งถัดไปด้วยความกว้าง s และความยาว s และทำขั้นตอนที่ 1-8 ใหม่อีกครั้ง จนครบตารางกริดขนาด $s \times s$

ขั้นตอนที่ 10 ปรับเปลี่ยนขนาดตารางกริดโดยเพิ่มขนาด $s \times s$ เพิ่มขึ้นครั้งละ $2^n \times 2^n$ และดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1-9 ใหม่จนกระทั่งตารางกริดมีขนาด $R/2 \times R/2$ จุดภาพ

ขั้นตอนที่ 11 นำค่า N_s ที่บันทึกไว้และค่า s มาทำการหาค่าความชันของกราฟ ซึ่งความชันนี้จะเป็นค่ามิติแฟร็กทัลของภาพนั้น

ขั้นตอนที่ 12 คำนวณหาค่า Fitting Error โดยใช้สมการที่ 2.10 จากนั้นเปรียบเทียบผลลัพธ์ของค่า Fitting Error ที่ได้กับค่า Fitting Error ในเอกสารงานวิจัย [15]

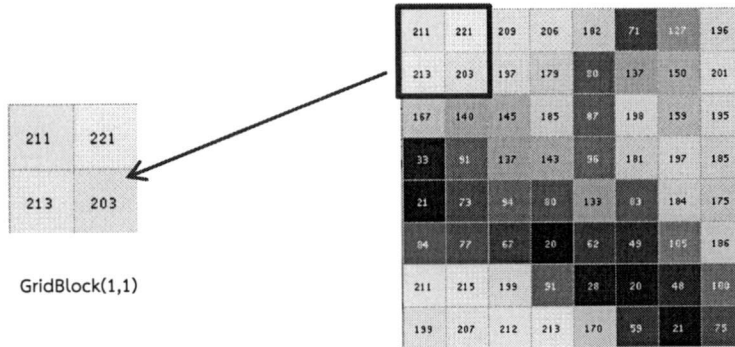
3.1.2 ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณด้วยวิธีการ TDBC ในขนาดตารางกริดย่อย 2×2 และ 4×4 จุดภาพโดยใช้ภาพ Brodatz D24 โดยกำหนดให้ตารางกริดที่นำมาใช้ในตัวอย่างนี้มีขนาด 8×8 จุดภาพ ดังรูปต่อไปนี้

211	221	209	206	182	71	127	196
213	203	197	175	86	137	150	201
167	146	145	105	67	198	159	135
33	31	137	143	16	191	137	185
21	73	34	80	133	83	184	175
84	77	67	20	62	49	105	186
211	215	199	31	28	20	43	100
199	207	212	213	170	53	21	75

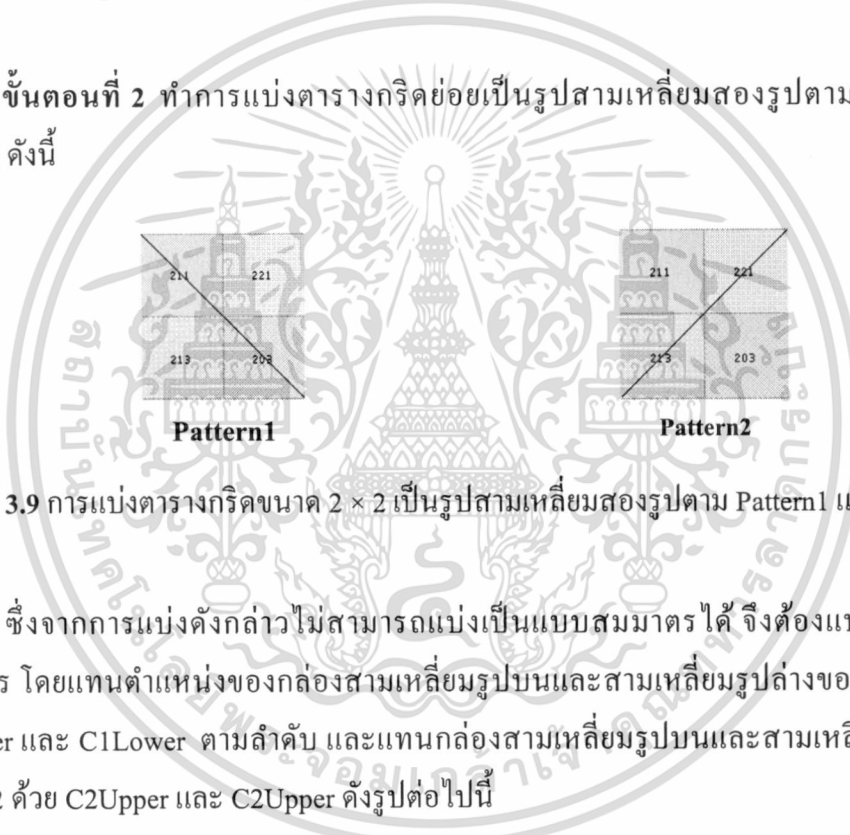
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างความเข้มของสี่ระดับเทาขนาด 8×8 จุดภาพ จากภาพ Brodatz D24

ขั้นตอนที่ 1 ทำการแบ่งรูปภาพเป็นตารางกริดย่อย ขนาด $s \times s$ เริ่มต้นกำหนด s เท่ากับ 2 ดังนั้นจะแบ่งตารางกริดเป็นตารางกริดย่อยขนาด 2×2 จุดภาพที่ไม่มีการซ้อนทับกัน แทนด้วย GridBlock(i,j) ดังรูปต่อไปนี้



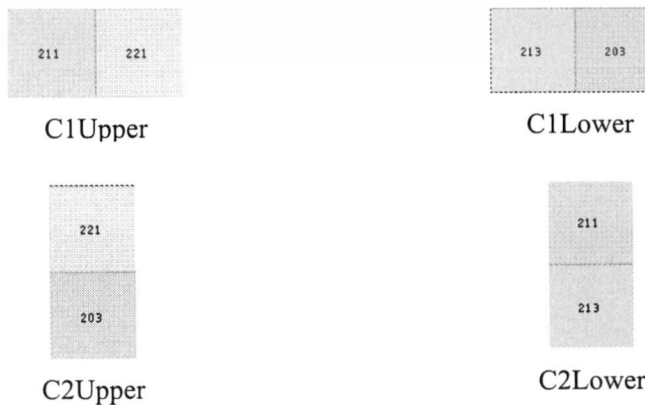
รูปที่ 3.8 การแบ่งรูปภาพ Brodatz D24 ออกเป็นตารางกริดย่อยขนาด 2 × 2

ขั้นตอนที่ 2 ทำการแบ่งตารางกริดย่อยเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2 ดังนี้



รูปที่ 3.9 การแบ่งตารางกริดขนาด 2 × 2 เป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2

ซึ่งจากการแบ่งดังกล่าวไม่สามารถแบ่งเป็นแบบสมมาตรได้ จึงต้องแบ่งเป็นแบบไม่สมมาตร โดยแทนตำแหน่งของกล่องสามเหลี่ยมรูปบนและสามเหลี่ยมรูปล่างของ Pattern1 ด้วย C1Upper และ C1Lower ตามลำดับ และแทนกล่องสามเหลี่ยมรูปบนและสามเหลี่ยมรูปล่างของ Pattern2 ด้วย C2Upper และ C2Lower ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 3.10 รูปแบบการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยม Pattern1 และ Pattern2

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 ทำการปรับขนาดของกล่องขึ้นครั้งละ s จะได้กล่องขนาด $s \times s \times s$ ในที่นี้ค่าของ s มีค่าเท่ากับ 2 ดังนั้นจะได้กล่องขนาด $2 \times 2 \times 2$ โดยเริ่มต้นนับกล่องล่างสุดเป็น 1 และปรับขนาดความสูงขึ้นครั้งละ s และนับกล่องถัดไปเป็น 2, 3, 4 ไปเรื่อยๆ และทำการหาค่าสูงสุดของสี่ระดับเทาและค่าต่ำสุดของสี่ระดับเทาอยู่ในบริเวณกล่องที่เท่าใด

ตารางที่ 3.1 การคำนวณค่า 1 และ k ในการแบ่งตารางกริดขนาด 2×2 เป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูป

กล่องสามเหลี่ยม	ค่าสูงสุดของความเข้มสี่ระดับเทา	ค่ากล่องของความเข้มระดับเทาสูงสุด (1)	ค่าต่ำสุดของความเข้มสี่ระดับเทา	ค่ากล่องของความเข้มระดับเทาต่ำสุด (k)
C1Upper	221	$\text{ceil}(221/2)=111$	211	$\text{ceil}(211/2)=106$
C1Lower	213	$\text{ceil}(213/2)=107$	203	$\text{ceil}(203/2)=102$
C2Upper	221	$\text{ceil}(221/2)=111$	203	$\text{ceil}(203/2)=102$
C2Lower	213	$\text{ceil}(213/2)=107$	211	$\text{ceil}(211/2)=106$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่าของ n_s จากสมการที่ 3.1 จะได้

$$n_s C1Upper = 111 - 106 + 1 = 6$$

$$n_s C1Lower = 107 - 102 + 1 = 6$$

$$n_s C2Upper = 111 - 102 + 1 = 10$$

$$n_s C2Lower = 107 - 106 + 1 = 2$$

ขั้นตอนที่ 5 หาค่าความแปรปรวนของความเข้มสี่ระดับเทาภายในกล่องสามเหลี่ยมแทนด้วย $\text{Var}C1Upper$, $\text{Var}C1Lower$, $\text{Var}C2Upper$, $\text{Var}C2Lower$ ตามสมการที่ 3.2

$$\text{ค่าเฉลี่ยของ } C1Upper = (211+221)/2 = 216$$

$$\text{ค่าเฉลี่ยของ } C1Lower = (213+203)/2 = 208$$

$$\text{ค่าเฉลี่ยของ } C2Upper = (221+203)/2 = 212$$

$$\text{ค่าเฉลี่ยของ } C2Lower = (221+203)/2 = 212$$

$$\text{Var}C1Upper = \frac{(211-216)^2 + (221-216)^2}{2} = 25$$

$$\text{Var}C1Lower = \frac{(213-208)^2 + (203-208)^2}{2} = 25$$

$$\text{Var}C2Upper = \frac{(221-212)^2 + (203-212)^2}{2} = 81$$

$$\text{Var}C2Lower = \frac{(221-212)^2 + (203-212)^2}{2} = 1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 6 เลือกค่าของ n_s โดยพิจารณาจากค่าความแปรปรวน โดยเลือกค่า $n_s C1$ หรือ $n_s C1$ ที่มีค่า ความแปรปรวนน้อยที่สุด

$$\text{เลือก } n_s C1 = 6 \text{ และ } n_s C1 = 2$$

ขั้นตอนที่ 7 หาค่าของ $N_s(1,1)$ โดยเลือกค่าสูงสุดของ $n_s C1$ และ $n_s C1$

$$N_s(1,1) = \max \{ n_s C1, n_s C1 \} = \max \{ 6, 2 \} = 6$$

ขั้นตอนที่ 8 บันทึกค่า $N_s(1,1)$ เป็นผลรวมของ N_s และค่า s ของตารางกริดขนาด $s \times s$

$$\text{Sum}N_s = \text{Sum}N_s + 6 = 0 + 6 = 6 \text{ และ } s = 2$$

	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ ...
Sum N_s	6		
s	2		

ขั้นตอนที่ 9 เลื่อนตารางกริดไปยังตำแหน่งถัดไปตั้งรูป แทนด้วย GridBlock(1,2) จากนั้น ทำขั้นตอนที่ 1-8 ใหม่อีกครั้ง จนครบทุกจุดภาพในตารางกริดขนาด 2×2 จุดภาพ



รูปที่ 3.11 การเลื่อนตารางกริดไปยังตำแหน่งถัดไป

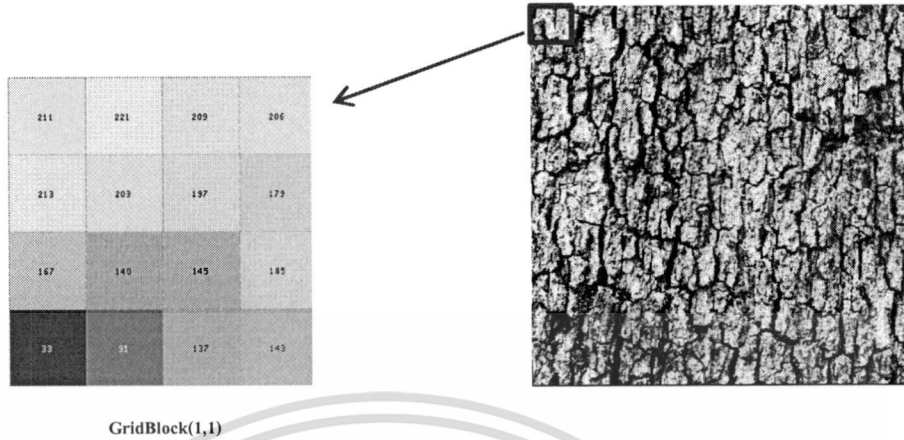
ขั้นตอนที่ 10 ปรับเปลี่ยนขนาดตารางกริด โดยเพิ่มขนาดจาก 2×2 จุดภาพเป็น 4×4 จุดภาพ และดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1-9 อีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 11 นำค่าผลรวมของ N_s และค่า s มาทำการพล็อตกราฟ หาค่าความชันของกราฟ จะได้ค่าความชันของกราฟเป็นตัวแทนของมิติแฟร็กทัล พร้อมทั้งคำนวณค่า Fitting Error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการแบ่งตารางกริดขนาด 4×4

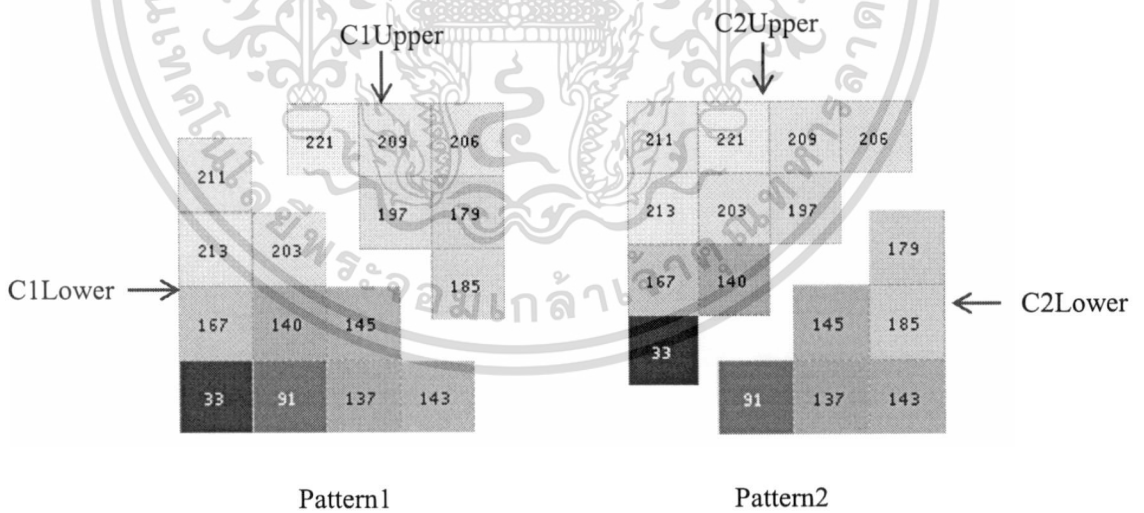
ในขั้นตอนของการดำเนินการกับตารางกริด 4×4 สรุปได้ดังนี้



รูปที่ 3.12 การแบ่งรูปภาพ Brodatz D24 ออกเป็นตารางกริดย่อยขนาด 4×4

ขั้นตอนที่ 1 ทำการแบ่งรูปภาพเป็นตารางกริดย่อย ขนาด 4×4 จุดภาพที่ไม่มีกริดซ้อนทับกัน แทนด้วย GridBlock(1,1)

ขั้นตอนที่ 2 ทำการแบ่งตารางกริดย่อยเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2 ดังนี้



รูปที่ 3.13 การแบ่งตารางกริดขนาด 4×4 เป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2

ขั้นตอนที่ 3 ทำการปรับขนาดของกล่องขึ้นครั้งละ 4 จะได้กล่องขนาด $4 \times 4 \times 4$ และทำการนับกล่องจากค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของความเข้มสีระดับเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 การคำนวณค่า l และ k ในการแบ่งตารางกริดขนาด 4×4 เป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูป

กล่องสามเหลี่ยม	ค่าสูงสุด ของความ เข้ม สีระดับเทา	ค่ากล่องของความ เข้มระดับเทา สูงสุด (l)	ค่าต่ำสุด ของความ เข้ม สีระดับเทา	ค่ากล่องของความ เข้มระดับเทา ต่ำสุด (k)
C1Upper	221	$\text{ceil}(221/4)=56$	179	$\text{ceil}(179/4)=45$
C1Lower	213	$\text{ceil}(213/4)=54$	33	$\text{ceil}(33/4)=9$
C2Upper	221	$\text{ceil}(221/4)=56$	33	$\text{ceil}(33/4)=9$
C2Lower	185	$\text{ceil}(185/4)=47$	91	$\text{ceil}(91/4)=23$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่าของ n_s จากสมการที่ 3.1 จะได้

$$n_{s,C1Upper} = 56 - 45 + 1 = 12$$

$$n_{s,C1Lower} = 54 - 9 + 1 = 47$$

$$n_{s,C2Upper} = 56 - 9 + 1 = 48$$

$$n_{s,C2Lower} = 47 - 23 + 1 = 25$$

ขั้นตอนที่ 5 หาค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาภายในกล่องสามเหลี่ยมแทนด้วย VarC1Upper , VarC1Lower , VarC2Upper , VarC2Lower ตามสมการที่ 3.2

$$\text{ค่าเฉลี่ยของ C1Upper} = (221+209+206+197+179+185)/6 = 199.5$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าเฉลี่ยของ C1Lower} &= (211+213+203+167+140+145+33+91+137+143)/10 \\ &= 148.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าเฉลี่ยของ C2Upper} &= (211+221+209+206+213+203+197+167+140+33)/10 \\ &= 180 \end{aligned}$$

$$\text{ค่าเฉลี่ยของ C2Lower} = (179+145+185+91+137+143)/6 = 146.67$$

และเมื่อกำหนดค่าความแปรปรวนจะได้ค่าดังนี้

$$\text{VarC1Upper} = 205.25$$

$$\text{VarC1Lower} = 2656$$

$$\text{VarC2Upper} = 2944.4$$

$$\text{VarC2Lower} = 953.89$$

ขั้นตอนที่ 6 เลือกค่าของ n_s โดยพิจารณาจากค่าความแปรปรวนเลือก $n_{s,C1}$ หรือ $n_{s,C2}$ ที่มีค่าน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 7 หาค่าของ $N_s(1,1)$ โดยเลือกค่าสูงสุดของ $n_s C1$ และ $n_s C1$

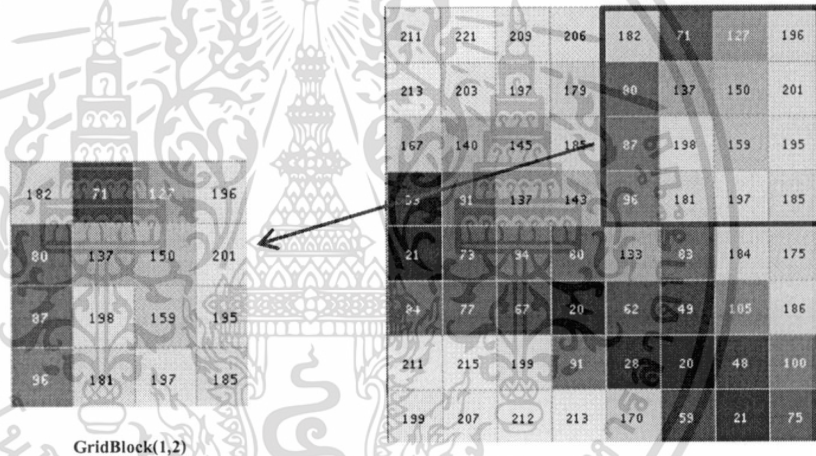
$$N_s(1,1) = \max \{ n_s C1, n_s C1 \} = \max \{ 12, 25 \} = 25$$

ขั้นตอนที่ 8 บันทึกค่า $N_s(1,1)$ เป็นผลรวมของ N_s และค่า s ของตารางกริดขนาด $s \times s$

$$\text{Sum}N_s = \text{Sum}N_s + 25 = 0 + 25 = 25, s = 4$$

	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ ...
Sum N_s	25		
s	4		

ขั้นตอนที่ 9 เลื่อนตารางกริดไปยังตำแหน่งถัดไปด้วย GridBlock(1,2) จากนั้นทำขั้นตอนที่ 1 – 8 ใหม่อีกครั้ง จนครบทุกจุดภาพในตารางกริดขนาด 2×2 จุดภาพ



รูปที่ 3.14 การเลื่อนตารางกริดไปยังตำแหน่งถัดไป

ขั้นตอนที่ 10 ปรับเปลี่ยนขนาดตารางกริดโดยเพิ่มขนาดจาก 4×4 จุดภาพเป็น 8×8 จุดภาพ และดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1-9 อีกครั้ง และดำเนินการเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนขนาดของตารางกริดมีขนาด $R/2 \times R/2$ จุดภาพที่มีขนาดใหญ่ที่สุด

ขั้นตอนที่ 11 นำค่าผลรวมของ N_s และค่า s มาทำการพล็อตกราฟ หาค่าความชันของกราฟ จะได้ค่าความชันของกราฟเป็นตัวแทนของมิติแฟร็กทัล พร้อมทั้งคำนวณค่า Fitting Error

3.2 การหาค่ามิติแฟร็กทัลด้วยวิธีการของ ADBC โดยการแบ่งเป็นสามเหลี่ยมสองรูป

(An Improved Triangle Differential Box Counting with Adaptable Box

Height : ITBC)

จากวิธีการของ ADBC แบบดั้งเดิม ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงวิธีการดังกล่าว โดยใช้ค่าสัดส่วนจากวิธีการของ ADBC เพื่อการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสี่เหลี่ยมตั้งได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 2.4.2.6 จากนั้นทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมออกเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามวิธีการของ TBC ดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.4.2.2 และพิจารณารางกริดในรูปสามเหลี่ยมแต่ละรูปในการคำนวณค่าการนับกล่อง จากนั้นจะใช้ค่าความแปรปรวนของความเข้มระดับเทาภายในรูปสามเหลี่ยมแต่ละรูปเพื่อเลือกค่าการนับกล่องจากสามเหลี่ยมทั้งสองรูปที่เหมาะสมเป็นตัวแทนของตารางกริดนั้นและเรียกวิธีการนี้ว่า ITBC โดยได้ออกแบบการดำเนินการวิจัยเป็น 9 วิธีการดังต่อไปนี้

- วิธีการแบบ MaxMax ITBC ใช้ค่าสัดส่วน s โดยที่ $2 \geq s \geq Q$ และ $Q = \min\{\sqrt[3]{WH}, W, H\}$ ในการแบ่งภาพเป็นตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จากนั้นทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุดจาก Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern2 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุดจาก Pattern2 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 และเลือกค่าการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 ที่มีค่ามากที่สุดเป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_s) ของตารางกริด

- วิธีการแบบ MaxMin ITBC ใช้ค่าสัดส่วน s โดยที่ $2 \geq s \geq Q$ และ $Q = \min\{\sqrt[3]{WH}, W, H\}$ ในการแบ่งภาพเป็นตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จากนั้นทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาที่สุดจาก Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern2 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาที่สุดจาก Pattern2 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 และเลือกค่าการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_s) ของตารางกริด

- วิธีการแบบ MaxAverage ITBC ใช้ค่าสัดส่วน s โดยที่ $2 \geq s \geq Q$ และ $Q = \min\{\sqrt[3]{WH}, W, H\}$ ในการแบ่งภาพเป็นตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม และทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และพิจารณาการ

แบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุดจาก Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern2 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุดจาก Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 ทำหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_s) ของตารางกริด

- วิธีการแบบ MinMax ITBC ใช้ค่าสัดส่วน s โดยที่ $2 \geq s \geq Q$ และ $Q = \min\{\sqrt{WH}, W, H\}$ ในการแบ่งภาพเป็นตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จากนั้นทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาต่ำที่สุดจาก Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern2 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาต่ำที่สุดจาก Pattern2 และคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 และเลือกค่าการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 ที่มีค่ามากที่สุดเป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_s) ของตารางกริด

- วิธีการแบบ MinMin ITBC ใช้ค่าสัดส่วน s โดยที่ $2 \geq s \geq Q$ และ $Q = \min\{\sqrt{WH}, W, H\}$ ในการแบ่งภาพเป็นตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จากนั้นทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาต่ำที่สุดจาก Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern2 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาต่ำที่สุดจาก Pattern2 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 และเลือกค่าการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 ที่มีค่าต่ำที่สุดเป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_s) ของตารางกริด

- วิธีการแบบ MaxAverage ITBC จะใช้ค่าสัดส่วน s โดยที่ $2 \geq s \geq Q$ และ $Q = \min\{\sqrt{WH}, W, H\}$ ในการแบ่งภาพเป็นตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม และทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาต่ำที่สุดจาก Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern2 โดยเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาต่ำที่สุดจาก Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 ทำหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_s) ของตารางกริด

- วิธีการแบบ AverageMax ITBC จะใช้ค่าสัดส่วน s โดยที่ $2 \geq s \geq Q$ และ $Q = \min\{\sqrt[3]{WH}, W, H\}$ ในการแบ่งภาพเป็นตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม และทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องเฉลี่ยภายในสามเหลี่ยมสองรูปของ Pattern1 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern2 ทำการคำนวณค่าการนับกล่องเฉลี่ยภายในสามเหลี่ยมสองรูปของ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องโดยเลือกค่าการนับกล่องที่มากที่สุดจาก Pattern1 และ Pattern2 เพื่อเป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_s) ของตารางกริด

- วิธีการแบบ AverageMax ITBC จะใช้ค่าสัดส่วน s โดยที่ $2 \geq s \geq Q$ และ $Q = \min\{\sqrt[3]{WH}, W, H\}$ ในการแบ่งภาพเป็นตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม และทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องเฉลี่ยภายในสามเหลี่ยมสองรูปของ Pattern1 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern2 ทำการคำนวณค่าการนับกล่องเฉลี่ยภายในสามเหลี่ยมสองรูปของ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องโดยเลือกค่าการนับกล่องที่น้อยที่สุดจาก Pattern1 และ Pattern2 เพื่อเป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_s) ของตารางกริด

- วิธีการแบบ AverageAverage ITBC จะใช้ค่าสัดส่วน s โดยที่ $2 \geq s \geq Q$ และ $Q = \min\{\sqrt[3]{WH}, W, H\}$ ในการแบ่งภาพเป็นตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม และทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตามรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องเฉลี่ยภายในสามเหลี่ยมสองรูปของ Pattern1 และพิจารณาการแบ่งตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตาม Pattern2 ทำการคำนวณค่าการนับกล่องเฉลี่ยภายในสามเหลี่ยมสองรูปของ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนการนับกล่อง (N_s) ของตารางกริด

โดยตัวอย่างการคำนวณในบทนี้จะยกตัวอย่างการคำนวณด้วยวิธีการแบบ MinMax ในส่วนวิธีการอื่นจะแตกต่างกันในส่วนของการเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมตามที่กล่าวไปแล้วข้างต้น

3.2.1 การหาค่ามิติแฟร็กทัลด้วยวิธีการ ITBC แบบ MinMax

ขั้นตอนที่ 1 เลือกค่าสัดส่วน s ที่ $Q \geq s \geq 2$ โดยที่ $Q = \min\{\sqrt[3]{WH}, W, H\}$ เป็นตัวที่ใช้กำหนดการแบ่งตารางกริดเป็นขนาดที่แตกต่างกัน และนำค่าสัดส่วนนี้ไปคำนวณหาขนาดของตารางกริดย่อย

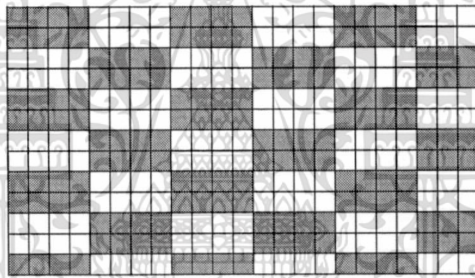
ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าความกว้างและความยาวของตารางกริดย่อยใหม่โดยใช้ค่าสัดส่วนในการคำนวณ โดยหาความกว้างของตารางกริดย่อยแทนด้วย w และความยาวของตารางกริดย่อยแทนด้วย h จะได้ $w=W/s$, $h=H/s$ ดังนั้น จะได้รูปแบบของการแบ่งตารางกริดเป็น 4 รูปแบบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงการแบ่งภาพออกเป็นตารางกริดย่อย 4 กรณีที่ใช้สัดส่วน s

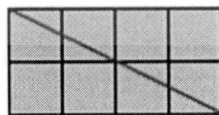
กรณีที่	จำนวนของ ตารางกริดขนาด $w \times h$	จำนวนของ ตารางกริด ขนาด $w \times (H-hs)$	จำนวนของ ตารางกริด ขนาด $(W-ws) \times h$	จำนวนของ ตารางกริดขนาด $(W-ws) \times (H-hs)$
$W=ws, H=hs$	$s \times s$	-	-	-
$W=ws, H>hs$	$s \times s$	$s \times 1$	-	-
$W>ws, H=hs$	$s \times s$	-	$1 \times s$	-
$W>ws, H>hs$	$s \times s$	$s \times 1$	$1 \times s$	1

จากนั้นจะทำการแบ่งภาพเป็นตารางกริดขนาดต่างๆ ตามตารางข้างต้น ดังตัวอย่างตารางกริดของภาพขนาด 13×23 เป็นตารางกริดย่อยที่ใช้ค่าสัดส่วนเท่ากับ 5 ดังรูปต่อไปนี้

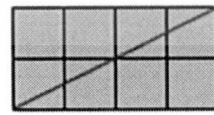


รูปที่ 3.15 การแบ่งตารางกริดของภาพขนาด 13×23 เป็นตารางกริดย่อยที่ใช้ค่าสัดส่วนเท่ากับ 5

ขั้นตอนที่ 3 ทำการแบ่งตารางกริดย่อยเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2 ดังนี้



Pattern1



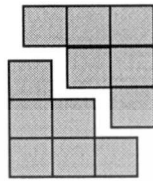
Pattern2

รูปที่ 3.16 รูปแบบการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2

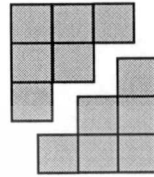
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยลักษณะของการแบ่งตาม Pattern1 และ Pattern2 ที่เป็นไปได้มี 2 รูปแบบนี้คือ

1. การแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมแบบสมมาตร (Symmetric Partition) ในการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นรูปสามเหลี่ยม โดยที่สามารถแบ่งเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปที่มีขนาดเท่าๆ กัน ดังรูปต่อไปนี้ เป็นตัวอย่างการแบ่งตารางกริดขนาด 3×4 ตาม Pattern1 และ Pattern2



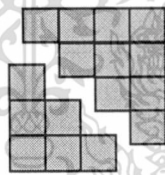
Pattern1



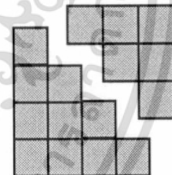
Pattern2

รูปที่ 3.17 การแบ่งตารางกริดขนาด เป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปแบบสมมาตร

2. การแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมแบบไม่สมมาตร (Asymmetric Partition) ในการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นรูปสามเหลี่ยม โดยที่ไม่สามารถแบ่งเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปที่มีขนาดเท่าๆ กันได้ จึงต้องแบ่งเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปที่มีขนาดใกล้เคียงกันมากที่สุด ดังรูปต่อไปนี้ เป็นตัวอย่างการแบ่งตารางกริดขนาด 4×4 ตาม Pattern1 และ Pattern2

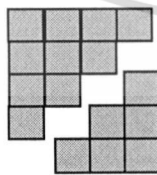


(a)

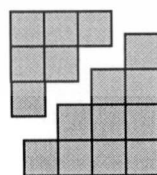


(b)

รูปที่ 3.18 การแบ่งตารางกริดขนาด 4×4 เป็นรูปสามเหลี่ยมแบบสมมาตรตาม Pattern1



(a)

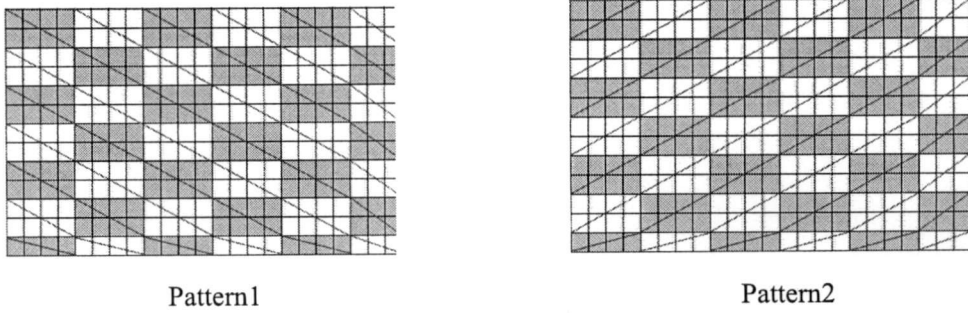


(b)

รูปที่ 3.19 การแบ่งตารางกริดขนาด 4×4 เป็นรูปสามเหลี่ยมแบบสมมาตรตาม Pattern2

เมื่อทำการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปแล้วจะมีลักษณะของการแบ่งดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



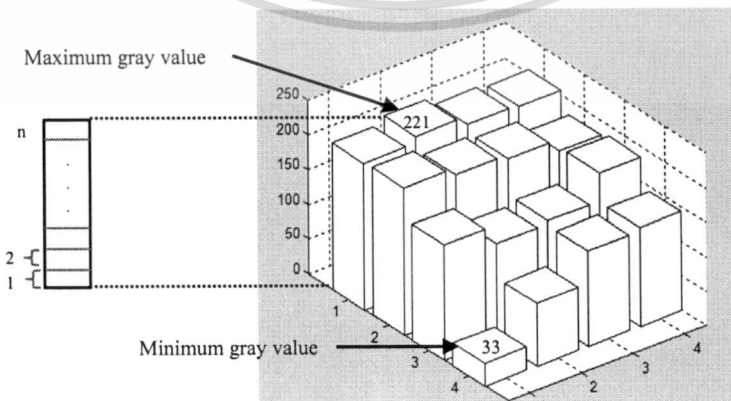
รูปที่ 3.20 การแบ่งตารางกริดของภาพขนาด 13x23 เป็นตารางกริดย่อยที่ใช้ค่าสัดส่วนเท่ากับ 5

ขั้นตอนที่ 4 ทำการปรับขนาดของกล่องขึ้นตามแนวแกน z โดยความสูงของกล่องตามแนวแกน z คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$p = \frac{G}{s} \tag{3.6}$$

โดยที่ G หมายถึงจำนวนของความเข้มระดับเทาของภาพ
s หมายถึงขนาดของตารางกริด

จะได้กล่องขนาด $w \times h \times p$ โดยเริ่มต้นนับกล่องล่างสุดเป็น 1 และปรับขนาดความสูงขึ้นครั้งละ p และนับกล่องถัดไปเป็น 2, 3, 4 ไปเรื่อยๆ จนความสูงของกล่องครอบคลุมความเข้มสีระดับเทาสูงสุดในตารางกริดนั้น และทำการหาค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของความเข้มระดับเทาภายในกล่องสามเหลี่ยมรูปบนและรูปล่างของ Pattern1 ว่าค่าความเข้มระดับเทาต่ำที่สุดและความเข้มระดับเทาสูงที่สุดอยู่ในบริเวณกล่องที่เท่าใด และแทนด้วย L1Upper, K1Upper, L1Lower, K1Lower และหาค่าต่ำสุดของความเข้มระดับเทาภายในกล่องสามเหลี่ยมรูปบนและรูปล่างของ Pattern2 ว่าค่าความเข้มระดับเทาต่ำที่สุดและความเข้มระดับเทาสูงที่สุดอยู่ในบริเวณกล่องที่เท่าใด และแทนด้วย L2Upper, K2Upper, L2Lower, K2Lower ตามลำดับ ดังรูปตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่ 3.21 การปรับขนาดของกล่องตามความสูงและคำนวณค่ากล่องของระดับเทาสูงสุดและต่ำสุด เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 5 ทำการคำนวณหาค่า n_s ในสมการที่ 2.4 ในกล่องสามเหลี่ยมบนและสามเหลี่ยมล่างของ Pattern1 แทนด้วย $n_{sC1Upper}$, $n_{sC1Lower}$ และคำนวณหาค่า n_s ในกล่องสามเหลี่ยมบนและสามเหลี่ยมล่างของ Pattern2 แทนค่าด้วย $n_{sC2Upper}$, $n_{sC2Lower}$ ตามสมการที่ 3.1

ขั้นตอนที่ 6 หาค่าความแปรปรวนตามสมการที่ 3.2 ของความเข้มสีระดับเทาภายในกล่องสามเหลี่ยมบนและสามเหลี่ยมล่างของ Pattern1 แทนด้วย $VarC1Upper$, $VarC1Lower$ และค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาภายในกล่องสามเหลี่ยมบนและสามเหลี่ยมล่างของ Pattern2 แทนด้วย $VarC2Upper$ $VarC2Lower$ ตามสมการที่ 3.3

ขั้นตอนที่ 7 เลือกค่าของ n_s โดยพิจารณาจากค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทา โดยเลือกค่า n_s ของกล่องสามเหลี่ยมบนหรือสามเหลี่ยมล่างของ Pattern1 ที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาน้อยที่สุดเป็นตัวแทนการนับกล่องในรูปแบบของ Pattern1 แทนด้วย n_{sC1} และเลือกค่า n_s ของกล่องสามเหลี่ยมบนหรือสามเหลี่ยมล่างของ Pattern2 ที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาน้อยที่สุดเป็นตัวแทนการนับกล่องของในรูปแบบของ Pattern2 แทนด้วย n_{sC2} ดังนี้

```

if (VarC1Upper < VarC1Lower)
     $n_{sC1} = n_{sC1Upper}$ 
else
     $n_{sC1} = n_{sC1Lower}$ 
end
if (VarC2Upper < VarC2Lower)
     $n_{sC2} = n_{sC2Upper}$ 
else
     $n_{sC2} = n_{sC2Lower}$ 
end

```

ขั้นตอนที่ 8 ทำการเลือกค่าการนับกล่องของ GridBlock(i,j) โดยเลือกจากค่าของ n_{sC1} หรือ n_{sC2} ที่มีค่ามากแทนด้วย $N_s(i,j)$ ดังสมการต่อไปนี้

$$N_s(i,j) = \max \{ n_{sC1} , n_{sC2} \} \quad (3.7)$$

ขั้นตอนที่ 9 บันทึกค่า $N_s(i,j)$ เป็นผลรวมของ N_s และค่า s ของตารางกริดขนาด $s \times s$ ดังสมการต่อไปนี้

$$N_s = \sum_{i,j} N_s(i,j) \quad (3.8)$$

ขั้นตอนที่ 10 ทำการเลื่อนตารางกริดไปยังตำแหน่งถัดไปด้วยความกว้าง w และความยาว h และทำข้อ 1-9 ใหม่อีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 11 ปรับเปลี่ยนค่าสัดส่วนที่นำมาใช้ในการแบ่งตารางกริด จากนั้นทำข้อ 1-10 ใหม่อีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 12 นำค่า N_s ที่บันทึกไว้และค่า s มาทำการหาค่าความชันของกราฟ ซึ่งความชันนี้จะเป็นค่ามิติแฟร็กทัลของภาพนั้น

ขั้นตอนที่ 13 คำนวณค่า Fitting Error โดยใช้สมการที่ 2.11 จากนั้นเปรียบเทียบผลลัพธ์ของค่า Fitting Error ที่ได้กับค่า Fitting Error ในเอกสารงานวิจัย [11]

3.2.2 ตัวอย่างวิธีการ ITBC

การคำนวณด้วยวิธีการ ITDBC ด้วยการใช้อาพขนาด 11×10 จุดภาพ และใช้ค่าสัดส่วนเท่ากับ 3

211	221	209	206	102	77	156	105	204	150	211	202	
213	203	197	179	00	137	150	201	191	105	191	192	207
187	140	145	185	07	130	153	195	148	140	204	193	197
33	91	137	143	06	101	197	195	103	135	194	160	200
21	73	94	00	133	03	104	175	196	111	155	114	210
04	77	67	20	62	43	105	106	109	190	150	195	208
211	215	199	95	26	20	40	140	154	195	180	197	105
199	207	212	213	170	59	21	75	116	149	106	103	71
104	162	206	220	212	205	91	55	70	90	03	76	35
151	102	211	214	220	211	207	141	115	72	120	90	111
199	210	197	218	212	215	159	169	197	130	188	179	104

รูปที่ 3.22 ตัวอย่างความเข้มของสี่ระดับเทาขนาด 11×10 จุดภาพ จากภาพ Brodatz D24

ขั้นตอนที่ 1 เลือกค่าสัดส่วน s สมมติให้ค่าสัดส่วนที่ใช้คือ 3

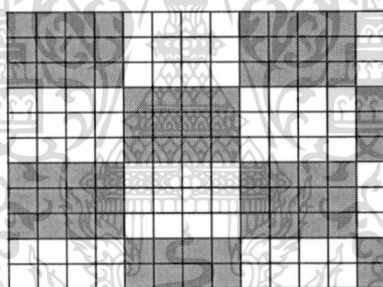
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าความกว้างและความยาวของตารางกริดย่อยใหม่โดยใช้ค่าสัดส่วนในการคำนวณ โดยหาความกว้างของตารางกริดย่อยแทนด้วย w และความยาวของตารางกริดย่อยแทนด้วย h จะได้ $w = \text{floor}(11/3) = 3$, $h = \text{floor}(13/3) = 4$ ดังนั้น จะได้รูปแบบของการแบ่งตารางกริดเป็น 4 รูปแบบดังนี้

ตารางที่ 3.4 แสดงการแบ่งภาพออกเป็นตารางกริดย่อยที่ 4 กรณีที่ใช้สัดส่วน 3

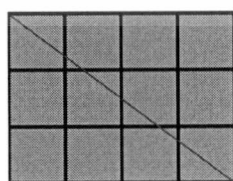
กรณีที่	จำนวนของ ตารางกริดขนาด	จำนวนของ ตารางกริด ขนาด	จำนวนของ ตารางกริด ขนาด	จำนวนของ ตารางกริดขนาด
	3×4	3×1	2×4	2×1
$W > 3 \times 3, H > 3 \times 4$	3×3	3×1	1×3	1

จากนั้นจะทำการแบ่งภาพเป็นตารางกริดขนาดต่างๆ ตามตารางข้างต้น เป็นตารางกริดย่อยที่ใช้ค่าสัดส่วนเท่ากับ 3 ดังรูปต่อไปนี้

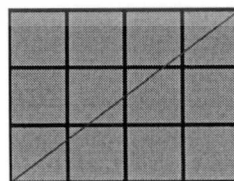


รูปที่ 3.23 การแบ่งตารางกริดของภาพขนาด 11×13 เป็นตารางกริดย่อยที่ใช้ค่าสัดส่วนเท่ากับ 3

ขั้นตอนที่ 3 ทำการแบ่งตารางกริดย่อยเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2 ดังนี้



Pattern1

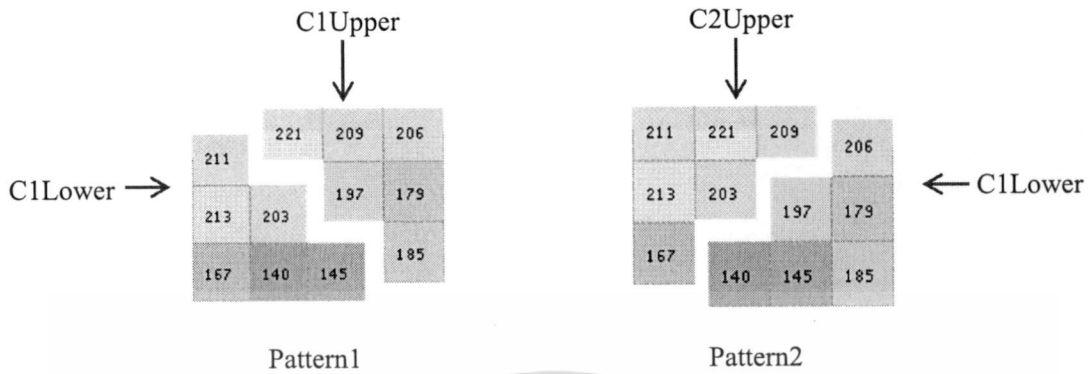


Pattern2

รูปที่ 3.24 รูปแบบการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากลักษณะการแบ่งตามรูปที่ 3.24 ตาม Pattern1 และ Pattern2 จากตัวอย่างรูปดังกล่าว สามารถแบ่งเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมได้ดังนี้



รูปที่ 3.25 การแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2

ขั้นตอนที่ 4 ทำการปรับขนาดของกล่องขึ้นตามความสูง p จากสมการที่ สมมติให้จำนวนของความเข้มระดับเทาเท่ากับ 256 จะคำนวณหาค่า h ตามสมการที่ 3.6 จะได้

$$p = \text{floor}(256/3) = 85$$

จะได้กล่องขนาด $w \times h \times p$ เริ่มต้นนับกล่องล่างสุดเป็น 1 และปรับขนาดความสูงขึ้นครั้งละ p และนับกล่องถัดไปเป็น 2, 3, 4 ไปเรื่อยๆ และทำการหาค่า $L1Upper$, $K1Upper$, $L1Lower$, $K1Lower$, $L2Upper$, $K2Upper$, $L2Lower$, $K2Lower$ ตามลำดับ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.5 การคำนวณค่า l และ k ของการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูป

กล่องสามเหลี่ยม	ค่าสูงสุดของความเข้มสีระดับเทา	ตกอยู่บริเวณกล่องที่ (l)	ค่าต่ำสุดของความเข้มสีระดับเทา	อยู่บริเวณกล่องที่ (k)
C1Upper	221	$(221/85)=2.60$	179	$(179/85)=2.10$
C1Lower	213	$(213/85)=2.51$	140	$(140/85)=1.65$
C2Upper	221	$(221/85)=2.60$	167	$(167/85)=1.96$
C2Lower	206	$(206/85)=2.42$	140	$(140/85)=1.65$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่าของ n_s จากสมการที่ 3.1 จะได้

$$n_s C1Upper = 2.60 - 2.10 + 1 = 1.50$$

$$n_s C1Lower = 2.51 - 1.65 + 1 = 1.86$$

$$n_s C2Upper = 2.60 - 1.96 + 1 = 1.64$$

$$n_s C2Lower = 107 - 106 + 1 = 1.77$$

ขั้นตอนที่ 6 หาค่าความแปรปรวนของความเข้มสี่ระดับเทาภายในกล่องสามเหลี่ยมแทนด้วย $VarC1Upper$, $VarC1Lower$, $VarC2Upper$, $VarC2Lower$ ตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.6 แสดงการคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยม

กล่องสามเหลี่ยม	ค่าที่1	ค่าที่2	ค่าที่3	ค่าที่4	ค่าที่5	ค่าที่6	Mean	Variance
C1Upper	221	209	206	197	179	185	199.50	205.25
C1Lower	211	213	203	167	140	145	179.83	928.81
C2Upper	211	221	209	213	203	167	204.00	302.33
C2Lower	140	145	185	197	179	206	175.33	614.22

จากตารางข้างต้นจะได้

$$VarC1Upper = 205.25$$

$$VarC1Lower = 928.81$$

$$VarC2Upper = 302.33$$

$$VarC2Lower = 614.22$$

ขั้นตอนที่ 7 เลือกค่าของ n_s โดยพิจารณาจากค่าความแปรปรวน โดยเลือกค่า n_s ของกล่องสามเหลี่ยมตาม Pattern1 และ Pattern2 ที่มีค่าความแปรปรวนน้อยความเข้มระดับเทาที่น้อยที่สุดจะได้

$$n_s C1 = 1.50$$

$$n_s C2 = 1.64$$

ขั้นตอนที่ 8 ทำการเลือกค่าการนับกล่องของ GridBlock(1,1) โดยเลือกจากค่าของ $n_s C1$ หรือ $n_s C2$ ที่มีค่ามากแทนด้วย $N_s(1,1)$

$$N_s(1,1) = \max \{ 1.50, 1.64 \} = 1.64$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 9 บันทึกค่า $N_s(1,1)$ เป็นผลรวมของ N_s และค่าสัดส่วน s

$$\text{SumNs} = \text{SumNs} + N_s(1,1)$$

$$\text{SumNs} = 0 + 1.64 = 1.64$$

ขั้นตอนที่ 10 ทำการเลื่อนตารางกริดไปยังตำแหน่งถัดไปด้วยความกว้าง w และความยาว h และทำข้อ 1-9 ใหม่อีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 11 ปรับเปลี่ยนขนาดของสัดส่วนที่นำมาใช้ จากนั้นทำข้อ 1-10 ใหม่

ขั้นตอนที่ 12 นำค่า N_s ที่บันทึกไว้และค่า s มาทำการหาค่าความชันของกราฟ ซึ่งความชันนี้จะเป็นค่ามิตีเฟร็กทัลของภาพนั้น

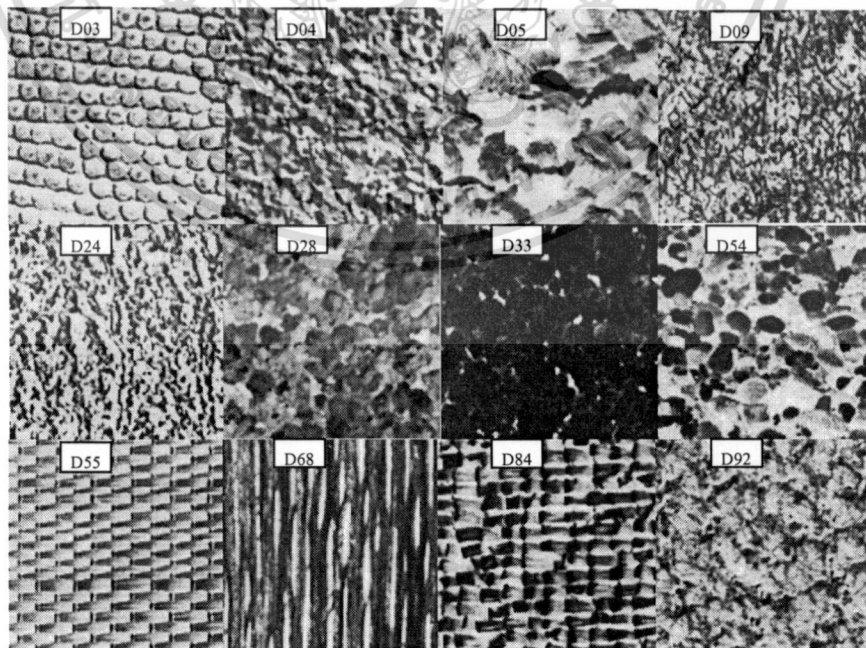
ขั้นตอนที่ 13 คำนวณหาค่า Fitting Error โดยใช้สมการที่ 2.11 จากนั้นเปรียบเทียบผลลัพธ์ของค่า Fitting Error ที่ได้กับค่า Fitting Error ในเอกสารงานวิจัย [11]

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองเพื่อสนับสนุนสมมติฐานของการดำเนินการวิจัย 2 ข้อคือการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมจะทำให้พื้นที่ในการคำนวณลดลงและจะทำให้มีความละเอียดในการคำนวณค่าการนับกล่องมีความถูกต้องมากขึ้น และสมมติฐานข้อที่สองคือการใช้ค่าความแปรปรวนของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมเพื่อใช้ในการเลือกค่าตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องร่วมด้วยจะทำให้การคำนวณค่าการนับกล่องมีความถูกต้องมากขึ้น ซึ่งผลการทดลองในบทนี้จะนำเสนอผลการทดลองด้วยวิธีการ TDBC ที่ได้ปรับปรุงวิธีการของ DBC ในการแบ่งตารางกริดเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปและวิธีการของ ITBC ซึ่งได้ปรับปรุงวิธีการของ ADDBC ในการแบ่งตารางกริดออกเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูป และทดสอบค่า Fitting Error ของวิธีการเดิมและวิธีการใหม่เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้

ภาพที่ใช้ในการทดลองนี้ใช้ภาพ Brodatz ซึ่งในจำนวนภาพทั้งหมดของภาพ Brodatz มีจำนวน 111 ภาพ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเลือกมาจำนวน 12 ภาพ ซึ่งเป็นภาพเดียวกับภาพที่ใช้ในงานวิจัย DBC[15] และ IDBC[12] เพื่อใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับงานวิจัยดังกล่าว และส่วนของผลการทดลองกับภาพจำนวน 111 ภาพนั้นจะแสดงในภาคผนวก ก. โดยที่ภาพที่นำมาใช้เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพประกอบด้วยภาพดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 ภาพ Brodatz ที่ใช้ในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับงานวิจัยอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

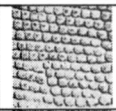
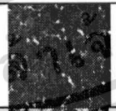
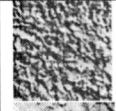
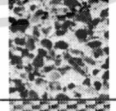

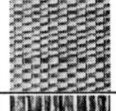
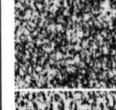
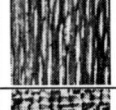
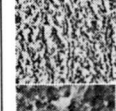
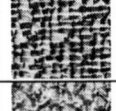
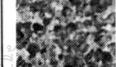
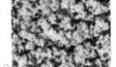
4.1 ผลการทดลองด้วยวิธีการ TDBC

สำหรับวิธีการของ TDBC ที่ได้ปรับปรุงจากวิธีการของ DBC โดยการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมออกเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูป และพิจารณาตารางกริดรูปสามเหลี่ยมแต่ละรูปโดยใช้ค่าความแปรปรวนเพื่อเลือกพื้นที่สามเหลี่ยมที่จะนำมาใช้ในการนับกล่อง ซึ่งจากการทดสอบกับภาพ 1 ภาพ จะทดสอบโดยการเลือกกล่องสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนสูงที่สุด (Max) กล่องสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด (Min) และกล่องสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนเฉลี่ย (Average) นำมาเปรียบเทียบกันเพื่อเลือกค่าที่ดีที่สุด โดยได้แบ่งการทดลองไว้ดังนี้ได้ออกแบบการทดลองไว้ 9 วิธีการดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยมีผลการทดลองของแต่ละวิธีการดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ MaxMax

ในวิธีการนี้จะทำการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูป และหาค่าความแปรปรวนของข้อมูลความเข้มระดับเทาในตารางกริดสามเหลี่ยมทั้งสองรูป และเลือกกล่องสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนมากที่สุดจากการแบ่งตารางกริดแบบ Pattern1 เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และเลือกกล่องที่มีค่าความแปรปรวนมากที่สุดจากการแบ่งตารางกริดแบบ Pattern2 เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องแบบ Pattern1 และ Pattern2 มาทำการเปรียบเทียบกันอีกครั้งและเลือกค่าที่มีค่ามากที่สุดจากทั้งสอง Pattern เป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งผลการทดลองได้ผลลัพธ์ดังนี้


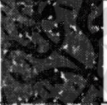
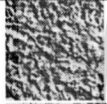
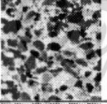

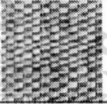
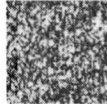
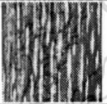
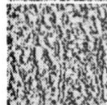
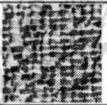
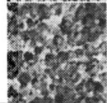
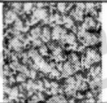
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ MaxMax

Texture Images	TDBC		Texture Images	TDBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.5449	0.02317	 D33	2.3570	0.03007
 D04	2.5431	0.02233	 D54	2.4679	0.02663
 D05	2.4570	0.02640	 D55	2.5132	0.02427
 D09	2.5692	0.02083	 D68	2.4523	0.02309
 D24	2.5766	0.02180	 D84	2.5212	0.02559
 D28	2.4333	0.02620	 D92	2.5139	0.02195

4.1.2 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ MaxMin

ในวิธีการนี้จะทำการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูป และหาค่าความแปรปรวนของข้อมูลความเข้มระดับเทาในตารางกริดสามเหลี่ยมทั้งสองรูป และเลือกกล่องสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนมากที่สุดจากการแบ่งตารางกริดแบบ Pattern1 เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และเลือกกล่องที่มีค่าความแปรปรวนมากที่สุดจากการแบ่งตารางกริดแบบ Pattern2 เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องแบบ Pattern1 และ Pattern2 มาทำการเปรียบเทียบกันอีกครั้งและเลือกค่าที่มีค่าน้อยที่สุดจากทั้งสอง Pattern เป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งผลการทดลองได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ MaxMin




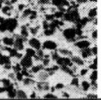
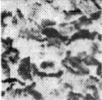
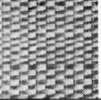


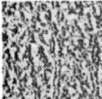

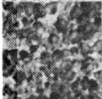
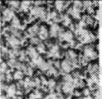
Texture Images	TDBC		Texture Images	TDBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.5364	0.02157	 D33	2.3495	0.02937
 D04	2.5304	0.01982	 D54	2.4551	0.02437
 D05	2.4434	0.02410	 D55	2.5015	0.02177
 D09	2.5586	0.01875	 D68	2.4435	0.02137
 D24	2.5673	0.01993	 D84	2.5084	0.02310
 D28	2.4176	0.02331	 D92	2.4997	0.01929

4.1.3 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ MaxAverage

ในวิธีการนี้จะทำการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูป และหาค่าความแปรปรวนของข้อมูลความเข้มระดับเทาในตารางกริดสามเหลี่ยมทั้งสองรูป และเลือกกล่องสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนมากที่สุดจากการแบ่งตารางกริดแบบ Pattern1 เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และเลือกกล่องที่มีค่าความแปรปรวนมากที่สุดจากการแบ่งตารางกริดแบบ Pattern2 เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องแบบ Pattern1 และ Pattern2 นำมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเฉลี่ยที่ได้นี้จะใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งผลการทดลองได้ผลลัพธ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


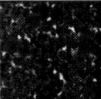
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ MaxAverage

Texture Images	TDBC		Texture Images	TDBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.5408	0.02235	 D33	2.3533	0.02969
 D04	2.5370	0.02104	 D54	2.4617	0.02546
 D05	2.4504	0.02520	 D55	2.5075	0.02301
 D09	2.5640	0.01977	 D68	2.4480	0.02221
 D24	2.5720	0.02085	 D84	2.5150	0.02432
 D28	2.4257	0.02471	 D92	2.5070	0.02058

4.1.4 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ MinMax

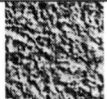
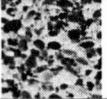
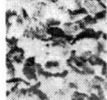
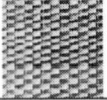
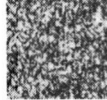

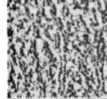

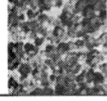
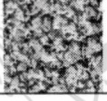
ในวิธีการนี้จะทำการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูป และหาค่าความแปรปรวนของข้อมูลความเข้มระดับเทาในตารางกริดสามเหลี่ยมทั้งสองรูป และเลือกกล่องสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนน้อยที่สุดจากการแบ่งตารางกริดแบบ Pattern1 เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และเลือกกล่องที่มีค่าความแปรปรวนน้อยที่สุดจากการแบ่งตารางกริดแบบ Pattern2 เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องแบบ Pattern1 และ Pattern2 มาทำการเปรียบเทียบกันอีกครั้งและเลือกค่าที่มีค่ามากที่สุดจากทั้งสอง Pattern เป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งผลการทดลองได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ MinMax

Texture Images	TDBC		Texture Images	TDBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.5239	0.02008	 D33	2.3110	0.02334

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

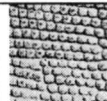
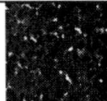
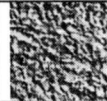
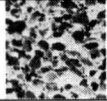
ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

Texture Images		TDBC		Texture Images		TDBC	
		FD	Fit Error			FD	Fit Error
	D04	2.5210	0.01900		D54	2.4418	0.02352
	D05	2.4304	0.02333		D55	2.4878	0.02089
	D09	2.5500	0.01786		D68	2.4374	0.02048
	D24	2.5586	0.01878		D84	2.4983	0.02245
	D28	2.4046	0.02246		D92	2.4897	0.01867

4.1.5 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ MinMin


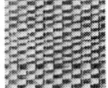
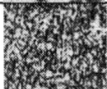





ในวิธีการนี้จะทำการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูป และหาค่าความแปรปรวนของข้อมูลความเข้มระดับเทาในตารางกริดสามเหลี่ยมทั้งสองรูป และเลือกกล่องสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนน้อยที่สุดจากการแบ่งตารางกริดแบบ Pattern1 เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และเลือกกล่องที่มีค่าความแปรปรวนน้อยที่สุดจากการแบ่งตารางกริดแบบ Pattern2 เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องแบบ Pattern1 และ Pattern2 มาทำการเปรียบเทียบกันอีกครั้งและเลือกค่าที่มีค่าน้อยที่สุดจากทั้งสอง Pattern เป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งผลการทดลองได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ MinMin

Texture Images		TDBC		Texture Images		TDBC	
		FD	Fit Error			FD	Fit Error
	D03	2.4842	0.02075		D33	2.3110	0.02567
	D04	2.4846	0.01967		D54	2.4418	0.02403

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


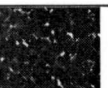

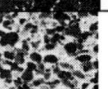


ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

Texture Images		TDBC		Texture Images		TDBC	
		FD	Fit Error			FD	Fit Error
	D05	2.4304	0.02303		D55	2.4878	0.02034
	D09	2.5500	0.01846		D68	2.4374	0.02020
	D24	2.5586	0.01938		D84	2.4983	0.02204
	D28	2.4046	0.02265		D92	2.4897	0.01901

4.1.6 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ MinAverage

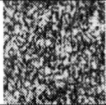


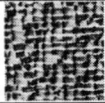
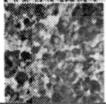
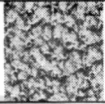
ในวิธีการนี้จะทำการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูป และหาค่าความแปรปรวนของข้อมูลความเข้มระดับเทาในตารางกริดสามเหลี่ยมทั้งสองรูป และเลือกกล่องสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนน้อยที่สุดจากการแบ่งตารางกริดแบบ Pattern1 เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 และเลือกกล่องที่มีค่าความแปรปรวนน้อยที่สุดจากการแบ่งตารางกริดแบบ Pattern2 เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องแบบ Pattern1 และ Pattern2 มาหาค่าเฉลี่ยและค่าเฉลี่ยที่ได้นี้จะใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งผลการทดลองได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ MinAverage

Texture Images		TDBC		Texture Images		TDBC	
		FD	Fit Error			FD	Fit Error
	D03	2.5058	0.01902		D33	2.2878	0.02228
	D04	2.5043	0.01800		D54	2.4205	0.02223
	D05	2.4097	0.02184		D55	2.4732	0.01987

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

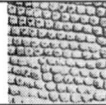
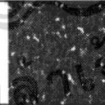
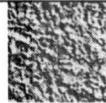
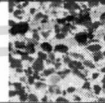
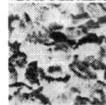
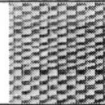
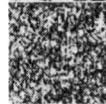
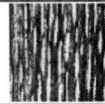
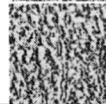
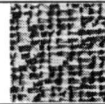
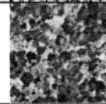
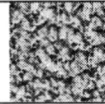
ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

Texture Images	TDBC		Texture Images	TDBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D09	2.5352	0.01710	 D68	2.4187	0.01894
 D24	2.5430	0.02128	 D84	2.4819	0.02128
 D28	2.3850	0.02279	 D92	2.4897	0.01785

4.1.7 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ AverageMax

ในวิธีการนี้จะทำการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูป และคำนวณค่าการนับกล่องเฉลี่ยของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และนำค่าเฉลี่ยการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 นำมาเปรียบเทียบกันเพื่อเลือกค่าการนับกล่องที่มากที่สุดเป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งผลการทดลองได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ AverageMax


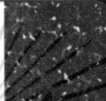

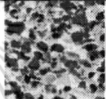




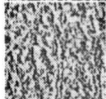

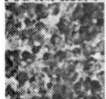
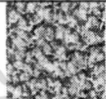
Texture Images	TDBC		Texture Images	TDBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.5331	0.02104	 D33	2.3341	0.02582
 D04	2.5304	0.01992	 D54	2.4536	0.02432
 D05	2.4423	0.02411	 D55	2.4983	0.02160
 D09	2.5578	0.01874	 D68	2.4423	0.02120
 D24	2.5660	0.01975	 D84	2.5082	0.02332
 D28	2.4171	0.02339	 D92	2.4997	0.01949

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.8 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ AverageMin

ในวิธีการนี้จะทำการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูป และคำนวณค่าการนับกล่องเฉลี่ยของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และนำค่าเฉลี่ยการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 นำมาเปรียบเทียบกันเพื่อเลือกค่าการนับกล่องที่มากที่สุดเป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งผลการทดลองได้ผลลัพธ์ดังนี้



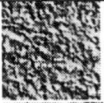
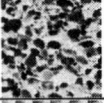

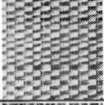
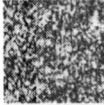

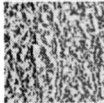

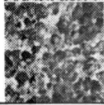
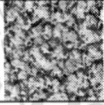
ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ AverageMin

Texture Images	TDBC		Texture Images	TDBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.5156	0.01909	 D33	2.3137	0.02357
 D04	2.5127	0.01801	 D54	2.4311	0.02197
 D05	2.4201	0.02162	 D55	2.4846	0.01998
 D09	2.5429	0.01714	 D68	2.4255	0.01937
 D24	2.5507	0.01796	 D84	2.4906	0.02124
 D28	2.3959	0.02131	 D92	2.4830	0.01778

4.1.9 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ AverageAverage

ในวิธีการนี้จะทำการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูป และคำนวณค่าการนับกล่องเฉลี่ยของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปแบบ Pattern1 และ Pattern2 และนำค่าเฉลี่ยการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 นำมาหาค่าเฉลี่ยอีกครั้งเพื่อใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งผลการทดลองได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ TDBC แบบ AverageAverage

Texture Images	TDBC		Texture Images	TDBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.5247	0.01988	 D33	2.3243	0.02453
 D04	2.5219	0.01875	 D54	2.4428	0.02291
 D05	2.4317	0.02264	 D55	2.4917	0.02069
 D09	2.5506	0.01778	 D68	2.4342	0.02012
 D24	2.5586	0.01868	 D84	2.4997	0.02212
 D28	2.4070	0.02213	 D92	2.4916	0.01847

จากผลการทดลองข้อ 4.1.1 – 4.1.9 แสดงให้เห็นว่าการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมและพิจารณาค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาและเลือกค่าของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมเพื่อใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องนั้นจะให้ค่าของการคำนวณมีความถูกต้องมากขึ้น แต่ยังมีภาพบางภาพที่ให้ค่า Fitting Error ที่ยังสูงอยู่

4.2 ผลการทดลองด้วยวิธีการ ITBC


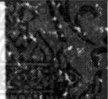
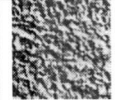
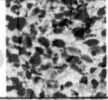
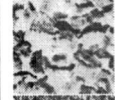



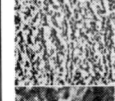

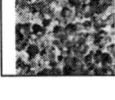
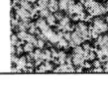
จากผลการทดลองในหัวข้อ 4.1 ถึงแม้ว่าผลการทดลองจะให้ผลลัพธ์ของค่า Fitting Error ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดความผิดพลาดในการประมาณการค่าความชันที่ดีกว่าวิธีการของ DBC แบบดั้งเดิมแต่ยังให้ผลลัพธ์ที่ไม่ดีเท่ากับวิธีการของ IDBC ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมและพบว่าวิธีการของ ADBC เป็นวิธีการที่นำเสนอการนับกล่องที่สามารถนำมาใช้กับภาพที่มีความกว้างและความยาวไม่เท่ากันโดยใช้ค่าสัดส่วน s เป็นตัวช่วยในการคำนวณการแบ่งตารางกริด และใช้สมการปรับค่าความสูงของกล่องที่ปรับเปลี่ยนได้ตามค่าสัดส่วน จึงได้ออกแบบการทดลองด้วยวิธีการของ ADBC จำนวน 9 วิธีการ ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 ซึ่งเรียกวิธีการดังกล่าวนี้ว่าวิธีการแบบ ITBC ซึ่งผลการทดลองแสดงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ MaxMax

วิธีการนี้จะใช้ค่าสัดส่วน s ในการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จากนั้นจะทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมออกเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2 จากนั้นคำนวณหาค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาในตารางกริดรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern1 และเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุดนำมาใช้เพื่อการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 จากนั้นคำนวณหาค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาในตารางกริดรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern2 และเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุดนำมาใช้เพื่อการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 เมื่อได้ค่าการนับกล่องทั้งสองค่าแล้วจะนำค่าการนับกล่องที่คำนวณได้จาก Pattern1 และ Pattern2 มาทำการเปรียบเทียบกันอีกครั้งเพื่อเลือกค่าที่มีค่ามากที่สุดจากทั้งสอง Pattern เป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ MaxMax


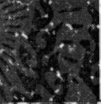

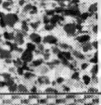


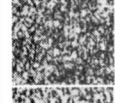

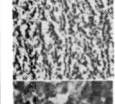


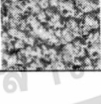
Texture Images	TDBC		Texture Images	TDBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.8987	0.002278	 D33	2.9140	0.002162
 D04	2.8968	0.002162	 D54	2.8715	0.002136
 D05	2.8501	0.002410	 D55	2.8902	0.002233
 D09	2.8866	0.002292	 D68	2.9015	0.001951
 D24	2.9086	0.002246	 D84	2.9082	0.002057
 D28	2.8461	0.002219	 D92	2.8741	0.002153

4.2.2 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ MaxMin

ในวิธีการนี้จะใช้ค่าสัดส่วน s ในการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จากนั้นจะทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมออกเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2 จากนั้นคำนวณหาค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาในตารางกริดรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาให้เนาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pattern1 และเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุด นำมาใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 จากนั้นคำนวณหาค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาในตารางกริดรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern2 และเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุด นำมาใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 เมื่อได้ค่าการนับกล่องทั้งสองค่าแล้วจะนำค่าการนับกล่องที่คำนวณได้จาก Pattern1 และ Pattern2 มาทำการเปรียบเทียบกันอีกครั้งเพื่อเลือกค่าที่มีค่าน้อยที่สุดจากทั้งสอง Pattern เป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ MaxMin

Texture Images	ITBC		Texture Images	ITBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.8947	0.002277	 D33	2.9121	0.002156
 D04	2.8857	0.002162	 D54	2.8617	0.002163
 D05	2.8390	0.002439	 D55	2.8743	0.002270
 D09	2.8764	0.002298	 D68	2.8975	0.001923
 D24	2.9029	0.002299	 D84	2.8991	0.002067
 D28	2.8331	0.002212	 D92	2.8583	0.002193

4.2.3 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ MaxAverage


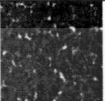
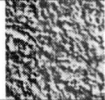
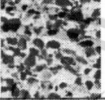

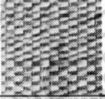


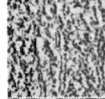

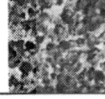
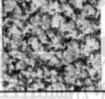
ในวิธีการนี้จะใช้ค่าสัดส่วน s ในการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จากนั้นจะทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมออกเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2 จากนั้นคำนวณหาค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาในตารางกริดรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern1 และเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุด นำมาใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 จากนั้นคำนวณหาค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาในตารางกริดรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern2 และเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุด นำมาใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 เมื่อได้ค่าการนับกล่องทั้งสองค่าแล้วจะนำค่าการนับกล่องที่คำนวณได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pattern1 และ Pattern2 มาทำการหาค่าเฉลี่ยและนำไปใช้เพื่อเป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้


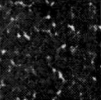
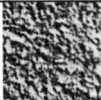
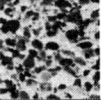

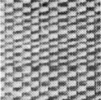
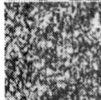

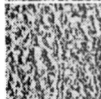

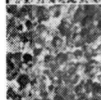
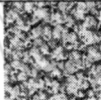
ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ MaxAverage

Texture Images	ITBC		Texture Images	ITBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.8967	0.002277	 D33	2.9131	0.002159
 D04	2.8913	0.002160	 D54	2.8666	0.002148
 D05	2.8446	0.002439	 D55	2.8823	0.002247
 D09	2.8816	0.002294	 D68	2.8995	0.001936
 D24	2.9058	0.002237	 D84	2.9037	0.002060
 D28	2.8397	0.002215	 D92	2.8663	0.002171

4.2.4 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ MinMax

ในวิธีการนี้จะใช้ค่าสัดส่วน s ในการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จากนั้นจะทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมออกเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2 จากนั้นคำนวณหาค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาในตารางกริดรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern1 และเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาน้อยที่สุดนำมาใช้เพื่อการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 จากนั้นคำนวณหาค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาในตารางกริดรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern2 และเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาน้อยที่สุดนำมาใช้เพื่อการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 เมื่อได้ค่าการนับกล่องทั้งสองค่าแล้วจะนำค่าการนับกล่องที่คำนวณได้จาก Pattern1 และ Pattern2 มาทำการเปรียบเทียบกันอีกครั้งเพื่อเลือกค่าที่มีค่ามากที่สุดจากทั้งสอง Pattern เป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ MinMax


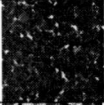

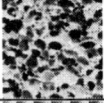

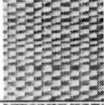


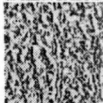
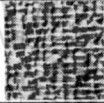
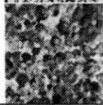
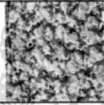
Texture Images	ITBC		Texture Images	ITBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.883	0.002274	 D33	2.9182	0.0068
 D04	2.8916	0.002103	 D54	2.8674	0.001947
 D05	2.8408	0.002300	 D55	2.8823	0.002109
 D09	2.8821	0.002164	 D68	2.9033	0.001856
 D24	2.9044	0.002163	 D84	2.9053	0.001985
 D28	2.8344	0.002102	 D92	2.8659	0.002099

4.2.5 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ MinMin

ในวิธีการนี้จะใช้ค่าสัดส่วน s ในการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จากนั้นจะทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมออกเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2 จากนั้นคำนวณหาค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาในตารางกริดรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern1 และเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาน้อยที่สุดนำมาใช้เพื่อการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 จากนั้นคำนวณหาค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาในตารางกริดรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern2 และเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาน้อยที่สุดนำมาใช้เพื่อการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 เมื่อได้ค่าการนับกล่องทั้งสองค่าแล้วจะนำค่าการนับกล่องที่คำนวณได้จาก Pattern1 และ Pattern2 มาทำการเปรียบเทียบกันอีกครั้งเพื่อเลือกค่าที่มีค่าน้อยที่สุดจากทั้งสอง Pattern เป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ MinMin

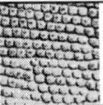
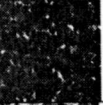

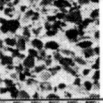

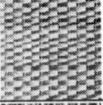




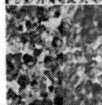
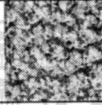
Texture Images	ITBC		Texture Images	ITBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.8429	0.002979	 D33	2.9178	0.00204
 D04	2.8710	0.002107	 D54	2.8317	0.001947
 D05	2.7953	0.002501	 D55	2.8525	0.002333
 D09	2.8640	0.002167	 D68	2.8994	0.001806
 D24	2.8889	0.002165	 D84	2.8883	0.002005
 D28	2.7944	0.002191	 D92	2.8370	0.002116

4.2.6 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ MinAverage

ในวิธีการนี้จะใช้ค่าสัดส่วน s ในการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จากนั้นจะทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมออกเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2 จากนั้นคำนวณหาค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาในตารางกริดรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern1 และเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาน้อยที่สุดนำมาใช้เพื่อการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 จากนั้นคำนวณหาค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาในตารางกริดรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern2 และเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มระดับเทาน้อยที่สุดนำมาใช้เพื่อการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern2 เมื่อได้ค่าการนับกล่องทั้งสองค่าแล้วจะนำค่าการนับกล่องที่คำนวณได้จาก Pattern1 และ Pattern2 มาทำการหาค่าเฉลี่ยและนำไปใช้เพื่อเป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


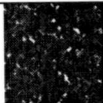
ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ MinAverage

Texture Images	ITBC		Texture Images	ITBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.8636	0.002546	 D33	2.9180	0.002038
 D04	2.8815	0.002092	 D54	2.8501	0.001957
 D05	2.8188	0.002380	 D55	2.8678	0.002195
 D09	2.8732	0.002165	 D68	2.9014	0.001831
 D24	2.8967	0.002149	 D84	2.8969	0.001978
 D28	2.8150	0.002136	 D92	2.8517	0.002101

4.2.7 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ AverageMax


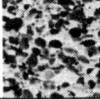

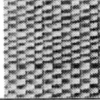

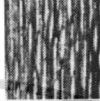


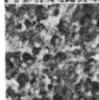
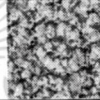
วิธีการนี้จะใช้ค่าสัดส่วน s ในการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จากนั้นจะทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมออกเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern1 หาค่าเฉลี่ยการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองและใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของ Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern2 หาค่าเฉลี่ยการนับกล่องจากรูปสามเหลี่ยมทั้งสองและใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของ Pattern2 เมื่อได้ค่าการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 แล้วจะนำค่าการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 มาเปรียบเทียบกันและเลือกค่าการนับกล่องที่มากที่สุดนำไปใช้เพื่อเป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ AverageMax

Texture Images	ITBC		Texture Images	ITBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.8890	0.002252	 D33	2.9158	0.002096

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


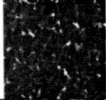
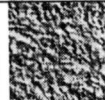
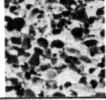
ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

Texture Images	ITBC		Texture Images	ITBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D04	2.8909	0.002127	 D54	2.8671	0.002041
 D05	2.8424	0.002349	 D55	2.8800	0.002180
 D09	2.8812	0.002230	 D68	2.9013	0.001893
 D24	2.9046	0.002195	 D84	2.9044	0.002017
 D28	2.8359	0.002141	 D92	2.8652	0.002131

4.2.8 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ AverageMin








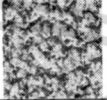
วิธีการนี้จะใช้ค่าสัดส่วน s ในการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จากนั้นจะทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมออกเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern1 หาค่าเฉลี่ยการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองและใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของ Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern2 หาค่าเฉลี่ยการนับกล่องจากรูปสามเหลี่ยมทั้งสองและใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของ Pattern2 เมื่อได้ค่าการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 แล้วจะนำค่าการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 มาเปรียบเทียบกับและเลือกค่าการนับกล่องที่น้อยที่สุดนำไปใช้เพื่อเป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.17 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ AverageMin

Texture Images	ITBC		Texture Images	ITBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.8721	0.002426	 D33	2.9152	0.002078
 D04	2.8819	0.002115	 D54	2.8497	0.002051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

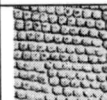
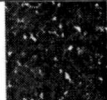
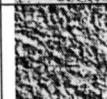
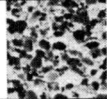

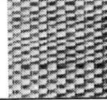
ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

Texture Images	ITBC		Texture Images	ITBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D05	2.8213	0.002420	 D55	2.8703	0.002216
 D09	2.8736	0.002215	 D68	2.8996	0.001872
 D24	2.8980	0.002170	 D84	2.8962	0.002008
 D28	2.8192	0.002171	 D92	2.8529	0.002135

4.2.9 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ AverageAverage


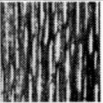
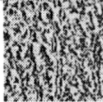

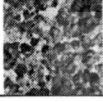
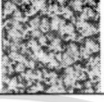
วิธีการนี้จะใช้ค่าสัดส่วน s ในการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จากนั้นจะทำการแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมออกเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปตาม Pattern1 และ Pattern2 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern1 หาค่าเฉลี่ยการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองและใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของ Pattern1 จากนั้นคำนวณค่าการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern2 หาค่าเฉลี่ยการนับกล่องจากรูปสามเหลี่ยมทั้งสองและใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของ Pattern2 เมื่อได้ค่าการนับกล่องจาก Pattern1 และ Pattern2 แล้วจะนำค่าการนับกล่องทั้งสองค่ามาหาค่าเฉลี่ยอีกครั้งและนำไปใช้เพื่อเป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.18 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ AverageAverage

Texture Images	ITBC		Texture Images	ITBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.8807	0.002321	 D33	2.9155	0.002087
 D04	2.8864	0.002118	 D54	2.8585	0.002042
 D05	2.8320	0.002379	 D55	2.8752	0.002195

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

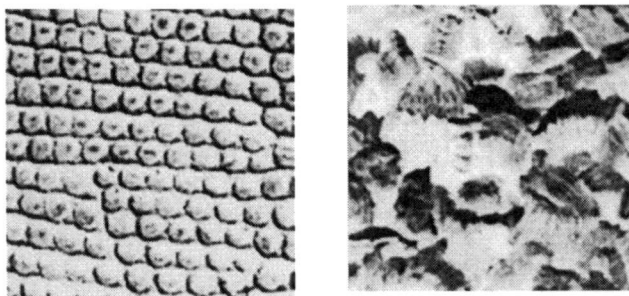
ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

Texture Images	ITBC		Texture Images	ITBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D09	2.8774	0.002222	 D68	2.9004	0.001883
 D24	2.9013	0.002180	 D84	2.9003	0.002008
 D28	2.8276	0.002154	 D92	2.8591	0.002131

จากผลการทดลองข้อ 4.2.1 – 4.2.9 แสดงให้เห็นว่าการใช้ค่าสัดส่วนในการแบ่งตารางกริดตามสัดส่วนและปรับเปลี่ยนการปรับขนาดความสูงของกล่องโดยใช้สมการที่ 3.6 ประกอบกับการแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมและพิจารณาค่าความแปรปรวน เพื่อเลือกค่าของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมเป็นตัวแทนของการนับกล่องนั้นจะให้ค่าของการคำนวณมีความถูกต้องมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัย [15][11][12] และค่าที่ได้จากการทดลองจะให้ค่า Fitting Error ที่ดีกว่าวิธีการ DBC , IDBC และ TDBC แต่ยังคงพบว่าค่า Fitting Error ที่ได้จากภาพบางภาพ เช่น D33 ยังมีค่าที่สูงกว่าภาพอื่น

4.3 การปรับปรุงวิธีการของ TDBC และ ITBC โดยใช้ค่าความแปรปรวนที่เหมาะสม

จากผลการทดลองในหัวข้อ 4.1 และ 4.2 จะพบว่า ถึงแม้ว่าวิธีการเลือกค่าการนับกล่องที่ใช้ค่าความแปรปรวนของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมในการเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมมาเพื่อใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องจะให้ผลลัพธ์ที่ดีก็ตาม แต่จากการสังเกตผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการอื่นๆ จะพบว่า มีภาพบางภาพให้ผลลัพธ์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามวิธีการเลือกค่าการนับกล่องจากความแปรปรวน กล่าวคือ ถ้าภาพนั้นมีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของภาพสูง วิธีการเลือกค่าการนับกล่องจากตำแหน่งของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนสูงจะให้ผลลัพธ์ค่อนข้างดี และถ้าภาพนั้นมีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของภาพต่ำ วิธีการเลือกค่าการนับกล่องจากตำแหน่งของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนต่ำจะให้ผลลัพธ์ค่อนข้างดี ตัวอย่างเช่น กรณีภาพ D03 และ D05 ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 4.2 ภาพ Brodatz D03 และ D05

ซึ่งจากการสังเกตลักษณะของภาพพบว่าภาพ D03 และ D05 นั้นมีการกระจายตัวของความเข้มสีระดับเทาทั่วทั้งภาพ ดังนั้นการเลือกค่าการนับกล่องจากตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของสีระดับเทาไปในทิศทางเดียว เช่น เลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความเข้มสีระดับเทาค่ำสุดเพียงอย่างเดียวจะทำให้ค่าผลลัพธ์ของ Fitting Error ซึ่งอาจจะทำให้การคำนวณค่าการนับกล่องมีความคลาดเคลื่อนได้ ประกอบกับรูปภาพบางภาพมีลักษณะของการกระจายตัวของความเข้มสีระดับเทาที่มีทั้งสูงและต่ำปะปนกัน ดังนั้นการเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนสูงหรือต่ำเพียงค่าเดียวเพื่อใช้คำนวณค่าการนับกล่องอาจทำให้ได้ค่าผลลัพธ์มีความถูกต้องที่ลดลง ทางผู้วิจัยจึงได้หาแนวทางในการที่จะเลือกค่าที่เหมาะสมในการคำนวณค่าการนับกล่อง จึงได้ออกแบบการทดลองเพิ่มเติม โดยใช้ค่าความแปรปรวนของตารางกริดสี่เหลี่ยมเพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบกับค่าความแปรปรวนของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมในการเลือกตำแหน่งของรูปสามเหลี่ยมที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่อง โดยการปรับปรุงวิธีการของ TDBC และ ITBC และใช้ค่าความแปรปรวนของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมในการเปรียบเทียบกับค่าความแปรปรวนของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมของ โดยการปรับปรุงดังนี้

1. ถ้าค่าความแปรปรวนของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern1 และ Pattern2 มีค่ามากกว่าค่าความแปรปรวนของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม แสดงว่าตารางกริดรูปสามเหลี่ยมรูปนั้นมีค่าของความเข้มสีระดับเทาสูงกระจายตัวอยู่ในตารางกริดรูปสามเหลี่ยมนั้น จะเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาสูงที่สุดเป็นตัวแทนเพื่อใช้คำนวณค่าการนับกล่องของตารางกริด

2. ถ้าค่าความแปรปรวนของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปของ Pattern1 และ Pattern2 มีค่าน้อยกว่าค่าความแปรปรวนของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมแสดงว่าตารางกริดรูปสามเหลี่ยมรูปนั้นมีค่าความเข้มสีระดับเทาดำกระจายอยู่ในตารางกริดรูปสามเหลี่ยมนั้น จะเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาน้อยที่สุดเป็นตัวแทนเพื่อใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของตารางกริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ถ้าค่าความแปรปรวนของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมรูปใดรูปหนึ่งมีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาสูงและตารางกริดสามเหลี่ยมอีกรูปหนึ่งมีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาต่ำ แสดงว่าตารางกริดรูปสามเหลี่ยมนั้นนั้นมีค่าสีระดับเทาทั้งสูงและต่ำปะปนกันอยู่ จะใช้ค่าเฉลี่ยในการคำนวณค่าการนับกล่องของตารางกริด

และเพื่อทดสอบสมมติฐานที่กล่าวข้างต้นทางผู้วิจัยจึง ได้ออกแบบการทดลองเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

- ปรับปรุงวิธีการของ TDBC โดยเลือกค่าตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของรูปสามเหลี่ยมไปในทิศทางเดียวกันกับค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม เรียกว่าวิธีการนี้ว่า (Direct TDBC)
- ปรับปรุงวิธีการของ TDBC โดยเลือกค่าตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของรูปสามเหลี่ยมไปในทิศทางตรงกันข้ามกับค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม เรียกว่าวิธีการนี้ว่า (Indirect TDBC)
- ปรับปรุงวิธีการของ ITBC โดยเลือกค่าตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของรูปสามเหลี่ยมไปในทิศทางเดียวกันกับค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม เรียกว่าวิธีการนี้ว่า (Direct-ITBC)
- ปรับปรุงวิธีการของ ITBC โดยเลือกค่าตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของรูปสามเหลี่ยมไปในทิศทางตรงกันข้ามกับค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม เรียกว่าวิธีการนี้ว่า (InDirect-ITBC)

4.3.1 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ Direct-TDBC

วิธีการนี้จะทำการปรับปรุงวิธีการของ TDBC โดยใช้ค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบกับความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตาราง กริดรูปสามเหลี่ยม และเลือกรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาไปในทิศทางเดียวกันกับค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมจึงเรียกว่า Direct TDBC โดยการพิจารณาดังนี้

- ถ้าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่แบ่งตาม Pattern1 หรือ Pattern2 รูปบนมีค่ามากกว่าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม และค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมรูปล่างมีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาสูงกว่าค่าความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จะทำการเลือกตำแหน่งของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุดมาใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 หรือ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องของ Pattern1 และ Pattern2 มาทำการเปรียบเทียบกันและเลือกค่าการนับกล่องที่มี


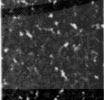




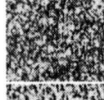



ทิศทางเดียวกับค่าความแปรปรวนของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมคือ เลือกค่าการนับกล่องที่มากที่สุด เป็นค่าการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$

- ถ้าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่แบ่งตาม Pattern1 หรือ Pattern2 รูปบนมีค่าน้อยกว่าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม และค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาน้อยกว่าความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จะทำการเลือกตำแหน่งของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาน้อยที่สุดมาใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 หรือ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องของ Pattern1 และ Pattern2 มาทำการเปรียบเทียบกันและเลือกค่าการนับกล่องที่มีทิศทางเดียวกับค่าความแปรปรวนของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมคือ เลือกค่าการนับกล่องที่น้อยที่สุด เป็นค่าการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$

- ถ้าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่แบ่งตาม Pattern1 หรือ Pattern2 รูปใดรูปหนึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของรูปสี่เหลี่ยมจะคำนวณค่าการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปเฉลี่ย เพื่อใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของ Pattern1 หรือ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องของ Pattern1 และ Pattern2 มาทำการหาค่าเฉลี่ยอีกครั้งเพื่อใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$

จากการปรับปรุงขั้นตอนวิธีดังกล่าว ได้ทดสอบกับภาพทดสอบและเปรียบเทียบค่า Fitting Error กับวิธีการ DBC ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

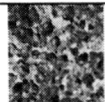
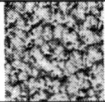
ตารางที่ 4.19 ผลการทดลองด้วยวิธีการแบบ Direct-TDBC

Texture Images	TDBC		Texture Images	TDBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.5154	0.02008	 D33	2.3190	0.02438
 D04	2.5094	0.01917	 D54	2.4274	0.02329
 D05	2.4158	0.02307	 D55	2.4818	0.02086
 D09	2.5416	0.01806	 D68	2.4283	0.02015
 D24	2.5491	0.01898	 D84	2.4854	0.02259

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาระดับปริญญาโท ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 (ต่อ)

Texture Images	TDBC		Texture Images	TDBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D28	2.3908	0.02248	 D92	2.4792	0.01882

4.3.2 ผลการทดลองของ TDBC โดยใช้วิธีการแบบ InDirect-TDBC

วิธีการนี้จะทำการปรับปรุงวิธีการของ TDBC โดยใช้ค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบกับความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตาราง กริดรูปสามเหลี่ยม และเลือกรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาไปในทิศทางตรงกันข้ามกับค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมจึงเรียกรูปสามเหลี่ยมนี้ว่า InDirect TDBC โดยผลการพิจารณาดังนี้

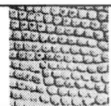
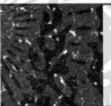
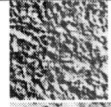
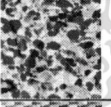

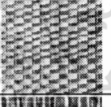





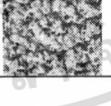
- ถ้าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่แบ่งตาม Pattern1 หรือ Pattern2 รูปบนมีค่ามากกว่าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม และค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมรูปล่างมีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากกว่าความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จะทำการเลือกตำแหน่งของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุดมาใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 หรือ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องของ Pattern1 และ Pattern2 มาทำการเปรียบเทียบกันและเลือกค่าการนับกล่องที่มีทิศทางตรงกันข้ามคือ เลือกค่าที่น้อยที่สุดจากค่าการนับกล่องของ Pattern1 และ Pattern2 เป็นค่าการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$

- ถ้าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่แบ่งตาม Pattern1 หรือ Pattern2 รูปบนมีค่าน้อยกว่าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม และค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมรูปล่างมีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาน้อยกว่าความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จะทำการเลือกตำแหน่งของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาน้อยที่สุดมาใช้ในการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 หรือ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องของ Pattern1 และ Pattern2 มาทำการเปรียบเทียบกันและเลือกค่าการนับกล่องที่มีทิศทางตรงกันข้ามคือ เลือกค่าการนับกล่องที่น้อยที่สุดจาก Pattern1 หรือ Pattern2 เป็นค่าการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$

- ถ้าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่แบ่งตาม Pattern1 หรือ Pattern2 รูปใดรูปหนึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของรูปสี่เหลี่ยมจะคำนวณค่าการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปเฉลี่ย เพื่อใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของ Pattern1 หรือ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องของ Pattern1 และ Pattern2 มาทำการหาค่าเฉลี่ยอีกครั้งเพื่อใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$

จากการปรับปรุงขั้นตอนวิธีดังกล่าว ได้ทดสอบกับภาพทดสอบและเปรียบเทียบค่า Fitting Error กับวิธีการ DBC ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.20 ผลการทดลองด้วยวิธีการแบบ InDirect-TDBC

Texture Images	TDBC		Texture Images	TDBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.5271	0.01901	 D33	2.3256	0.02121
 D04	2.5256	0.01801	 D54	2.4472	0.02218
 D05	2.4361	0.02086	 D55	2.4937	0.01907
 D09	2.5531	0.01707	 D68	2.4353	0.01908
 D24	2.5610	0.01771	 D84	2.5036	0.02128
 D28	2.4116	0.02117	 D92	2.4951	0.01788

4.3.3 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ Direct-ITBC

วิธีการนี้จะทำการปรับปรุงวิธีการของ ADBC โดยใช้ค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบกับความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตาราง กริดรูปสามเหลี่ยม และเลือกรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาไปในทิศทางเดียวกันกับค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมจึงเรียกวินี้ว่า Direct ITBC โดยการพิจารณาดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


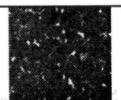
- ถ้าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่แบ่งตาม Pattern1 หรือ Pattern2 รูปบนมีค่ามากกว่าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม และค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมรูปล่างมีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากกว่าความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จะทำการเลือกตำแหน่งของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุดมาใช้เพื่อการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 หรือ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องของ Pattern1 และ Pattern2 มาทำการเปรียบเทียบกันและเลือกค่าการนับกล่องที่มีทิศทางเดียวกับค่าความแปรปรวนของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมคือ เลือกค่าการนับกล่องที่มากที่สุดเป็นค่าการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$

- ถ้าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่แบ่งตาม Pattern1 หรือ Pattern2 รูปบนมีค่าน้อยกว่าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม และค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมรูปล่างมีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาน้อยกว่าความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จะทำการเลือกตำแหน่งของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาน้อยที่สุดมาใช้เพื่อการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 หรือ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องของ Pattern1 และ Pattern2 มาทำการเปรียบเทียบกันและเลือกค่าการนับกล่องที่มีทิศทางเดียวกับค่าความแปรปรวนของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมคือ เลือกค่าการนับกล่องที่น้อยที่สุดเป็นค่าการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$

- ถ้าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่แบ่งตาม Pattern1 หรือ Pattern2 รูปใดรูปหนึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของรูปสี่เหลี่ยมจะคำนวณค่าการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปเฉลี่ย เพื่อใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของ Pattern1 หรือ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องของ Pattern1 และ Pattern2 มาทำการหาค่าเฉลี่ยอีกครั้งเพื่อใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$

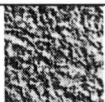
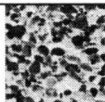

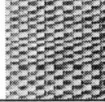





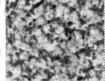
จากการปรับปรุงขั้นตอนวิธีดังกล่าว ได้ทดสอบกับภาพทดสอบและเปรียบเทียบค่า Fitting Error กับวิธีการ IDBC ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.21 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ Direct-ITBC

Texture Images	ITBC		Texture Images	ITBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.8769	0.002373	 D33	2.9156	0.002067

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 (ต่อ)

Texture Images	ITBC		Texture Images	ITBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D04	2.8787	0.002116	 D54	2.8446	0.002087
 D05	2.8154	0.002452	 D55	2.8665	0.002265
 D09	2.8703	0.002211	 D68	2.8997	0.001878
 D24	2.8970	0.002146	 D84	2.8916	0.002030
 D28	2.8122	0.002166	 D92	2.8439	0.002174

4.3.4 ผลการทดลองของ ITBC โดยใช้วิธีการแบบ InDirect-ITBC

วิธีการนี้จะทำการปรับปรุงวิธีการของ ADBC โดยใช้ค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบกับความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตาราง กริดรูปสามเหลี่ยม และเลือกรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาไปในทิศทางตรงกันข้ามกับค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมจึงเรียกวธีการนี้ว่า InDirect ITBC โดยพิจารณา ดังนี้

- ถ้าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่แบ่งตาม Pattern1 หรือ Pattern2 รูปบนมีค่ามากกว่าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม และค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมรูปล่างมีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากกว่าความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จะทำการเลือกตำแหน่งของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทามากที่สุดมาใช้เพื่อการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 หรือ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องของ Pattern1 และ Pattern2 มาทำการเปรียบเทียบกันและเลือกค่าการนับกล่องที่มีทิศทางตรงกันข้ามคือ เลือกค่าที่น้อยที่สุดจากค่าการนับกล่องของ Pattern1 และ Pattern2 เป็นค่าการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$


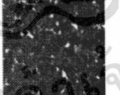

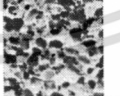

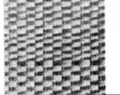
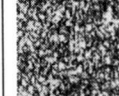

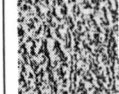

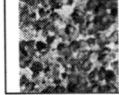
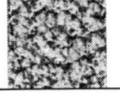
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ถ้าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่แบ่งตาม Pattern1 หรือ Pattern2 รูปบนมีค่าน้อยกว่าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม และค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมรูปล่างมีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาน้อยกว่าค่าความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม จะทำการเลือกตำแหน่งของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่มีค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาน้อยที่สุดมาใช้เพื่อการคำนวณค่าการนับกล่องของ Pattern1 หรือ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องของ Pattern1 และ Pattern2 มาทำการเปรียบเทียบกันและเลือกค่าการนับกล่องที่มีทิศทางตรงกันข้ามคือ เลือกค่าการนับกล่องที่น้อยที่สุดจาก Pattern1 หรือ Pattern2 เป็นค่าการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$

- ถ้าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่แบ่งตาม Pattern1 หรือ Pattern2 รูปใดรูปหนึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาของรูปสี่เหลี่ยมจะคำนวณค่าการนับกล่องของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปเฉลี่ย เพื่อใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของ Pattern1 หรือ Pattern2 จากนั้นนำค่าการนับกล่องของ Pattern1 และ Pattern2 มาทำการหาค่าเฉลี่ยอีกครั้งเพื่อใช้เป็นตัวแทนการนับกล่องของตารางกริดขนาด $s \times s$

จากการปรับปรุงขั้นตอนวิธีดังกล่าว ได้ทดสอบกับภาพทดสอบและเปรียบเทียบค่า Fitting Error กับวิธีการ IDBC ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.22 ผลการทดลองด้วยวิธีการของ ITBC แบบ InDirect-ITBC

Texture Images	ITBC		Texture Images	ITBC	
	FD	Fit Error		FD	Fit Error
 D03	2.8823	0.002184	 D33	2.9155	0.001993
 D04	2.8882	0.002113	 D54	2.8619	0.001924
 D05	2.8363	0.002249	 D55	2.8761	0.002122
 D09	2.8787	0.002016	 D68	2.9002	0.001826
 D24	2.9022	0.002124	 D84	2.9024	0.001901
 D28	2.8306	0.002030	 D92	2.8612	0.002103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลลัพธ์ในตารางที่ 4.3.1 ถึง 4.3.4 จะพบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองโดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของตารางกริดรูปสี่เหลี่ยม เพื่อเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมในการคำนวณค่าการนับกล่องนั้นจะให้ผลลัพธ์ดีขึ้นกว่าการเลือกด้วยค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดเพียงอย่างเดียว

4.4 การประเมินสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของวิธีการ

ในการตรวจสอบความสอดคล้องของผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการต่างๆ หลายวิธีว่าวิธีการใดให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดนั้นจะใช้การวัดความสอดคล้องกันของชุดตัวแปรและวิธีการที่ใช้ โดยใช้การคำนวณสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องกันของ Kendall Coefficient Concordance(W) ที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 2 ในหัวข้อ 2.6 โดยได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการของ TDBC และ ITBC ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.23 การคำนวณค่าลำดับของความสอดคล้องด้วยเคนดอลล์ของวิธีการแบบ TDBC

วิธีการ	Texture Images												
	D003	D004	D005	D009	D024	D028	D033	D054	D055	D068	D084	D092	Sum
Indirect	1	3	1	1	1	1	1	2	1	2	3	3	20
MinAverage	2	1	3	2	2	2	2	3	2	1	2	2	24
AverageMin	3	2	2	3	3	3	4	1	3	3	1	1	29
AverageAverage	4	4	4	4	4	4	6	4	5	4	5	4	52
MinMax	6	5	7	5	5	5	3	6	7	7	6	5	67
Direct	5	6	6	6	6	6	5	5	6	5	7	6	69
MinMin	7	7	5	7	7	7	7	7	4	6	4	7	75
AverageMax	8	9	9	8	8	9	8	8	8	8	9	9	101
MaxMin	9	8	8	9	9	8	9	9	9	9	8	8	103
MaxAverage	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	120
MaxMax	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	132

จากตารางข้างต้นจะพบว่าวิธีการแบบ Indirect จะให้ค่าผลรวมของลำดับค่า Fitting Error ที่ได้จากรูปภาพทั้ง 12 รูปเท่ากับ 20 ซึ่งเป็นค่าผลรวมของลำดับที่น้อยที่สุด หมายความว่าวิธีการแบบ Indirect ของ TDBC จะให้ค่าผลลัพธ์ของ Fitting Error ต่ำที่สุด และวิธีการแบบ MaxMax จะให้ค่าผลรวมของลำดับค่า Fitting Error ที่ได้จากรูปภาพทั้ง 12 รูปเท่ากับ 132 ซึ่งเป็นค่าผลรวมของลำดับที่มากที่สุด หมายความว่าวิธีการแบบ MaxMax ของ TDBC นั้นให้ค่าผลลัพธ์ของ Fitting Error ที่แย่ที่สุดเช่นกัน และเมื่อคำนวณค่า W จะได้ค่าดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}\sum R_j^2 &= 20^2 + 24^2 + 29^2 + 52^2 + 67^2 + 69^2 + 75^2 + 101^2 + 103^2 + 120^2 + 132^2 \\ &= 72030\end{aligned}$$

$$W = \frac{12(72030) - 3(11)^2(12)(12+1)^2}{(11)^2(12)(12^2-1)} = \frac{128196}{207636}$$

$$= 0.6174$$

เมื่อได้ค่า W แล้วจะทำการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ไคสแควร์ตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 เนื่องจากค่า N มีค่ามากกว่า 7 ดังนั้นจะทำการคำนวณไคสแควร์ตามสมการดังนี้

$$\chi^2 = k(N-1)W, \quad df = N-1$$

จะได้

$$\chi^2 = 12*(11-1)*0.6174 = 81.50$$

เมื่อเทียบกับตารางที่ 1 ในภาคผนวกแล้วพบว่าค่า 81.50 มีค่ามากกว่าค่า χ^2 ในตาราง (df=N-1=10 ที่นัยสำคัญ 0.05 มีค่าเท่ากับ 18.31) ดังนั้นสรุปได้ว่าวิธีการทั้งหมดที่นำมาใช้นั้นสำคัญทางสถิติ หรือวิธีการดังกล่าวมีความสอดคล้องกัน

ตารางที่ 4.24 การคำนวณค่าลำดับของความสอดคล้องด้วย Kendall ของวิธีการแบบ ITBC

วิธีการ	Texture Images												
	D003	D004	D005	D009	D024	D028	D033	D054	D055	D068	D084	D092	Sum
Indirect	1	4	1	1	1	1	1	1	2	2	1	3	19
MinMax	3	2	2	4	4	2	4	2	1	4	3	1	32
MinAverage	10	1	4	2	3	3	3	3	5	3	2	2	41
MinMin	11	3	11	3	5	8	2	4	11	1	4	4	67
AverageMax	2	8	3	8	8	4	8	5	3	8	7	5	69
AverageAverage	7	7	5	7	7	5	7	6	4	7	6	6	74
AverageMin	9	5	7	6	6	7	6	7	6	5	5	7	76
Direct	8	6	10	5	2	6	5	8	9	6	8	10	83
MaxAverage	4	9	8	10	10	10	10	10	8	10	10	9	108
MaxMax	6	11	6	9	11	11	11	9	7	11	9	8	109
MaxMin	5	10	9	11	9	9	9	11	10	9	11	11	114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางข้างต้นจะพบว่าวิธีการแบบ Indirect จะให้ค่าผลรวมของลำดับค่า Fitting Error ที่ได้จากรูปภาพทั้ง 12 รูปเท่ากับ 19 ซึ่งเป็นค่าผลรวมของลำดับที่น้อยที่สุด หมายความว่าวิธีการแบบ Indirect ของ ITBC จะให้ค่าผลลัพธ์ของ Fitting Error ดีที่สุด และวิธีการแบบ MaxMin จะให้ค่าผลรวมของลำดับค่า Fitting Error ที่ได้จากรูปภาพทั้ง 12 รูปเท่ากับ 114 ซึ่งเป็นค่าผลรวมของลำดับที่มากที่สุด หมายความว่าวิธีการแบบ MaxMin ของ ITBC นั้นให้ค่าผลลัพธ์ของ Fitting Error ที่แย่ที่สุดเช่นกัน และเมื่อคำนวณค่า W จะได้ค่าดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}\sum R_j^2 &= 19^2 + 32^2 + 41^2 + 67^2 + 69^2 + 74^2 + 76^2 + 83^2 + 108^2 + 109^2 + 114^2 \\ &= 66998 \\ W &= \frac{12(66998) - 3(11)^2(11+1)^2}{(11)^2(12)(12^2-1)} = \frac{67812}{207636} \\ &= 0.3266\end{aligned}$$

เมื่อได้ค่า W แล้วจะทำการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ไคสแควร์ตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 เนื่องจากค่า N มีค่ามากกว่า 7 ดังนั้นจะทำการคำนวณไคสแควร์ตามสมการดังนี้

$$\chi^2 = k(N-1)W = 12*(11-1)*0.3266 = 39.19$$

สรุปได้ว่าค่า χ^2 ที่ได้มากกว่าค่า χ^2 ในตาราง (df=N-1=10 ที่นัยสำคัญ 0.05 มีค่าเท่ากับ 18.31) ดังนั้นสรุปได้ว่าวิธีการทั้งหมดที่นำมาใช้นั้นนัยสำคัญทางสถิติ หรือวิธีการดังกล่าวมีความสอดคล้องกัน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองด้วยวิธีการ TDBC และวิธีการของ ITBC นั้น สามารถสรุปได้ใน 3 ประเด็นดังนี้

1. การแบ่งตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมเป็นตารางกริดรูปสามเหลี่ยมสองรูปพร้อมกับการใช้ค่าความแปรปรวนมาเป็นส่วนประกอบในการพิจารณาการเลือกค่าการนับกล่องมีผลทำให้เพิ่มความละเอียดในการคำนวณค่าการนับกล่องเพิ่มขึ้น เนื่องจากพื้นที่ในการคำนวณลดลงทำให้สามารถพิจารณาในรายละเอียดได้เพิ่มมากขึ้น ประกอบกับการใช้ค่าความแปรปรวนของความเข้มสีระดับเทาเพื่อใช้ในการเลือกตารางกริดรูปสามเหลี่ยมที่เหมาะสม ในการคำนวณค่าการนับกล่องนั้น จะทำให้มีผลในการคำนวณค่าการนับกล่องมีความแม่นยำมากขึ้นด้วย
2. การใช้ค่าสัดส่วน r โดยที่ $r \geq 2 \geq Q$ และ $Q = \min\{\sqrt[3]{WH}, W, H\}$ เพื่อใช้ในการแบ่งตารางกริด ประกอบกับการใช้การแบ่งตารางกริดเป็นรูปสามเหลี่ยมจะทำให้การคำนวณค่าการนับกล่องมีความแม่นยำมากขึ้น เนื่องจากวิธีการของ DBC และวิธีการของ IDBC นั้น บริเวณขอบของภาพที่จะนำมาพิจารณานั้นจะต้องทำการเติมเต็ม (Padding) เพื่อให้สามารถกำหนดตารางกริดขนาด $s \times s$ ได้ จึงทำให้บริเวณขอบนั้นถูกนำมาคำนวณด้วยทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ แต่ถ้าใช้ค่าสัดส่วน r เข้ามาช่วยในการดำเนินการจะทำให้ภาพนั้นไม่ต้องเติมเต็มก่อนการประมวลผล ทำให้เพิ่มความละเอียดในการคำนวณ และค่าความแม่นยำมากขึ้น (ค่า Fitting Error น้อยลง)
3. การปรับความสูงของกล่องด้วยวิธีการของ DBC จะใช้การปรับขนาดความสูงขึ้นเท่ากับขนาดของตารางกริด ซึ่งมีผลทำให้เมื่อตารางกริดมีขนาดเพิ่มขึ้นจะทำให้ความสูงของกล่องเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้เมื่อคำนวณหากล่องของความเข้มสีระดับเทาสูงสุดและค่ากล่องของความเข้มสีระดับเทาต่ำสุดอาจได้ค่าเดียวกันหรือใกล้เคียงกันมาก ทั้งๆ ที่ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของความเข้มสีระดับเทามีค่าแตกต่างกันมาก ทำให้ความละเอียดในการคำนวณค่าการนับกล่องลดลง ในส่วนของวิธีการปรับขนาดความสูงที่นำมาใช้ในวิธีการของ ITBC นั้น จะใช้การปรับขนาดความสูงของตารางกริดโดยใช้ค่า $p = G/r$ โดยที่ G คือจำนวนความเข้มสีระดับเทาของภาพ จะทำให้ความสูงของกล่องไม่แปรผันตรงกับค่าความสูงของตารางกริด ทำให้สามารถคำนวณค่าการนับกล่องมีความแม่นยำมากขึ้นด้วย

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

จากการดำเนินการวิจัยมานั้นมีปัญหาในเรื่องของการทดลองเพื่อเลือกค่าที่เหมาะสมที่จะนำมาเป็นตัวแทนการนับกล่อง ซึ่งในช่วงแรกใช้ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของค่า N_g มาเป็นเกณฑ์ในการเลือก ซึ่งทำให้ผลลัพธ์ที่ได้บางค่ามีความแตกต่างกันมากและอาจจะไม่ใช่ค่าที่แท้จริงของตารางกริดนั้น ปัญหาอีกข้อหนึ่งคือการหารูปภาพที่ใช้ในการทดลองตามเอกสารอ้างอิงนั้นได้ถูกเปลี่ยนไปแล้ว จึงต้องค้นหาภาพจากแหล่งข้อมูลอื่น ประกอบกับการนำหนังสือ Brodatz Texture Image มาทำการเปรียบเทียบกับรูปภาพอ้างอิง

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการหาค่ามิติแฟร็กทัลนี้ เป็นแค่ส่วนหนึ่งของการแยกคุณลักษณะเฉพาะของภาพ ตามขั้นตอนวิธีของ Content-based Information Retrieval (CBIR) ซึ่งการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง อาจจะต้องใช้คุณลักษณะเฉพาะอื่นเข้ามาประกอบเพื่อให้สามารถค้นคืนข้อมูลได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ยังไม่ได้นำวิธีการที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบกับรูปภาพประเภทอื่น ซึ่งจะได้ทำการทดสอบวิธีการนี้กับฐานข้อมูลภาพอื่นในลำดับถัดไป เช่น การนำวิธีการของ ITBC นี้ไปทดสอบกับภาพถ่ายทางการแพทย์ ซึ่งได้มีงานวิจัยหลายงานวิจัยได้นำวิธีการของ DBC ไปใช้ในการค้นคืนข้อมูลของภาพ ทางด้านการแพทย์ หรืออาจจะนำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้กับภาพทางภูมิศาสตร์ (Geographic Image)

บรรณานุกรม

คนยรัตน์ คัดโนภาส. 2554. “การค้นคืนภาพบอนสีด้วยวิธีมิติแฟร็กทัลและคอร์รีโรแกรม”.

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เนานิรันดร์ อวะภาค. 2550. “การค้นคืนภาพสีบนโดเมนของการบีบอัดโดยใช้คอร์รีโรแกรมของรูปแบบไบนารี”. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ภาสวรรณ สกุลสุจิราภา. 2547. “การพัฒนาเทคนิคการค้นคืนภาพดิจิทัลโดยใช้ฮอโตคอร์รีโรแกรมและการแปลงเวฟเล็ต”. วิทยานิพนธ์ หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Backes, A. R. and Bruno, O. M. 2008. “A New Approach to Estimate Fractal Dimension of Texture Images”. **ICISP 2008**. Page 136-143.

Bruno, O. M. Plotze, R. O. Falvo, M. and Castro, M. 2008. “Fractal dimension applied to plant identification”. **Science Direct. Information Science** 178.

Feng, J. Lin, W. L. and Chen, C. T. 1996. “Fractional Box-Counting Approach to Fractal Dimension Estimation”. **IEEE Proceedings of ICPR**.

Huang, J. 1998. “Color-Spatial Image Indexing And Applications”. PhD's Thesis Cornell University.

Huang, J. Kumar, S. R. Mitra, M. and Zhu, W. J. 1997. “Image Indexing Using Color Correlogram”. **IEEE Conference on Proceeding of Computer Vision and Pattern Recognition**.

James, T. 1990. “Estimating fractal dimension”. **Optical Society of America**. Vol 7. No. 6. June.

Larry, R. 1998. **Classic Iterated Function Systems**. [Online] Available: <http://ecademy.agnesscott.edu/~lriddle/ifs/ifs.htm>.

Li, J. Du, Q. and Sun, C. 2009. “An improved box-counting method for image fractal dimension estimation”. **Pattern Recognition**. Vol. 42. Page 2460-2469.

Long, M. and Peng, F. 2013. “A Box-Counting Method with Adaptable Box Height for Measuring the Fractal Feature Images”. **RADIOENGINEERING**. Vol 22 No. 1. April

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม(ต่อ)

- Lopes, R. Betrouni, N. 2009. “Fractal and multifractal analysis: A review”. **Journal of Medical Image Analysis**. Vol. 13. Page, 634–649
- Pass, Greg. Zabih, R. and Miller, J. 1996. “Comparing Images Using Color Coherence Vectors.”. **ACM Conference on Multimedia**. Boston.
- Sarkar, N. Chaudhuri, B. B. 1994. “An Efficient Differential Box-Counting Approach to Compute Fractal Dimension of Image”. **IEEE Transactions on system Man and cybernetics**. VOL 24. No 1. January.
- Sawain, M. J. and Ballard, D. H. Ballard. 1991. “Color Indexing”. **International Journal of Computer Vision**.
- Trygve, R. 1994. **Brodatz Texture**. [Online] Available: <http://www.ux.uis.no/~tranden/brodatz.html>.
- Wikipedia. 2013. **Color quantization**. [Online] Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Color_quantization.
- Woraratpanya, K. ; Kahanopas, D. and Varakulsiripunth, R. 2012. “Triangle-box Counting Method for Fractal Dimension Estimation”. **ASEAN Engineering Journal Part D**. pp. 5–16. Vol 1. No.1 Sept.
- Yu, L. Zhang, D. Wang, K. and Yang, W. 2005. “Coarse Iris Classification Using Box-Counting to estimate Fractal Dimensions”. **Elsevier Pattern Recognition Society**. 38: 1791-1798.

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

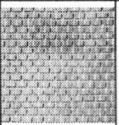

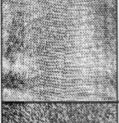
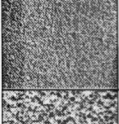
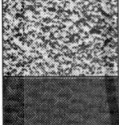
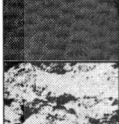

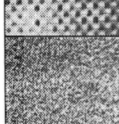
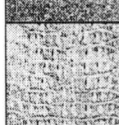
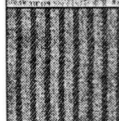

The logo of Rajabhat Buriram University is a circular emblem. It features a central sun with rays, flanked by two traditional Thai stupas. Below the sun is a central figure, possibly a deity or a royal figure, seated on a throne. The entire emblem is surrounded by a circular border containing the university's name in Thai script: "มหาวิทยาลัยราชภัฏบรจรม" at the top and "วิทยาเขตบรจรม" at the bottom.

ภาคผนวก ก.

ค่า Fractal Dimension และค่า Fitting Error ของภาพ Brodatz จำนวน 111 ภาพ
ที่ทดลองด้วยวิธีการ TDBC

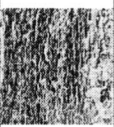

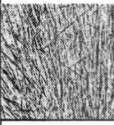




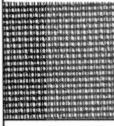
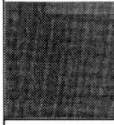

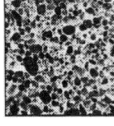
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ค่า Fractal Dimension และค่า Fitting Error ของภาพ Brodatz จำนวน 111 ภาพ
ที่ทดลองด้วยวิธีการ TDBC

Texture Images	MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax		
	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	
	D001	2.3789	0.025141	2.3702	0.023683	2.3746	0.024391	2.3591	0.023065
	D002	2.4631	0.021597	2.4495	0.019122	2.4565	0.020309	2.4363	0.018028
	D003	2.5449	0.023165	2.5364	0.021568	2.5408	0.022349	2.5239	0.020077
	D004	2.5431	0.022326	2.5304	0.019821	2.537	0.02104	2.521	0.018897
	D005	2.457	0.026395	2.4434	0.024099	2.4504	0.025201	2.4304	0.023331
	D006	2.462	0.028787	2.4547	0.027466	2.4584	0.028116	2.4284	0.024512
	D007	2.4301	0.023825	2.4206	0.022348	2.4255	0.023054	2.3984	0.020025
	D008	2.3197	0.014532	2.307	0.011595	2.3135	0.012997	2.2964	0.013188
	D009	2.5692	0.020825	2.5586	0.018753	2.564	0.019767	2.55	0.01786
	D010	2.4705	0.025169	2.4636	0.024027	2.4671	0.024585	2.442	0.021579
	D011	2.5124	0.021083	2.499	0.018521	2.5059	0.019764	2.4888	0.017599


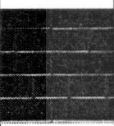
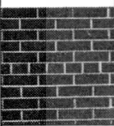
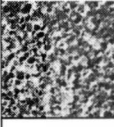

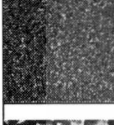
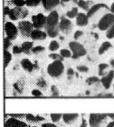
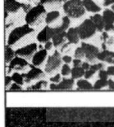



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D012	2.5196	0.023471	2.5108	0.021797	2.5153	0.022617	2.4976	0.020366
	D013	2.4674	0.023831	2.4562	0.02184	2.4619	0.022803	2.4421	0.02084
	D015	2.5294	0.023603	2.5209	0.021811	2.5252	0.022699	2.5132	0.020963
	D016	2.5978	0.019145	2.5891	0.01775	2.5936	0.018426	2.5781	0.016686
	D017	2.5443	0.024892	2.5335	0.022901	2.5391	0.023864	2.5166	0.02081
	D018	2.4213	0.026271	2.4051	0.023653	2.4135	0.024888	2.3948	0.023125
	D019	2.4494	0.020944	2.4344	0.018177	2.4421	0.0195	2.4224	0.017044
	D020	2.4905	0.031599	2.4846	0.030756	2.4876	0.031167	2.4709	0.029136
	D021	2.6033	0.023032	2.5985	0.022014	2.6009	0.02252	2.5812	0.019364
	D022	2.5315	0.024684	2.5225	0.022919	2.5271	0.023785	2.5127	0.021974
	D023	2.3921	0.027602	2.3781	0.025378	2.3853	0.026438	2.366	0.025158

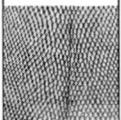

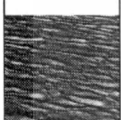
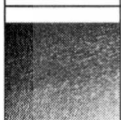


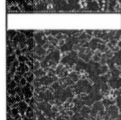


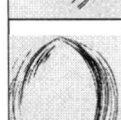

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D024	2.5766	0.021798	2.5673	0.019925	2.572	0.020847	2.5586	0.018782
	D025	2.2915	0.030855	2.2854	0.030039	2.2885	0.030433	2.2442	0.024522
	D026	2.4229	0.027582	2.4157	0.0264	2.4194	0.026978	2.3835	0.024282
	D027	2.3961	0.027563	2.3811	0.024953	2.3888	0.026211	2.3676	0.02462
	D028	2.4333	0.026199	2.4176	0.023314	2.4257	0.024708	2.4046	0.022456
	D029	2.4656	0.024281	2.4522	0.022012	2.4591	0.023095	2.4334	0.019847
	D030	2.2757	0.026948	2.262	0.024706	2.269	0.025772	2.2524	0.024948
	D031	2.3285	0.026909	2.3151	0.025054	2.322	0.02592	2.3032	0.025309
	D032	2.3864	0.030085	2.3797	0.028994	2.3831	0.029527	2.3315	0.023843
	D033	2.357	0.030067	2.3495	0.029367	2.3533	0.029691	2.311	0.023342
	D034	2.3855	0.03467	2.3797	0.033803	2.3826	0.034228	2.342	0.030619

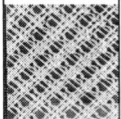
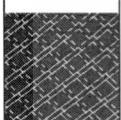
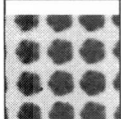

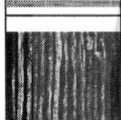

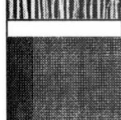
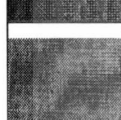


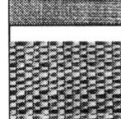
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D035	2.5054	0.025007	2.4942	0.022951	2.4999	0.023955	2.4803	0.022413
	D036	2.5467	0.02436	2.5377	0.022518	2.5423	0.023425	2.5272	0.021529
	D037	2.3861	0.019726	2.373	0.017092	2.3797	0.018366	2.3619	0.01697
	D038	2.4332	0.016711	2.4225	0.014409	2.428	0.015532	2.4102	0.012622
	D039	2.3127	0.021062	2.3032	0.01984	2.308	0.020401	2.2815	0.015896
	D040	2.432	0.021289	2.4228	0.020034	2.4275	0.020621	2.4043	0.017615
	D041	2.4958	0.022017	2.4897	0.021019	2.4928	0.021504	2.4694	0.018676
	D042	2.4726	0.018457	2.466	0.017173	2.4693	0.017803	2.4496	0.01543
	D043	2.3476	0.018843	2.3419	0.017803	2.3448	0.018303	2.3286	0.016152
	D044	2.3208	0.015843	2.3152	0.0148	2.318	0.015302	2.3056	0.013694
	D045	2.3755	0.024583	2.3682	0.023553	2.3719	0.024047	2.3516	0.021979


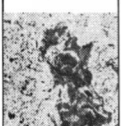

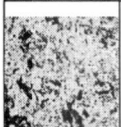
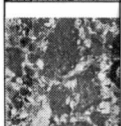
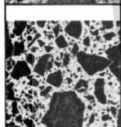
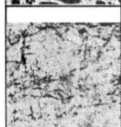
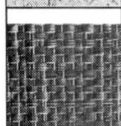
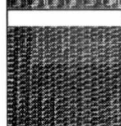
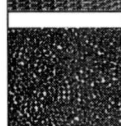

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D046	2.3343	0.026994	2.3171	0.024754	2.326	0.025749	2.3093	0.024683
	D047	2.3383	0.02602	2.3259	0.024214	2.3323	0.025055	2.3118	0.023491
	D048	2.1787	0.017996	2.1661	0.015671	2.1726	0.01673	2.1614	0.018472
	D049	2.5892	0.025089	2.5871	0.024616	2.5881	0.024853	2.5711	0.021628
	D050	2.3785	0.018204	2.3666	0.016193	2.3727	0.017137	2.3581	0.015355
	D051	2.4347	0.024867	2.4263	0.023905	2.4306	0.024353	2.4162	0.022947
	D052	2.4594	0.026018	2.447	0.024244	2.4534	0.025071	2.4286	0.020992
	D053	2.5577	0.026579	2.5493	0.024725	2.5536	0.025646	2.5401	0.023157
	D054	2.4679	0.026627	2.4551	0.02437	2.4617	0.025462	2.4418	0.02352
	D055	2.5132	0.024269	2.5015	0.021774	2.5075	0.023012	2.4878	0.020886
	D056	2.4195	0.027233	2.4074	0.025083	2.4136	0.02613	2.3954	0.024933

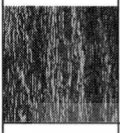
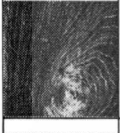



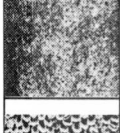
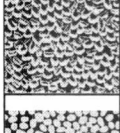
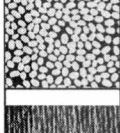
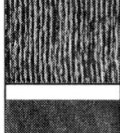
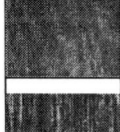

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D057	2.5332	0.024261	2.5221	0.022365	2.5278	0.023271	2.5072	0.020452
	D058	2.3966	0.024442	2.3851	0.022411	2.391	0.023388	2.3642	0.02054
	D059	2.2241	0.016591	2.2133	0.014477	2.2188	0.015471	2.2032	0.014088
	D060	2.4605	0.024897	2.4512	0.023354	2.4559	0.0241	2.4273	0.021204
	D061	2.3673	0.020476	2.3538	0.017852	2.3607	0.019115	2.3398	0.017119
	D062	2.3498	0.0302	2.3363	0.028705	2.3432	0.029378	2.3239	0.028089
	D063	2.3591	0.020859	2.3462	0.018589	2.3528	0.019663	2.331	0.017237
	D064	2.4043	0.021113	2.395	0.01931	2.3997	0.020192	2.3854	0.018428
	D065	2.4412	0.026786	2.4324	0.02539	2.4369	0.026069	2.4167	0.023945
	D066	2.3841	0.032261	2.3756	0.031103	2.3799	0.031661	2.3511	0.028627
	D067	2.4829	0.030941	2.4758	0.029709	2.4794	0.030316	2.4563	0.028488

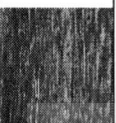
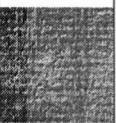


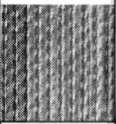
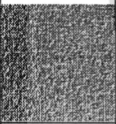
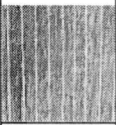
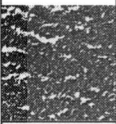
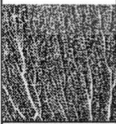
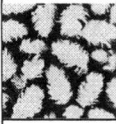
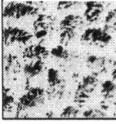
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D068	2.4523	0.023092	2.4435	0.021367	2.448	0.022214	2.4374	0.020476
	D069	2.3914	0.01692	2.3794	0.014531	2.3856	0.015675	2.366	0.012907
	D070	2.3457	0.014669	2.335	0.012484	2.3405	0.013522	2.3244	0.011218
	D071	2.4124	0.014716	2.3997	0.012015	2.4062	0.013316	2.389	0.01181
	D072	2.4258	0.024387	2.4153	0.022422	2.4207	0.023381	2.4056	0.021821
	D073	2.4391	0.02398	2.4247	0.02138	2.4321	0.022631	2.41	0.019793
	D074	2.4476	0.029879	2.4365	0.028362	2.4422	0.029083	2.4219	0.027811
	D075	2.3677	0.035048	2.3606	0.034267	2.3642	0.03464	2.3413	0.034504
	D076	2.5096	0.023082	2.4998	0.021199	2.5048	0.022121	2.4914	0.020235
	D077	2.5631	0.022535	2.5503	0.020225	2.5569	0.021323	2.5373	0.018647
	D078	2.5056	0.019904	2.4935	0.0176	2.4997	0.018716	2.4776	0.01598



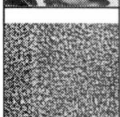


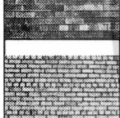
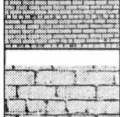
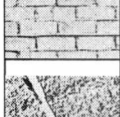
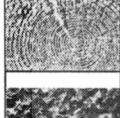
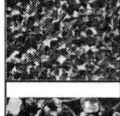

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D079	2.515	0.021176	2.5028	0.018712	2.5091	0.019914	2.4937	0.017418
	D080	2.5337	0.02133	2.5219	0.018947	2.5279	0.020109	2.514	0.017985
	D081	2.530	0.021891	2.5185	0.019609	2.5244	0.020718	2.5099	0.018515
	D082	2.5178	0.019602	2.5077	0.017437	2.5129	0.018508	2.4978	0.01609
	D083	2.5076	0.019232	2.494	0.016488	2.501	0.017811	2.4861	0.015685
	D084	2.5212	0.025593	2.5084	0.023096	2.515	0.024318	2.4983	0.022452
	D085	2.5149	0.018857	2.5054	0.016857	2.5102	0.017843	2.4973	0.015725
	D086	2.481	0.024571	2.4698	0.022891	2.4755	0.023682	2.4511	0.020811
	D087	2.5301	0.026631	2.5214	0.024996	2.5258	0.025797	2.5081	0.023843
	D088	2.2907	0.025173	2.2789	0.023692	2.2849	0.024375	2.2662	0.022993
	D089	2.3411	0.025188	2.3295	0.023477	2.3354	0.024284	2.3143	0.021708

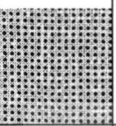
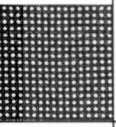
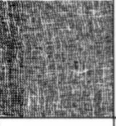

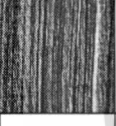



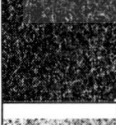
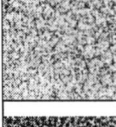
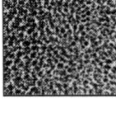
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D090	2.2948	0.022577	2.2792	0.020095	2.2873	0.021242	2.2705	0.019478
	D091	2.2161	0.021535	2.2049	0.020035	2.2106	0.020719	2.196	0.020243
	D092	2.5139	0.02195	2.4997	0.01929	2.507	0.020577	2.4897	0.018667
	D093	2.5191	0.017321	2.5078	0.015201	2.5136	0.016223	2.4997	0.014203
	D094	2.415	0.022374	2.4037	0.020179	2.4095	0.021251	2.3871	0.019619
	D095	2.411	0.025656	2.402	0.024006	2.4066	0.024814	2.3877	0.023664
	D096	2.3617	0.021766	2.3539	0.020503	2.3579	0.021111	2.3327	0.019187
	D097	2.5121	0.022646	2.5017	0.020726	2.507	0.021658	2.4875	0.019278
	D098	2.344	0.026083	2.3295	0.023705	2.3369	0.024836	2.3176	0.022818
	D099	2.3296	0.02449	2.3158	0.022238	2.3229	0.023301	2.3041	0.021212
	D100	2.5183	0.021882	2.5069	0.019837	2.5128	0.020819	2.4926	0.018026

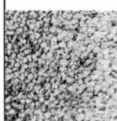
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D101	2.4527	0.037205	2.4467	0.036656	2.4498	0.036916	2.4215	0.034125
	D102	2.4478	0.037683	2.4425	0.037232	2.4452	0.037445	2.415	0.034545
	D103	2.572	0.027016	2.5677	0.026049	2.5699	0.026532	2.5551	0.024441
	D104	2.5702	0.027205	2.5659	0.026201	2.568	0.026703	2.5533	0.024601
	D105	2.5897	0.018	2.5838	0.017147	2.5868	0.01756	2.5795	0.016595
	D106	2.6075	0.018241	2.6017	0.017511	2.6046	0.017863	2.6003	0.01733
	D107	2.4972	0.025849	2.4918	0.024962	2.4945	0.025396	2.47	0.022492
	D108	2.4516	0.026718	2.4439	0.025552	2.4479	0.026117	2.4231	0.023227
	D109	2.4993	0.024163	2.4946	0.023339	2.497	0.023745	2.4667	0.020356
	D110	2.5508	0.022198	2.5435	0.020743	2.5472	0.021462	2.5276	0.019014
	D111	2.5056	0.023589	2.4942	0.021549	2.5	0.022537	2.4827	0.02045

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

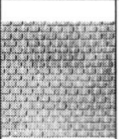

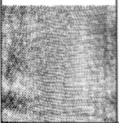
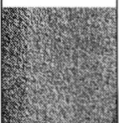



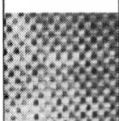


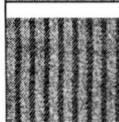
ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images	MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
 D112	2.4428	0.02347	2.4304	0.02123	2.4367	0.022311	2.4157	0.019627



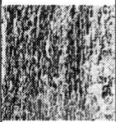
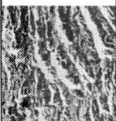
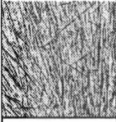

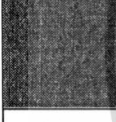




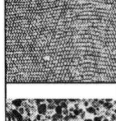
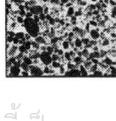
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D001	2.333	0.022115	2.3468	0.022093	2.3673	0.023434	2.3561	0.022097
	D002	2.3985	0.018484	2.4188	0.017056	2.4479	0.018991	2.4296	0.016917
	D003	2.4842	0.020752	2.5058	0.019021	2.5331	0.021039	2.5156	0.01909
	D004	2.4846	0.019673	2.5043	0.018003	2.5304	0.019918	2.5127	0.018013
	D005	2.385	0.023031	2.4097	0.021836	2.4423	0.024108	2.4201	0.021615
	D006	2.3796	0.024868	2.4062	0.02321	2.444	0.025818	2.4252	0.023298
	D007	2.354	0.021059	2.3781	0.019058	2.4134	0.021162	2.3938	0.018817
	D008	2.2705	0.014243	2.2841	0.012903	2.3061	0.01274	2.2929	0.01138
	D009	2.518	0.018455	2.5352	0.017103	2.5578	0.018739	2.5429	0.017142
	D010	2.3913	0.023985	2.4192	0.020878	2.4554	0.022763	2.4345	0.02069
	D011	2.4543	0.017819	2.4728	0.01665	2.4986	0.018578	2.4818	0.016718


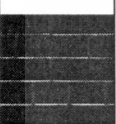

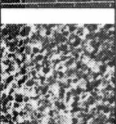
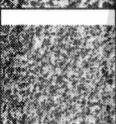
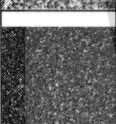
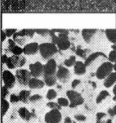
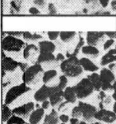
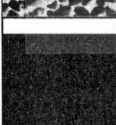


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D012	2.4534	0.021753	2.4776	0.019357	2.5072	0.021338	2.488	0.019209
	D013	2.3957	0.021737	2.421	0.019656	2.4533	0.021623	2.4322	0.019247
	D015	2.4671	0.021514	2.4926	0.019319	2.5197	0.021777	2.4997	0.019283
	D016	2.5523	0.017222	2.5659	0.016332	2.5858	0.017327	2.5752	0.016404
	D017	2.4773	0.021948	2.4987	0.020022	2.5293	0.022136	2.5114	0.020136
	D018	2.3414	0.023322	2.3708	0.021351	2.407	0.023973	2.3792	0.021107
	D019	2.3885	0.017683	2.4066	0.016319	2.4338	0.018086	2.4169	0.016426
	D020	2.4144	0.031088	2.4462	0.027936	2.4795	0.030011	2.4569	0.027905
	D021	2.5527	0.020632	2.5681	0.018996	2.5917	0.020614	2.5803	0.019088
	D022	2.4677	0.023557	2.4926	0.020904	2.5208	0.022806	2.5009	0.020668
	D023	2.3167	0.024256	2.3436	0.023276	2.3777	0.025646	2.3535	0.022762

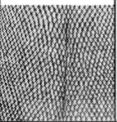

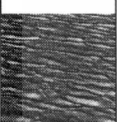






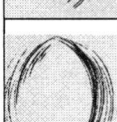

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D024	2.5245	0.019381	2.543	0.017842	2.566	0.019747	2.5507	0.017964
	D025	2.2103	0.024616	2.2283	0.023801	2.2681	0.026642	2.2548	0.024811
	D026	2.3515	0.025726	2.3685	0.024293	2.4026	0.024854	2.39	0.023746
	D027	2.3207	0.024025	2.3462	0.022992	2.3803	0.025253	2.3573	0.022534
	D028	2.3619	0.022652	2.385	0.021281	2.4171	0.023393	2.3959	0.021313
	D029	2.3928	0.021023	2.4147	0.019118	2.4477	0.021096	2.4294	0.019317
	D030	2.2092	0.021361	2.2325	0.022025	2.2627	0.025283	2.2405	0.021485
	D031	2.2556	0.022021	2.2814	0.022376	2.3144	0.025441	2.291	0.021563
	D032	2.2851	0.027307	2.3103	0.024158	2.3598	0.025506	2.3424	0.023771
	D033	2.2601	0.02567	2.2878	0.022787	2.3341	0.025824	2.3137	0.023573
	D034	2.2916	0.030013	2.319	0.02901	2.3634	0.031588	2.3448	0.02885

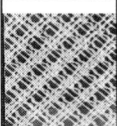
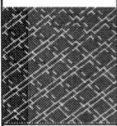
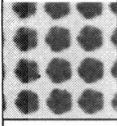
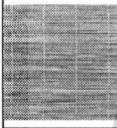
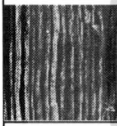

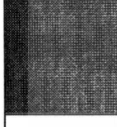

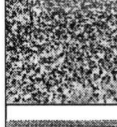
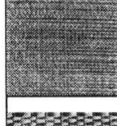

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D035	2.4361	0.024624	2.4603	0.021979	2.4913	0.022951	2.4716	0.021254
	D036	2.4833	0.023848	2.5076	0.020754	2.5357	0.022386	2.5164	0.020379
	D037	2.3354	0.01578	2.3493	0.015789	2.3716	0.017346	2.359	0.015553
	D038	2.385	0.012001	2.3982	0.011586	2.4196	0.01386	2.4082	0.012109
	D039	2.2451	0.015977	2.2645	0.014556	2.2958	0.017671	2.28	0.015184
	D040	2.3605	0.017463	2.3842	0.016	2.4168	0.018774	2.3978	0.016089
	D041	2.4239	0.019139	2.4487	0.017311	2.482	0.019743	2.4626	0.017204
	D042	2.4095	0.016432	2.4312	0.014407	2.46	0.016292	2.443	0.014042
	D043	2.2795	0.018365	2.3068	0.014578	2.3379	0.017097	2.316	0.014027
	D044	2.2604	0.01782	2.2855	0.012983	2.3125	0.014356	2.2928	0.012142
	D045	2.2926	0.021356	2.3255	0.01916	2.3629	0.022766	2.3375	0.0186




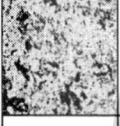

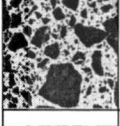
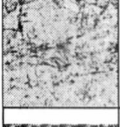
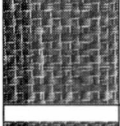
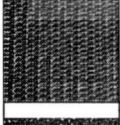
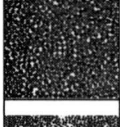

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D046	2.2564	0.022245	2.2854	0.02174	2.3211	0.025188	2.2918	0.021422
	D047	2.2294	0.02803	2.2767	0.021077	2.3245	0.023887	2.2877	0.020059
	D048	2.1388	0.014017	2.1506	0.015438	2.1687	0.01779	2.1552	0.013539
	D049	2.5664	0.020885	2.5688	0.02125	2.58	0.023023	2.5781	0.02263
	D050	2.3278	0.015197	2.3439	0.014337	2.3658	0.01597	2.3522	0.014481
	D051	2.3746	0.024785	2.3972	0.022535	2.4234	0.023505	2.4061	0.022382
	D052	2.3834	0.022013	2.408	0.019931	2.4425	0.022791	2.4221	0.020864
	D053	2.4989	0.023763	2.5218	0.021704	2.5473	0.024362	2.53	0.022101
	D054	2.3946	0.024027	2.4205	0.022228	2.4536	0.024323	2.4311	0.021968
	D055	2.4565	0.020335	2.4732	0.019868	2.4983	0.021604	2.4846	0.019979
	D056	2.3637	0.022503	2.3805	0.023226	2.4056	0.025336	2.3901	0.023102

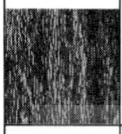
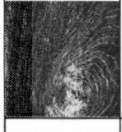

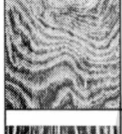

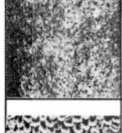
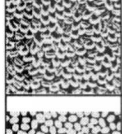
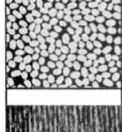
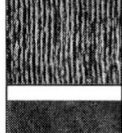
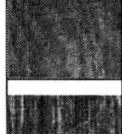

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D057	2.4679	0.020781	2.4892	0.019362	2.5191	0.021734	2.5004	0.019618
	D058	2.3193	0.021025	2.3436	0.019298	2.3793	0.021554	2.3588	0.01909
	D059	2.1768	0.013017	2.1909	0.012474	2.2124	0.014491	2.1986	0.012084
	D060	2.3807	0.023043	2.4061	0.020548	2.4431	0.022209	2.423	0.020047
	D061	2.3021	0.017413	2.3223	0.016013	2.3516	0.0178	2.3337	0.015626
	D062	2.2693	0.025555	2.2993	0.025302	2.336	0.02857	2.3088	0.024969
	D063	2.2939	0.017277	2.3138	0.016041	2.3437	0.018156	2.3252	0.015915
	D064	2.358	0.016745	2.3724	0.017018	2.3928	0.019214	2.3806	0.01726
	D065	2.385	0.022111	2.4017	0.022483	2.4275	0.024857	2.413	0.022761
	D066	2.2851	0.031184	2.322	0.027454	2.367	0.029804	2.3396	0.027149
	D067	2.3869	0.033736	2.4266	0.027872	2.4692	0.029119	2.4412	0.02669

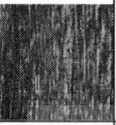
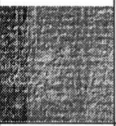

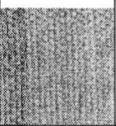
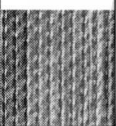
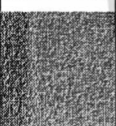
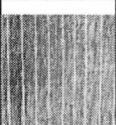
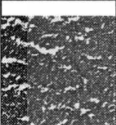
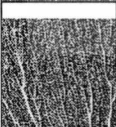
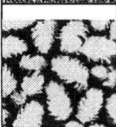
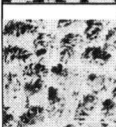
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D068	2.3964	0.020197	2.4187	0.01894	2.4423	0.021195	2.4255	0.019366
	D069	2.3343	0.014106	2.3512	0.012327	2.3766	0.013987	2.3621	0.012378
	D070	2.2954	0.012713	2.3108	0.010766	2.3327	0.012085	2.32	0.010676
	D071	2.3606	0.013597	2.3757	0.011703	2.3985	0.012308	2.3851	0.010847
	D072	2.3639	0.022579	2.3866	0.020828	2.4135	0.022468	2.3955	0.02068
	D073	2.37	0.020392	2.3916	0.018823	2.4228	0.021042	2.4033	0.019004
	D074	2.3631	0.028104	2.3957	0.026022	2.434	0.028319	2.4068	0.025248
	D075	2.2629	0.036645	2.3076	0.032614	2.3545	0.034281	2.3215	0.030768
	D076	2.4516	0.021112	2.4733	0.019193	2.4984	0.021068	2.4813	0.019321
	D077	2.5063	0.019757	2.523	0.018211	2.5487	0.019801	2.5333	0.01847
	D078	2.4469	0.017038	2.4633	0.015568	2.4889	0.016903	2.4766	0.015669





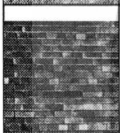
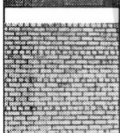
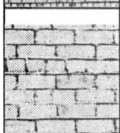

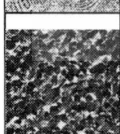

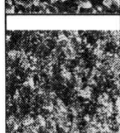
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D079	2.4617	0.017624	2.4789	0.016454	2.5016	0.018465	2.488	0.01697
	D080	2.4805	0.018209	2.4986	0.016938	2.5218	0.018995	2.5062	0.017116
	D081	2.4738	0.018862	2.4934	0.017405	2.518	0.019567	2.5013	0.01761
	D082	2.4681	0.015276	2.4839	0.014827	2.5058	0.017146	2.4924	0.0153
	D083	2.4561	0.015876	2.4721	0.014815	2.4946	0.016671	2.4799	0.014903
	D084	2.4627	0.022043	2.4819	0.021275	2.5082	0.023321	2.4906	0.021235
	D085	2.4669	0.015634	2.4832	0.014626	2.5042	0.016664	2.4906	0.014882
	D086	2.4056	0.021883	2.4304	0.019798	2.4648	0.021926	2.4444	0.019722
	D087	2.4538	0.026791	2.4844	0.022814	2.5184	0.024708	2.4947	0.022188
	D088	2.2208	0.019756	2.2454	0.019947	2.2773	0.023522	2.2552	0.019507
	D089	2.2682	0.020439	2.2932	0.019586	2.3266	0.022802	2.3045	0.019735

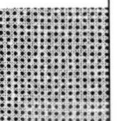
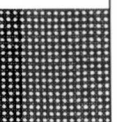
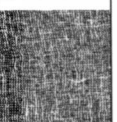



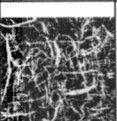

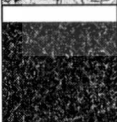
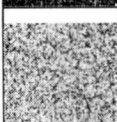

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D090	2.2342	0.017325	2.2536	0.017357	2.2812	0.020321	2.2611	0.017299
	D091	2.1653	0.014827	2.1817	0.016657	2.205	0.02032	2.1887	0.016057
	D092	2.4557	0.019005	2.4739	0.017845	2.4997	0.019494	2.483	0.017788
	D093	2.4694	0.015094	2.4856	0.013572	2.5074	0.015134	2.4931	0.013683
	D094	2.3606	0.019083	2.3745	0.018819	2.3988	0.019946	2.3874	0.018656
	D095	2.36	0.023567	2.3746	0.023073	2.3977	0.023908	2.3854	0.022798
	D096	2.3016	0.01923	2.3181	0.018439	2.346	0.019666	2.3327	0.017994
	D097	2.4455	0.020522	2.4684	0.018371	2.4986	0.020309	2.4793	0.018188
	D098	2.2738	0.021681	2.2975	0.020988	2.3291	0.023645	2.3075	0.02101
	D099	2.262	0.019223	2.2847	0.018961	2.3154	0.02206	2.2943	0.019078
	D100	2.4553	0.018836	2.4754	0.017175	2.5039	0.019254	2.4866	0.017365

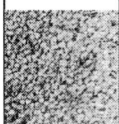
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D101	2.3265	0.041664	2.3829	0.032908	2.4375	0.035252	2.4016	0.031859
	D102	2.318	0.042096	2.3757	0.033197	2.4319	0.035688	2.3961	0.031984
	D103	2.513	0.026214	2.5366	0.023531	2.5631	0.025379	2.5458	0.023375
	D104	2.5112	0.026091	2.5348	0.023566	2.5612	0.025541	2.544	0.023398
	D105	2.5588	0.015816	2.5696	0.015838	2.5826	0.016977	2.5742	0.016093
	D106	2.5829	0.016531	2.5919	0.016683	2.602	0.017526	2.5949	0.016843
	D107	2.414	0.025813	2.4453	0.021705	2.4835	0.023658	2.4604	0.021172
	D108	2.3679	0.025134	2.3984	0.022071	2.4367	0.024413	2.4133	0.021808
	D109	2.4148	0.024106	2.4434	0.020135	2.4829	0.021514	2.4624	0.019386
	D110	2.4852	0.02073	2.5084	0.01828	2.5381	0.020011	2.5201	0.018088
	D111	2.4404	0.021178	2.4634	0.019364	2.4928	0.0214	2.4727	0.01931

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

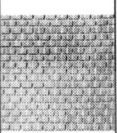

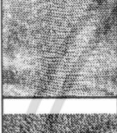
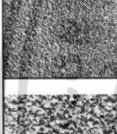


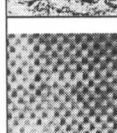
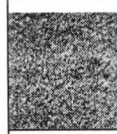

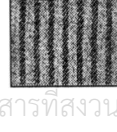

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D112	2.3734	0.020034	2.3963	0.018429	2.4277	0.02076	2.4078	0.0186




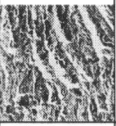
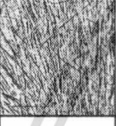


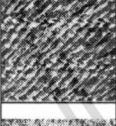
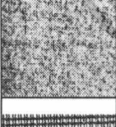
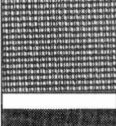
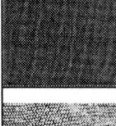
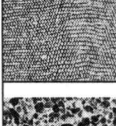
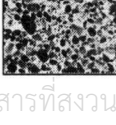
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D001	2.3619	0.022696	2.3531	0.021934	2.3632	0.021934
	D002	2.4391	0.017762	2.4262	0.016913	2.4427	0.016913
	D003	2.5247	0.019878	2.5154	0.019005	2.5271	0.01955
	D004	2.5219	0.018754	2.5094	0.018074	2.5256	0.018014
	D005	2.4317	0.022648	2.4158	0.021858	2.4361	0.020858
	D006	2.4349	0.024437	2.4325	0.024621	2.4353	0.023021
	D007	2.4039	0.019806	2.3945	0.019763	2.4065	0.018763
	D008	2.2997	0.011887	2.2903	0.010125	2.3022	0.010125
	D009	2.5506	0.017782	2.5416	0.017069	2.5531	0.017069
	D010	2.4454	0.021512	2.439	0.021807	2.4469	0.020807
	D011	2.4905	0.017472	2.4779	0.0165	2.4941	0.0165

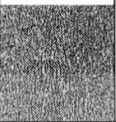
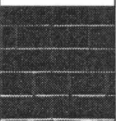

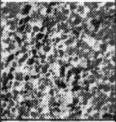
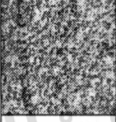

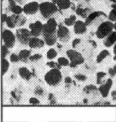


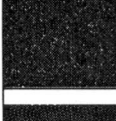

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D012	2.498	0.020066	2.4883	0.019522	2.5005	0.019022
	D013	2.4432	0.020218	2.4315	0.019666	2.4463	0.019166
	D015	2.5102	0.020308	2.5001	0.019547	2.5127	0.019547
	D016	2.5806	0.016781	2.5784	0.016682	2.5812	0.016682
	D017	2.5207	0.02095	2.5084	0.020569	2.524	0.020169
	D018	2.3939	0.02218	2.375	0.021565	2.3999	0.021065
	D019	2.4256	0.017067	2.4127	0.016422	2.4292	0.016422
	D020	2.4688	0.028729	2.4606	0.028681	2.4706	0.027681
	D021	2.5862	0.019751	2.5834	0.019503	2.5869	0.019003
	D022	2.5113	0.021491	2.4989	0.020744	2.5143	0.020744
	D023	2.3661	0.023975	2.3496	0.023296	2.3709	0.022296



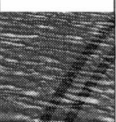
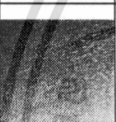
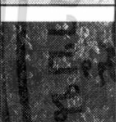

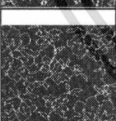


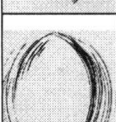

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D024	2.5586	0.018683	2.5491	0.017908	2.561	0.017708
	D025	2.2616	0.025662	2.2583	0.025787	2.2619	0.024787
	D026	2.3965	0.024223	2.3915	0.024386	2.3966	0.023386
	D027	2.3693	0.023684	2.3527	0.022852	2.374	0.022852
	D028	2.407	0.022127	2.3908	0.021466	2.4116	0.021166
	D029	2.4389	0.020015	2.4278	0.020125	2.442	0.020125
	D030	2.252	0.023207	2.2372	0.021711	2.2564	0.021711
	D031	2.3032	0.023324	2.2882	0.022316	2.3076	0.021316
	D032	2.3514	0.024507	2.3486	0.024704	2.3519	0.023704
	D033	2.3243	0.024528	2.319	0.025205	2.3256	0.021205
	D034	2.3544	0.030131	2.3516	0.030559	2.3548	0.028559

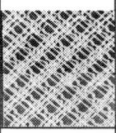
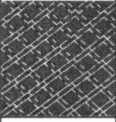
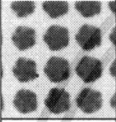
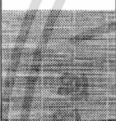




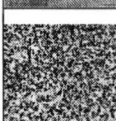
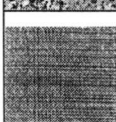
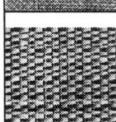
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D035	2.4818	0.021885	2.4706	0.021225	2.4847	0.021225
	D036	2.5265	0.021126	2.5145	0.020215	2.5296	0.020215
	D037	2.3655	0.016363	2.3541	0.015503	2.3675	0.015503
	D038	2.414	0.012897	2.4071	0.012439	2.4157	0.012439
	D039	2.2881	0.016281	2.2822	0.016532	2.2896	0.016532
	D040	2.4076	0.017263	2.3994	0.017246	2.4098	0.016246
	D041	2.4727	0.018304	2.4669	0.0186	2.4739	0.0186
	D042	2.4518	0.015001	2.4457	0.014631	2.4532	0.014631
	D043	2.3275	0.015225	2.3206	0.015471	2.329	0.015471
	D044	2.3031	0.012825	2.2955	0.013127	2.305	0.013127
	D045	2.3509	0.020452	2.3412	0.020764	2.3532	0.020764

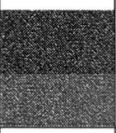


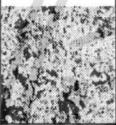

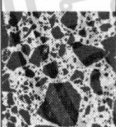
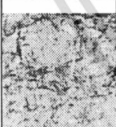
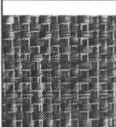

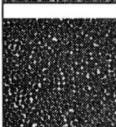

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D046	2.3072	0.022954	2.2858	0.022279	2.3146	0.022279
	D047	2.3074	0.021294	2.293	0.021778	2.311	0.021778
	D048	2.1621	0.015505	2.1504	0.012983	2.166	0.012983
	D049	2.5791	0.022826	2.5768	0.022416	2.5779	0.022416
	D050	2.3592	0.015087	2.3502	0.014719	2.3611	0.014719
	D051	2.415	0.022767	2.4071	0.022858	2.4164	0.022858
	D052	2.4327	0.021599	2.419	0.021638	2.4364	0.021638
	D053	2.5391	0.02304	2.5274	0.022133	2.5417	0.022133
	D054	2.4428	0.022906	2.4274	0.022377	2.4472	0.022177
	D055	2.4917	0.020691	2.4818	0.020063	2.4937	0.019063
	D056	2.3981	0.024145	2.3864	0.023483	2.4008	0.023083

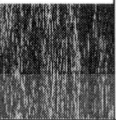


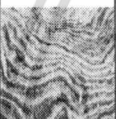



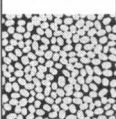
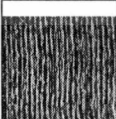

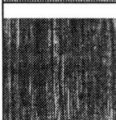
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D057	2.5101	0.020485	2.4977	0.020306	2.5135	0.020306
	D058	2.3694	0.020124	2.358	0.019979	2.3726	0.019079
	D059	2.2057	0.013109	2.196	0.012403	2.2086	0.012403
	D060	2.4334	0.020937	2.4243	0.020839	2.4358	0.020039
	D061	2.343	0.016518	2.3319	0.016147	2.3461	0.016147
	D062	2.3231	0.026528	2.304	0.026493	2.3286	0.024493
	D063	2.3348	0.016831	2.3221	0.016395	2.3384	0.015395
	D064	2.3868	0.018174	2.3806	0.01779	2.3877	0.01779
	D065	2.4205	0.023743	2.4133	0.023652	2.4218	0.022652
	D066	2.354	0.028192	2.3452	0.028849	2.3562	0.027849
	D067	2.456	0.027546	2.4456	0.027572	2.4584	0.025572

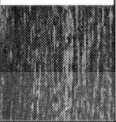


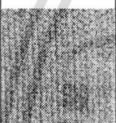
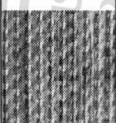

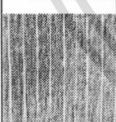

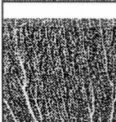

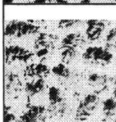
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D068	2.4342	0.020118	2.4283	0.020077	2.4353	0.019077
	D069	2.3695	0.013006	2.3609	0.012644	2.3718	0.012344
	D070	2.3266	0.0112	2.3184	0.010797	2.3285	0.010797
	D071	2.392	0.011413	2.3839	0.010545	2.3942	0.010545
	D072	2.4048	0.021399	2.3949	0.021127	2.4068	0.020127
	D073	2.4134	0.019815	2.3995	0.019366	2.4175	0.019366
	D074	2.4211	0.026519	2.4056	0.025834	2.4255	0.025834
	D075	2.3389	0.032194	2.3259	0.032366	2.3423	0.030366
	D076	2.4902	0.020004	2.4815	0.019723	2.4922	0.019223
	D077	2.5413	0.018927	2.5308	0.01899	2.5448	0.01839
	D078	2.4829	0.016173	2.478	0.016012	2.4841	0.015012



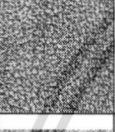



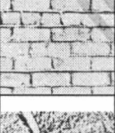
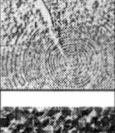
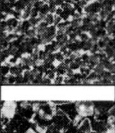
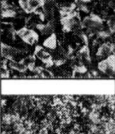

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D079	2.495	0.017574	2.486	0.017255	2.497	0.016255
	D080	2.5143	0.017884	2.5035	0.017175	2.5172	0.017175
	D081	2.51	0.018404	2.499	0.017802	2.513	0.017502
	D082	2.4993	0.016111	2.4905	0.015206	2.5013	0.015206
	D083	2.4875	0.015625	2.4765	0.014792	2.4907	0.014792
	D084	2.4997	0.02212	2.4854	0.02128	2.5036	0.02128
	D085	2.4976	0.015627	2.4898	0.015041	2.4996	0.015041
	D086	2.455	0.020614	2.4443	0.020788	2.458	0.019708
	D087	2.5072	0.023136	2.4934	0.022293	2.5108	0.022093
	D088	2.2667	0.021333	2.2527	0.020564	2.2707	0.018564
	D089	2.316	0.02106	2.303	0.020977	2.3198	0.018977

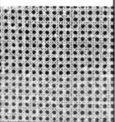
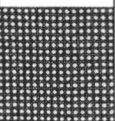
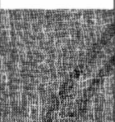



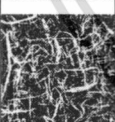

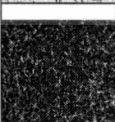


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D090	2.2716	0.018606	2.2541	0.017806	2.2767	0.017206
	D091	2.1971	0.018078	2.1847	0.017023	2.2007	0.016023
	D092	2.4916	0.018473	2.4792	0.017676	2.4951	0.017876
	D093	2.5005	0.014226	2.4927	0.013811	2.5028	0.013811
	D094	2.3932	0.01923	2.3851	0.019306	2.394	0.018306
	D095	2.3917	0.023274	2.383	0.02317	2.3925	0.02217
	D096	2.3395	0.018737	2.3334	0.018961	2.3405	0.01761
	D097	2.4893	0.019035	2.4777	0.018576	2.4925	0.018176
	D098	2.3187	0.022122	2.3035	0.02167	2.323	0.02167
	D099	2.3052	0.02037	2.2903	0.019646	2.3095	0.019046
	D100	2.4956	0.018122	2.4852	0.017761	2.4985	0.017161

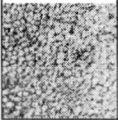
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D101	2.4208	0.033105	2.4103	0.033073	2.4225	0.031073
	D102	2.4153	0.033423	2.4059	0.033074	2.4169	0.031074
	D103	2.5548	0.024185	2.546	0.02343	2.5566	0.02343
	D104	2.553	0.02429	2.5447	0.023392	2.5547	0.023392
	D105	2.5785	0.01649	2.578	0.016439	2.5786	0.015939
	D106	2.5985	0.017152	2.5979	0.01711	2.5986	0.01611
	D107	2.4725	0.022158	2.464	0.022163	2.4745	0.021163
	D108	2.4255	0.022875	2.4166	0.023178	2.4278	0.021178
	D109	2.4731	0.020234	2.4691	0.020512	2.4739	0.018512
	D110	2.5294	0.018859	2.5236	0.018753	2.5307	0.018053
	D111	2.4832	0.020128	2.47	0.019519	2.4869	0.019119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D112	2.4181	0.019469	2.4054	0.019127	2.4216	0.018127



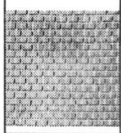

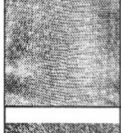
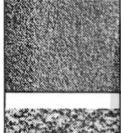
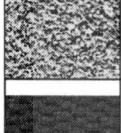
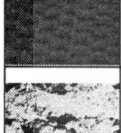
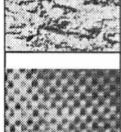
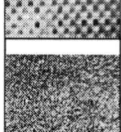
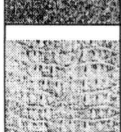
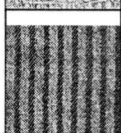

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ค่า Fractal Dimension และค่า Fitting Error ของภาพ Brodatz จำนวน 111 ภาพ
ที่ทดลองด้วยวิธีการ ITBC


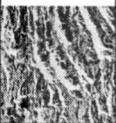
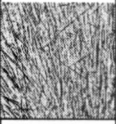
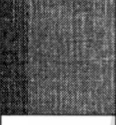

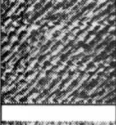
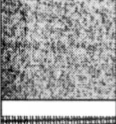
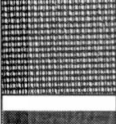
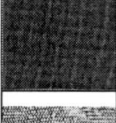
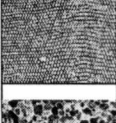
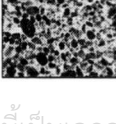
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ค่า Fractal Dimension และค่า Fitting Error ของภาพ Brodatz จำนวน 111 ภาพ
ที่ทดลองด้วยวิธีการ ITBC

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D001	2.7412	0.002038	2.7362	0.002026	2.7387	0.002031	2.7391	0.002352
	D002	2.8325	0.002329	2.8212	0.00236	2.8269	0.002343	2.8188	0.002183
	D003	2.8987	0.002278	2.8947	0.002277	2.8967	0.002277	2.883	0.002274
	D004	2.8968	0.002162	2.8857	0.002162	2.8913	0.00216	2.8916	0.002103
	D005	2.8501	0.00241	2.839	0.002439	2.8446	0.002424	2.8408	0.0023
	D006	2.911	0.002151	2.9046	0.002149	2.9078	0.002149	2.9189	0.001992
	D007	2.785	0.00273	2.779	0.002756	2.7821	0.002743	2.7573	0.002653
	D008	2.8056	0.001907	2.8046	0.001938	2.8051	0.00192	2.8063	0.001722
	D009	2.8866	0.002292	2.8764	0.002298	2.8816	0.002294	2.8821	0.002175
	D010	2.8195	0.00293	2.8154	0.002925	2.8175	0.002927	2.7763	0.003456
	D011	2.8734	0.00228	2.8606	0.002303	2.867	0.00229	2.8713	0.002146


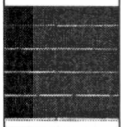

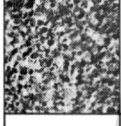

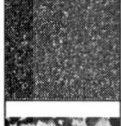
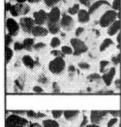
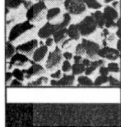

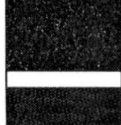

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D012	2.889	0.0019	2.8832	0.001912	2.8861	0.001906	2.8817	0.001781
	D013	2.8397	0.002449	2.831	0.002473	2.8354	0.002461	2.8322	0.002358
	D015	2.87	0.002318	2.8645	0.002321	2.8673	0.002319	2.8633	0.002217
	D016	2.9139	0.002219	2.9096	0.002177	2.9118	0.002198	2.9163	0.002125
	D017	2.9143	0.002264	2.9091	0.002255	2.9117	0.002258	2.9169	0.002197
	D018	2.8624	0.002207	2.851	0.002204	2.8568	0.002205	2.8624	0.002036
	D019	2.8127	0.002385	2.8022	0.002398	2.8075	0.002391	2.7993	0.002064
	D020	2.9037	0.002264	2.9013	0.002264	2.9025	0.002264	2.9037	0.002062
	D021	2.9113	0.002241	2.9112	0.002228	2.9113	0.002234	2.9143	0.002107
	D022	2.8891	0.002346	2.8849	0.002362	2.887	0.002354	2.8837	0.002188
	D023	2.8392	0.002316	2.8287	0.002312	2.834	0.002313	2.8355	0.002217

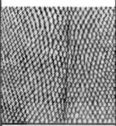

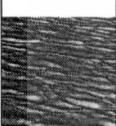
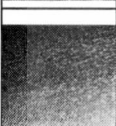


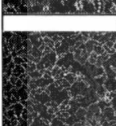


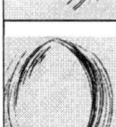

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D024	2.9086	0.002246	2.9029	0.00223	2.9058	0.002237	2.9044	0.002163
	D025	2.9206	0.001946	2.9203	0.001919	2.9204	0.001932	2.9248	0.001827
	D026	2.8997	0.002193	2.896	0.002198	2.8979	0.002196	2.9044	0.002003
	D027	2.8386	0.00243	2.8278	0.002385	2.8332	0.002406	2.83	0.002342
	D028	2.8461	0.002219	2.8331	0.002212	2.8397	0.002215	2.8344	0.002102
	D029	2.9029	0.002164	2.8939	0.00213	2.8985	0.002146	2.9044	0.002093
	D030	2.7449	0.002321	2.7419	0.002284	2.7434	0.0023	2.7439	0.002096
	D031	2.8108	0.002536	2.8039	0.002535	2.8074	0.002535	2.8117	0.002268
	D032	2.9245	0.001917	2.9221	0.001909	2.9233	0.001913	2.9288	0.001771
	D033	2.914	0.002162	2.9121	0.002156	2.9131	0.002159	2.9182	0.002041
	D034	2.9242	0.001931	2.9244	0.001932	2.9243	0.001932	2.9286	0.001755

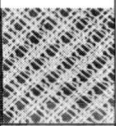
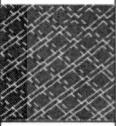
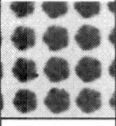
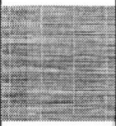
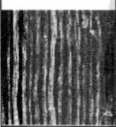

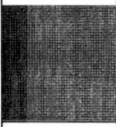
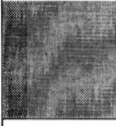
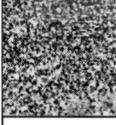


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D035	2.8735	0.002478	2.8641	0.002511	2.8688	0.002493	2.8589	0.002522
	D036	2.9115	0.002253	2.9075	0.002246	2.9095	0.002249	2.9103	0.002121
	D037	2.8889	0.00204	2.8829	0.002047	2.8859	0.002043	2.8876	0.001901
	D038	2.8925	0.001696	2.8895	0.001653	2.891	0.001674	2.8953	0.001513
	D039	2.9102	0.002003	2.9089	0.001997	2.9095	0.002	2.9132	0.001926
	D040	2.9181	0.002161	2.9154	0.002137	2.9168	0.002149	2.9217	0.001992
	D041	2.9169	0.002329	2.9163	0.002305	2.9166	0.002317	2.9185	0.002303
	D042	2.8982	0.002231	2.8966	0.002214	2.8974	0.002222	2.8972	0.002002
	D043	2.6833	0.001619	2.6846	0.00158	2.6839	0.001599	2.686	0.001303
	D044	2.6463	0.00202	2.646	0.002024	2.6461	0.002022	2.6495	0.001388
	D045	2.6759	0.003066	2.6732	0.003091	2.6746	0.003078	2.6556	0.002925

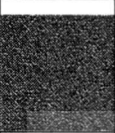


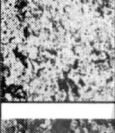

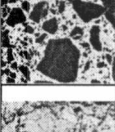
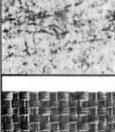
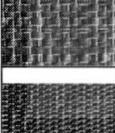
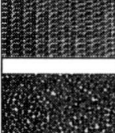
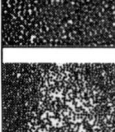

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D046	2.7929	0.002336	2.7868	0.002415	2.7899	0.002374	2.7796	0.00211
	D047	2.8677	0.002118	2.8672	0.002181	2.8674	0.002144	2.8723	0.001966
	D048	2.7364	0.001793	2.7348	0.001913	2.7356	0.00185	2.7418	0.001646
	D049	2.9122	0.002264	2.911	0.002251	2.9116	0.002257	2.9156	0.002083
	D050	2.8965	0.002019	2.8922	0.002	2.8944	0.00201	2.8981	0.00188
	D051	2.8755	0.002196	2.872	0.002208	2.8738	0.002202	2.8662	0.002246
	D052	2.9209	0.002011	2.9169	0.001992	2.9189	0.002	2.922	0.001964
	D053	2.9185	0.002198	2.9158	0.002185	2.9172	0.002191	2.9194	0.002134
	D054	2.8715	0.002136	2.8617	0.002163	2.8666	0.002149	2.8674	0.001947
	D055	2.8902	0.002233	2.8743	0.00227	2.8823	0.002247	2.8823	0.002109
	D056	2.8371	0.002241	2.8273	0.00223	2.8322	0.002235	2.8319	0.002076

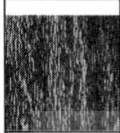
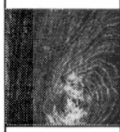

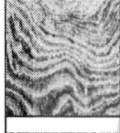


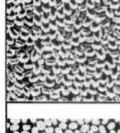
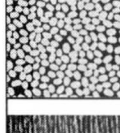
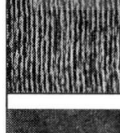


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D057	2.9121	0.002313	2.9052	0.002295	2.9087	0.002303	2.9155	0.002201
	D058	2.8008	0.002392	2.7961	0.002326	2.7985	0.002359	2.7718	0.002366
	D059	2.8657	0.001983	2.8662	0.002014	2.8659	0.001998	2.8678	0.001841
	D060	2.8296	0.002482	2.8241	0.00249	2.8269	0.002486	2.7932	0.002743
	D061	2.8427	0.002187	2.8394	0.00222	2.8411	0.002202	2.8445	0.001819
	D062	2.8577	0.002226	2.8512	0.002237	2.8545	0.002232	2.8491	0.002075
	D063	2.7437	0.002237	2.7396	0.002237	2.7417	0.002236	2.7306	0.001975
	D064	2.8885	0.001915	2.8839	0.001914	2.8862	0.001914	2.8908	0.001833
	D065	2.898	0.002126	2.89	0.002107	2.894	0.002116	2.9003	0.002055
	D066	2.8888	0.002129	2.884	0.00214	2.8864	0.002131	2.8901	0.002056
	D067	2.8907	0.0023	2.883	0.002307	2.8869	0.002303	2.8899	0.002124


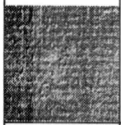

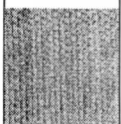
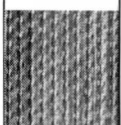
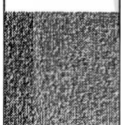


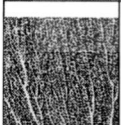
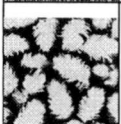
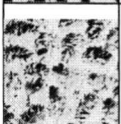
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D068	2.9015	0.001951	2.8975	0.001923	2.8995	0.001936	2.9033	0.001856
	D069	2.8965	0.001993	2.8923	0.001984	2.8944	0.001988	2.8985	0.001862
	D070	2.9061	0.001777	2.9028	0.001784	2.9044	0.001781	2.9067	0.001664
	D071	2.8045	0.002201	2.8014	0.002188	2.803	0.002194	2.8011	0.002071
	D072	2.8568	0.002059	2.8507	0.002052	2.8538	0.002055	2.8563	0.00183
	D073	2.8586	0.002297	2.8488	0.002291	2.8537	0.002293	2.8394	0.002284
	D074	2.8548	0.002514	2.8459	0.002565	2.8503	0.002539	2.841	0.002603
	D075	2.7603	0.003804	2.7582	0.003847	2.7592	0.003825	2.7459	0.003958
	D076	2.9027	0.002044	2.8939	0.002021	2.8983	0.002032	2.9038	0.001975
	D077	2.9138	0.002202	2.9107	0.002174	2.9123	0.002187	2.9143	0.002157
	D078	2.9088	0.001967	2.9019	0.001959	2.9054	0.001963	2.9086	0.001891

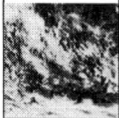

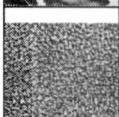

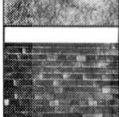
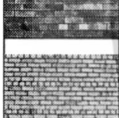

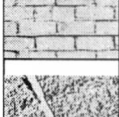
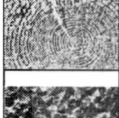
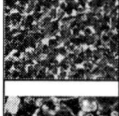
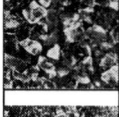
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D079	2.9071	0.002195	2.8996	0.002185	2.9034	0.002189	2.9082	0.002005
	D080	2.9083	0.001994	2.9008	0.001982	2.9045	0.001987	2.9077	0.001907
	D081	2.902	0.002193	2.8953	0.002168	2.8987	0.00218	2.8997	0.002074
	D082	2.8657	0.002026	2.8563	0.001986	2.861	0.002005	2.8504	0.001951
	D083	2.8794	0.002155	2.87	0.002142	2.8747	0.002148	2.8743	0.002038
	D084	2.9082	0.002058	2.8991	0.002067	2.9037	0.00206	2.9053	0.001985
	D085	2.8727	0.001964	2.8691	0.001977	2.8709	0.00197	2.8661	0.001874
	D086	2.8991	0.002048	2.8923	0.002054	2.8958	0.00205	2.8985	0.00193
	D087	2.9089	0.002317	2.9057	0.002316	2.9073	0.002316	2.9082	0.002204
	D088	2.7454	0.002397	2.7392	0.002421	2.7423	0.002409	2.745	0.002045
	D089	2.7162	0.002704	2.7104	0.002707	2.7134	0.002706	2.7071	0.002239

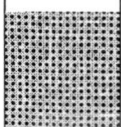
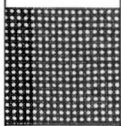
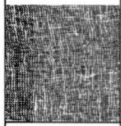

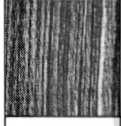
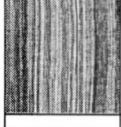



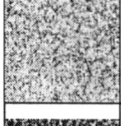

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D090	2.8117	0.00155	2.8062	0.001602	2.809	0.001576	2.8135	0.001342
	D091	2.7582	0.002062	2.7545	0.002079	2.7564	0.00207	2.766	0.00174
	D092	2.8741	0.002153	2.8583	0.002193	2.8663	0.002171	2.8659	0.002099
	D093	2.8405	0.002285	2.8342	0.002256	2.8373	0.00227	2.8361	0.002044
	D094	2.8618	0.002077	2.8569	0.002061	2.8593	0.002069	2.8643	0.001852
	D095	2.7933	0.003168	2.7892	0.00318	2.7913	0.003174	2.7848	0.003127
	D096	2.6706	0.002991	2.6663	0.002974	2.6684	0.002982	2.6431	0.002713
	D097	2.855	0.002356	2.8497	0.002371	2.8524	0.002362	2.836	0.002383
	D098	2.859	0.002208	2.8512	0.002188	2.8551	0.002196	2.8591	0.001923
	D099	2.8645	0.002276	2.859	0.002276	2.8618	0.002276	2.8668	0.002028
	D100	2.907	0.002042	2.9	0.002039	2.9035	0.00204	2.9061	0.001923

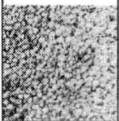
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D101	2.9025	0.002333	2.9015	0.002333	2.902	0.002333	2.8761	0.002463
	D102	2.9113	0.002011	2.9107	0.002012	2.911	0.002011	2.9089	0.001941
	D103	2.9153	0.002352	2.9139	0.002341	2.9146	0.002347	2.9163	0.002302
	D104	2.9165	0.002269	2.9156	0.002262	2.916	0.002265	2.9197	0.002125
	D105	2.9029	0.002285	2.9011	0.002281	2.902	0.002283	2.9041	0.002195
	D106	2.8902	0.002232	2.8859	0.002209	2.8881	0.00222	2.8859	0.002205
	D107	2.9086	0.002363	2.9077	0.002354	2.9081	0.002359	2.9071	0.002317
	D108	2.779	0.003135	2.776	0.003154	2.7775	0.003144	2.7414	0.003305
	D109	2.9139	0.002331	2.9135	0.002324	2.9137	0.002328	2.9157	0.002256
	D110	2.8672	0.002357	2.8642	0.002353	2.8657	0.002355	2.844	0.002439
	D111	2.9072	0.002176	2.8993	0.002186	2.9033	0.00218	2.9065	0.002105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

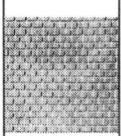

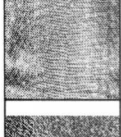
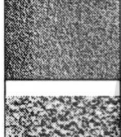
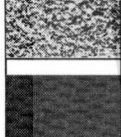
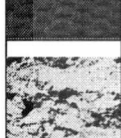
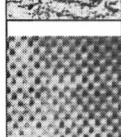
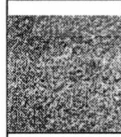
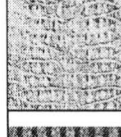
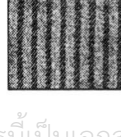

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MaxMax		MaxMin		MaxAverage		MinMax	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D112	2.8048	0.002482	2.7966	0.002481	2.8007	0.002481	2.7806	0.002355






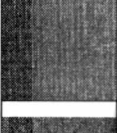
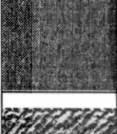
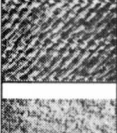
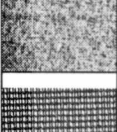
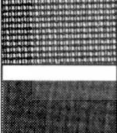
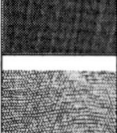
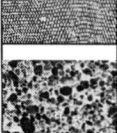

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D001	2.7051	0.002477	2.7227	0.002381	2.7383	0.002174	2.7234	0.002187
	D002	2.7849	0.002161	2.8023	0.002166	2.8224	0.002255	2.8073	0.002239
	D003	2.8429	0.002979	2.8636	0.002546	2.889	0.002252	2.8721	0.002426
	D004	2.871	0.002107	2.8815	0.002092	2.8909	0.002127	2.8819	0.002115
	D005	2.7953	0.002501	2.8188	0.002379	2.8424	0.002349	2.8213	0.00242
	D006	2.9175	0.00198	2.9182	0.001986	2.9142	0.00207	2.9118	0.002063
	D007	2.7078	0.002678	2.7337	0.002652	2.7698	0.002671	2.7478	0.002665
	D008	2.8054	0.001575	2.8059	0.001627	2.8072	0.001816	2.8037	0.001725
	D009	2.864	0.002167	2.8732	0.002165	2.8812	0.00223	2.8736	0.002215
	D010	2.6905	0.004496	2.736	0.003897	2.7965	0.003145	2.7611	0.00348
	D011	2.8554	0.002092	2.8635	0.002116	2.869	0.002215	2.8615	0.002189

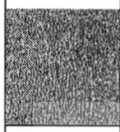
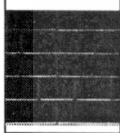
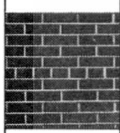
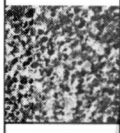
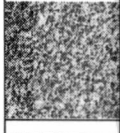
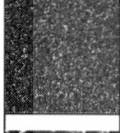
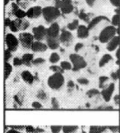
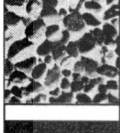



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D012	2.8563	0.001856	2.8693	0.001802	2.8839	0.001831	2.8717	0.001839
	D013	2.8001	0.002306	2.8166	0.002324	2.8337	0.0024	2.8184	0.002372
	D015	2.8275	0.002394	2.8459	0.002277	2.8648	0.002258	2.8486	0.002301
	D016	2.9128	0.002077	2.9146	0.0021	2.914	0.002157	2.9124	0.00214
	D017	2.9138	0.002145	2.9153	0.00217	2.9146	0.002227	2.9124	0.0022
	D018	2.8316	0.002057	2.8474	0.002039	2.8604	0.002114	2.8437	0.00212
	D019	2.7627	0.002054	2.7816	0.002053	2.8024	0.002216	2.7875	0.002221
	D020	2.8929	0.002123	2.8983	0.002087	2.903	0.00216	2.8978	0.002174
	D021	2.9151	0.002058	2.9147	0.002082	2.9127	0.002169	2.9132	0.002146
	D022	2.8557	0.002522	2.8701	0.002296	2.8849	0.002262	2.8723	0.002322
	D023	2.807	0.002197	2.8216	0.002204	2.8353	0.002258	2.8203	0.002248

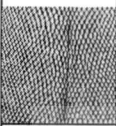
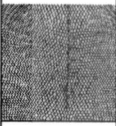
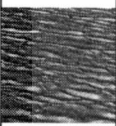
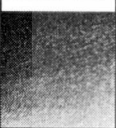
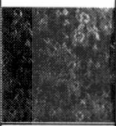

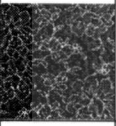




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D024	2.8889	0.002165	2.8967	0.002149	2.9046	0.002195	2.898	0.00217
	D025	2.9245	0.001792	2.9246	0.001809	2.9226	0.001873	2.9224	0.001855
	D026	2.9003	0.001963	2.9024	0.001982	2.9011	0.002095	2.8991	0.002077
	D027	2.7934	0.002349	2.8123	0.002336	2.8315	0.00236	2.8142	0.002358
	D028	2.7944	0.002191	2.815	0.002136	2.8359	0.002141	2.8192	0.002171
	D029	2.8952	0.002052	2.8998	0.002072	2.9014	0.002117	2.8968	0.0021
	D030	2.7293	0.00202	2.7367	0.001983	2.7444	0.002183	2.7357	0.002094
	D031	2.7859	0.00205	2.7991	0.002139	2.8096	0.002399	2.7968	0.002281
	D032	2.927	0.00175	2.9279	0.00176	2.9262	0.001839	2.925	0.001829
	D033	2.9178	0.002007	2.918	0.002024	2.9158	0.002096	2.9152	0.002078
	D034	2.9289	0.001739	2.9287	0.001747	2.9265	0.001838	2.9264	0.001833

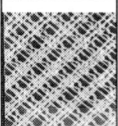

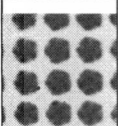
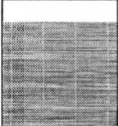
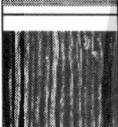

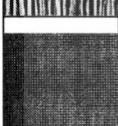


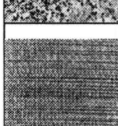
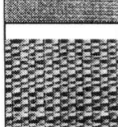
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D035	2.8137	0.00306	2.8371	0.002747	2.8633	0.002486	2.8431	0.002666
	D036	2.897	0.002155	2.9037	0.002113	2.9098	0.00218	2.9035	0.002159
	D037	2.8744	0.001846	2.8811	0.001872	2.8866	0.001971	2.8804	0.001942
	D038	2.8934	0.001442	2.8943	0.001475	2.893	0.001596	2.8922	0.001551
	D039	2.9115	0.001889	2.9123	0.001907	2.9111	0.00196	2.9107	0.00194
	D040	2.9173	0.001949	2.9195	0.001969	2.9193	0.00207	2.9169	0.002044
	D041	2.9176	0.00228	2.918	0.002292	2.9174	0.002309	2.9172	0.002295
	D042	2.8812	0.001966	2.8893	0.001973	2.8972	0.002105	2.8895	0.002074
	D043	2.6308	0.001837	2.6609	0.001462	2.6854	0.001397	2.6599	0.001612
	D044	2.6482	0.001649	2.6485	0.00136	2.6478	0.001684	2.6463	0.001684
	D045	2.5653	0.002547	2.6145	0.002681	2.6651	0.002996	2.6266	0.002757


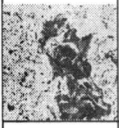

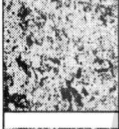

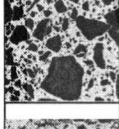

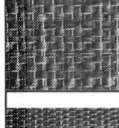
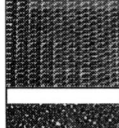
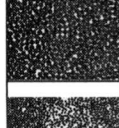

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D046	2.7117	0.002527	2.7475	0.002255	2.7862	0.002232	2.752	0.00236
	D047	2.8758	0.001977	2.874	0.001961	2.8705	0.00205	2.8709	0.00204
	D048	2.7711	0.00252	2.7556	0.001916	2.7396	0.001735	2.7515	0.002048
	D049	2.9121	0.002059	2.9139	0.002071	2.9134	0.002169	2.9121	0.002155
	D050	2.8932	0.001792	2.8957	0.001835	2.896	0.001941	2.8939	0.001901
	D051	2.853	0.002268	2.8597	0.002251	2.8698	0.002224	2.8637	0.002213
	D052	2.9164	0.001919	2.9192	0.001939	2.9209	0.001983	2.9172	0.001957
	D053	2.9161	0.002071	2.9177	0.002099	2.9181	0.002161	2.9168	0.002127
	D054	2.8317	0.002003	2.8501	0.001959	2.8671	0.002041	2.8497	0.002051
	D055	2.8525	0.002333	2.8678	0.002195	2.88	0.00218	2.8703	0.002216
	D056	2.8087	0.0019	2.8206	0.001983	2.8322	0.002145	2.8206	0.002066

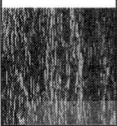
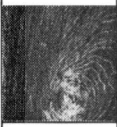





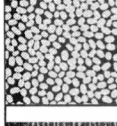


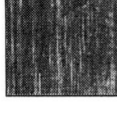
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D057	2.9127	0.002126	2.9141	0.002161	2.9124	0.002251	2.9103	0.00221
	D058	2.7262	0.00244	2.75	0.002388	2.7853	0.002324	2.765	0.00236
	D059	2.8657	0.001782	2.8667	0.001809	2.8667	0.001919	2.8659	0.001885
	D060	2.7305	0.0033	2.7633	0.002979	2.8101	0.002565	2.7829	0.002746
	D061	2.8331	0.001689	2.8389	0.001752	2.8425	0.002	2.8374	0.001948
	D062	2.8134	0.002093	2.8318	0.002066	2.8525	0.002146	2.8339	0.002134
	D063	2.6925	0.001912	2.7125	0.001938	2.7364	0.002089	2.7188	0.002082
	D064	2.8847	0.001808	2.8878	0.00182	2.8885	0.001867	2.8855	0.001861
	D065	2.8952	0.001967	2.8978	0.002009	2.898	0.002082	2.8937	0.002039
	D066	2.8823	0.002024	2.8862	0.002039	2.8886	0.002087	2.884	0.002075
	D067	2.8581	0.002229	2.8744	0.002146	2.8883	0.00221	2.8729	0.002219

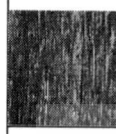


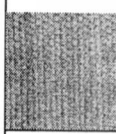
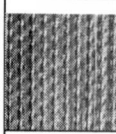
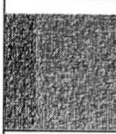

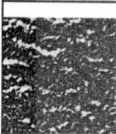

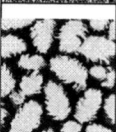
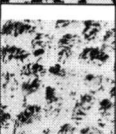
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D068	2.8994	0.001806	2.9014	0.001831	2.9013	0.001893	2.8996	0.001872
	D069	2.8938	0.001772	2.8962	0.001816	2.8961	0.001918	2.8944	0.001884
	D070	2.9016	0.001644	2.9042	0.001653	2.9057	0.001723	2.9029	0.001709
	D071	2.7899	0.002069	2.7957	0.002068	2.802	0.002128	2.7967	0.002115
	D072	2.8425	0.001764	2.8495	0.001794	2.855	0.001935	2.8482	0.001905
	D073	2.7979	0.002459	2.8193	0.002352	2.8457	0.002276	2.8281	0.002323
	D074	2.7747	0.003169	2.8093	0.00282	2.8461	0.002553	2.8141	0.002744
	D075	2.6567	0.004536	2.7039	0.004155	2.7526	0.003875	2.7118	0.004047
	D076	2.8966	0.001949	2.9002	0.00196	2.9015	0.002	2.8971	0.001988
	D077	2.9115	0.002085	2.9129	0.002119	2.913	0.002166	2.9121	0.002138
	D078	2.9002	0.001847	2.9044	0.001868	2.9065	0.001924	2.9033	0.001904

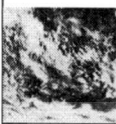





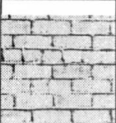
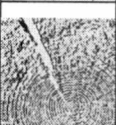
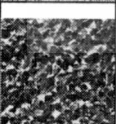
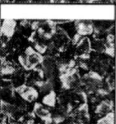
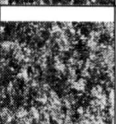
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D079	2.8988	0.00197	2.9035	0.001984	2.905	0.002096	2.9018	0.002072
	D080	2.8965	0.001866	2.9021	0.001882	2.9059	0.001944	2.9008	0.001915
	D081	2.8871	0.002024	2.8935	0.002042	2.899	0.002122	2.8932	0.002093
	D082	2.8224	0.001897	2.8368	0.001918	2.8543	0.001964	2.844	0.001947
	D083	2.855	0.002002	2.8648	0.002017	2.8737	0.002091	2.8659	0.002069
	D084	2.8883	0.002005	2.8969	0.001978	2.9044	0.002017	2.8962	0.002008
	D085	2.8488	0.001956	2.8576	0.001901	2.8681	0.001922	2.8606	0.001926
	D086	2.8809	0.00194	2.8899	0.00193	2.8971	0.001987	2.8884	0.001987
	D087	2.8934	0.002193	2.9009	0.002168	2.9081	0.002258	2.9001	0.00221
	D088	2.7337	0.001814	2.7394	0.001852	2.7437	0.002219	2.7378	0.002029
	D089	2.6601	0.001958	2.6849	0.002073	2.7103	0.002457	2.6887	0.00232

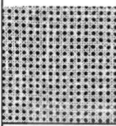
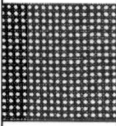
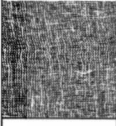
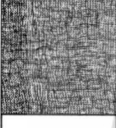
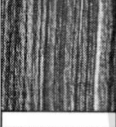



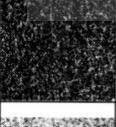
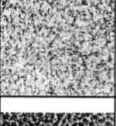

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D090	2.8048	0.001318	2.8092	0.001323	2.8115	0.00146	2.8066	0.001437
	D091	2.7793	0.001886	2.7723	0.001736	2.7617	0.001896	2.7665	0.001904
	D092	2.837	0.002116	2.8517	0.002101	2.8652	0.002131	2.8529	0.002135
	D093	2.8235	0.002033	2.8299	0.002028	2.8361	0.002147	2.8312	0.002138
	D094	2.8545	0.001803	2.8594	0.001826	2.8615	0.001956	2.8572	0.001936
	D095	2.7524	0.003354	2.769	0.003227	2.7875	0.003129	2.7732	0.00323
	D096	2.5959	0.002579	2.6205	0.002628	2.6556	0.002812	2.6357	0.002755
	D097	2.7884	0.002754	2.8131	0.002534	2.8438	0.00235	2.8226	0.002466
	D098	2.8363	0.001896	2.8479	0.001907	2.8569	0.002053	2.8461	0.002035
	D099	2.8532	0.001941	2.8601	0.001982	2.8644	0.002147	2.8573	0.002107
	D100	2.8939	0.001879	2.9001	0.001892	2.9047	0.001976	2.8988	0.001936


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D101	2.7233	0.006909	2.8075	0.004206	2.8896	0.00225	2.8246	0.003524
	D102	2.8844	0.002197	2.8969	0.002035	2.91	0.001972	2.8979	0.002047
	D103	2.9148	0.002207	2.9155	0.00225	2.9155	0.002324	2.9146	0.002269
	D104	2.916	0.002105	2.9179	0.002103	2.9178	0.002189	2.916	0.002156
	D105	2.9035	0.002135	2.9038	0.002164	2.9034	0.002239	2.9025	0.002207
	D106	2.8765	0.002175	2.8812	0.002188	2.8864	0.002212	2.883	0.002194
	D107	2.8991	0.002237	2.9031	0.002265	2.9077	0.002335	2.9035	0.002278
	D108	2.6528	0.003935	2.6999	0.003553	2.7597	0.0032	2.7214	0.003393
	D109	2.9171	0.002232	2.9164	0.002244	2.9148	0.002293	2.9153	0.002278
	D110	2.7928	0.003094	2.8195	0.002701	2.8542	0.002371	2.8323	0.002535
	D111	2.8933	0.00208	2.8999	0.002087	2.9054	0.002142	2.8978	0.002121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

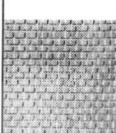

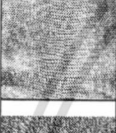
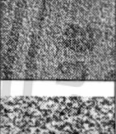



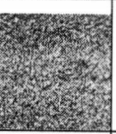
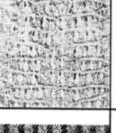
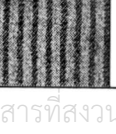

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		MinMin		MinAverage		AverageMax		AverageMin	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D112	2.722	0.002569	2.7527	0.002439	2.7898	0.0024	2.7653	0.002478



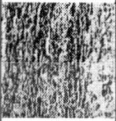
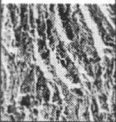
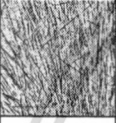

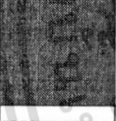
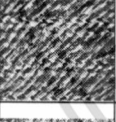

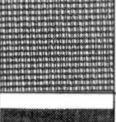
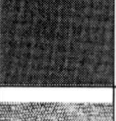
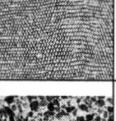
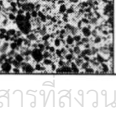
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D001	2.731	0.002174	2.7262	0.002292	2.7323	0.002178
	D002	2.815	0.002246	2.801	0.002283	2.8172	0.002236
	D003	2.8807	0.002321	2.8769	0.002373	2.8823	0.002184
	D004	2.8864	0.002118	2.8787	0.002116	2.8882	0.002113
	D005	2.832	0.002379	2.8154	0.002452	2.8363	0.002249
	D006	2.913	0.002066	2.9131	0.002062	2.913	0.002067
	D007	2.759	0.002666	2.7514	0.002724	2.7608	0.002648
	D008	2.8055	0.001767	2.7982	0.001699	2.808	0.001605
	D009	2.8774	0.002222	2.8703	0.002211	2.8787	0.002016
	D010	2.7792	0.003299	2.7768	0.003361	2.7797	0.003289
	D011	2.8653	0.002201	2.8558	0.002179	2.8672	0.002198

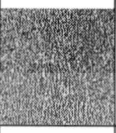
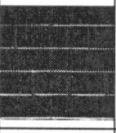

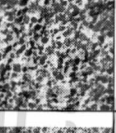
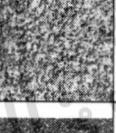

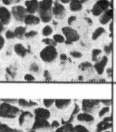

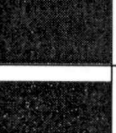
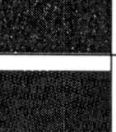

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D012	2.8779	0.001831	2.874	0.00183	2.8791	0.001816
	D013	2.8262	0.002384	2.8196	0.002346	2.8283	0.002316
	D015	2.8568	0.002273	2.8513	0.002282	2.8583	0.002267
	D016	2.9132	0.002148	2.9131	0.002145	2.9133	0.002149
	D017	2.9135	0.002213	2.9119	0.002185	2.9141	0.002012
	D018	2.8521	0.002115	2.8371	0.002089	2.8559	0.002014
	D019	2.795	0.002217	2.7796	0.002246	2.7985	0.00206
	D020	2.9004	0.002165	2.8989	0.002154	2.9012	0.002054
	D021	2.913	0.002157	2.9135	0.002143	2.9129	0.002161
	D022	2.8787	0.002279	2.8719	0.002305	2.8802	0.002274
	D023	2.8279	0.002252	2.8143	0.002224	2.8316	0.002158


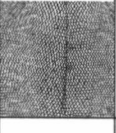
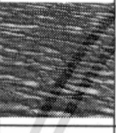

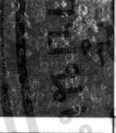
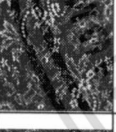
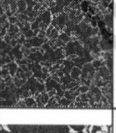




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D024	2.9013	0.00218	2.897	0.002146	2.9022	0.002124
	D025	2.9225	0.001864	2.922	0.001856	2.9224	0.001808
	D026	2.9001	0.002086	2.8991	0.00205	2.9005	0.00198
	D027	2.823	0.002357	2.8089	0.002318	2.8264	0.002237
	D028	2.8276	0.002154	2.8122	0.002166	2.8306	0.00203
	D029	2.8992	0.002108	2.8956	0.002097	2.8999	0.002008
	D030	2.7401	0.002125	2.7328	0.002013	2.7429	0.001915
	D031	2.8033	0.002336	2.7952	0.002186	2.8062	0.002046
	D032	2.9256	0.001834	2.9251	0.001826	2.9258	0.001731
	D033	2.9155	0.002087	2.9156	0.002067	2.9155	0.001993
	D034	2.9265	0.001835	2.9265	0.001829	2.9265	0.001837

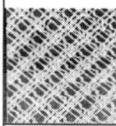
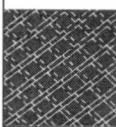
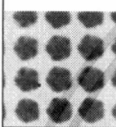
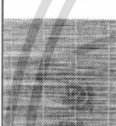
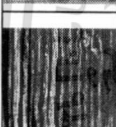

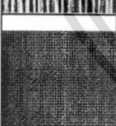


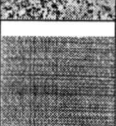
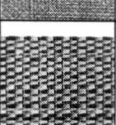
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D035	2.8534	0.002566	2.8407	0.002623	2.8564	0.002527
	D036	2.9067	0.002164	2.9009	0.002146	2.9082	0.002157
	D037	2.8835	0.001956	2.8766	0.001926	2.8848	0.001852
	D038	2.8926	0.001573	2.8946	0.001437	2.8934	0.001509
	D039	2.9109	0.00195	2.9108	0.001913	2.9112	0.001899
	D040	2.9181	0.002056	2.9161	0.002031	2.9191	0.001951
	D041	2.9173	0.002302	2.917	0.002301	2.9174	0.002203
	D042	2.8934	0.002087	2.8923	0.002036	2.894	0.001989
	D043	2.6731	0.001483	2.6698	0.001595	2.6742	0.001458
	D044	2.647	0.001659	2.6447	0.001659	2.6476	0.001367
	D045	2.6466	0.00287	2.6395	0.003015	2.6479	0.002544

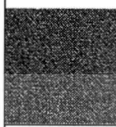
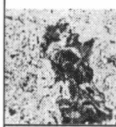
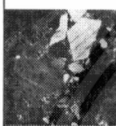
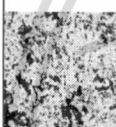
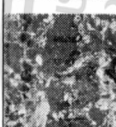
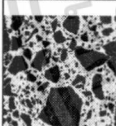
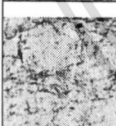
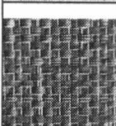
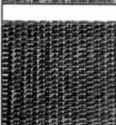
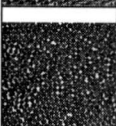

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D046	2.7695	0.002281	2.7422	0.002501	2.7778	0.002218
	D047	2.8707	0.002044	2.8675	0.001985	2.8719	0.00203
	D048	2.7454	0.001838	2.7475	0.002169	2.7463	0.001727
	D049	2.9127	0.002162	2.9132	0.00214	2.9129	0.002058
	D050	2.895	0.001921	2.8923	0.00187	2.8952	0.001827
	D051	2.8668	0.002217	2.8655	0.002156	2.8671	0.00222
	D052	2.9191	0.001969	2.9157	0.001953	2.9201	0.001922
	D053	2.9175	0.002143	2.917	0.002106	2.9178	0.002044
	D054	2.8585	0.002042	2.8446	0.002087	2.8619	0.001924
	D055	2.8752	0.002195	2.8665	0.002265	2.8761	0.002122
	D056	2.8265	0.002105	2.8178	0.002039	2.8287	0.001894

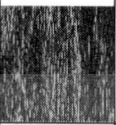
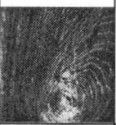

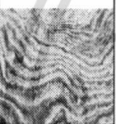
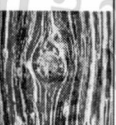


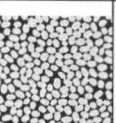


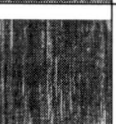
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D057	2.9114	0.00223	2.9108	0.002167	2.9119	0.002133
	D058	2.7754	0.00234	2.7664	0.002383	2.7773	0.002325
	D059	2.8663	0.001901	2.8651	0.001853	2.8669	0.0019
	D060	2.7968	0.002647	2.7887	0.002748	2.7983	0.002428
	D061	2.84	0.001974	2.8361	0.001895	2.8413	0.001758
	D062	2.8434	0.002136	2.8334	0.002119	2.8465	0.002029
	D063	2.7278	0.002084	2.712	0.002142	2.7317	0.001933
	D064	2.887	0.001864	2.8841	0.001836	2.8877	0.00183
	D065	2.8959	0.00206	2.8936	0.002012	2.8965	0.002003
	D066	2.8863	0.002081	2.8835	0.002069	2.8868	0.002024
	D067	2.8807	0.002208	2.8772	0.002162	2.8823	0.002192

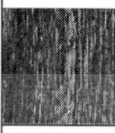



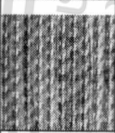

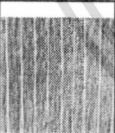
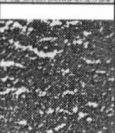
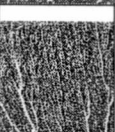

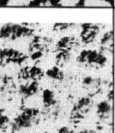
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D068	2.9004	0.001883	2.8997	0.001878	2.9002	0.001826
	D069	2.8952	0.001901	2.8944	0.001826	2.8957	0.001801
	D070	2.9043	0.001715	2.9018	0.001666	2.9054	0.001623
	D071	2.7994	0.002121	2.7928	0.002089	2.8014	0.00206
	D072	2.8516	0.00192	2.8472	0.001865	2.8525	0.001714
	D073	2.837	0.002296	2.8235	0.002365	2.8396	0.002274
	D074	2.8305	0.002632	2.8153	0.002735	2.8345	0.002509
	D075	2.7327	0.003942	2.7268	0.004054	2.7338	0.003925
	D076	2.8993	0.001994	2.8951	0.001983	2.9001	0.001935
	D077	2.9126	0.002152	2.9134	0.002103	2.9129	0.002135
	D078	2.9049	0.001914	2.904	0.001884	2.9056	0.001891



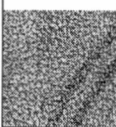





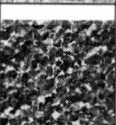

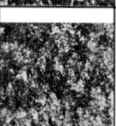
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D079	2.9034	0.002084	2.9021	0.002059	2.9036	0.00208
	D080	2.9033	0.001929	2.8993	0.001882	2.9047	0.001822
	D081	2.8961	0.002106	2.8918	0.002055	2.8972	0.002099
	D082	2.8492	0.001954	2.8414	0.001977	2.8499	0.001951
	D083	2.8698	0.00208	2.863	0.00203	2.8709	0.002002
	D084	2.9003	0.002008	2.8916	0.00203	2.9024	0.001901
	D085	2.8644	0.001922	2.8621	0.001898	2.8649	0.001918
	D086	2.8928	0.001986	2.8892	0.001975	2.894	0.001925
	D087	2.9041	0.002226	2.8994	0.002182	2.9058	0.002033
	D088	2.7408	0.002112	2.7342	0.001959	2.7432	0.001813
	D089	2.6998	0.002386	2.6888	0.002378	2.7032	0.002057

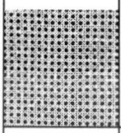
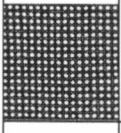
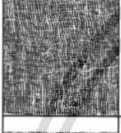



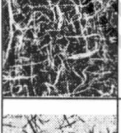

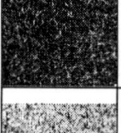
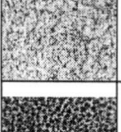
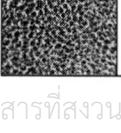
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D090	2.8091	0.001447	2.7983	0.001408	2.8119	0.001331
	D091	2.764	0.001885	2.7617	0.001774	2.7655	0.001761
	D092	2.8591	0.002131	2.8439	0.002174	2.8612	0.002103
	D093	2.8337	0.002141	2.8318	0.002093	2.8343	0.002033
	D094	2.8594	0.001946	2.8569	0.001934	2.8604	0.001825
	D095	2.7804	0.003176	2.7754	0.003258	2.7812	0.00317
	D096	2.6458	0.002781	2.6397	0.002842	2.6465	0.002573
	D097	2.8334	0.002401	2.8225	0.00253	2.8365	0.002365
	D098	2.8515	0.002043	2.8407	0.00201	2.854	0.001829
	D099	2.8609	0.002127	2.8532	0.002099	2.8629	0.001822
	D100	2.9018	0.001954	2.8981	0.001928	2.9025	0.001859

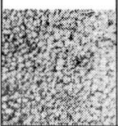
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D101	2.8585	0.002748	2.8454	0.002841	2.8614	0.002753
	D102	2.904	0.002001	2.9024	0.001999	2.9041	0.002005
	D103	2.915	0.002295	2.9142	0.002244	2.9156	0.002297
	D104	2.9169	0.00217	2.9165	0.002131	2.9173	0.002162
	D105	2.9029	0.002223	2.9033	0.002193	2.9028	0.002033
	D106	2.8847	0.002202	2.8839	0.002185	2.8848	0.001903
	D107	2.9056	0.002304	2.9057	0.002252	2.9063	0.002198
	D108	2.7411	0.003285	2.7358	0.003392	2.742	0.003264
	D109	2.915	0.002285	2.9156	0.002259	2.9149	0.002192
	D110	2.8435	0.00244	2.8414	0.002469	2.8441	0.002431
	D111	2.9016	0.00213	2.8934	0.002119	2.9036	0.00203

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Texture Images		AverageAverage		Direct		Indirect	
		FD	Fitting Error	FD	Fitting Error	FD	Fitting Error
	D112	2.7778	0.002435	2.7624	0.002553	2.78	0.002418



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ตารางค่าวิกฤตของไคสแควร์

df	Probability under $H_0: \chi^2 \geq \text{Chi Square}$					
	Level of significance for one-tailed test					
	.10	.05	.025	.01	.005	.0005
	Level of significance for two-tailed test					
	.20	.10	.05	.02	.01	.001
1	1.64	2.71	3.84	5.41	6.64	10.83
2	3.22	4.60	5.99	7.82	9.21	13.82
3	4.64	6.25	7.82	9.84	11.34	16.27
4	5.99	7.78	9.49	11.67	13.28	18.46
5	7.29	9.24	11.07	13.39	15.09	20.52
6	8.56	10.64	12.59	15.03	16.81	22.46
7	9.80	12.02	14.07	16.62	18.48	24.32
8	11.03	13.36	15.51	18.17	20.09	26.12
9	12.24	14.68	16.92	19.68	21.67	27.88
10	13.44	15.99	18.31	21.16	23.21	29.59
11	14.63	17.28	19.68	22.62	24.72	31.26
12	15.81	18.55	21.03	24.05	26.22	32.91
13	16.98	19.81	22.36	26.87	27.69	34.53
14	18.15	21.06	23.68	29.26	29.14	36.12
15	19.31	22.31	25.00	31.00	30.58	37.70
16	20.46	23.54	26.30	32.35	32.35	39.29
17	21.62	24.77	27.59	33.69	33.41	40.75
18	22.76	25.99	28.87	35.02	34.80	42.31
19	23.90	27.20	30.14	36.64	36.19	43.82
20	25.04	28.41	31.41	37.69	37.57	45.32
21	26.17	29.62	32.67	37.57	38.93	46.80
22	27.30	30.81	33.92	38.66	40.29	48.27
23	28.43	32.01	35.17	38.97	41.57	49.73
24	29.55	33.20	36.42	40.27	42.98	51.18
25	30.68	34.38	37.65	41.57	44.61	52.62
26	31.80	35.56	38.88	42.86	45.64	54.05
27	32.91	36.74	40.11	44.14	46.96	55.48
28	34.03	37.92	41.34	45.64	48.28	56.89
29	35.14	39.09	42.69	46.96	49.59	58.30
30	36.25	40.26	43.77	47.96	50.89	59.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล : นายเหมรัมย์ วีชรหัสพงศ์

ชื่อหัวข้อ : การปรับปรุงวิธีการบล็อกค่านิ่งแบบสามเหลี่ยมในการประมาณค่ามิติแฟร็กทัล
สำหรับภาพระดับเทา

สาขาวิชา : เทคโนโลยีสารสนเทศ

แขนงวิชา : เทคโนโลยีระบบสารสนเทศ

ประวัติ :

ประวัติส่วนตัวเกิดเมื่อวันที่ 13 พฤศจิกายน 2518 ที่จังหวัดระยอง

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ จากมหาวิทยาลัยบูรพา ในปีการศึกษา 2541 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ แขนงวิชาเทคโนโลยีระบบสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี 2553



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้