

การศึกษาการวัดความหยาบผิวไม้ยางพาราแปรรูปโดยวิธีการประมวลผลภาพ



นายสัมภาษณ์ ศรีสุข

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-2590-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN EMPIRICAL STUDY ON MEASUREMENT OF SURFACE ROUGHNESS OF MACHINED
PARA- WOOD USING VISION SYSTEM



Mr.Sampas Srisook

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-2590-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาการวัดความหยาบผิวไม่ยางพาราแปรรูปโดยวิธีการ
 ประมวลผลภาพ
โดย นายสัมภรณ์ ศรีสุข
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริจิรวนิช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช)

สัมภาษณ์ ศรีสุข: การศึกษาการวัดความหยาบผิวไม้ยางพาราแปรรูปโดยวิธีการ
ประมวลผลภาพ(AN EMPIRICAL STUDY ON MEASUREMENT OF SURFACE
ROUGHNESS OF MACHINED PARA- WOOD USING VISION SYSTEM)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร, จำนวนหน้า 88 หน้า. ISBN 974-
17-2590-6

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการตรวจสอบความหยาบผิวโดยวิธีการ
ประมวลผลภาพแทนการวัดความหยาบผิวชิ้นงานไม้ยางพาราด้วยวิธีการสัมผัส ศึกษาความสัมพันธ์
ระหว่างค่าความหยาบผิวที่วัดโดยเครื่องวัดความหยาบผิวกับความหยาบผิวที่ได้จากการประมวลผล
จากภาพสแกน และศึกษาระดับความหยาบผิวไม้ยางพาราที่พนักงานไม่อาจจำแนกได้โดยวิธีการ
สัมผัส ในการทดลองได้ใช้ตัวอย่างชิ้นงานไม้ยางพาราจำนวน 100 ชิ้น และทำการกำหนดปัจจัยที่มีผล
ต่อการศึกษาได้แก่ ความเข้มสีของเนื้อไม้ซึ่งในการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ระดับที่มีช่วงความเข้มสี
เท่ากับ 175-185, 186-190, 191-195 และ 196-205 ความหยาบผิวของไม้ที่ผ่านการขัดด้วยเครื่องขัด
กระดาษทราย 5 ระดับคือเบอร์ 100 150 180 240 และ 320 จากนั้นนำชิ้นงานไปทำการวัดค่าความ
หยาบผิวด้วยเครื่อง Stylus Probe Instrument ซึ่งจะได้ค่าความหยาบผิวจริง และนำชิ้นงานไปผ่าน
เครื่องสแกนที่ระดับความละเอียดเท่ากับ 600, 1200 และ 2400 dpi เพื่อคำนวณค่าความหยาบผิวภาพ
ด้วยโปรแกรม Scion Image และกำหนดค่าความหยาบผิวสัมผัสจากคนงานจริงในโรงงานไม้แปรรูป
หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าความหยาบผิวต่างๆ

ผลการศึกษาพบว่าค่าความละเอียดของเครื่องสแกนไม่มีผลต่อค่าความหยาบผิวภาพ
ขณะที่ความเข้มสีของไม้ยางพารามีความสัมพันธ์กับความหยาบผิวภาพและไม่มีความสัมพันธ์กับ
ความสว่างของสีภาพ(GrayLevel) ส่วนค่าความหยาบผิวที่ได้จากการประมวลผลภาพกับค่าความหยาบ
ผิวจริงมีความสัมพันธ์กัน โดยทั้งหมดนี้มีค่านัยสำคัญ(α)เท่ากับ 0.05 ซึ่งผลการศึกษาสามารถใช้เป็น
ทางเลือกในการหาค่าความหยาบผิวของไม้ยางพาราแปรรูป โดยไม่ต้องใช้วิธีการสัมผัสและการวัดค่า
ความหยาบผิวจากเครื่องมือวัดได้อีกวิธีหนึ่ง ทำให้สามารถลดความผิดพลาดจากการวัดความหยาบผิว
โดยวิธีการสัมผัสของคนงานได้ ซึ่งเกณฑ์หยาบจะอยู่ที่ 5 ไมโครเมตรขึ้นไปเกณฑ์ละเอียดจะน้อยกว่า
3 ไมโครเมตร และระดับความหยาบผิวระหว่าง 3-5 ไมโครเมตรพนักงานจะไม่สามารถจำแนกความ
เรียบผิวได้ตรงกัน

ภาควิชา..... วิศวกรรมอุตสาหกรรม
สาขาวิชา..... วิศวกรรมอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา..... 2545

ลายมือชื่อนิติศ.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่อที่ปรึกษาร่วม.....

4370552021 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

SAMPAS SRISOOK : AN EMPIRICAL STUDY ON MEASUREMENT OF SURFACE
ROUGHNESS OF MACHINED PARA-WOOD USING VISION SYSTEM. THESIS

ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR SOMCHAI PUJINDANETR, Ph.D., 108 pp.

ISBN 974-17-2590-6

The objectives of this research study are to make presentation of the method of verification of the surface roughness using data processing method of the photograph instead of taking measurement of the rubber wood work pieces by manual feeling, to study the correlation between the surface roughness value measured by surface smoothness instrument with the roughness of the surface obtained from data processing from photograph through scanned photograph, and to study the level of roughness of the rubber wood that cannot be distinguished by staff's manual feeling. On this experimental study a total number of sample work pieces made of rubber wood of 100 pieces was used and determination of factors effecting this research study comprising of the levels of intensity of the color of the wood were distinguished into 4 levels comprising of 175-185, 186-190, 191-195 and 196-205, roughness of the wood which has passed sanding by sanding machines of 5 levels of No.'s 100, 150, 180, 240 and 320. After that the work pieces were taken to measure of the surface roughness by Stylus Probe Instrument to obtain the actual value of surface roughness and take the work pieces for scanning at the resolution levels of 600, 1200 and 2400 dpi for calculation of the surface roughness value using Scion Image Program and determining of the roughness surface value by real staff in the wood processing factory and after that conducting an analysis of the correlation of the values of a variety of surface roughness.

The results of the research study found that the value of fineness of the scanner has no effect on the value of surface roughness while the intensity of the color of the wood was influential on the value of the surface roughness photo and the value of surface roughness obtained from data processing of the photo and the value of virtual surface roughness were correlated, whereby all these had significant value (α) equal to 0.05. The estimation of the value of the surface roughness from the regression equation made an error from the value of the virtual surface roughness value by average of 18.6%. The value of surface roughness of the rubber wood work pieces distinguished by the staff clearly as rough and smooth were roughness where surface roughness of more than 5 micrometer and less than 3 micrometer respectively, and the value of surface roughness which clear distinguishing could not be made was ranging from 3 and 5 micrometer accordingly.

Department..... INDUSTRIAL ENGINEER

Field of study..... INDUSTRIAL ENGINEER

Academic year..... 2002

Student's signature.....

Advisor's signature.....

Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชายพันจินดาเนตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ และข้อคิดต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา และขอกราบขอบพระคุณประธานกรรมการ คุมสอบ รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ธิวัณนิช กรรมการคุมสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รัฐกิจการพานิช และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน

ผู้วิจัยขอขอบคุณ โรงเรียน พีพีพารา ู๊ต จำกัด ที่ให้ความสนับสนุนในด้านข้อมูล เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ตลอดจนคำแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา พี่สาว ญาติ เพื่อนและท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ ที่เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา ผู้วิจัยหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะ เป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

สัมภาษณ์ ศรีสุข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ๗

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญรูป..... ฐ

บทที่

1 บทนำ..... 1

 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 2

 1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 2

 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย..... 3

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 4

 2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของไม้ยางพารา..... 9

 2.3 คุณภาพผิว..... 10

 2.4 วิธีการวัดความหยาบผิว..... 12

 2.5 ลักษณะของผิวชิ้นงานที่ผ่านการ..... 13

 2.6 ทฤษฎีการกระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า..... 14

 2.7 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการกระจายกับ Vision System Operation.. 18

 2.8 ปรัชญาการณที่ส่งผลต่อการทำงานของระบบ Vision..... 22

 2.9 วิธีการวัดความหยาบผิวที่เลือกใช้ในการทำวิจัย..... 24

 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 28

3. วิธีการศึกษา..... 29

 3.1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทดลอง..... 29

 3.2 จำแนกสีไม้ยางพารา..... 34

 3.3 กำหนดค่าความหยาบผิวแก่ชิ้นงานตัวอย่างและวัดค่าความหยาบผิว..... 35

 3.4 การหาค่าความหยาบผิวภาพ..... 43

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวภาพกับความหยาบผิวจริง.....	47
3.6 ปรับปรุงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวภาพกับความหยาบผิวจริง.....	49
3.7 ศึกษาค่าความหยาบผิวสัมพัทธ์.....	53
3.8 ศึกษาอิทธิพลของค่าความชื้นต่อค่าความหยาบผิว.....	55
4. ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล.....	57
4.1 ผลการศึกษาความละเอียดของภาพและความเข้มของสีไม่ยางพาราที่มีผลต่อความหยาบผิวภาพ.....	57
4.2 ผลการใช้กราฟความสัมพันธ์เพื่อหาค่าความหยาบผิว.....	66
4.3 วิเคราะห์ผลค่าความหยาบผิวที่ได้จากกราฟ.....	71
4.4 ผลการปรับปรุงกราฟความสัมพันธ์.....	74
4.5 อิทธิพลของค่าความชื้นต่อค่าความหยาบผิว.....	82
4.6 ระดับความหยาบผิวสัมพัทธ์.....	84
5. อภิปรายผล.....	85
5.1 ผลการศึกษาวิธีการวัดความหยาบผิว.....	85
5.2 ผลการปรับปรุงกราฟความสัมพันธ์.....	86
5.3 อุปสรรคในงานวิจัย.....	86
6. บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	87
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	87
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	88
รายการอ้างอิง.....	89
ภาคผนวก.....	90
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	108

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การแยกประเภทของไม้.....	5
2.2 แสดงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของไม้ยางพารา.....	10
3.1 แสดงค่าความหยาบผิวภาพ(Optical roughness).....	29
3.2 การเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวภาพที่ได้จากเครื่องสแกนในแต่ละค่าความละเอียดของภาพที่ สแกน(dpi).....	30
3.3 แสดงค่าความหยาบผิวภาพของความเข้มสีที่1และ2 ความละเอียดในการสแกนภาพ.....	31
3.4 แสดงค่าความหยาบผิวภาพของความเข้มสีที่3และ4 ความละเอียดในการสแกนภาพ.....	31
3.5 แสดงค่าความหยาบผิวภาพของความเข้มสีที่1และ2 ความละเอียดในการสแกนภาพกำหนดที่ 2400 dpi.....	32
3.6 แสดงค่าความหยาบผิวภาพของความเข้มสีที่ 3และ4 ความละเอียดในการสแกนภาพกำหนดที่ 2400 dpi.....	32
3.7 การเปรียบเทียบค่า dpi ของเครื่องสแกน Epson ระหว่าง 1200 dpi กับ 2400 dpi.....	33
3.8 การเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวภาพในแต่ละสีของเครื่องสแกนที่สแกนค่า 1200 dpi....	33
3.9 แสดงระดับความเข้มสีของชิ้นงาน.....	34
3.10 แสดงอายุการใช้งานเฉลี่ยของกระดาษทราย.....	38
3.11 แสดงค่าความเรียบผิวของชิ้นงานที่ระดับความเข้มสีที่ 1.....	39
3.12 แสดงค่าความเรียบผิวของชิ้นงานที่ระดับความเข้มสีที่ 2.....	40
3.13 แสดงค่าความเรียบผิวของชิ้นงานที่ระดับความเข้มสีที่ 3.....	41
3.14 แสดงค่าความเรียบผิวของชิ้นงานที่ระดับความเข้มสีที่ 4.....	42
3.15 แสดงค่าความหยาบผิวภาพที่ระดับความเข้มสีที่ 1.....	43
3.16แสดงค่าความหยาบผิวภาพที่ระดับความเข้มสีที่ 2.....	44
3.17 แสดงค่าความหยาบผิวภาพที่ระดับความเข้มสีที่ 3.....	45
3.18 แสดงค่าความหยาบผิวภาพที่ระดับความเข้มสีที่ 4.....	46
3.19 แสดงผลของการสัมผัสของพนักงานทั้ง 3 คน.....	54
3.20 แสดงค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการสัมผัส.....	55
3.21 แสดงการเปรียบเทียบของค่าความชื้นและค่าความหยาบผิวในแต่ละเดือน.....	56

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.1 แสดงความหยาบผิวภาพกับความเข้มสีไม่.....	58
4.2 สูตรค่า R^2 ของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวภาพกับความเข้มสีไม่.....	61
4.3 ตาราง ANOVA วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีไม่กับความหยาบผิวภาพ.....	61
4.4 แสดงค่าความเข้มสีไม่กับความสว่างของสีภาพ.....	62
4.5 สูตรค่า R^2 ของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีไม่กับความสว่างของสีภาพ.....	65
4.6 ตาราง ANOVA วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีไม่กับ ความสว่างของสีภาพ.....	66
4.7 ค่าความเข้มสีที่ 1 ระดับความสว่างที่ 175 – 185.....	67
4.8 ค่าความเข้มสีที่ 2 ระดับความสว่างที่ 186 – 190.....	68
4.9 ค่าความเข้มสีที่ 3 ระดับความสว่างที่ 191 – 195.....	69
4.10 ค่าความเข้มสีที่ 4 ระดับความสว่างที่ 196 - 205.....	70
4.11 สรุปผลค่าความผิดพลาดของความเข้มสีทั้ง 4.....	71
4.12 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยาบผิวที่ความเข้มสีที่ 1.....	71
4.13 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยาบผิวที่ความเข้มสีที่ 2.....	72
4.14 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยาบผิวที่ความเข้มสีที่ 3.....	72
4.15 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยาบผิวที่ความเข้มสีที่ 4.....	73
4.16 ค่าความหยาบผิวหลังการปรับปรุงของความเข้มสีที่	74
4.17 ค่าความหยาบผิวหลังการปรับปรุงของความเข้มสีที่ 2.....	75
4.18 ค่าความหยาบผิวหลังการปรับปรุงของความเข้มสีที่ 3.....	76
4.19 ค่าความหยาบผิวหลังการปรับปรุงของความเข้มสีที่ 4.....	77
4.20 ค่าความหยาบผิวหลังการปรับปรุงของความเข้มสีที่ 5.....	78
4.21 ค่าความหยาบผิวหลังการปรับปรุงของความเข้มสีที่ 6.....	79
4.22 ค่าความหยาบผิวหลังการปรับปรุงของความเข้มสีที่ 7.....	80
4.23 ค่าความหยาบผิวหลังการปรับปรุงของ ความเข้มสีที่ 8.....	81
4.24 สรุปผลค่าความผิดพลาดของความเข้มสีทั้ง 8 กราฟ.....	81
4.25 แสดงค่าความชื้นและความหยาบผิวของชิ้นงานใน 3 เดือน.....	82
ข-1 การสร้างตาราง ANOVA.....	104
ข-2 ตัวอย่างข้อมูลการควบคุมความชื้นของคอกยกริต 5 ชนิด.....	104
ข-3 ตาราง ANOVA ที่คำนวณได้.....	107

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนต่างๆของต้นไม้.....	5
2.2 ด้านต่างๆ ของไม้.....	6
2.3 ลักษณะโครงสร้างต่างๆ ของไม้ยางพารา.....	8
2.4 แสดงการวัดค่าความหยาบผิว R_t	11
2.5 แสดงการวัดค่าความหยาบผิวเฉลี่ย R_a	11
2.6 แสดงการวัดค่าความหยาบผิว R_z และ R_{max}	12
2.7 แสดงลักษณะของผิวชิ้นงาน.....	13
2.8 รูปแบบทางเรขาคณิตของการกระจาย.....	15
2.9 แสดงการถ่ายโอนตามแบบจากการสะท้อนแบบ specular ไปเป็นการสะท้อนแบบแพร่.....	16
2.10 เปรียบเทียบรูปแบบการกระจาย.....	17
2.11แสดงลักษณะของแสงที่ตกกระทบบนวัตถุทรงกลม.....	19
2.12 แสดงพื้นผิวต่อเนื่องสองมิติ.....	20
2.13 การเกิดเงา.....	23
2.14 การกระจัดกระจายแบบ multiple.....	24
2.15 แสดงกราฟ Histogram.....	25
2.16 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม Scion Image.....	26
2.17 Optical Calibration Curve.....	27
3.1 กราฟอายุการใช้งานกระดาดทรายเบอร์ 100.....	35
3.2 กราฟอายุการใช้งานกระดาดทรายเบอร์ 150.....	36
3.3 กราฟอายุการใช้งานกระดาดทรายเบอร์ 180.....	36
3.4 กราฟอายุการใช้งานกระดาดทรายเบอร์ 240.....	37
3.5 กราฟอายุการใช้งานกระดาดทรายเบอร์ 320.....	37
3.6 แสดงความหยาบผิวจริงกับความหยาบผิวภาพของไม้ที่มีระดับความเข้มสีที่ 1.....	47
3.7 แสดงความหยาบผิวจริงกับความหยาบผิวภาพของไม้ที่ระดับความเข้มสีที่ 2.....	47
3.8 แสดงความหยาบผิวจริงกับความหยาบผิวภาพของไม้ที่ระดับความเข้มสีที่ 3.....	48
3.9 แสดงความหยาบผิวจริงกับความหยาบผิวภาพของไม้ที่ระดับความเข้มสีที่ 4.....	48
3.10 ความเข้มสีที่ 1 ช่วงความสว่างที่ 155-165.....	49

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 ความเข้มสีที่ 2 ช่วงความสว่างที่ 166-170.....	50
3.12 ความเข้มสีที่ 3 ช่วงความสว่างที่ 171-175.....	50
3.13 ความเข้มสีที่ 4 ช่วงความสว่างที่ 176-180.....	51
3.14 ความเข้มสีที่ 5 ช่วงความสว่างที่ 181-185.....	51
3.15 ความเข้มสีที่ 6 ช่วงความสว่างที่ 186-190.....	52
3.16 ความเข้มสีที่ 7 ช่วงความสว่างที่ 191-195.....	52
3.17 ความเข้มสีที่ 8 ช่วงความสว่างที่ 196-203.....	53
4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวกับสีไม่ยางพาราที่ความเข้มสีที่ 1.....	59
4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวกับสีไม่ยางพาราที่ความเข้มสีที่ 2.....	59
4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวกับสีไม่ยางพาราที่ความเข้มสีที่ 3.....	60
4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวกับสีไม่ยางพาราที่ความเข้มสีที่ 4.....	60
4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวกับสีไม่ยางพารารวมทุกความเข้มสี.....	61
4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีไม่กับความสว่างของสีภาพที่ 1.....	63
4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีไม่กับความสว่างของสีภาพที่ 2.....	63
4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีไม่กับความสว่างของสีภาพที่ 3.....	64
4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีไม่กับความสว่างของสีภาพที่ 4.....	64
4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีไม่กับความสว่างรวมทั้งหมด.....	65
4.11 กราฟความสัมพันธ์ของค่าความหยาบผิวในแต่ละเดือน.....	83
4.12 แสดงจำนวนชิ้นงานกับค่าความหยาบผิวเฉลี่ย.....	84
ก-1 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชิ้นที่ 1.....	92
ก-2 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชิ้นที่ 2.....	92
ก-3 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชิ้นที่ 3.....	93
ก-4 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชิ้นที่ 4.....	93
ก-5 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชิ้นที่ 5.....	94
ก-6 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชิ้นที่ 6.....	94
ก-7 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชิ้นที่ 7.....	95
ก-8 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชิ้นที่ 8.....	95
ก-9 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชิ้นที่ 9.....	96

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก-10 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยابผิวชิ้นที่ 10.....	96
ก-11 ภาพการหาค่าความเข้มสีเนื้อไม้ของชิ้นงานตัวอย่างภาพที่ 1.....	97
ก-12 ภาพการหาค่าความเข้มสีเนื้อไม้ของชิ้นงานตัวอย่างภาพที่ 2.....	98
ก-13 ภาพการใช้โปรแกรม Scion Image ในการหาค่าความหยابผิวภาพ ของภาพสแกนที่ ก-1.....	99
ก-14 ภาพการใช้โปรแกรม Scion Image ในการหาค่าความหยابผิวภาพ ของภาพ สแกนที่ ก-10.....	100
ก-15 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ที่ใช้ในการหาค่าความหยابผิว.....	101
ข-1 ตารางเก็บข้อมูลการวิเคราะห์.....	105
ข-2 การเรียกใช้คำสั่งของโปรแกรม.....	106
ข-3 หน้าต่าง One-Way ANOVA.....	106
ข-4 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม.....	107

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมการทำไม้ยางพารา นับวันจะมีความต้องการที่สูงขึ้น เพราะหลังจากที่รัฐได้ออกกำหนดปิดป่าสัมปทานทั่วประเทศทำให้อุตสาหกรรมไม้หันมาหาไม้ที่สามารถนำมาทดแทน โดยเฉพาะไม้ยางพาราได้มีการนำไปแปรรูปเป็นสินค้าเฟอร์นิเจอร์และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ซึ่งได้รับความนิยมนอกจากประเทศเป็นอย่างดี ทำรายได้เข้าสู่ประเทศไม่ต่ำกว่าหมื่นล้านบาทต่อปี

ในการแปรรูปไม้ยางพาราจะแบ่งออกได้หลายขั้นตอน โดยหลังจากที่ตัดโคนไม้ยางพาราที่มีอายุมากและให้ปริมาณน้ำยางที่ต่ำแล้วก็นำไปแปรรูปอัดน้ำยาป้องกันเชื้อราและแมลงที่จะเข้าทำลาย และอบให้แห้งโดยให้ความชื้นไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์ แล้วเตรียมนำไปทำการตัดเพื่อนำไปทำเป็นชิ้นส่วนของเฟอร์นิเจอร์ และผลิตภัณฑ์อื่นๆต่อไป

ในขั้นตอนที่นำไปแปรรูปมาทำเฟอร์นิเจอร์นั้นหลังจากการตัดไม้เป็นชิ้นส่วนต่างๆแล้วจะต้องทำการจัดชิ้นงานด้วยกระดาษทราย เพื่อให้ผิวชิ้นงานไม่เรียบก่อนที่จะนำไปทำการเคลือบสีหรือแลคเกอร์ วิธีการวัดคุณภาพของผิวชิ้นงานปัจจุบันทางโรงงานจะใช้ประสบการณ์และความรู้สึกของผู้ปฏิบัติงานในการวัดค่าของความเรียบผิวซึ่งแต่ละคนมีความชำนาญต่างกันทำให้ค่าความหยาบผิวที่ได้ไม่เป็นมาตรฐานเท่ากันทุกชิ้น เมื่อนำชิ้นงานไปผ่านกระบวนการเคลือบสีหรือแลคเกอร์นั้นตรงส่วนผิวงานที่ขัดไม่เรียบจะปรากฏเป็นรอยด่างอย่างเห็นได้ชัดทำให้ชิ้นไม้สวยงามตามที่กำหนดต้องนำไปทำการขัดใหม่ และเมื่อนำมาทำการขัดใหม่อาจส่งผลให้ชิ้นงานเสียรูปทรงได้ ซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายและเสียเวลาในการผลิต

จากปัญหาที่เกิดขึ้น จึงได้ทำการศึกษาวิธีการที่จะนำมาวัดค่าความหยาบผิวของไม้ยางพาราเพื่อใช้ในการกำหนดค่าความหยาบผิวให้เป็นมาตรฐานโดยไม่ต้องใช้ความรู้สึกในการวัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เสนอแนวทางในการวัดความหยาบผิวด้วยวิธีการประมวลผลภาพ (Vision system) ซึ่งระบบจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลักคือ เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องสแกน และ โปรแกรมประมวลผล จากค่าความหยาบผิวภาพที่ได้จากระบบการประมวลผลภาพ นำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวจริงที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง Stylus Probe Instrument (Surf test 301) ซึ่งจะได้ฐานข้อมูลในการกำหนดค่าความหยาบผิวของไม้ยางพารา

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- 1.2.1 นำเสนอวิธีการตรวจสอบความหยาบผิวโดยวิธีการประมวลผลภาพแทนการวัดความเรียบผิวชิ้นงานไม้ยางพาราด้วยวิธีการสัมผัส
- 1.2.2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวที่วัดโดยเครื่องวัดความเรียบผิวกับความหยาบผิวที่ได้จากการประมวลผลจากภาพสแกน
- 1.2.3 ศึกษาระดับความหยาบผิวไม้ยางพาราที่พนักงานไม่อาจจำแนกได้โดยวิธีการสัมผัส

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้มีการจำกัดขอบเขตในการศึกษาดังนี้

1.3.1 นำระบบการประมวลผลภาพมาใช้ในการกำหนดค่าความหยาบผิว ซึ่งระบบการประมวลผลภาพประกอบด้วยส่วนประกอบหลักๆคือ เครื่องสแกน คอมพิวเตอร์ โปรแกรมประมวลผล(Scion Image)

1.3.2 การวัดความหยาบผิวจะวัดตามแนวเส้นของไม้ยางพารา โดยบริเวณที่ทำการวัดต้องเป็นพื้นผิวที่ไม่มีลวดลาย หรือรอยตำหนิ

1.3.3 ตัวแปรที่ใช้ศึกษาได้แก่คุณสมบัติของไม้ยางพาราคือ สีของเนื้อไม้ และเบอร์กระดาษทราย

(1) สีของเนื้อไม้แบ่งเป็น 4 ระดับ

(2) กระดาษที่ใช้ในการขัดชิ้นงานเพื่อสร้างความหยาบที่ผิวคือเบอร์

100 150 180 240 และ 320

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

1.4.1 สํารวจงานวิจัย และศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 จำแนกสีของชิ้นงานไม้ยางพาราออกเป็น 4 ระดับความสว่างของเนื้อไม้ โดยการนำชิ้นงานตัวอย่างที่จะทำการทดลองนำมาสแกนจากนั้นนำภาพชิ้นงานที่ได้แยกความสว่างของไม้ด้วยโปรแกรมโฟโตช้อป ในการแบ่งสีไม้ออกเป็น 4 กลุ่มตามระดับความสว่างของเนื้อไม้หรือสีของ

เนื้อไม้คือความเข้มสีที่ 1, 2, 3 และ 4 ที่มีช่วงค่าความสว่างเท่ากับ 175-185, 186-190, 191-195 และ 186-190 ตามลำดับ

1.4.3 นำชิ้นงานมาทำการขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายที่ระดับความละเอียดของกระดาษทรายเบอร์ 100 150 180 240 และ 320 ตามลำดับ

1.4.4 วัดความเรียบผิวของชิ้นงานด้วยเครื่องวัดความเรียบผิวทำการวัดค่าความหยาบผิว Stylus Probe Instrument ของบริษัท Mitutoyo รุ่น SurfTest301

1.4.5 จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้จากการขัดกระดาษทรายไปสแกนภาพ เพื่อนำภาพที่ได้คำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนของระดับสีเทา (Grey level) โดยใช้โปรแกรม Scion Image ในการประมวลผล ซึ่งค่าความหยาบผิวภาพนั้นเท่ากับค่าเฉลี่ยหารด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับสีเทา

1.4.6 หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวจริงกับค่าความหยาบผิวภาพของสีเนื้อไม้ ทั้งสี่ระดับ

1.4.7 ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยด้านความละเอียดของภาพที่สแกน (dot per inch : dpi) ที่มีผลต่อค่าความหยาบผิวภาพโดยระดับ dpi ที่ใช้คือ 600 1200 และ 2400 ตามลำดับ

1.4.8 ประยุกต์กราฟความสัมพันธ์ที่ได้กับชิ้นงานจริง

1.4.9 ศึกษาความหยาบผิวที่ได้จากการสัมผัสโดยผู้ชำนาญในการตรวจสอบความเรียบผิวไม้อย่างพาราที่ผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายจำนวน 3 คนที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 3 ปี โดยกำหนดเกณฑ์ความเรียบผิวที่อยู่ในระดับสุดท้ายก่อนการทำสีและการตรวจสอบโดยวิธีการสัมผัสจะแสดงผลเป็นผ่านและไม่ผ่าน

1.4.10 นำชิ้นงานทั้งหมดที่ผ่านการตรวจสอบโดยวิธีการสัมผัสไปทำการวัดความหยาบผิวโดยเครื่องมือวัดความเรียบผิว

1.4.11 วิเคราะห์ค่าความเรียบผิวที่พนักงานตรวจสอบไม่สามารถจำแนกระดับของความเรียบผิวได้

1.4.12 สรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย รวมทั้งเขียนวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะรับจากการศึกษาคือ

1.5.1 ได้ทางเลือกในการหาค่าความหยาบผิวของไม้อย่างพาราแปรรูป

1.5.2 ทราบความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวสัมผัสกับความหยาบผิวจริงและความหยาบผิวภาพ

1.5.3 ทราบระดับของค่าความหยาบผิวที่พนักงานไม่สามารถจำแนกได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การแบ่งประเภทของไม้

ไม้แปรรูปที่ได้จากเมืองไทย เกือบทั้งหมดเป็นไม้เนื้อแข็ง โดยการแบ่งไม้แปรรูปนั้นจะแบ่งจากความแข็งแรงในการตัดของเนื้อไม้ที่มีความชื้นในเนื้อไม้ที่ 10–14 เปอร์เซ็นต์ และใช้ความทนทานของไม้แต่ละชนิดนั้นเป็นเกณฑ์ โดยมีการจำแนกออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

2.1.1.1 ไม้เนื้อแข็ง เป็นไม้ที่มีเนื้อแข็งแกร่งและเหนียว มีความแข็งแรงและทนทานต่อการใช้งานท่ามกลางแดดและฝนได้ดีมาก เนื้อไม้มีทั้งชนิดหยาบไปจนถึงเนื้อละเอียด ไม้เสี้ยนตรงและเสี้ยนสน โดยไม้ชนิดนี้ยากต่อการเลื่อย ไสกบ และตกแต่ง แต่ขัดมันได้ดี เนื่องจากเนื้อไม้ส่วนใหญ่มีความมันอยู่แล้ว ไม้ส่วนใหญ่มีสีเข้ม เป็นไม้ที่มีน้ำหนักมาก โดยทั่วไปจะหนักประมาณ 720 – 1120 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือมากกว่านั้น ไม้เนื้อแข็งได้แก่ ไม้เต็ง รั้ง ประดู่ เคี่ยม มะค่าโมง ชิงชัน แดง มะเกลือ เสลา เป็นต้น

2.1.1.2 ไม้เนื้อปานกลาง เป็นไม้ที่มีเนื้ออยู่ในระดับปานกลางมีความแข็งแรงและทนทานพอประมาณ เนื้อไม้มีทั้งชนิดหยาบไปจนถึงเนื้อละเอียด แต่ส่วนใหญ่จะเป็นไม้เนื้อละเอียด เสี้ยนไม้ตรงหรือเกือบตรง สะดวกต่อการเลื่อย ไสกบและตกแต่ง และเนื่องจากส่วนใหญ่จะเป็นไม้ที่มีลวดลายสวยงาม จึงนิยมใช้เป็นเครื่องเรือน สีของเนื้อไม้จะไม่เข้มนัก โดยทั่วไปจะหนักประมาณ 690 - 1130 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม้เนื้อปานกลางได้แก่ ไม้ตะเคียนทอง ตะเคียน ตะแบก นนทรี หลวง ยุง เป็นต้นน้ำหนัก

2.1.1.2 ไม้เนื้ออ่อน เป็นไม้ที่มีเนื้ออ่อนและหยาบ มีความแข็งแรงและทนทานน้อยที่สุดหรือปลวกชอบทำลาย การยึดหดตัวไม่สม่ำเสมอบ้างน้อยบ้างแล้วแต่ชนิดของไม้ สีของเนื้อไม้แตกต่างกันออกไปจากสีอ่อนไปจนถึงสีเข้ม ไม้ชนิดนี้มีน้ำหนักประมาณ 500 – 870 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม้เนื้ออ่อนได้แก่ ไม้กระท้อน ยางพารา กระบาก ยมหอม กระเจา สัก เป็นต้น

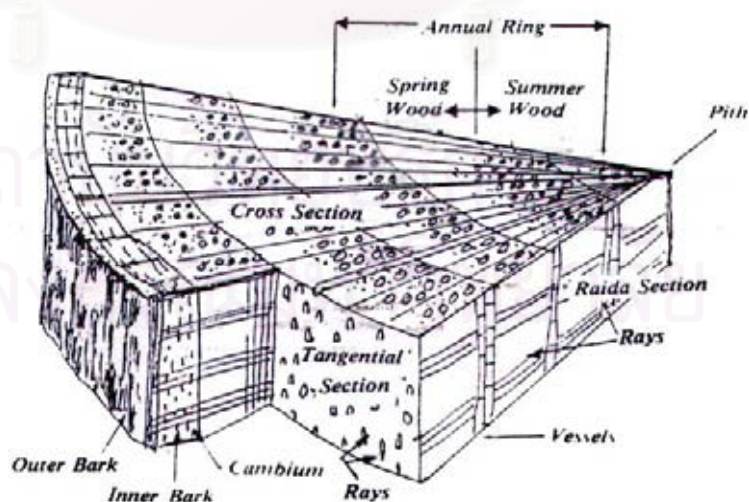
ตารางที่ 2.1 การแยกประเภทของไม้

ประเภทของไม้	น้ำหนัก (kg / m^3)
ไม้เนื้อแข็ง	720 – 1120
ไม้เนื้อปานกลาง	690 – 1130
ไม้เนื้ออ่อน	500 – 870

2.1.2 ส่วนต่างๆของลำต้นของไม้ยางพารา

ไม้ยางพาราเป็นไม้เนื้ออ่อน โดยเปลือกของยางจะมีสีค่อนข้างคล้ำ สีได้เปลือกเป็นสีชมพูไปถึงสีแดง หรือ สีม่วงอ่อนความหนาของเปลือก 6.5 – 15 มิลลิเมตร ไม้ยางพาราที่มีอายุน้อยจะมีเปลือกที่บาง ต้นยางจะประกอบด้วย

1. เนื้อไม้แข็งอยู่ตรงกลางลำต้นที่เรียกว่า Central Axis หรือ pith
2. ชั้นถัดมาเป็นเนื้อไม้ (wood or xylem)
3. ถัดออกมาเป็นเนื้อไม้ที่เรียกว่า เซลล์เจริญ (Cambium)
4. ถัดออกมาเป็นเปลือกอ่อน (Soft bark, Inner bark) เป็นท่อน้ำ และส่งอาหาร
5. ถัดออกมาอีก คือ เปลือกแข็ง โดยด้านที่ติดกันระหว่างเปลือกแข็งกับเปลือกอ่อน ด้านที่ติดกับเปลือกอ่อนจะมีท่อน้ำอยู่มากโดยท่อน้ำจะวนขึ้นทางขวามือของลำต้น
6. ถัดออกมา Hard bark ก็จะถึงเยื่อเปลือก (Cork cambium) จนถึงเปลือกแห้ง (Cork)

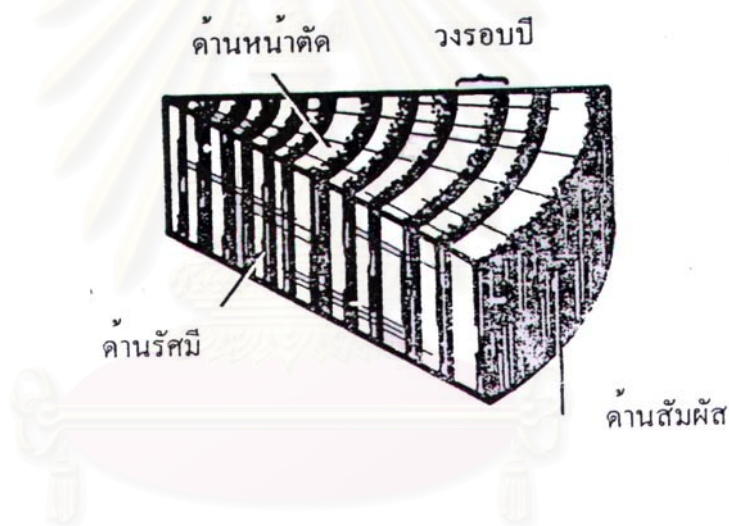


รูปที่ 2.1 ส่วนต่างๆของต้นไม้

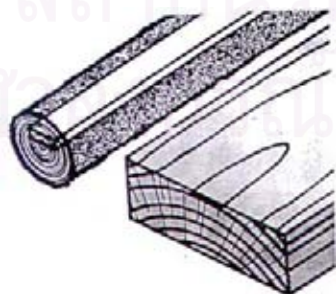
2.1.3 ด้านของไม้ (Section of wood)

ด้านต่างๆ ของไม้ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ

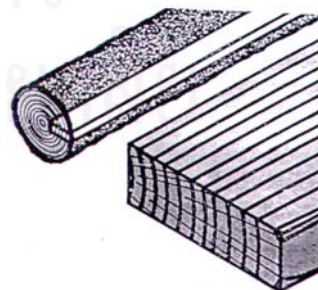
1. **ด้านหน้าตัด** (cross or transverse section) หมายถึง ด้านที่ตัดขวางลำต้นในแนวตั้งฉาก เมื่อพิจารณาจากด้านนี้จะพบเซลล์ต่างๆ ที่อยู่ภายในลำต้นเป็นชั้นๆ จากไส้ไม้ออกมาจนถึงเปลือก
2. **ด้านสัมผัส** (tangential section) หมายถึง ด้านที่ตัดตั้งฉากกับแนวรัศมี ซึ่งในส่วนนี้เนื้อ ไม้จะถูกตัดผ่านรอบวงปี จึงทำให้เห็นลายไม้สวยงาม มีลายไม้ที่มีลักษณะเหมือนภูเขา เหมาะที่จะใช้ในงานตกแต่งที่ต้องการความสวยงาม
3. **ด้านรัศมี** (radial section) หมายถึงด้านที่ตัดตามแนวรัศมี ซึ่งจะเห็นลายไม้เป็นเส้นตรงขนานกับลำต้น และอาจเห็นเซลล์รัศมีที่ขวางกับลำต้น



ก. ด้านต่างๆ ของไม้



ข. เลื่อยตัดรัศมี



ค. เลื่อยตามรัศมี

รูปที่ 2.2 ด้านต่างๆ ของไม้

2.1.4 คุณสมบัติของไม้ยางพารา

2.1.4.1 คุณสมบัติทั่วไป

1. สีเนื้อไม้ (color) สีธรรมชาติของไม้ยางพารามีสีขาวอมครีม หรืออมเหลืองอ่อน เมื่อแห้งแล้ว ผิวหน้าไม้เมื่อไสใหม่ ๆ จะเป็นสีขาวแกมน้ำตาลอ่อนหรือแกมชมพู หลังจากทิ้งไว้ให้ถูกอากาศเป็นเวลานานจะมีสีที่เข้มขึ้นเล็กน้อย เป็นสีฟางข้าวหรือสีน้ำตาลอ่อนๆ ซึ่งสีจางหรือสีอ่อนเช่นนี้จะเป็นที่นิยมในการออกแบบเครื่องเรือนสมัยใหม่และการตกแต่งภายในมาก

2. ลักษณะเนื้อไม้ เส้น และลวดลาย (Texture, Grain and Figure) เนื้อไม้จะมีเนื้อหยาบปานกลางถึงหยาบ (Moderately coarse to coarse) เส้นตรงถึงเส้นสนเล็กน้อย (Straight to shallowly interlocked grain) มีลวดลายสวยงาม เกิดจากอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันระหว่างฤดูกาลต่างๆ และ เกิดจากการเรียงตัวของเซลล์ชนิดต่างๆ ในเนื้อไม้เอง

3. ความทนทาน(Durability) เป็นไม้ที่ไม่ทนทาน ผุง่าย คือ มีความทนทานตามธรรมชาติที่ต่ำ อยู่ระหว่าง 0.5 – 3.9 ปี (เฉลี่ย 1.9 ปี)

2.1.4.2 ลักษณะโครงสร้าง (Wood Structure)

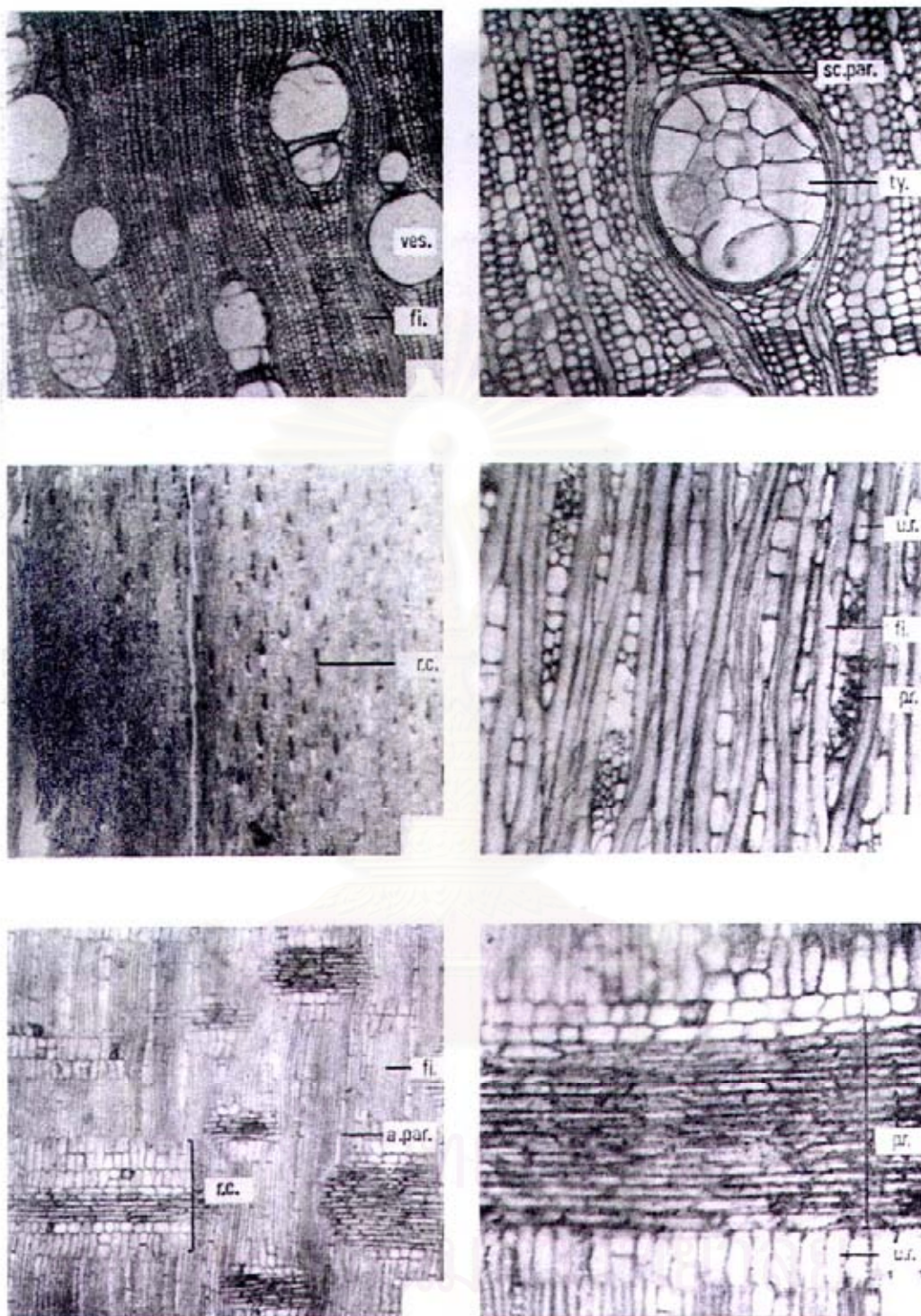
ไม้เนื้ออ่อนจะมีโครงสร้างที่มีการกระจายสม่ำเสมอ โดยเซลล์มีทั้งที่ทอดตัวไปยาวตามลำต้น (Longitudinal cell) และทอดตัวขวางแนววงลำต้น (Transverse cell) ซึ่งจะประกอบด้วยโครงสร้างเล็กๆ ดังนี้

Vessel (เวสเซลล์) หรือ Pore (พอร์) เป็นพอร์กระจายที่มีขนาดกลาง และใหญ่ มองเห็นได้ชัดด้วยตาเปล่า ส่วนมากเป็นพอร์เดี่ยว และพอร์แฝด 2 – 4 เซลล์บางครั้งจะเจอพอร์แฝดตามรัศมี 5 – 8 เซลล์ ขอบของพอร์จะติดกับเรย์ทั้งสองด้าน จำนวนพอร์จะมีประมาณ 15 พอร์ ต่อ 10 ตารางมิลลิเมตร มีความโตเฉลี่ย 305 ไมครอน รอยต่อระหว่างเซลล์เป็นแบบช่องทะลุปลายเซลล์เดี่ยวมีความยาวเฉลี่ย 876 ไมครอน การเรียงตัวของผนังเซลล์เป็นแบบสลับกัน โดยผลกระทบที่มีต่อการตัดจะมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของพอร์

Parenchyma (พาเรงคิมา) เป็นแบบ Apotracheal parenchyma อยู่อย่างกระจัดกระจายและอยู่เป็นกลุ่มๆ มีลักษณะเป็นร่างแห

Ray (เรย์) มีความกว้าง 1 – 3 แถวประมาณ 45 ไมครอน มีความสูงแตกต่างกันออกไปตั้งแต่ 150 – 1050 ไมครอน มีจำนวนประมาณ 50 ท่อ ใน 5 มิลลิเมตร ภายในเซลล์มีสารสีเข้มบรรจุอยู่ เป็นท่อที่ใช้ในการลำเลียงอาหารและสะสมอาหารอยู่ในแนวทิศทางรัศมี

Fiber (ไฟเบอร์) เป็นชนิด Libriform fiber มีความโตประมาณ 30 ไมครอน มีความยาวเฉลี่ยประมาณ 1605 ไมครอนอยู่ในแนวยาวตามความสูงของลำต้น



ves. = vessel sc.par = scanty parenchyma fib. = fiber
 pr. = procumbent ray cell a.pr. = axial parenchyma rc. = ray cell

รูปที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างต่างๆ ของไม้ยางพารา

2.1.4.3 การเจริญเติบโตของวงปี (Growth rings)

ต้นไม้ที่โตเร็วจะมีการขยายของวงปีที่ไม่เท่ากันจึงทำให้เกิดความผันแปรสูง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการตัดและคุณภาพของผิวงานที่ได้อย่างมาก โดยการเจริญเติบโตจะเริ่มจากเปลือกยางที่ห่อหุ้มอยู่ภายนอกของต้นไม้โดยเนื้อเจริญจะทำการแบ่งตัวออกมาในสองลักษณะ การโตของต้นไม้จะเกิดจากการแบ่งเซลล์ใหม่ การแบ่งตัวจะเกิดขึ้นตลอดเวลา ถ้าแบ่งออกด้านนอกจะเป็นเปลือกของไม้ แบ่งออกมาด้านในจะเป็นเนื้อไม้ อุณหภูมิในแต่ละฤดูจะทำให้เกิดการแตกต่างของวงปีโดยเมื่อไม้โตเร็วจะเรียกส่วนที่เจริญเติบโตของไม้ต้นฤดูว่า Spring wood โดยในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่มีความอ่อน, นุ่มและจะมีความหนาแน่นที่ต่ำ จะเรียกส่วนที่เจริญในปลายฤดูว่า Summer wood โดยส่วนนี้จะมีความหนาแน่นที่สูงกว่า มีความแข็งที่สูงกว่า Spring wood จึงทำให้ความกว้างของวงปีในแต่ละวง เกิดการแปรผันเนื่องจาก Spring wood และ Summer wood

2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของไม้ยางพารา

1. **ความแน่น (Density)** คือ มวลสาร (mass) หรือ น้ำหนัก (weight) ของวัตถุต่อปริมาตร และควรสังเกตว่ามวลสารต่อหน่วยปริมาตร (mass / volume) เป็นค่าที่แน่นอนกว่าเพราะไม้ขึ้นกับตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุนั้นแต่น้ำหนักจะขึ้นอยู่กับแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity) โดยไม้ยางพาราจะมีความแน่นขณะสด (60 – 80% ความชื้น) 870 – 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความแน่นที่สภาวะแห้งแห้ง (12 % ความชื้น) 560 – 700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2. **ความถ่วงจำเพาะ (specific cavity)** คือ อัตราส่วนระหว่างความแน่นของวัตถุต่อความแน่นของสารมาตรฐาน (standard substance) ที่อุณหภูมิจำเพาะ คือ น้ำมีความแน่นสูงสุดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นสารมาตรฐานที่ใช้เป็นสากลในการหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัตถุทุกชนิดรวมทั้งไม้ด้วยที่อุณหภูมินี้ความหนาแน่นของน้ำมีค่าเท่ากับ 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซ็นต์ติเมตรและค่าความหนาแน่นของน้ำจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงจะน้อยลงมาก โดยความถ่วงจำเพาะของไม้ยางพาราจะมีค่าเท่ากับ 500 – 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3. **การหดตัว (Shrinkage)** คือ การลดลงของขนาดของเนื้อไม้ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ที่เปลี่ยนแปลงที่ปริมาณความชื้นต่ำกว่าจุดหมาด เนื้อไม้จะมีขนาดเล็กที่สุดเมื่อไม่มีความชื้นเหลืออยู่เลย และจะมีขนาดสูงสุดเมื่อมีความชื้นที่จุดหมาด ซึ่งเกิดจากการหดตัวและพองตัวของผนังเซลล์และเมื่อไม้มีความชื้นเพิ่มขึ้นสูงกว่าจุดหมาดก็ไม่มีผลที่ขนาดเพิ่มขึ้นอีก เนื้อไม้เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติแตกต่างทั้งสามด้าน จึงทำให้เปลี่ยนแปลงขนาดของเนื้อไม้ต่างๆ ไม่เท่ากันโดยการเปลี่ยนแปลงขนาดในด้านความยาว (longitudinal) จะมีน้อยที่สุดการเปลี่ยนแปลงขนาดในด้านรัศมี (radial) มีมากกว่า และการเปลี่ยนแปลงทางด้านสัมผัส (tangential) มีมากที่สุด

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของ ไม้ยางพารา

คุณสมบัติ	สด	ผึ่งแห้ง	อบแห้ง
1. ความชื้น (%)	61.58	11.51	0
2. ความถ่วงจำเพาะ	0.541	0.562	0.585
3. ความแน่น	0.874	0.626	0.585
4. น้ำหนักต่อลูกบาศก์ฟุต	24.75	17.78	16.57
5. ช่องว่างในเนื้อไม้	0.313	0.56	0.599
6. จุดหด (%)	22.05	22.05	22.05
7. การหดตัว (%)			
- โดยปริมาตร	0	3.93	7.55
- ด้านยาว	0	0.31	0.58
- ด้านรัศมี	0	1.12	2.22
- ด้านตัดรัศมี	0	2.54	4.90
8. จำนวนชิ้นตัวอย่าง	10	10	10

2.3 คุณภาพผิว

ถ้านำเอาผิวชิ้นงานที่ผ่านการปาดผิวมาแล้วเช่น ตะไบ กลึง กัด เจียรระไน ชัด ฯลฯ มาส่องดูด้วยแว่นขยาย จะพบว่า ผิวของชิ้นงานนั้นขรุขระเป็นลูกคลื่น ซึ่งชิ้นงานใดที่มีลูกคลื่นสูงก็แสดงว่าชิ้นงานนั้นมีควายหยาบ ส่วนชิ้นงานที่มีคลื่นต่ำแสดงว่าผิงานนั้นเรียบ ความหยาบผิวมีผลต่อการใช้งานเป็นอย่างมาก ถ้าผลิตผิวชิ้นงานไม่ตรงกับสภาพตามความเป็นจริงจะทำให้เสียเวลาการทำงานโดยเปล่าประโยชน์ คำสำคัญและมีความจำเป็นที่ต้องมีความรู้ความเข้าใจถึงความหมายของคำ 4 คำนั้นคือ

- ความหยาบผิว (Roughness) นั้นประกอบด้วย ความไม่สม่ำเสมอของผิวชิ้นงานซึ่งส่วนใหญ่ รูปแบบของรอยที่เกิดจากอัตราการใช้ของเครื่องมือตัด ความสูงหรือความลึกของร่องรอยความไม่สม่ำเสมอ เป็นค่าที่ได้จากการวัด
- ความเป็นคลื่น (Waviness) คือ บริเวณระหว่งความหยาบผิว โดยมองในพื้นที่ขนาดใหญ่(ประมาณ 1 มิลลิเมตร) ซึ่งอาจเกิดจากการสั่นสะเทือนหรือสะท้อนเนื่องจากการสั่นของเครื่องมือตัด

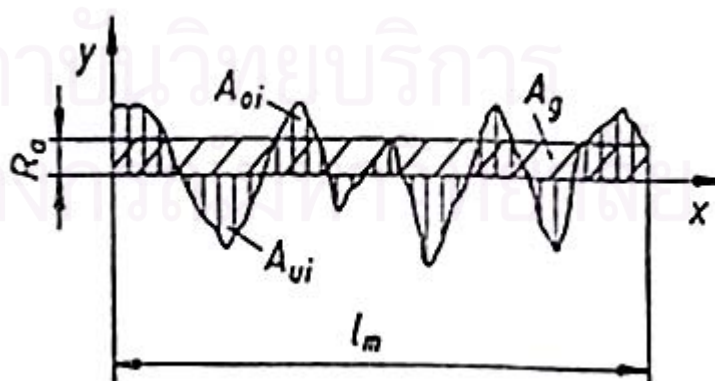
- ทิศทางของรอยตัด (Lay) จะมองเห็นได้บนผิวชิ้นงาน โดยเกิดบริเวณของชิ้นงานทำให้เห็นทิศทางการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด
 - ข้อบกพร่องบนผิวชิ้นงาน (Surface Flaws) ความไม่สม่ำเสมอหรือความไม่เรียบของผิวชิ้นงาน โดยมีลักษณะแบบสุ่ม ซึ่งเป็นข้อบกพร่องที่มีอยู่ภายในวัสดุหรือชิ้นงาน ก่อนที่จะเกิดผิวสำเร็จ ซึ่งได้แก่ พวกรูพรุนมลทิน และเศษโลหะที่เชื่อมติดบริเวณคมตัด(Built Up Edge) หรือเครื่องมือตัดที่แตกออก และฝังลงบนผิวของชิ้นงาน
- การวัดค่าความหยาบผิวสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. ค่าความหยาบผิว R_t ได้จากการวัดจากระยะห่าง ระหว่างจุดสูงสุดของผิวชิ้นงาน กับจุดต่ำสุดของผิวชิ้นงานมีหน่วยเป็นไมโครเมตร (μm)



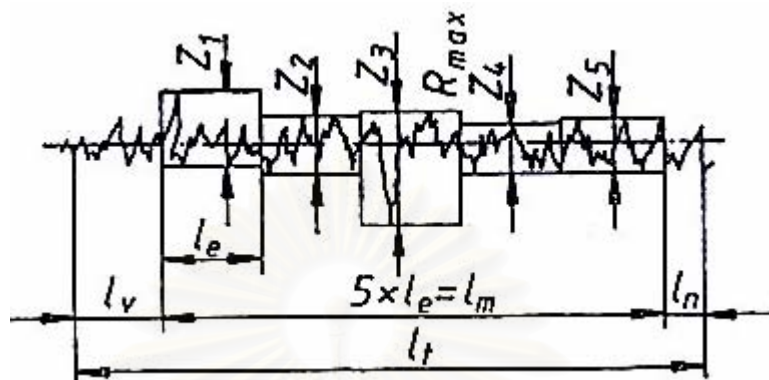
รูปที่ 2.4 แสดงการวัดค่าความหยาบผิว R_t

2. ค่าความหยาบผิว R_a หรือเรียกว่า ค่าความหยาบเฉลี่ยได้จากการรวมพื้นที่ยอดแหลมเหนือเส้นกึ่งกลาง กับพื้นที่หลุมใต้เส้นกึ่งกลางแล้วหารด้วยความยาว l_m มีหน่วยเป็นไมโครเมตร (μm)



รูปที่ 2.5 แสดงการวัดค่าความหยาบผิวเฉลี่ย R_a

3. ค่าความหยาบผิว R_z ได้จากการวัดทดสอบเป็นช่วงเท่าๆกัน 5 ช่วง ซึ่งวัดบนผิวชิ้นงานจริงแล้วจึงนำค่าที่ได้มารวมกันแล้วหารด้วย 5 มีหน่วยเป็นไมโครเมตร (μm)



$$R_z = (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5) / 5$$

รูปที่ 2.6 แสดงการวัดค่าความหยาบผิว R_z และ R_{max}

2.4 วิธีการวัดความหยาบผิว

วิธีการวัดความหยาบผิวชิ้นงานแบ่งออกได้ดังนี้คือ

2.4.1 วิธีการเปรียบเทียบผิว (surface inspection by Comparison Methods) เป็นวิธีการ

ตรวจสอบความหยาบและเอียงของผิวโดยการสังเกตหรือการใช้ความรู้สึกบนผิวหน้าที่จะทำการตรวจสอบนั้น ซึ่งประกอบไปด้วย

- Touch Inspection
- Visual Inspection
- Scratch Inspection
- Microscopic Inspection
- Surface Photographs
- Micro-Interferometer
- Wallace Surface Dynamometer
- Reflected Light Intensity

2.4.2 วิธีการวัดแบบสัมผัสผิวชิ้นงานโดยตรง (Direct Instrument Measurements) หลักการขอ

เครื่องวัดชนิดสัมผัส คือการตรวจจับความไม่เรียบผิวชิ้นงานด้วยการใช้เข็มวัด ปลายเข็มวัดจะเคลื่อนที่ขึ้นลงตามแนวแกนของเข็มวัด ซึ่งประกอบไปด้วย

- Stylus Probe Instrument

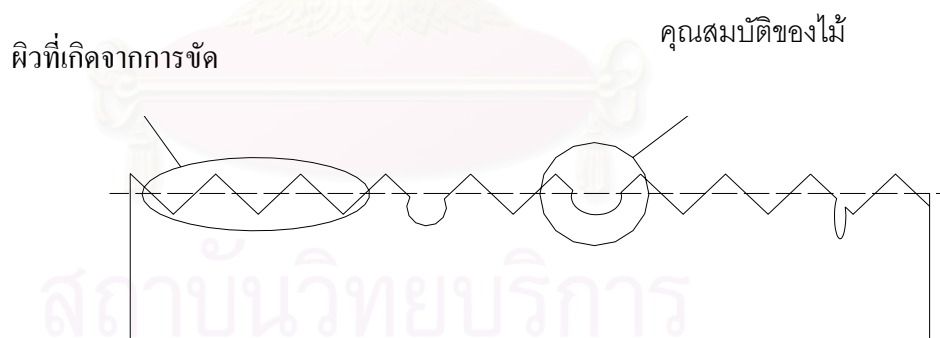
- Profilometer
- The Tomlinson Surface Meter
- The Taylor-Hoson Talysurf

2.4.3 วิธีการวัดแบบอื่น ที่ได้จากการสืบค้นจากงานวิจัยต่างๆ

- Integration of an optical roughness sensor with a CMM
- An Experimental study of Surface Roughness Assessment Using Image Processing
- Laser vision roughness

2.5 ลักษณะของผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัด

ผิวชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการตัดจะมีลักษณะแสดงดังรูปที่ 8 ซึ่งจะประกอบด้วยผิวที่เกิดจากการตัดหรือขัดกับลักษณะของผิวที่เกิดเป็นคุณสมบัติเฉพาะของไม้ยางพารา คือ Vessel (เวสเซล) หรือ Pore (พอร์) ซึ่งเมื่อทำการตัดก็จะเห็นเป็นหลุมเล็กๆ บนผิวหน้าชิ้นงานและมีความโตโดยเฉลี่ย 305 ไมครอน



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะของผิวชิ้นงาน

2.6 ทฤษฎีการกระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.6.1 พื้นผิวแบบหนึ่งและสองมิติ

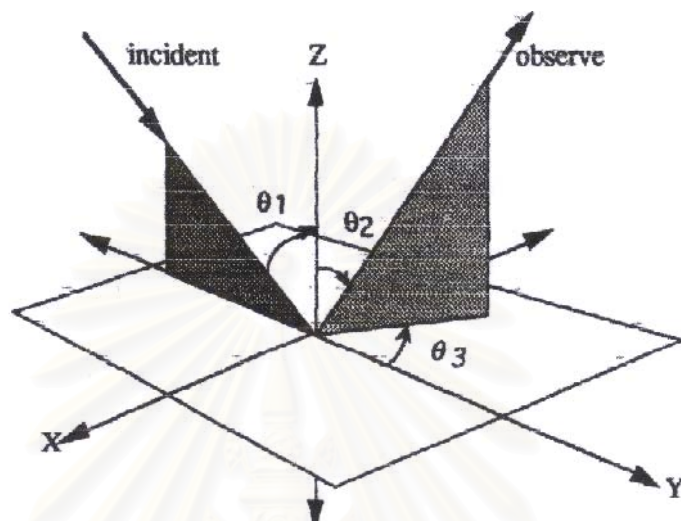
พื้นผิวอาจมองได้ว่าขรุขระ (Rough) แบบมิติเดียวในทิศทางหนึ่งถ้าระยะทางสหสัมพันธ์ (Correlation distance) ในทิศทางนั้นน้อยกว่าทิศทางสหสัมพันธ์ในทิศทางตั้งฉาก พื้นผิวซึ่งขรุขระ

แบบสองมิติมีระยะสหสัมพันธ์ตั้งฉากในพิสัยที่เหมือนกัน การ Treatment ในทางทฤษฎีของการสะท้อนแสงสำหรับพื้นผิวทั้งสองชนิดค่อนข้างแตกต่างกัน ในเมื่อคลื่นกระจาย (Scattered waves) จากพื้นผิวขรุขระแบบมิติเดียวมีแนวโน้มนำที่จะสะท้อนคลื่นทรงกระบอกออกมา ขณะที่พื้นผิวขรุขระสองมิติสะท้อนคลื่นทรงกลมออกมา นั่นคือ พื้นผิวขรุขระมิติเดียวกระจายแสงในลักษณะที่เหมือนกับการแผ่รังสีที่ปล่อยออกมาจากสายไฟ ขณะที่พื้นผิวขรุขระสองมิติกระจายแสงออกมาในลักษณะเหมือนกับการแผ่รังสีที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดที่เป็นจุด (Point source) ในเมื่อพื้นผิวทางวิศวกรรมส่วนมากขรุขระแบบสองมิติ จึงจะอภิปราย ณ ที่นี้ในกรณีการกระจายแบบสองมิติเท่านั้น

2.6.2 แบบจำลองการกระจายของเบคแมน

แบบจำลองจำนวนหนึ่งมีการพัฒนาขึ้นเพื่ออธิบายการกระจายของการแผ่รังสีจากแม่เหล็กไฟฟ้าจากพื้นผิวขรุขระ (ทเวอร์สกี 1957 ไรซ์ 1951) แบบจำลองบางแบบเกี่ยวข้องกับการนำมาประยุกต์ใช้ที่เฉพาะเจาะจงมาก ขณะที่อีกหลายแบบนำไปสู่การพัฒนาคำอธิบายทางคณิตศาสตร์ทั่วไปของปัญหาการกระจาย โดยไม่มีการนำเสนอผลที่เห็นได้ชัดซึ่งอาจนำมาใช้ได้ ในทางปฏิบัติ พี. เบคแมนได้เสนอทฤษฎีในเอกสารเมื่อปี 1963 เขากล่าวถึงการกำหนดกฎทั่วไปของปัญหาการกระจาย ขณะที่ให้ความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์แบบรูปธรรมระหว่างพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของพื้นผิวและทิศทางรวมทั้งความเข้มที่กระจายออกมา ทฤษฎีนี้พบว่าการประยุกต์ใช้ที่นิยมกันในระบบการวัดความขรุขระของพื้นผิวแบบเป็นเส้นและแบบเป็นจุดที่ต่างกันหลายระบบ ผลลัพธ์บางประการที่ได้จากทฤษฎีของเบคแมนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างสบายกับระบบการวัดแบบพื้นที่ (Area-based) ในงานชิ้นนี้โดยมีส่วนขยายเชิงมโนทัศน์แบบพื้นฐาน ผลลัพธ์ขั้นมูลฐานของทฤษฎีเบคแมนซึ่งเราสนใจได้นำเสนอไว้ในตอนนี้ พร้อมกับคำจำกัดความของเรขาคณิตที่กระจายซึ่งเบคแมนใช้

ลองพิจารณารังสีของแสงตกกระทบบนพื้นผิวขรุขระ โดยมีมุมตกกระทบบเท่ากับ θ_1 ซึ่งวัดได้จากพื้นผิวปกติ (ซึ่งตรงกันกับ z-axis ในภาพ 2.2) เนื่องจากความขรุขระของพื้นผิว แสงตกกระทบบางอย่างจึงจะจัดกระจายไปจาก specular direction เราควรเลือกมุมสังเกตได้ตามใจชอบเพื่อวัดการแผ่รังสีที่จัดกระจาย กำหนดมุม θ_2 และ θ_3 เมื่อวัด θ_2 จากพื้นผิวปกติ และ θ_3 เป็นมุมแนวอนระหว่งการฉายแสงตกกระทบบนพื้นผิวและการฉายเวกเตอร์สังเกต (Observation vector) บนพื้นผิว



รูปที่ 2.8 รูปแบบทางเรขาคณิตของการกระจาย

ตามทฤษฎีของเบคแมน พลังงานที่กระจัดกระจายเฉลี่ย (Ψ) ของแสงตกกระทบเป็นฟังก์ชันของความขรุขระของพื้นผิว ความยาวคลื่นตกกระทบ มุมตกกระทบ มุมสังเกตการณ์ ระยะทาง สหสัมพันธ์ระหว่าง ส่วนสูงสุด (hills) หรือส่วนต่ำสุด (valleys) ในพื้นผิว และมีติระนาบของพื้นผิวที่ส่องสว่าง เบคแมนให้สมการที่อธิบายความสัมพันธ์นี้ดังนี้

$$\Psi = e^{-\gamma} \left[\rho_0^2 + \frac{\pi F T^2}{A} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{g^m}{m! m} \exp\left(\frac{-v_{xy}^2 T^2}{4m}\right) \right] \quad (2.1)$$

$$\rho_0 = \frac{\sin(v_x X_s) \sin(v_y Y_s)}{(v_x X_s)(v_y Y_s)}$$

$$F = \frac{1 + \cos\theta_1 \cos\theta_2 - \sin\theta_1 \sin\theta_2 \cos\theta_3}{\cos\theta_1 (\cos\theta_1 + \cos\theta_2)}$$

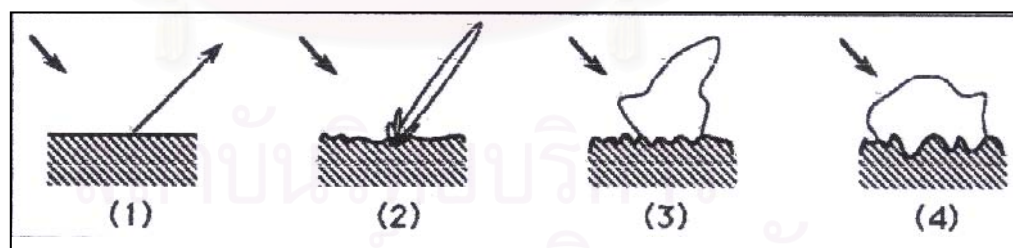
$$g = \frac{2\pi\sigma_h}{\lambda} (\cos\theta_1 + \cos\theta_2)$$

$$v_x = \frac{2\pi}{\lambda} (\sin\theta_1 - \sin\theta_2 \cos\theta_3), v_y = \frac{2\pi}{\lambda} \sin\theta_2 \sin\theta, v_{xy} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

สมการ 2.1 กำหนดความเข้มของการแผ่รังสีที่กระจัดกระจายในมุมสังเกตการณ์ที่กำหนดให้ โดยมีพื้นฐานเพียงอย่างเดียวจากความขรุขระเฉพาะที่ของพื้นผิว (เหนือพื้นที่ค่อนข้างเล็ก) โดยสมมติว่ามุมตกกระทบคงที่ ความสัมพันธ์นี้ถูกนำไปใช้อย่างได้ผลใน Profilometry devices แบบจุดและแบบเส้น โดยการตรวจสอบพลังงานเฉลี่ยที่กระจัดกระจายจากแหล่งแสงสว่างแบบร่วมนัย เข้มข้นเหนือมุมตกกระทบและมุมสังเกตการณ์ ระบบเหล่านี้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความขรุขระของพื้นผิวเฉพาะที่ ในเมื่อแสงที่กระจายถูกวัดจากพื้นที่ขนาดค่อนข้างเล็ก (วอร์เบอร์เกอร์ 1990) ทฤษฎีดังกล่าวอาจขยายออกไปเพื่อครอบคลุมระบบการวัดแบบเน้นพื้นที่ตามที่ได้

ภาพ 2.9 แสดงการถ่ายโอนตามแบบจากการสะท้อนแบบ specular ไปเป็นการสะท้อนแบบแพร่ขณะที่ความขรุขระของพื้นผิวเพิ่มขึ้น อย่างที่กำหนดโดยสมการ 2.1 ในพื้นผิวเรียบของกรณี (1) แสงตกกระทบถูกสะท้อนออกมาทั้งหมดในทิศทางแบบ specular สำหรับพื้นผิวขรุขระเล็กน้อยของกรณี (2) การแผ่รังสีที่กระจัดกระจายแสดงสัญญาณยอดแหลมออกมาในทิศทางแบบ specular โดยพูข้างของความเข้มที่เล็กกว่าในทิศทางแบบ specular ในกรณี (3) พื้นผิวขรุขระปานกลาง การแผ่รังสีตกกระทบถูกแพร่ออกไปอย่างกระจัดกระจาย แต่ยังมีแนวโน้มไปในทิศทางแบบ specular สำหรับพื้นผิวขรุขระมากของกรณี (4) แสงแบบแพร่ไม่กระจัดกระจายในทิศทางแบบ specular

ในงานชิ้นนี้ วิธีของเบคแมนเกี่ยวกับปัญหาการกระจัดกระจายของแสงและการนำมาประยุกต์ใช้ในการวัดความขรุขระเฉพาะที่นั้นได้รับการยอมรับ นอกจากนั้นทฤษฎีการกระจัดกระจายของเบคแมนได้ขยายออกไปเพื่อการนำไปใช้กับระบบการวัดแบบเน้นพื้นที่ที่ใกล้ ๆ ซึ่งสามารถวัดความขรุขระของพื้นผิวได้

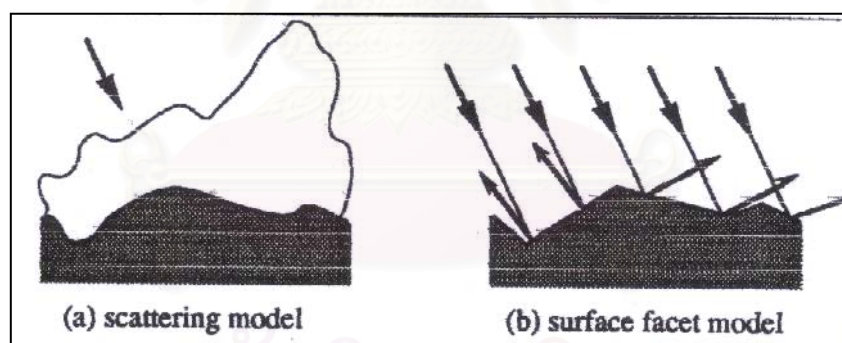


รูปที่ 2.9 แสดงการถ่ายโอนตามแบบจากการสะท้อนแบบ specular ไปเป็นการสะท้อนแบบแพร่

2.6.3 แบบจำลองหน้าประกอบของพื้นผิว

ขณะที่ทฤษฎีการกระจัดกระจายของแสงของเบคแมนพิจารณาเรื่องสมบัติเชิงสถิติของพื้นผิวที่ศึกษาเพื่อหาธรรมชาติของแสงที่สะท้อนจากพื้นผิว การอภิปรายที่ง่ายกว่ามากเรื่องการสะท้อน

แสงอาจนำเสนอดีได้โดยการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขึ้นเป็นตาข่ายของหน้าประกอบแบบราบที่เชื่อมต่อนี้ซึ่งกันและกันและสะท้อนแสงในลักษณะแบบ specular อย่างแท้จริง ในแบบจำลองนี้ แสงตกกระทบทำหน้าที่รวบรวมรังสีของแสงธรรมดาเข้าเป็นเฟสต่าง ๆ รังสีแสงถูกสะท้อนจากพื้นฐานที่มีพื้นฐานจาก Orientation เชิงเรขาคณิตของหน้าประกอบแต่ละด้านของพื้นผิว ดังนั้นมุมของการสะท้อนแสงจึงเท่ากับมุมของการตกกระทบ (มีทิศตรงกันข้ามตามที่วัดได้จากพื้นผิวปกติของหน้าประกอบแต่ละด้าน) ฟิลด์ที่ได้ (Resultant field) สะท้อนในลักษณะนี้คือผลรวมของเวกเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับเฟสต่าง ๆ ของรังสีทุกชนิดในทิศทางที่กำหนด ตัวอย่างแบบสองมิติของแบบจำลองนี้แสดงไว้ในภาพ 2.10 ซึ่งแสดงการสร้างแบบจำลองของพื้นผิวต่อเนื่องแบบอนุกรมของหน้าประกอบพื้นผิวที่เชื่อมต่อกัน และการสะท้อนของรังสีแสงจากหน้าประกอบเหล่านี้ โปรดสังเกตว่าแบบจำลองการกระจัดกระจายนี้ทำนายฟิลด์ที่กระจายแบบแพร่เนื่องจากความขรุขระเฉพาะที่ของพื้นผิว โดยมีทิศทางของการสะท้อนของพลังงานที่สอดคล้องกับทิศทางแบบ Specular ขณะที่แบบจำลองหน้าประกอบของพื้นผิวกล่าวถึงฟิลด์ที่กระจายอื่นน้อยกว่าการทำนายทิศทางของการสะท้อนแบบ specular สำหรับรังสีแสงแต่ละชนิดที่ตกกระทบบนหน้าประกอบ ดังนั้นแบบจำลองหน้าประกอบของพื้นผิวจึงเป็นแบบจำลองเชิงเรขาคณิตมากกว่าเชิงสถิติของการกระจาย



รูปที่ 2.10 เปรียบเทียบรูปแบบการกระจาย

ที่เห็นได้ชัดเจนคือ แบบจำลองหน้าประกอบของพื้นผิวของการสะท้อนแสงนั้นง่ายเกินไปและไม่สามารถรวมปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของการกระจายของแสงไว้ได้ อย่างไรก็ตามแบบจำลองนี้เป็นจุดเริ่มต้นเพื่อการอธิบายประเด็นพื้นฐานต่าง ๆ ของการสะท้อนแสงจริง ๆ แล้ววิธีเชิงหน้าประกอบ (facet) ของพื้นผิวใช้กับปัญหาการกระจายโดยอธิบายพื้นผิวแบบหน้าประกอบเป็นลักษณะ Markov chain และกำหนดฟิลด์ที่กระจายโดยยอมรับ chain ซึ่งใช้วิธีการทางสถิติ (เบคแมน 1963) แบบจำลองหน้าประกอบของพื้นผิวจะได้รับการพิจารณาพร้อมกับแบบจำลองการกระจาย เพื่อให้เป็นพื้นฐานทางทฤษฎีสำหรับพฤติกรรมของระบบ Vision

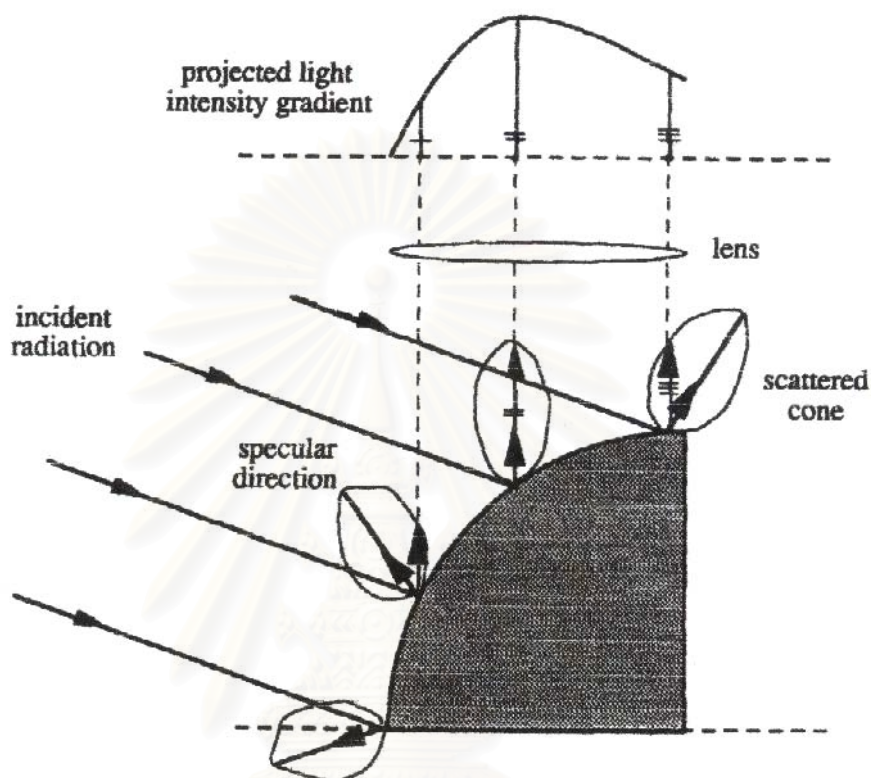
2.7 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการกระจายกับ Vision System Operation

พื้นฐานทางทฤษฎีสำหรับการปฏิบัติการของระบบ Vision เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของทฤษฎีการกระจายและการแปลความหมายเชิงเรขาคณิตของการสะท้อนแสงแบบไม่รวมนัย ขณะที่ทฤษฎีการกระจายสามารถนำไปใช้ได้โดยตรงกับระบบการวัดแบบจุดเดี่ยว มันไม่ได้ให้ตัวเองโดยตรงสำหรับการวัดเชิงแสงแบบเน้นพื้นที่

พื้นผิวที่มีแสดงลักษณะปกติโดยพารามิเตอร์ เช่น ความขรุขระ ความลาด และความเป็นคลื่น (เมื่อความขรุขระและความเป็นคลื่นมีความชัดเจนโดยอ้างถึงความถี่ตัดที่เลือกแล้วบางตัว) หรืออีกอย่างหนึ่งเราอาจจินตนาการแบบจำลองซึ่งอธิบายพื้นผิวในแง่ของอนุกรมของหน้าประกอบแบบราบมีหลายมุม หน้าประกอบเหล่านี้เชื่อมต่อกันและกันเพื่อสร้างเป็นลักษณะพื้นผิวโดยรวมทั้งหมด แทนที่จะเป็นหน้าประกอบเรียงตามที่ได้อธิบายไว้ในแบบจำลองหน้าประกอบของพื้นผิวซึ่งได้อธิบายไปแล้วในตอน 2.6.3 แบบจำลองนี้อาจทำให้ดีขึ้นได้ด้วยการพิจารณาว่าแต่ละหน้าประกอบมี "ความขรุขระเฉพาะที่" ในมโนทัศน์ที่เหมือนกับความถี่ตัด ซึ่งกำหนดขอบเขตอย่างชัดเจนระหว่างความขรุขระและความเป็นคลื่นของพื้นผิว ขอบเขตระหว่าง "ความขรุขระเชิงเรขาคณิตบนหน้าประกอบ" และความขรุขระเฉพาะที่" ต้องได้รับการกำหนดอย่างชัดเจน ประเด็นนี้จะกล่าวถึงต่อไปในตอนท้าย ๆ

ลองพิจารณา "กลุ่มรังสี" ขนาดเล็กของแสงที่ส่องตรงไปยังหน้าประกอบด้านหนึ่งในแบบจำลองนี้ การแผ่รังสีบางส่วนถูกสะท้อนในทิศทางแบบ specular ซึ่งถูกกำหนดอย่างชัดเจนโดยมุมตกกระทบและ Global orientation ของหน้าประกอบ นอกจากนี้ เนื่องจากความขรุขระเฉพาะที่ของหน้าประกอบ การแผ่รังสีตกกระทบบางส่วนจึงกระจายไปจากทิศทางแบบ specular อย่างที่แสดงในสมการ 2.1 ในพื้นผิวที่ประกอบด้วยหน้าประกอบหลายด้าน ฟิลด์ความเข้มที่สะท้อนของแสงที่ส่องตรงไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งนั้นประกอบด้วยการสะท้อนแต่ละครั้งในทิศทางนั้นจากหน้าประกอบแต่ละด้านของพื้นผิว สำหรับกรณีสองมิติ ให้พิจารณาแหล่งกำเนิดแสงในระยะไกลที่ส่องสว่างรูปสี่เหลี่ยมกลมอย่าง ที่แสดงในภาพ 2.11 ขณะที่ลำของรังสีแสงกระทบพื้นผิวของวัตถุทรงกลมนั้น การแผ่รังสีตกกระทบในปริมาณมากจะสะท้อนออกไปจากพื้นผิวไปตามทิศทางแบบ specular ซึ่งกำหนดได้โดยมุมหนึ่งเท่ากับมุมตกกระทบตามที่ถูกวัดได้จากพื้นผิวปกติ ณ จุดที่ตกกระทบ (ตามกฎของสเนลล์) เกล็ดรวมแสงใด ๆ ที่สะท้อนออกมาและพุ่งขึ้นข้างบน และฉายมันไปบน Imaging array ที่แสดงความเข้มของแสงที่ไปถึงมัน เพื่อความชัดเจนจึงแสดงเวกเตอร์สามอันในภาพสำหรับรังสีแสง คือ ทิศทางตกกระทบ ทิศทางแบบ specular และองค์ประกอบที่มีทิศทางพุ่งขึ้นด้านบนของฟิลด์ที่กระจาย อย่างที่แสดงไว้ในภาพ เกรเดียนต์ความเข้มของแสงที่ฉายออกมาไม่ได้บอกลักษณะที่แท้จริงของพื้นผิว เกรเดียนต์ความเข้มของแสงที่ฉายออกมามีมากที่สุด ณ จุดที่ทิศทางแบบ specular ตรงกันกับองค์ประกอบที่พุ่งขึ้นด้านบน

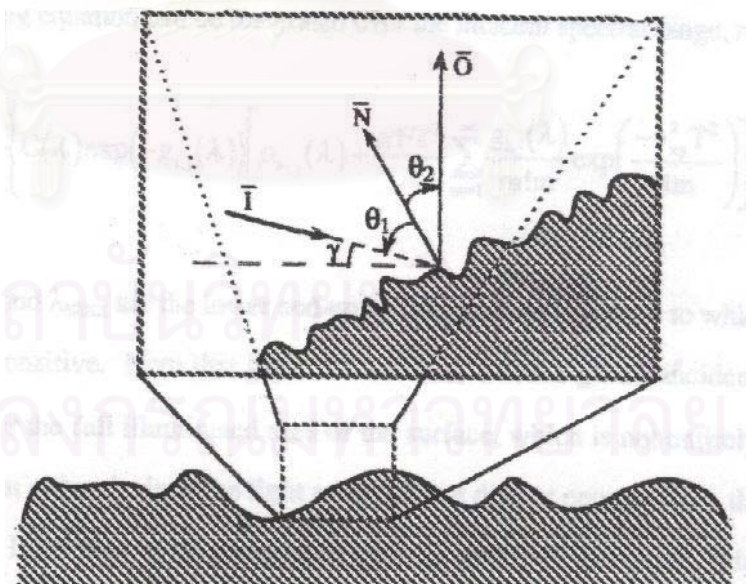
ของฟิล์มที่กระจกระเจา มากกว่าที่ด้านบนสุดของวงกลม ขณะที่เกรเดียนต์ความเข้มของแสงที่ฉายออกมามีต่ำสุดเมื่อตรงกับจุดต่ำสุดของวงกลมซึ่งตรงตามที่คาดไว้



รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะของแสงที่ตกกระทบบนวัตถุทรงกลม

สำหรับกรณีแบบสองมิติอย่างง่ายที่แสดงไว้ในภาพ 2.11 แสดงให้เห็นว่าความเข้มของแสงที่กระจกระเจาไม่ได้มีสหสัมพันธ์โดยตรงกับเรขาคณิตของพื้นผิวที่ส่องสว่าง ขณะที่มันอาจจะเป็นอุดมคติถ้าสหสัมพันธ์ทางตรงเกิดขึ้น การไม่มีความสัมพันธ์เชิงสัดส่วนดังกล่าวไม่ได้ทำให้ความมีประสิทธิภาพที่เป็นไปได้ของระบบแสงไม่เที่ยงตรง แม้ว่ามันจะชัดเจนที่ว่าฟิล์มที่กระจกระเจาในทิศทางที่กำหนดเหนือพื้นที่ของพื้นผิวหนึ่งจะไม่ใช่สัดส่วนกับความผันแปรของความสูงในพื้นที่ที่ส่องสว่างนั้น มันยังมีความสัมพันธ์ที่เป็นเอกลักษณ์ระหว่างเรขาคณิตของพื้นผิวและฟิล์มที่กระจกระเจา ความสัมพันธ์นี้ต้องรวมความลาดของ "ส่วนประกอบของความขรุขระ" บนพื้นผิวนั้นด้วย เพื่อที่จะกำหนดค่าความสัมพันธ์นี้ แบบจำลองการสะท้อนของหน้าประกอบที่กระจกระเจาแบบบูรณาการของพื้นผิวอาจนำมารวมกันกับความรู้เรื่อง Orientation ของหน้าประกอบ (และความลาดของหน้าประกอบ) เพื่อให้ได้แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของฟิล์มแสงที่กระจกระเจา

ภาพ 2.12 แสดงพื้นผิวต่อเนื่องสองมิติซึ่งอาจสร้างเป็นแบบจำลองในลักษณะอนุกรมของหน้าประกอบพื้นผิวแบบต่อเนื่อง แต่ละด้านมีความขรุขระเฉพาะที่ตามที่กำหนด หน้าประกอบดังกล่าวซึ่งขยายจากพื้นผิวต่อเนื่องนั้นแสดงให้เห็นความขรุขระเฉพาะที่และพารามิเตอร์เชิงเรขาคณิตซึ่งบอกถึง Orientation ของหน้าประกอบอย่างชัดเจน พื้นผิวปกติ N ที่แสดงไว้โดยอ้างอิงระดับเฉลี่ยของความผันแปรในความสูงของพื้นผิวหน้าประกอบ เวกเตอร์การสะท้อนแสงและการสังเกตการณ์ I และ O แสดงให้เห็นมุม θ_1 และ θ_2 จาก N ทิศทางของ N ถูกกำหนดจากตำแหน่งของเครื่องรับในระบบการมองเห็น (ในกรณีนี้กำหนดไปในทิศทาง $+Z$) นอกจากนี้ มุมกว้างของการตกกระทบ γ ระบุถึง Orientation ของ I ที่อ้างอิง global horizontal กำหนดให้มุมตกกระทบของพารามิเตอร์เชิงเรขาคณิต θ_1 และ θ_2 ถูกกำหนดไว้ชัดเจนด้วยความรู้ของหน้าประกอบของพื้นผิวของเวกเตอร์ปกติ เมื่อขยายภาพออกไปเป็นสามมิติ ความรู้เรื่องหน้าประกอบของเวกเตอร์ปกติจะให้พารามิเตอร์ θ_1 , θ_2 และ θ_3 เมื่อ บอกถึงความลาดเอียงในมิติที่สองที่แสดงให้เห็นในภาพ 2.5 อ้างอิงถึงสมการ 2.1 เรื่องการกระจายกระจาย เราเห็นว่าเราสามารถกำหนดความเข้มของฟิล์มที่กระจายกระจายในทิศทางการสังเกตการณ์ที่รู้แล้ว เมื่อให้ค่าของ θ_1 , θ_2 และ θ_3 นอกเหนือจากข้อมูลเกี่ยวกับความขรุขระเฉพาะที่ของหน้าประกอบ ดังนั้นถ้ากำหนดเวกเตอร์ปกติของพื้นผิวให้สำหรับหน้าประกอบหนึ่ง และเราทราบค่าความขรุขระเฉพาะที่และระยะทางสหสัมพันธ์ของหน้าประกอบเมื่อนั้นเราก็สามารถใช้ระบบ Vision คำนวณสำหรับหน้าประกอบแต่ละด้านของพื้นผิวนั้นได้จากค่าพลังงานที่กระจายกระจายเฉลี่ยเหนือระบบ



รูปที่ 2.12 แสดงพื้นผิวต่อเนื่องสองมิติ

เพื่อที่จะหาค่ากำลังงานที่กระจกระบายเฉลี่ยจากหน้าประกอบด้านใดด้านหนึ่ง เราต้องคำนวณค่าการกระจกระบายที่เกิดจากความยาวคลื่นของการแผ่รังสีตกกระทบ และฟิลต์กระจกระบายที่ได้ซึ่งถูกกำหนดโดยการซ้อนทับของการกระจกระบายที่มาจากความยาวคลื่น เพื่อทำเช่นนั้น จึงต้องมีเทอมใหม่ขึ้นมาเพื่ออธิบายถึงการมีส่วนร่วมสัมพัทธ์ของความยาวคลื่นแต่ละคลื่นต่อกำลังงานของการแผ่รังสีตกกระทบรวม ในเมื่อแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ส่องสว่างพื้นผิวไม่ใช่กำลังงานที่คงที่ไปตลอดสเปกตรัมที่มองเห็น ฟังก์ชันของ $C(\lambda)$ ที่นำเข้ามาเพื่อแทนอัตราส่วนของกำลังงานจากความยาวคลื่นเฉพาะต่อกำลังงานเชิงสเปกตรัมรวมของการแผ่รังสีตกกระทบ อย่างที่แสดงไว้ในสมการ 2.2 และ 2.3

$$C(\lambda_n) = \frac{P(\lambda_n)}{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} C(\lambda) d\lambda} = 1 \quad (2.2)$$

$$\psi_{i,j,\frac{x}{2}} = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \left\{ C(\lambda) \exp(-g_{i,j}(\lambda)) \left[\rho_{0,1}(\lambda) + \frac{\pi F T^2}{A} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{g_{i,j}(\lambda)}{m!m} \exp\left(\frac{-v_{xy}^2 T^2}{4m}\right) \right] \right\} d\lambda \quad (2.3)$$

เมื่อ λ_{\min} และ λ_{\max} เป็นขีดจำกัดต่ำและสูงของสเปกตรัมซึ่งเครื่องรับไวต่อการรับ โปรดสังเกตว่าสมการ 2.3 สมมติว่ามุมตกกระทบที่เป็นมุมกว้าง (γ) คงที่ตลอดบนพื้นที่ที่ถูกส่องสว่างของพื้นผิว ซึ่งไม่จริงทั้งหมดสำหรับระบบการมองเห็นใกล้ ๆ ในเมื่อแหล่งกำเนิดแสงไม่ได้อยู่ห่างเพียงพอจากพื้นผิวเพื่อให้รังสีของแสงตกกระทบขนานกันทั้งหมด อย่างไรก็ตามเราอาจมองข้ามข้อเท็จจริงนี้ไปได้สำหรับการประมาณในปัจจุบันของฟิลต์ที่กระจกระบาย

สมการ 2.3 กำหนดพลังงานที่กระจกระบายในทิศทางที่สังเกตการณ์สำหรับหน้าประกอบที่กำหนดให้ซึ่งถูกกำหนดอย่างชัดเจนโดย Subscript i และ j เราสมมติว่าเราอาจจะระบุหน้าประกอบเหล่านี้ได้ในแง่ของกริด $n \times m$ แบบสองมิติ เมื่อ i และ j เป็นเลขจำนวนเต็มซึ่ง $1 \leq i \leq n$ และ $1 \leq j \leq m$ Notation นี้สะดวกสบายอย่างที่จะแสดงในการอภิปรายต่อไปนี้เรื่องมิติต่าง ๆ ของหน้าประกอบพื้นผิวที่เหมาะสม เราคำนวณค่าพารามิเตอร์ซึ่งแสดงในสมการ 2.3 ด้วย θ_2 และ θ_3 ที่กำหนดด้วยมุมสังเกตการณ์ในทิศทางของกล้อง CCD ของระบบการมองเห็น และ θ_1 กำหนดโดยอ้างอิงถึงระนาบ $x - y$ เฉพาะที่

เพื่อประยุกต์ใช้สมการ 2.3 ต้องมีการเลือกมิติที่เหมาะสมสำหรับหน้าประกอบในลักษณะที่พื้นผิวต่อเนื่องสามารถสร้างเป็นแบบจำลองได้ สำหรับการประยุกต์ในปัจจุบัน มีทางเลือกแบบค่อนข้างง่ายสำหรับมิติต่าง ๆ ของหน้าประกอบ กล้อง CCD ที่ใช้ในระบบการมองเห็นมีความ

ละเอียดเท่ากับ 510 z 492 และพิกเซลแต่ละอันในกล้องซึ่งรับปริมาณของแสงที่สะท้อนเข้าในกล้อง จากพื้นที่ขนาดเล็กของพื้นผิว มันจึงสมเหตุสมผลว่าควรสร้างแบบจำลองของพื้นผิวเป็นกริดของ หน้าประกอบที่เชื่อมต่อนี้ในลักษณะ 510 x 492 โดยหน้าประกอบแต่ละด้านที่กระจาย แสดงตกกระทบบนหน้าประกอบในพิกเซลที่สอดคล้องกันในกล้อง CCD เรื่องนี้สมเหตุสมผล トラバドที่พื้นที่ของพื้นผิวถูกปกคลุมด้วยหน้าประกอบแต่ละด้านนั้นมีขนาดเล็กอย่างเพียงพอเมื่อ เปรียบเทียบกับความขรุขระ global ของพื้นผิว นั่นคือการขยายด้วย camera magnification และ ความละเอียดต้องเพียงพอเพื่อให้พื้นที่ของพื้นผิวซึ่งกระจายแสงเข้าไปในพิกเซลของ CCD แต่ละ อันจะได้มีขนาดเล็กกว่า 1/2 ของ lower cutoff period ของความขรุขระของพื้นผิว global ใช้เกณฑ์ ระยะ 1/2 นี้เพื่อให้แน่ใจว่าความถี่ตัดด้านบนของพื้นผิวต่อเนื่องถูกจำลองโดยหน้าประกอบต่าง ๆ กล่าวโดยสรุป ผลที่ได้จากสมการ 2.3 ขึ้นกับสมมติฐานเหล่านี้คือ

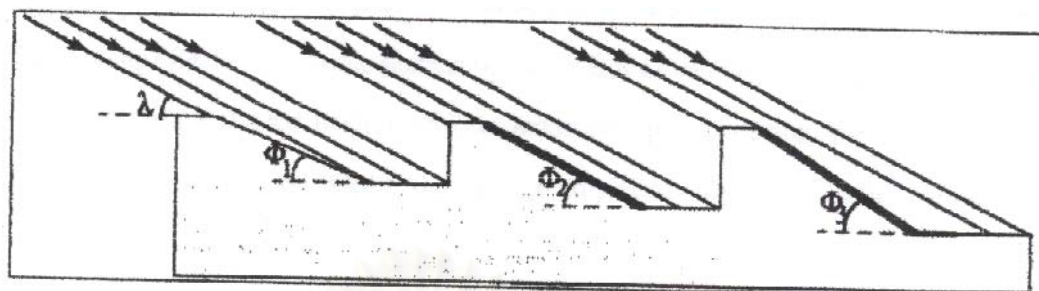
- มุมตกกระทบ global คงที่บนพื้นที่ทั้งหมดของพื้นผิวที่ตรวจสอบอยู่
 - การขยายด้วยกล้องและความละเอียดสูงพอเพื่อว่ามีมิติต่าง ๆ ของหน้าประกอบพื้นผิวเล็ก กว่า 1/2 ของระยะตัดด้านล่างของความขรุขระของพื้นผิว global เกณฑ์นี้ต้องไม่ เปลี่ยนแปลงในทั้งทิศทาง x และ y
 - มิติต่าง ๆ ของหน้าประกอบสัมพันธ์อย่างมากกับความยาวคลื่นในสเปกตรัมของการแผ่ รังสีตกกระทบ

2.8 ปรากฏการณ์ที่ส่งผลต่อการทำงานของระบบ Vision

มีหลายเรื่องที่เราควรพิจารณาก่อนที่จะประยุกต์ใช้ทฤษฎีการกระจายแสงกับการวัด ความขรุขระ ทั้งสองเรื่องนี้รวมอยู่ในเรื่องนี้ด้วย ข้อแรกคือถ้ามุมตกกระทบเล็กเกินไปสำหรับความ ขรุขระของพื้นผิวที่กำหนดให้ส่วนต่ำสุด (valleys) บางส่วนบนพื้นผิวจะเกิดเงาขึ้นจากยอดที่สูงกว่า ประการที่สองคือปรากฏการณ์ของการกระจายแบบ multiple ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อแสงกระจาย กระจายจากย่านหนึ่งของพื้นผิวไปยังอีกย่านหนึ่ง เมื่อนั้นกระจายออกไปอีกครั้ง ปรากฏการณ์ทั้ง สองนี้ส่งผลต่อความถูกต้องของการวัดของระบบการมองเห็น

2.8.1 การเกิดเงา

เงาเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบเล็กเกินไปสำหรับลักษณะพื้นผิวที่กำหนดให้ เพื่อว่า Valleys บาง ส่วนบนพื้นผิวจะเกิดเงาขึ้น โดยยอดที่สูงกว่า ผลนี้ไม่ได้ขึ้นกับความขรุขระของพื้นผิวอย่างเดียว แต่ มาจากความลาดของส่วนประกอบของความขรุขระบนพื้นผิว ถ้าความลาดนั้นชันมาก กว่ามุมตก กระทบ เงาก็จะเกิดขึ้นอย่างที่แสดงไว้ในภาพ 2.13 ในภาพนี้แสงตกกระทบไปชนพื้นผิวด้วย มุมตก กระทบ λ พื้นผิวแสดงลักษณะโดยความลาดของมุมที่ชัดเจนสามแบบ $\phi_1 < \lambda$, $\phi_2 = \lambda$, $\phi_3 > \lambda$ พื้นที่ของพื้นผิวซึ่งระบุด้วยเส้นทึบเกิดเงาขึ้น อย่างที่เห็นได้ชัดเจนในภาพ 2.6 การเกิดเงามีขึ้น เมื่อความลาดบนพื้นผิวใหญ่กว่ามุมตกกระทบ โดยมี $\phi = \lambda$ ซึ่งเป็นมุมวิกฤติเมื่อเกิดเงาขึ้น

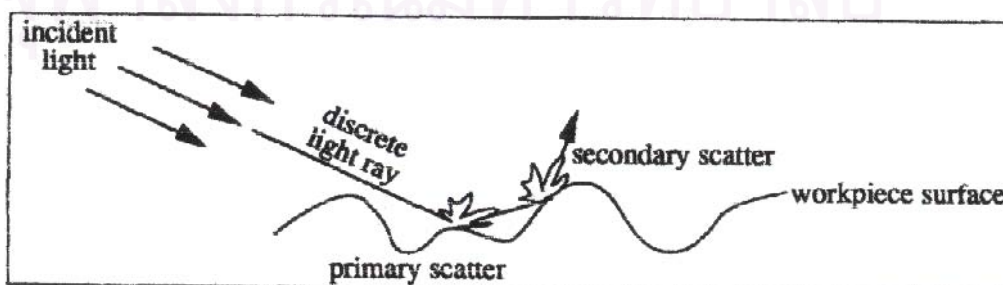


รูปที่ 2.13 การเกิดเงา

ผลหนึ่งของการเกิดเงาคือฮิสโตแกรมแสดงระดับสีเทาบนพื้นผิวอาจมีสองยอด นั่นคือพื้นที่เกิดเงาจะสร้าง hump ขึ้นที่ปลายสุดของฮิสโตแกรม (สว่างน้อยกว่า) ขณะที่ hump ของการแจกแจงปกติแบบมาตรฐานจะยังคงเห็นได้ชัด ธรรมชาติแบบมีสองยอดของฮิสโตแกรมจะส่งผลกระทบต่อพารามิเตอร์ของความขรุขระเชิงแสง ด้วยเหตุนี้ มุมตกกระทบถูกใช้ในระบบควรรใหญ่เพียงพอเพื่อหลีกเลี่ยงผลของการเกิดเงาอย่างมีนัยสำคัญ

2.8.2 การระจัดกระจายแบบ multiple

การระจัดกระจายแบบ multiple เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบสะท้อนออกจากส่วนหนึ่งของพื้นผิว และแสงที่สะท้อนออกมาชนกับย่านที่สองของพื้นผิวซึ่งจะระจัดกระจายอีกครั้ง และเกิดขึ้นอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ ตามที่แสดงในภาพ 2.7 การระจัดกระจายแบบ multiple มีโอกาสมากที่สุดในการเกิดขึ้นเมื่อความลาดของพื้นผิวมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ในเมื่อการแผ่รังสีที่ระจัดกระจายน่าจะสะท้อนออกไปจากพื้นผิวเมื่อความลาดของพื้นผิวมีขนาดเล็ก ดังนั้นจึงจำกัดผลของการระจัดกระจายแบบ multiple ในเมื่อมันซับซ้อนอย่างมากที่จะอธิบายฟิลด์ที่ระจัดกระจายซึ่งสะท้อนจากพื้นผิวภายใต้การระจัดกระจายแบบ multiple ผลต่าง ๆ ของปรากฏการณ์นี้อาจกำหนดได้ดีที่สุดโดยการสังเกตการณ์มากกว่าจะการอธิบายทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 2.14 การระจัดกระจายแบบ multiple

2.9 วิธีการวัดความหยาบผิวที่เลือกใช้ในการทำวิจัย

2.9.1 การวัดความหยาบผิวโดยใช้เครื่อง Surfes301 ซึ่งเป็นเครื่องวัดความหยาบผิวสำหรับวัดในงานโลหะเมื่อนำมาทำการทดลองวัดผิวชิ้นงานที่เป็นไม้ จะประสบกับปัญหากับผิวที่วัดเพราะผิวไม้พาราจะมีท่อน้ำย Vessel (เวสเซลล์) หรือ Pore (พอร์) ทำให้เกิดเป็นร่องเล็กๆ เมื่อใช้เครื่อง Surfes301 วัดจะทำให้เกิดการสะดุดทำให้อ่านค่าไม่ได้ซึ่งเป็นปัญหาในการวัดค่าความหยาบผิวโดยวิธีนี้ จะใช้การประมาณค่าความหยาบผิวที่ได้จากการ โดยการชดเชยค่าที่วัดเมื่อการวัดเกิดการสะดุดโดยค่าของระยะลึกเฉลี่ยของท่อน้ำยเท่ากับ 305 ไมครอน

2.9.2 ระบบการประมวลผลภาพ (Vision systems)

ส่วนประกอบของระบบสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์และส่วนประกอบทางซอฟต์แวร์

ส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์

สำหรับการออกแบบและพัฒนาส่วนประกอบฮาร์ดแวร์นั้นจะยึดหลักที่จะนำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์พีซีที่มีอยู่ทั่วไปมาใช้งาน โดยการเพิ่มอุปกรณ์ที่จำเป็นที่เป็นอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วนำมาประยุกต์ใช้งาน ดังนั้นส่วนประกอบของฮาร์ดแวร์จึงสามารถแบ่งออกได้เป็น

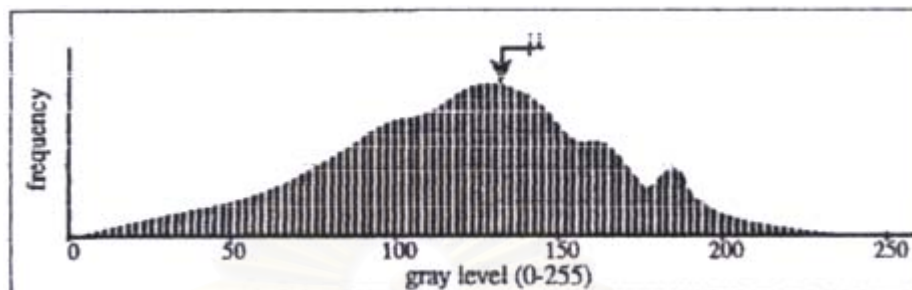
1. ส่วนที่เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์พีซี ซึ่งจะประกอบไปด้วย main board ,Floppy disk, VGA card, VGA monitor, keyboard, mouse และอื่นๆ ซึ่งส่วนนี้จะเป็นฐานในการพัฒนาระบบ
2. ส่วนที่เป็นอุปกรณ์เสริมคือเครื่องสแกนซึ่งใช้ในการสแกนภาพชิ้นงานไม้พารา
3. การ์ดตัดต่อภาพ
4. กล้อง CCD

ส่วนประกอบทางซอฟต์แวร์

ส่วนประกอบของซอฟต์แวร์นับเป็นส่วนสำคัญที่สุดของระบบเพราะจะเป็นส่วนที่ควบคุมการทำงานของระบบตั้งแต่การควบคุมฮาร์ดแวร์ของระบบ, การติดต่อกับผู้ใช้งานและส่วนของโปรแกรมที่ทำการวิเคราะห์ความหยาบผิว โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ โปรแกรม Scion Image ซึ่งพัฒนาโดยสถาบัน National Institute of Health ซึ่งโปรแกรมนี้อ้างอิงมาจากการวิจัยเรื่อง An Optical Area-Scattering Based Approach for the Measurement of Surface Roughness Formed during Machining เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการหาค่าความหยาบผิวของโลหะในระหว่างการผลิต โปรแกรมจะเป็นเครื่องมือวิเคราะห์ภาพที่ได้จากกระบวนการถ่ายภาพด้วยกล้อง CCD โดยใช้หลักการของการสะท้อนแสงของพื้นผิว

หลักการทำงานของระบบนี้คือ จะใช้หลักการของการนำภาพที่ได้จากระบบการประมวลผลภาพ และส่งเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผล

โปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลคือ Scion Image โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าของแสงสะท้อนที่ได้แสดงอยู่ในรูปของกราฟ Histogram



รูปที่ 2.15 แสดงกราฟ Histogram

ค่าที่ได้จากกราฟ Histogram จะเป็นค่าที่เกิดจากแสงสะท้อนจากพื้นผิวของชิ้นงานที่มีความหยาบค่า Parameter ที่ได้มีสองค่าคือ ค่าเฉลี่ย (μ) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ทั้งสองค่านี้สามารถใช้ในการประมาณค่าความหยาบผิวของชิ้นงานได้ โดยการกำหนดความสัมพันธ์ของปัจจัยทั้งสองเป็นค่าความหยาบผิวภาพ(Optical Roughness (Ω)) ซึ่งค่าทั้งสองจะขึ้นอยู่กับค่า เฉลี่ย (μ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

$$\Omega = \mu / \sigma \quad (2.4)$$

ตัวอย่างผลลัพธ์ ของค่าเฉลี่ย (μ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ที่ได้จากโปรแกรม Scion Image



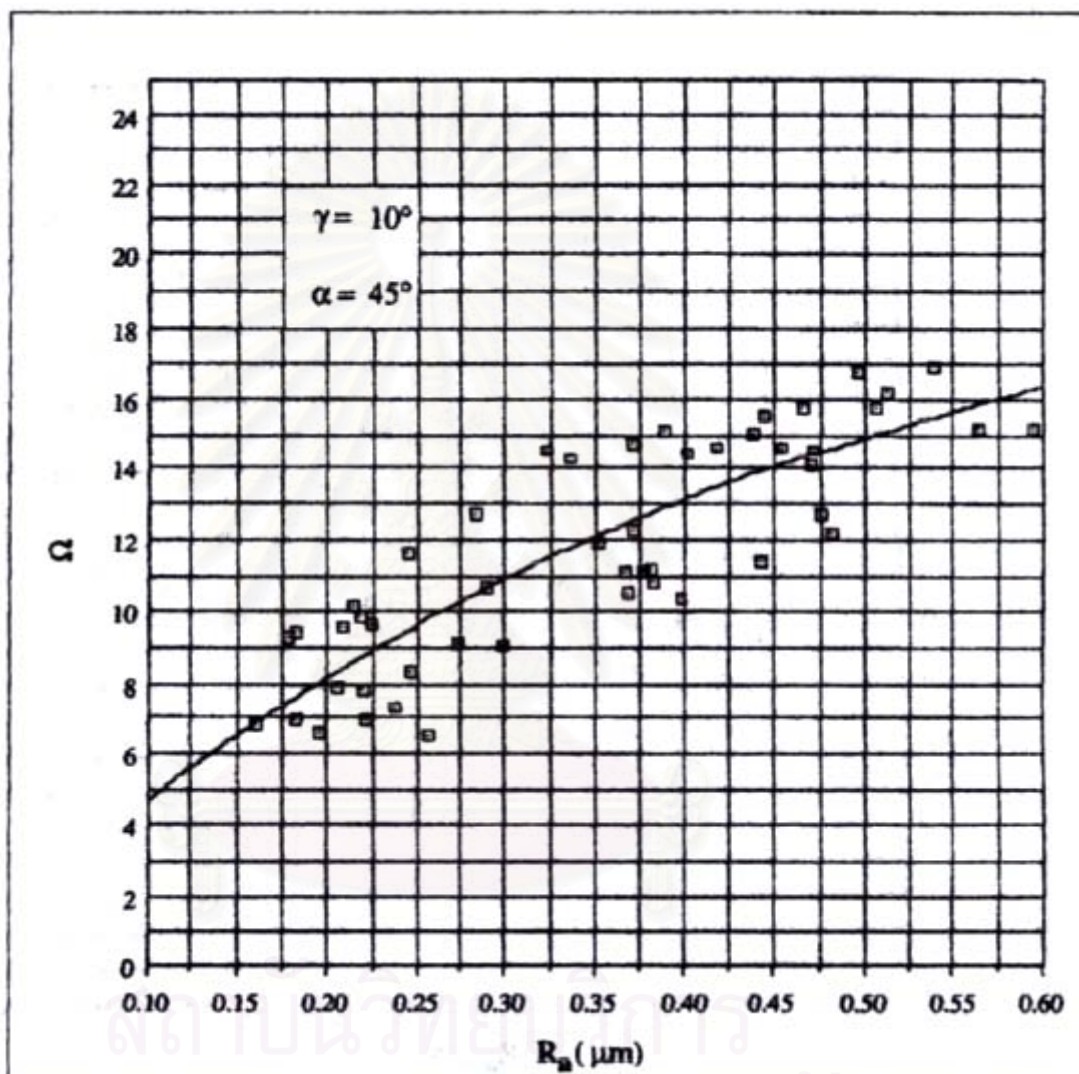
รูปที่ 2.16 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม Scion Image

ตัวอย่างของกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวภาพ กับค่าความหยาบผิวจริง

ค่าความหยาบผิวภาพ(Optical roughness)ที่ได้จากการวัดชิ้นงานแต่ละตัวอย่างจากระบบการประมวลผลภาพ นำมาพล็อตกราฟกับค่าความหยาบผิวจริงที่รู้ค่าจากการวัดด้วยเครื่อง Stylus

Probe Instrument ซึ่งได้กราฟแสดงในรูปที่ 11 จากการสังเกตเส้นกราฟเกิดจากสมการไบโนเมียลกำลังสามและ $R^2=0.78$ สมการนี้คือ

$$\Omega = 22.497R_a^3 - 48.762R_a^2 + 47.944R_a + 0.316 \quad (2.5)$$



รูปที่ 2.17 Optical Calibration Curve

ผลลัพธ์ที่ได้จากกราฟ Calibration Curve สามารถใช้กำหนดค่าความหยาบผิวของชิ้นงานตัวอย่างโดยการวัดค่าความหยาบผิวภาพ(Optical Roughness) และหาความสัมพันธ์ของค่า R_a จากสมการ 1.2 ตามลำดับ จากผลลัพธ์ที่ได้นี้เป็นตัวอย่างของการหาค่าความหยาบผิวของชิ้นงาน

อคูมินิยม (D. DeVoe 1993) ดังนั้นกรณีที่ได้นำมาประยุกต์ใช้วัดความหยาบผิวของไม้ยางพารา ต้องมีการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆให้เหมาะสม

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

D. DeVoe, L. Knox, and G. Zhang (1993) ทำการศึกษาถึงวิธีการวัดความหยาบผิวโดยระบบการถ่ายภาพด้วยกล้อง CCD เพื่อใช้ตรวจสอบคุณภาพผิวชิ้นงานระหว่างการผลิต อาศัยหลักการสะท้อนแสงของผิวชิ้นงานภาพที่ได้จะถูกประมวลผลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ภาพ NIH image ค่าที่ได้จากการประมวลผลนำมาทำการพล็อตกับค่าความหยาบผิวที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง Stylus ซึ่งจะได้อกราฟมาตรฐาน Correlation curve สามารถใช้ในการหาค่าความหยาบผิวด้วยวิธีการถ่ายภาพได้

C. Bradley ทำการศึกษาถึงวิธีการหาค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ Roughness sensor แบบ Optical กับเครื่อง Co-ordinate measuring machine(CMM) โดยที่ตัว Roughness sensor จะติดอยู่ที่ปลายสุดของแกน z ของเครื่อง CMM ซึ่งจะมี Software เป็นตัวควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่อง CMM และคำนวณค่าความหยาบผิวจากข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์ Sensor ค่าความหยาบผิวที่ได้จากการทดลองนี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดจากเครื่อง Stylus profilometer มีความแตกต่างกันอยู่ระหว่าง 3 ถึง 8 เปอร์เซ็นต์

Y. Fujiwara, Y. Fujii, Y. Sawada, S. Okumura ทำการศึกษาถึงการหาค่าความหยาบผิวของไม้โดยใช้วิธี Novel filtering วิธีการนี้ค่าที่ได้จากการวัดจะไม่นับรวมกับรอยลึกของผิวจากเส้นเฉลี่ยความหยาบผิวเฉลี่ยซึ่งกำหนดโดย ISO 4287 ด้วยวิธีการรองสัญญาณ ซึ่งสามารถใช้การประมาณค่าความหยาบผิวของไม้ที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุน ซึ่งค่าที่เป็นหลุมสมควรที่จะทำการตัดออกจากการคำนวณ ทำให้ได้ค่าความหยาบผิวที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด งานวิจัยมีส่วนสำคัญในการส่งเสริมและเป็นประโยชน์ต่อการหาค่าความหยาบผิวของไม้

S. Dongmo, P. Vautrot, N. Bonnet, M. Troyon (1997) ทำงานวิจัยนี้เพื่อหาวิธีประมาณค่าความหยาบผิวที่เป็นจริงจากการทดลองจากภาพ ทำให้สามารถเลือกใช้ขนาดหัว Tip ในการวัดค่าความหยาบผิวให้เหมาะสมกับลักษณะของพื้นผิวชิ้นงานทำให้ได้ค่าความหยาบผิวที่แท้จริง โดยใช้วิธีการจำลองภาพพื้นผิว 3 มิติที่มีลักษณะพื้นผิวแตกต่างกันโดยการคำนวณและแบ่งแยกส่วนของรูปร่างและความหนาแน่นของส่วนประกอบของเกรนในพื้นที่ผิว โดยการนำหลักการทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์โครงสร้างมาใช้อธิบายรูปแบบของภาพในกระบวนการ Scanning probe microscopy (SPM)

C. Bradley and Y. S. Wong (2001) ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเฝ้าติดตามการสึกหรอของ Cutting tool โดยใช้ระบบ Machine Vision System ในการวิเคราะห์ความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่าน

การกัด ซึ่งเกิดจากการสึกหรอของ Cutting tool ในระหว่างกระบวนการกัด ซึ่งทำให้สามารถคาดคะเนการสึกหรอของ Tool ได้

Hyosung LEE, Yangdam EO, Yongil KIM and Kiwon AHN, Korea ทำการวิจัยวิธีการวัดความหยาบผิวของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากหินที่ใช้ทำอุปกรณ์โครงสร้างซึ่งความหยาบผิวมีความสำคัญมาก ต้องใช้อุปกรณ์ที่มีความแม่นยำสูงในการวัดความหยาบผิวซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เทคนิค Digital close-range photogrammetric ซึ่งระบบประกอบด้วยกล้อง Stereo Digital Image การประมวลผลใน Real Time ด้วยโปรแกรม Visual Basic 6.0 การทดลองโดยการถ่ายภาพและส่งสัญญาณภาพดิจิทัลให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลเปรียบเทียบ ค่าความหยาบผิวจากระนาบอ้างอิงและผิวอ้างอิง

วินัย ปิยะชนะศิริกุล (2539) ทำงานวิจัยเพื่อพัฒนาเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัลสำหรับการตรวจสอบรอยร้าวบนพื้นผิวนถนน โดยเทคนิคสามารถจำแนกได้เป็น 5 ขั้นตอน การแปลงภาพ , การกรองสัญญาณรบกวน , การตรวจหาขอบของภาพ , การทำให้บางและการจำแนกผลการทดสอบที่วิ่งบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ให้อัตราการจำแนกถูกต้องร้อยละ 83.7 และใช้เวลาในการประมวลผล 3 ถึง 5 นาที ต่อ 1 ภาพ

ประดิษฐ์ มิตรปิยานุรักษ์ (2538) ได้นำเสนอระบบการตรวจสอบภาพชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการตรวจสอบหาจุดบกพร่องของฉลากที่พิมพ์บนขวด โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นพื้นฐานในการพัฒนาและสร้างระบบ ซึ่งระบบประกอบไปด้วย กล้องซีซีดี, การ์ดเก็บภาพ, จอวีดีโอ, มอนิเตอร์, แหล่งกำเนิดแสง , การ์ดดิจิทัลอินพุตเอาต์พุต และเครื่องคอมพิวเตอร์พีซี อัลกอริทึมที่พัฒนาในการตรวจสอบมีสองแบบคือ แบบใช้หลักการนับพิกเซลจากภาพวัตถุมาวิเคราะห์และแบบใช้หลักการเปรียบเทียบแบบจุดต่อจุดระหว่างภาพอ้างอิงที่ไม่มีจุดบกพร่องกับภาพที่ต้องการตรวจสอบ ผลการทดสอบของทั้งสองแบบ แบบที่ 1 ให้ผลการทดสอบที่เร็วกว่าแต่ความแม่นยำน้อยกว่าแบบที่ 2 ซึ่งให้เวลาในการตรวจสอบนานกว่า

มานะชัย อุดมดี (2542) ได้นำเสนอการประยุกต์การประมวลผลภาพในการตรวจพินิจล้ออลูมิเนียมอัลลอย โดยการจำแนกรอยตำหนิด้วย 6 พารามิเตอร์ ได้แก่ ขนาด, ระดับเทา, ความกลวง, การจัดกลุ่ม, การเรียงตัวและการเปรียบเทียบ วิธีการคือการเก็บภาพเข้าสำหรับการลดสัญญาณรบกวนที่เป็นแบบสุ่ม, การชดเชยภาพสำหรับการลดสัญญาณรบกวนที่เป็นแบบคงตัว, การขยายเมล็ดสำหรับการแบ่งส่วนและการใช้หลายขีดเริ่มเปลี่ยนเพื่อการจำแนกขนาด ผลการทดสอบอัตราการตรวจพินิจถูกต้องเนื่องจากระบบแสดงรอยตำหนิตรงกับรอยตำหนิจริงร้อยละ 78.15 ละใช้เวลาในการประมวลผลประมาณ 45 วินาทีต่อภาพ

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

ในการศึกษาได้ทำการแบ่งการทดลองเป็นสองส่วนคือส่วนของการทดลองศึกษาปัจจัย
ขั้นต้นที่คาดว่าจะมีผลต่อการทดลอง และส่วนที่ทำการทดลองจริง ซึ่งได้แยกออกเป็นข้อๆดังนี้

3.1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทดลอง

3.1.1 ความละเอียดของภาพที่สแกน

จุดประสงค์ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการกำหนดปัจจัยในการสแกน

วิธีการทดลอง

- (1) เตรียมชิ้นงานไม้ยางพาราที่ใช้ในโรงงานตัวอย่างนำมา 5 ชิ้น
- (2) จัดด้วยกระดาษทรายที่เบอร์แตกต่างกัน 5 เบอร์คือ 100,120,180,240,600 ตามลำดับ
- (3) นำชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายมาทำการสแกนโดยปรับค่า dpi ในการสแกนที่แตกต่างกัน
- (4) ภาพที่ได้จากเครื่องสแกนนำไปประมวลผลด้วยโปรแกรม Scion Image
- (5) นำค่า Optical roughnessที่ได้ไป Test ANOVA เพื่อดูว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันหรือไม่

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าความหยาบผิวภาพ(Optical roughness)

Scan สี	Color	Color	Color	Color	Color	Color
ความเร็วในการ scan	High Speed	High Speed	High Speed	High Speed	High Speed	High Speed
ค่า dpi	75	300	600	1200	2400	4800
sand NO. 100	2.62	3.01	3.04	4.41	3.6	3.62
sand NO. 120	7.54	5.89	6.54	4.52	7.14	6.56
sand NO. 180	9.78	9.54	8.57	8.35	8.73	7.47
sand NO. 240	8.20	9.38	9.13	7.71	8.32	8.1
sand NO. 600	12.91	11.55	11.90	10.94	10.62	10.56

ตารางที่ 3.2 การเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวภาพที่ได้จากเครื่องสแกนในแต่ละค่าความละเอียดของภาพที่สแกน (dpi)

ANOVA

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Significant
Between Groups	11.024	5	2.205	.232	.945
Within Groups	227.794	24	9.491		
Total	238.818	29			

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนำค่าความหยาบผิวภาพ(Optical roughness) มาทำการวิเคราะห์ด้วย ANOVA เพื่อพิจารณาความแตกต่างในแต่ละปัจจัยพบว่าไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่นคือค่าความละเอียดของภาพที่สแกน (dpi) ในการสแกนไม่มีผลต่อค่าความหยาบผิวภาพที่ได้

3.1.2 สีของเนื้อไม้ยางพารา

จุดประสงค์ เพื่อหาตัวแปรที่มีผลต่อการกำหนดค่าความหยาบผิวภาพ โดยตั้งสมมุติฐานว่าสีเนื้อของเนื้อไม้และค่าความหยาบผิวที่ทำการตัดกระดาษทรายในแต่ละเบอร์จะมีผลทำให้ค่าความหยาบผิวภาพที่ได้มีความแตกต่างกัน

วิธีการทดลอง

- (1) เตรียมชิ้นงาน ไม้ยางพาราที่ใช้ในโรงงานตัวอย่าง โดยแบ่งสีของเนื้อ ไม้ ออกเป็น 4 สี โดยไล่ระดับความเข้มของสีเนื้อ ไม้ ซึ่งแต่ละสีมี 4 ชิ้น
- (2) จัดด้วยกระดาษทรายที่เบอร์แตกต่างกัน 4 เบอร์ คือ 100,120,180,240 ตาม ลำดับ
- (3) นำชิ้นงานที่ผ่านการตัดกระดาษทรายมาทำการสแกน โดยปรับค่า dpi ในการสแกนที่แตกต่างกันคือที่ 1200dpi และ 2400 dpi
- (4) ภาพที่ได้จากเครื่องสแกนนำไปประมวลผลด้วยโปรแกรม Scion Image
- (5) นำค่าความหยาบผิวภาพ(Optical roughness)ที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วย ANOVA เพื่อดูว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกัน หรือไม่

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าความหยาบผิวภาพของความเข้มสีที่ 1 และ 2 ความละเอียดในการสแกนภาพ กำหนดที่ 1200 dpi

เบอร์กระดาษ ทราย	ความเข้มสีที่ 1			ความเข้มสีที่ 2		
	ค่าเฉลี่ยของ ระดับสีเทา (1)	ค่าเบี่ยงเบน ระดับสีเทา (2)	ความหยาบ ผิวภาพ (2)/(1)	ค่าเฉลี่ยของ ระดับสีเทา (1)	ค่าเบี่ยงเบน ระดับสีเทา (2)	ความหยาบ ผิวภาพ (2)/(1)
100	44.18	6.37	6.94	44.09	5.83	7.56
150	42.68	4.23	10.09	42.21	4.21	10.03
180	49.6	4.31	11.51	44.29	4.22	10.50
240	47.56	3.85	12.35	42.29	3.92	10.74

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าความหยาบผิวภาพของความเข้มสีที่ 3 และ 4 ความละเอียดในการสแกนภาพ กำหนดที่ 1200 dpi

เบอร์กระดาษ ทราย	ความเข้มสีที่ 3			ความเข้มสีที่ 4		
	ค่าเฉลี่ยของ ระดับสีเทา (1)	ค่าเบี่ยงเบน ระดับสีเทา (2)	ความหยาบ ผิวภาพ (2)/(1)	ค่าเฉลี่ยของ ระดับสีเทา (1)	ค่าเบี่ยงเบน ระดับสีเทา (2)	ความหยาบ ผิวภาพ (2)/(1)
100	39.13	4.79	8.17	38.19	5.56	6.87
150	40.28	4.08	9.87	36.84	4.87	7.56
180	32.72	3.07	10.66	34.54	3.38	10.22
240	32.38	2.91	11.13	32.99	2.73	12.08

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าความหยาบผิวภาพของความเข้มสีที่ 1 และ 2 ความละเอียดในการสแกนภาพ กำหนดที่ 2400 dpi

เบอร์กระดาษ ทราย	ความเข้มสีที่ 1			ความเข้มสีที่ 2		
	ค่าเฉลี่ยของ ระดับสีเทา (1)	ค่าเบี่ยงเบน ระดับสีเทา (2)	ความหยาบ ผิวภาพ (2)/(1)	ค่าเฉลี่ยของ ระดับสีเทา (1)	ค่าเบี่ยงเบน ระดับสีเทา (2)	ความหยาบ ผิวภาพ (2)/(1)
100	44.59	6.37	7.00	44.48	5.77	7.71
150	43.00	4.36	9.86	42.08	4.21	10.00
180	49.98	4.39	11.38	44.31	4.19	10.58
240	47.67	3.73	12.78	42.77	3.89	10.99

ตารางที่ 3.6 แสดงค่าความหยาบผิวภาพของความเข้มสีที่ 3 และ 4 ความละเอียดในการสแกนภาพ กำหนดที่ 2400 dpi

เบอร์กระดาษ ทราย	ความเข้มสีที่ 3			ความเข้มสีที่ 4		
	ค่าเฉลี่ยของ ระดับสีเทา (1)	ค่าเบี่ยงเบน ระดับสีเทา (2)	ความหยาบ ผิวภาพ (2)/(1)	ค่าเฉลี่ยของ ระดับสีเทา (1)	ค่าเบี่ยงเบน ระดับสีเทา (2)	ความหยาบ ผิวภาพ (2)/(1)
100	38.14	4.51	8.46	37.96	5.61	6.77
150	40.07	4.02	9.97	35.83	4.50	7.96
180	32.80	3.10	10.58	34.29	3.49	9.83
240	32.25	2.83	11.40	33.02	2.37	12.10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.7 การเปรียบเทียบค่า dpi ของเครื่องสแกน Epson ระหว่าง 1200 dpi กับ 2400 dpi

ANOVA

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Significant
Between Groups	3.713E-02	1	3.713E-02	.012	.915
Within Groups	96.748	30	3.225		
Total	96.785	31			

สรุปผลการทดลอง

ค่าที่ได้จากการสแกนที่ค่าdpiที่แตกต่างกัน ในเครื่องสแกนเดียวกันจะให้ผลที่ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 3.8 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความหยาบผิวภาพที่ได้ในแต่ละเบอร์ของกระดาษทราย 4 เบอร์

ANOVA

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Significant
Between Groups	39.178	3	13.059	18.184	.000
Within Groups	8.618	12	.718		
Total	47.796	15			

สรุปผลการทดลอง

ค่าความหยาบผิวภาพที่ได้ในแต่ละเบอร์ของกระดาษทรายที่ขีดมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สรุปผล จากการทดลองพบว่าตัวแปรที่สำคัญในการหาค่าความหยาบผิวภาพมีความแตกต่างกันคือ สีของเนื้อไม้ ความหยาบของเบอร์กระดาษทรายที่ใช้ขีด

3.2 จำแนกสีไม้ยางพารา

ในการทดลองได้คัดเลือกไม้ยางพาราจากโรงงานตัวอย่างแล้วนำมาทำการวัดค่าความเข้มของสีไม้ได้ค่าแสดงในตาราง ในการทดลองวัดความแตกต่างของสีจะทำการวัดความแตกต่างของสีเปรียบเทียบกับสีตัวอย่างมาตรฐานมีหน่วยวัดเป็นเดลต้าอี (dE*: Total color difference) และทำการแบ่งระดับความเข้มของสีเนื้อไม้เป็น 4 ระดับ

ตารางที่ 3.9 ความหยาบผิวจริงก่อนการขัดและค่าระดับสีที่แตกต่าง(ΔE)

ชิ้นงานที่	ความหยาบ	ความเข้มสีไม้	ความหยาบ	ความเข้มสีไม้	ความหยาบ	ความเข้มสีไม้	ความหยาบ	ความเข้มสีไม้
	ผิวจริง	ระดับที่ 1 (ΔE)	ผิวจริง	ระดับที่ 2 (ΔE)	ผิวจริง	ระดับที่ 3 (ΔE)	ผิวจริง	ระดับที่ 4 (ΔE)
1	7.31	0.415	4.82	3.101	9.52	5.680	11.25	8.845
2	9.37	0.475	7.13	3.167	6.25	5.683	8.94	9.145
3	8.1	0.488	7.54	3.254	11.35	5.714	7.56	9.334
4	9.16	0.635	10.85	3.390	4.65	5.836	4.95	9.751
5	6.77	0.978	6.49	3.399	8.74	6.064	7.98	9.818
6	6.58	1.166	8.48	3.414	8.63	6.224	10.73	9.880
7	9.33	1.195	10.03	3.500	4.7	6.526	5.46	9.892
8	9.54	1.258	8.45	3.534	9.45	6.692	12.51	10.208
9	10.06	1.298	6.71	3.556	7.68	6.780	8.21	10.305
10	7.72	1.319	13.57	3.600	10.23	6.797	7.58	10.439
11	7.49	1.352	13	3.672	5.63	6.822	7.83	10.441
12	8.67	1.530	7.29	3.761	12.95	6.868	4.32	10.526
13	9.55	1.555	8.33	3.823	9.56	7.002	10.42	10.642
14	5.79	1.732	6.93	3.871	7.65	7.186	8.32	10.836
15	5.88	1.763	7.5	3.937	8.64	7.308	7.82	10.841
16	11.55	1.772	5.35	4.319	5.13	7.524	9.56	11.069
17	4.82	1.972	8.34	4.415	7.32	7.580	10.25	11.325
18	8.02	2.143	10.44	4.488	8.94	7.598	4.37	11.684
19	5.3	2.456	7.83	4.639	11.28	7.617	8.79	11.782
20	6.25	2.531	8.65	4.654	9.26	7.748	11.45	11.789

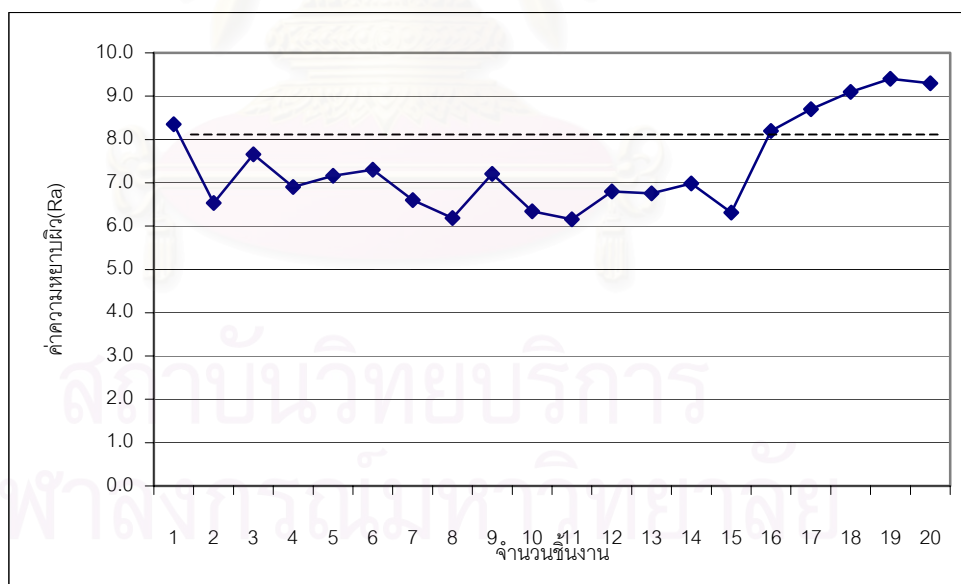
หมายเหตุ ระดับความเข้มสี 1-4 เรียงจากความเข้มมากไปหาความเข้มมากไปหาน้อย

3.3 กำหนดค่าความหยาบผิวแก่ชิ้นงานตัวอย่างและวัดค่าความหยาบผิว

3.3.1 กำหนดค่าความหยาบผิวแก่ชิ้นงาน

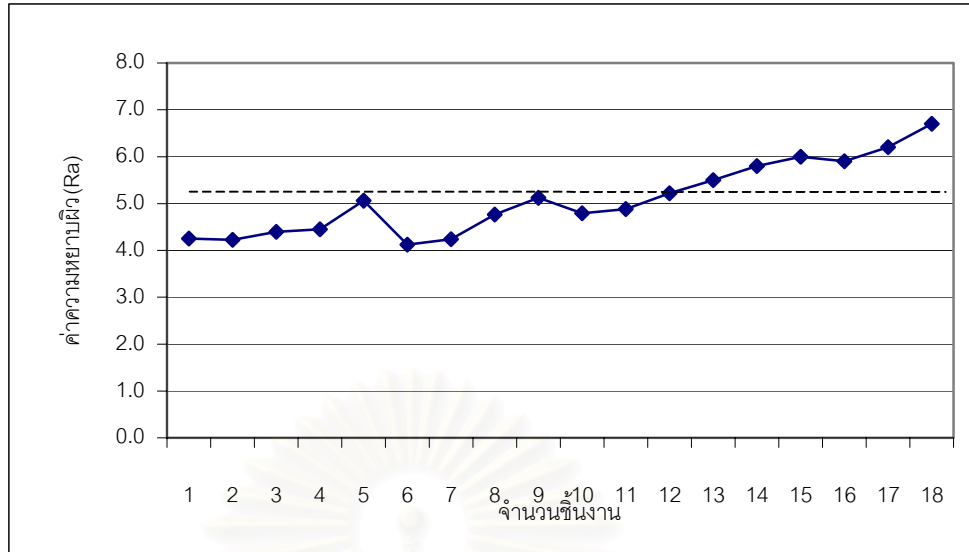
ในการกำหนดค่าความหยาบผิวให้แก่ชิ้นงานนั้น โดยการนำชิ้นงานที่แบ่งแยกความเข้มสีแล้วมาทำการขัดด้วยกระดาษทรายที่ความหยาบของกระดาษทรายที่เปอร์ 100 150 180 240 และ 320 ตามลำดับข้อมูลเกี่ยวกับการขัดและอายุการใช้งานของกระดาษทรายแสดงในตารางที่ 3.11 ในการขัดชิ้นงานนั้นได้ใช้เครื่องขัดกระดาษทรายที่มีความเร็วรอบเท่ากับ 280 รอบต่อนาที อัตราป้อนเท่ากับ 0.02 เมตรต่อนาทีและเครื่องขัดสามารถกำหนดแรงกดชิ้นงานลงบนกระดาษทรายได้ ในการขัดได้กำหนดเวลาการขัดโดยเฉลี่ยต่อชิ้นเท่ากับ 15 วินาที เมื่อทำการขัดผิวชิ้นงานด้วยกระดาษทรายแต่ละเบอร์ได้ปริมาณชิ้นงานจำนวนหนึ่งก็นำชิ้นงานมาทำการวัดความเรียบผิวเพื่อพิจารณาค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัด แล้วนำค่าความหยาบผิวที่ได้มากทำการพล็อตกราฟเพื่อจะได้จุดที่กระดาษทรายหมดอายุการใช้งาน โดยพิจารณาจากกราฟ ซึ่งกราฟค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายในแต่ละเบอร์แสดงดังรูปที่

ในการพิจารณาว่าอายุการใช้งานของกระดาษทรายหมดอายุแล้วพิจารณาจากกราฟของค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ขัดได้มีความเรียบผิวมากขึ้นจากการวัดด้วยเครื่องวัดความเรียบผิว



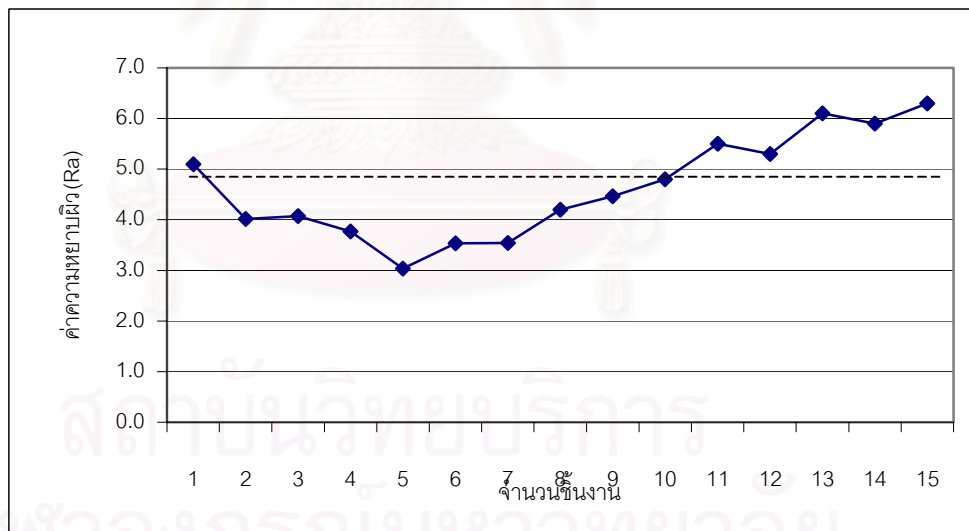
รูปที่ 3.1 กราฟอายุการใช้งานกระดาษทรายเบอร์ 100

จากกราฟค่าความหยาบผิวของชิ้นงานมีค่าเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ชิ้นที่ 12 เรื่อยไปแสดงว่ากระดาษทรายเริ่มหมดอายุการใช้งานแล้วสมควรทำการเปลี่ยนกระดาษทรายแผ่นใหม่ได้แล้ว



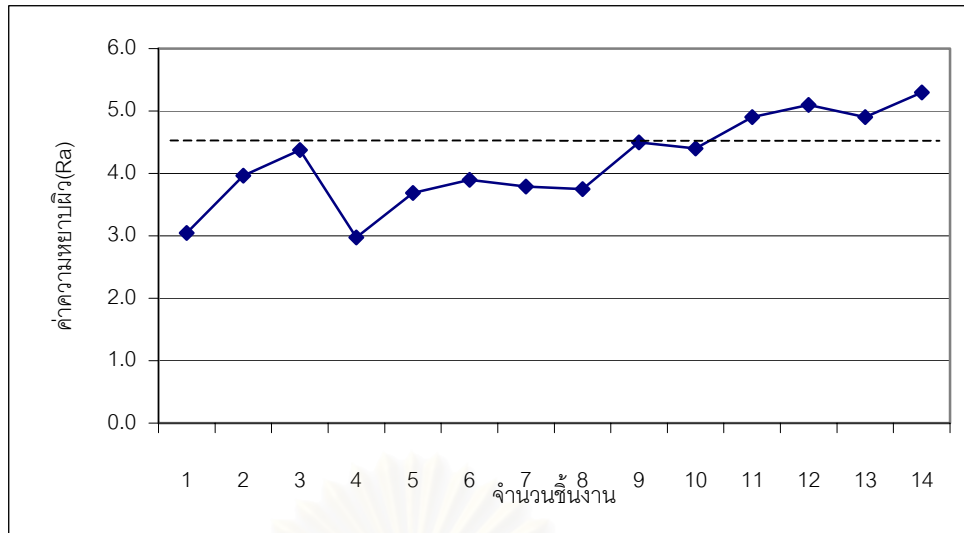
รูปที่ 3.2 กราฟอายุการใช้งานกระดาดทรายเบอร์ 150

จากกราฟค่าความหยาบผิวของชิ้นงานมีค่าเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ชิ้นที่ 15 เรื่อยไปแสดงว่ากระดาดทรายเริ่มหมดอายุการใช้งานแล้วสมควรทำการเปลี่ยนกระดาดทรายแผ่นใหม่ได้แล้ว



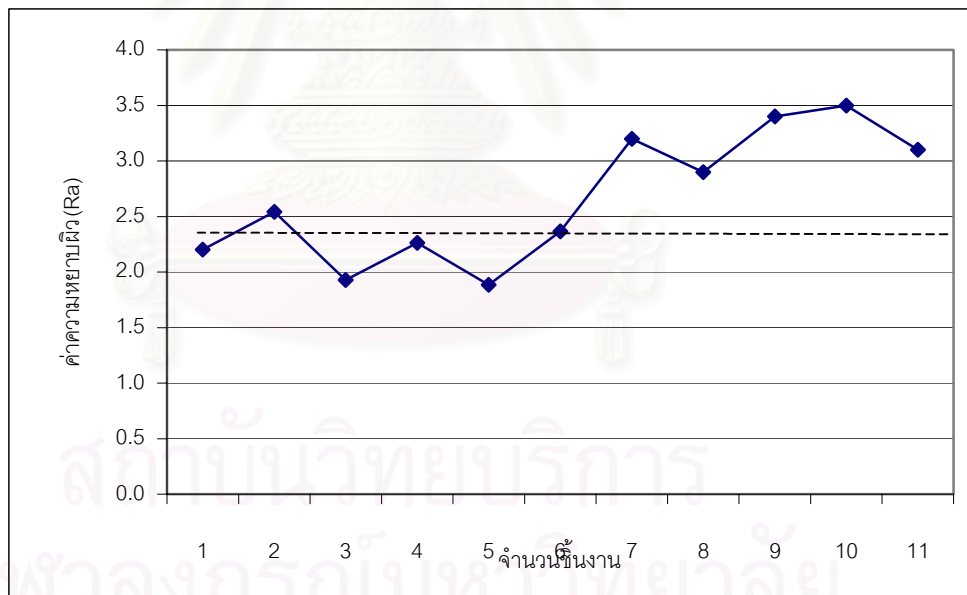
รูปที่ 3.3 กราฟอายุการใช้งานกระดาดทรายเบอร์ 180

จากกราฟค่าความหยาบผิวของชิ้นงานมีค่าเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ชิ้นที่ 10 เรื่อยไปแสดงว่ากระดาดทรายเริ่มหมดอายุการใช้งานแล้วสมควรทำการเปลี่ยนกระดาดทรายแผ่นใหม่ได้แล้ว



รูปที่ 3.4 กราฟอายุการใช้งานกระดาดทรายเบอร์ 240

จากกราฟค่าความหยาบผิวของชิ้นงานมีค่าเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ชิ้นที่ 9 เรื่อยไปแสดงว่ากระดาดทรายเริ่มหมดอายุการใช้งานแล้วสมควรทำการเปลี่ยนกระดาดทรายแผ่นใหม่ได้แล้ว



รูปที่ 3.5 กราฟอายุการใช้งานกระดาดทรายเบอร์ 320

จากกราฟค่าความหยาบผิวของชิ้นงานมีค่าเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ชิ้นที่ 6 เรื่อยไปแสดงว่ากระดาดทรายเริ่มหมดอายุการใช้งานแล้วสมควรทำการเปลี่ยนกระดาดทรายแผ่นใหม่ได้แล้ว

ตารางที่ 3.10 แสดงอายุการใช้งานเฉลี่ยของกระดาษทราย

เบอร์กระดาษทราย	จำนวนชิ้นงานที่ขัด	อายุการใช้งานเฉลี่ย(นาที)
100	20	3.75
150	20	3.00
180	20	2.50
240	20	2.00
320	20	1.50

สรุป จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเบอร์กระดาษทรายกับอายุการใช้งานจะเห็นได้ว่ายิ่งเบอร์กระดาษทรายละเอียดมากขึ้นอายุการใช้งานของกระดาษทรายก็จะสั้นลงตามไปด้วย จึงทำให้ต้องใช้กระดาษทรายมากขึ้นในการขัดชิ้นงานที่เบอร์กระดาษทรายละเอียดขึ้น

3.3.2 วัดค่าความหยาบผิว

การวัดค่าความหยาบผิวจริงของชิ้นงานทำโดยการนำชิ้นงานที่ผ่านการขัดผิวด้วยกระดาษทรายในแต่ละเบอร์โดยแยกเป็น 4 กลุ่ม ตามความเข้มของสีเนื้อไม้แล้วนำมาวัดด้วยเครื่องวัดความเรียบผิว (Stylus Probe Instrument) ซึ่งค่าความเรียบผิวจริงที่ได้แสดงในตารางดังนี้

ตารางที่ 3.11 แสดงค่าความเรียบผิวของชั้นงานที่ระดับความเข้มสีที่ 1

No.Sand	ชั้นงานที่	จำนวนครั้งที่วัด								ค่าความหยาบผิวเฉลี่ย	ความหยาบผิวเฉลี่ย รวม
		1	2	3	4	5	6	7	8		
100	1	8.74	10.39	8.72	7.74	8.79	8.18	9.46	4.81	8.35	7.6±1.40
	2	6.33	6.6	7.23	7.3	7.74	6.62	4.85	5.57	6.53	
	3	7.09	10.31	7.96	7.75	5.99	7.18	7.7	7.25	7.65	
	4	6.93	5.64	7.52	5.69	9.08	6.43	7.35	6.6	6.91	
150	1	3.37	5.07	4.31	6.06	4.22	3.85	3.08	4.05	4.25	4.33±0.90
	2	3.14	3.92	4.6	3.96	5.03	3.23	6.69	3.23	4.23	
	3	4.56	4.11	3.6	5.01	3.16	5.61	5.13	4.02	4.40	
	4	4.66	4.03	4.26	3.92	5.73	4.91	4.27	3.84	4.45	
180	1	4.68	4.39	5.1	6.28	6.44	4.48	4.42	4.99	5.10	4.83±0.70
	2	3.7	4.26	3.93	3.97	3.69	4.2	4.15	4.24	4.02	
	3	3.42	3.53	4.14	4.97	3.81	4.54	3.78	4.39	4.07	
	4	6.49	6.85	5.32	7.48	6.2	3.89	4.97	7.72	6.12	
240	1	2.1	4.03	2.46	3.59	2.64	3.87	2.43	3.24	3.05	3.59±0.90
	2	4.86	3.07	4.21	3.71	3.63	2.81	6.43	2.98	3.96	
	3	3.97	3.95	3.45	4.89	3.63	7.3	4.23	3.58	4.38	
	4	2.37	2.46	3.09	3.49	2.53	4.03	3.09	2.75	2.98	
320	1	1.91	2.01	2.4	1.65	2.92	2.65	1.76	2.31	2.20	2.23±0.40
	2	2.27	2.58	3.14	2.35	3.2	2.22	2.02	2.56	2.54	
	3	1.78	1.84	1.99	2.51	1.57	1.76	2.11	1.87	1.93	
	4	2.78	2.52	2.1	2.7	1.87	1.95	2.03	2.15	2.26	

ตารางที่ 3.12 แสดงค่าความเรียบผิวของชั้นงานที่ระดับความเข้มสีที่ 2

No.Sand	ชั้นงานที่	จำนวนครั้งที่วัด								ค่าความหยาบผิวเฉลี่ย	ความหยาบผิวเฉลี่ย รวม
		1	2	3	4	5	6	7	8		
100	1	8.13	6.59	7.67	8.05	5.93	6.75	6.95	7.23	7.16	6.81±0.52
	2	6.2	6.98	7.3	6.55	7.67	8.02	7.56	8.15	7.30	
	3	6.9	6.15	6.42	6.92	6.28	7.1	6.42	6.59	6.60	
	4	6.28	6.48	6.39	5.92	5.8	6.79	4.8	7.02	6.19	
150	1	4.83	5.23	6.02	4.82	4.37	5.23	5.07	4.91	5.06	4.55±0.44
	2	4.23	4.56	3.49	3.55	3.89	4.33	4.81	4.11	4.12	
	3	4.32	5.11	3.79	4.28	3.93	3.82	4.45	4.21	4.24	
	4	4.58	3.85	4.74	4.51	6.34	5.63	3.91	4.55	4.76	
180	1	3.34	3.8	3.9	3.52	3.15	4.11	4.3	4.03	3.77	4.07±0.83
	2	6.12	4.83	4.66	5.21	3.69	4.23	5.88	4.65	4.91	
	3	3.56	3.79	5.76	4.28	6.49	3.25	4.12	5.19	4.56	
	4	2.78	3.21	2.39	2.98	3.01	3.89	2.59	3.45	3.04	
240	1	3.89	3.25	3.43	4.51	4.81	3.18	2.9	3.54	3.69	3.78±0.1
	2	3.96	4.13	3.66	3.82	4.57	4.27	3.19	3.58	3.90	
	3	2.94	3.45	6.02	2.54	4.5	2.89	4.87	3.12	3.79	
	4	5.67	2.24	7.79	2.85	2.54	3.15	2.53	3.24	3.75	
320	1	1.7	1.85	1.9	1.54	2	2.12	2.01	1.95	1.88	2.30±0.67
	2	3.87	2.51	6.24	2.15	2.51	3.42	2.21	2.85	3.22	
	3	2.91	2.11	2.37	2.85	2.29	2.01	2.41	1.98	2.37	
	4	1.67	1.95	1.74	1.63	1.81	1.56	1.68	1.83	1.73	

ตารางที่ 3.13 แสดงค่าความเรียบผิวของชั้นงานที่ระดับความเข้มสีที่ 3

No.Sand	ชั้นงานที่	จำนวนครั้งที่วัด								ค่าความหยาบผิวเฉลี่ย	ความหยาบผิวเฉลี่ยรวม
		1	2	3	4	5	6	7	8		
100	1	7.33	6.93	7.55	6.94	6.42	7.24	7.98	7.28	7.21	6.63±0.47
	2	6.16	7.18	6.15	5.93	5.83	6.48	5.48	7.53	6.34	
	3	6	5.92	6.23	7.1	5.56	6.18	5.81	6.43	6.15	
	4	7.33	6.32	6.75	6.83	7.1	7.24	5.95	6.85	6.80	
150	1	4.52	4.83	4.49	5.1	4.63	5.32	6.76	4.83	5.12	5.00±0.20
	2	5.74	4.59	5.23	4.83	3.83	5.61	4.25	4.28	4.80	
	3	4.97	4.13	4.39	4.1	4.38	5.55	6.2	5.29	4.88	
	4	4.99	5.21	4.76	5.35	5.6	4.89	5.65	5.28	5.22	
180	1	3.52	3.31	3.34	3.95	2.83	3.85	3.37	4.12	3.54	3.93±0.47
	2	3.07	3.28	3.85	3.02	2.8	4.19	5.09	3.01	3.54	
	3	4.09	4.1	3.99	3.15	5.4	3.82	4.79	4.23	4.20	
	4	3.81	4.52	4.87	3.25	4.72	3.98	6.68	3.22	4.38	
240	1	4.13	3.13	3.21	2.56	1.86	3.03	2.87	2.93	2.97	3.75±0.48
	2	3.85	3.5	5.44	4.82	5.09	3.53	4.01	1.95	4.02	
	3	5.07	3.13	3.79	3.98	4.1	4.02	3.89	3.71	3.96	
	4	3.38	3.56	4.18	3.87	4.4	3.67	4.66	4.48	4.03	
320	1	4.42	4.12	3.32	2.18	3.08	2.45	4.33	3.1	3.38	2.87±0.88
	2	4.89	4.28	3.86	3.1	6.92	2.1	2.83	2.71	3.84	
	3	2.11	2.42	1.7	2.11	2.07	1.93	3.23	3.11	2.34	
	4	2.44	1.83	1.55	2.24	1.46	2.15	1.48	2.32	1.93	

ตารางที่ 3.14 แสดงค่าความเรียบผิวของชั้นงานที่ระดับความเข้มสีที่ 4

No.Sand	ชั้นงานที่	จำนวนครั้งที่วัด								ค่าความหยาบผิวเฉลี่ย	ความหยาบผิวเฉลี่ย รวม
		1	2	3	4	5	6	7	8		
100	1	6.27	7.51	6.6	6.98	6.1	7.14	7.48	5.97	6.76	6.73±0.30
	2	6.35	7.35	7.66	5.68	7.35	6.53	7.81	7.12	6.98	
	3	5.61	6.54	7.23	7.41	6.87	5.33	6.27	5.2	6.31	
	4	7.31	6.12	8.8	7.45	6.82	5.68	7.67	5.28	6.89	
150	1	5.73	4.56	4.31	4.87	4.96	5.24	6.18	4.62	5.06	4.75±0.43
	2	3.98	4.51	4.99	3.54	3.46	4.71	4.43	5.06	4.34	
	3	5.84	2.67	4.97	3.48	4.45	5.01	3.32	5.67	4.43	
	4	6.39	5.21	4.75	4.69	5.81	6.42	3.89	4.21	5.17	
180	1	4.21	3.24	5.21	2.14	3.45	4.05	3.68	2.69	3.58	3.66±0.56
	2	2.62	3.21	2.74	3.54	3.46	2.78	2.68	4.11	3.14	
	3	3.37	2.56	3.23	3.56	3.49	4.26	3.59	4.35	3.55	
	4	4.54	3.78	4.48	5.24	5.76	3.45	3.59	4.78	4.45	
240	1	3.18	3.11	4.31	2.65	2.51	2.12	4.35	3.33	3.20	3.44±0.17
	2	3.64	3.21	3.29	4.01	5.01	2.45	3.32	3.45	3.55	
	3	3.33	2.45	3.29	3.78	5.01	4.08	3.3	2.24	3.44	
	4	3.63	2.78	4.07	3.65	4.11	2.89	3.38	4.12	3.57	
320	1	2.35	2.13	3.87	2.45	2.23	2.68	2.53	1.89	2.52	2.48±0.19
	2	1.64	2.54	2.25	3.01	2.2	2.64	3.12	1.71	2.39	
	3	3.13	2.87	2.5	2.65	2.41	2.29	3.43	2.61	2.74	
	4	3.28	2.13	1.8	2.64	2.57	1.87	1.96	2.05	2.29	

3.4 การหาค่าความหยาบผิวภาพ

นำชิ้นงานที่ผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ที่แตกต่างกัน นำมาสแกนด้วยเครื่องสแกนที่ความละเอียดของภาพที่ 1200 dpi เมื่อได้ภาพชิ้นงานที่สแกนแล้วก็นำไปประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม Scion Image ซึ่งจะได้ค่าความหยาบผิวภาพแสดงในตาราง

ตารางที่ 3.15 แสดงค่าความหยาบผิวภาพที่ระดับความเข้มสีที่ 1

ชิ้นงานที่	เบอร์กระดาษที่ใช้ขัด	Mean	Std.	ความหยาบผิวภาพ	ค่าเฉลี่ย
1	100	38	5.03	7.55	9.46 [±] 2.11
2		48.56	3.92	12.39	
3		45.6	5.47	8.34	
4		45.62	4.78	9.54	
5	150	50.81	5.29	9.60	10.41 [±] 0.82
6		48.9	4.23	11.56	
7		49.94	4.92	10.15	
8		49.82	4.83	10.31	
9	180	42.72	3.77	11.33	11.39 [±] 1.12
10		44.37	3.64	12.19	
11		44.38	3.63	12.23	
12		44.61	4.54	9.83	
13	240	44.5	3.21	13.86	12.05 [±] 1.57
14		44.14	3.52	12.54	
15		38.16	3.78	10.10	
16		46.33	3.96	11.70	
17	320	44.85	2.75	16.31	14.61 [±] 1.88
18		49.6	3.93	12.62	
19		45.63	2.83	16.12	
20		44.79	3.35	13.37	

ตารางที่ 3.16 แสดงค่าความหยาบผิวภาพที่ระดับความเข้มสีที่ 2

ชั้นงานที่	เบอร์กระดาษที่ใช้ขัด	Mean	Std.	ความหยาบผิวภาพ	ค่าเฉลี่ย
1	100	38.9	4.25	9.15	10.81 11.74
2		42.49	4.02	10.57	
3		39.48	3.85	10.25	
4		41.77	3.15	13.26	
5	150	39.54	2.98	13.27	11.47 11.43
6		41.63	3.51	11.86	
7		43.06	3.98	10.82	
8		38.82	3.91	9.93	
9	180	42.97	2.95	14.57	12.95 12.70
10		39.61	4.2	9.43	
11		42.35	3.45	12.28	
12		42.81	2.76	15.51	
13	240	40.39	3.72	10.86	13.09 12.78
14		37.62	2.71	13.88	
15		44.47	4.07	10.93	
16		44.23	2.65	16.69	
17	320	43.8	2.74	15.99	14.12 13.41
18		42.02	4.52	9.30	
19		41.99	2.47	17.00	
20		42.96	3.03	14.18	

ตารางที่ 3.17 แสดงค่าความหยาบผิวภาพที่ระดับความเข้มสีที่ 3

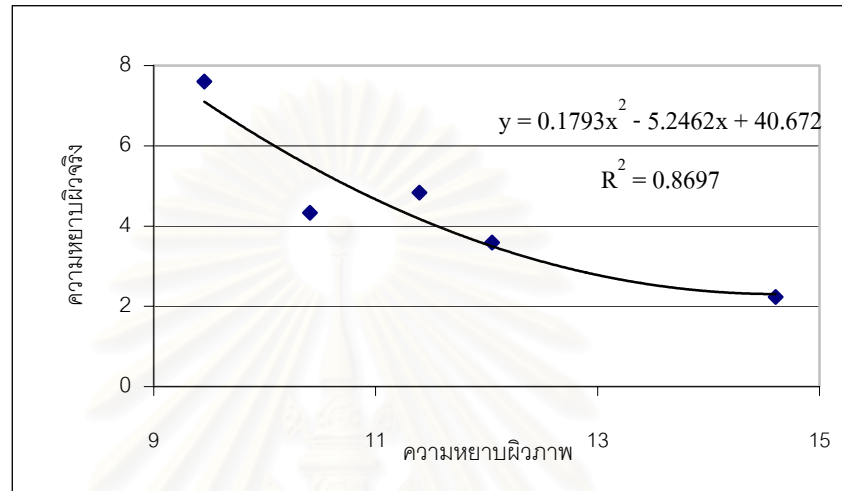
ชั้นงานที่	เบอร์กระดาษที่ใช้ขัด	Mean	Std.	ความหยาบผิวภาพ	ค่าเฉลี่ย
1	100	38.24	4.18	9.15	7.77±1.19
2		36.88	5.64	6.54	
3		36.81	5.23	7.04	
4		36.29	4.35	8.34	
5	150	37.92	4.49	8.45	8.11±1.20
6		38.07	3.96	9.61	
7		35.13	5.16	6.81	
8		38.15	5.03	7.58	
9	180	39.42	4.26	9.25	9.06±1.01
10		37.18	5.71	6.51	
11		35.9	3.14	11.43	
12		37.65	4.17	9.03	
13	240	37.29	3.24	11.51	10.43±1.23
14		39.97	3.06	13.06	
15		37.5	4.46	8.41	
16		38.09	4.35	8.76	
17	320	36.54	3.21	11.38	10.64±0.51
18		32.12	3.13	10.26	
19		41.06	3.95	10.39	
20		36.78	3.5	10.51	

ตารางที่ 3.18 แสดงค่าความหยาบผิวภาพที่ระดับความเข้มสีที่ 4

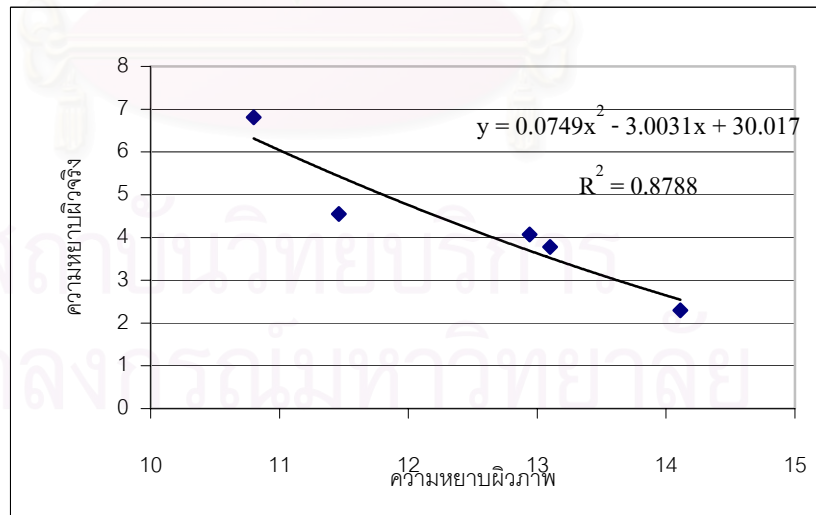
ชั้นงานที่	เบอร์กระดาษที่ใช้ขัด	Mean	Std.	ความหยาบผิวภาพ	ค่าเฉลี่ย
1	100	32.67	3.42	9.55	8.94±1.84
2		29.96	3.65	8.21	
3		29.56	2.65	11.15	
4		30.68	4.48	6.85	
5	150	31.87	3.23	9.87	9.47±2.10
6		30.34	4.69	6.47	
7		35.12	3.14	11.18	
8		33.63	3.25	10.35	
9	180	32.06	3.14	10.21	10.12±1.50
10		34.58	3.42	10.11	
11		31.98	2.69	11.89	
12		34.36	4.16	8.26	
13	240	34.95	3.15	11.10	10.54±0.92
14		32.13	2.78	11.56	
15		34.02	3.52	9.66	
16		30.27	3.07	9.86	
17	320	28.58	2.2	12.99	11.00±1.62
18		33.1	3.11	10.64	
19		36.84	4.07	9.05	
20		30.81	2.73	11.29	

3.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวภาพกับความหยาบผิวจริง

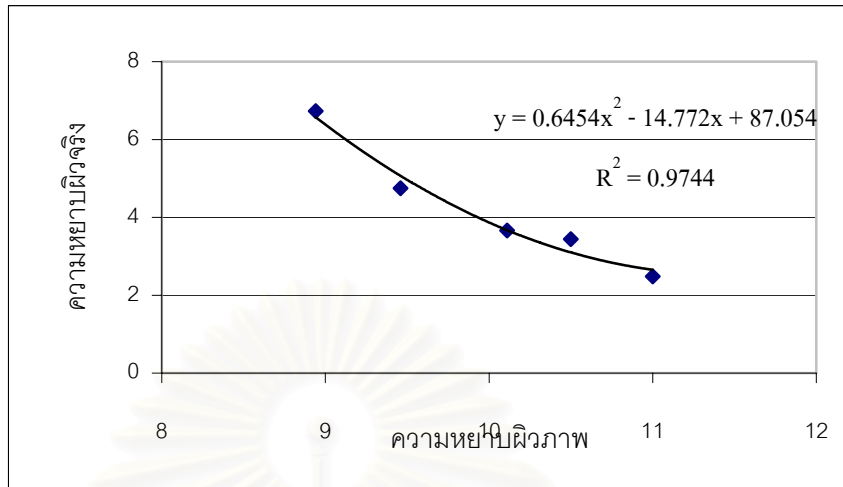
จากการทดลองพบว่าความหยาบผิวจริงมีความสัมพันธ์กับความหยาบผิวภาพที่ระดับความเข้มสีเนื้อไม้ทั้ง 4 ระดับซึ่งแสดงในรูปแบบที่ 1 ถึง 4



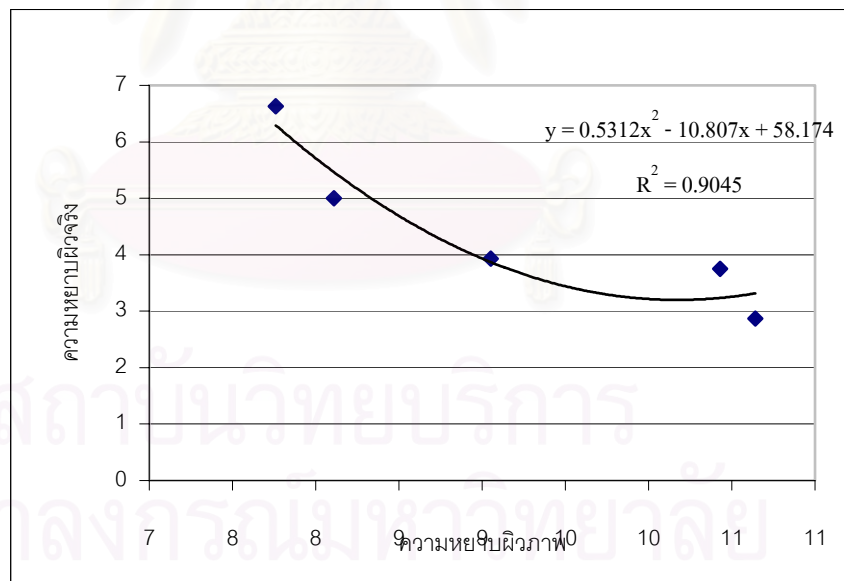
รูปที่ 3.6 แสดงความหยาบผิวจริงกับความหยาบผิวภาพของไม้ที่มีระดับความเข้มสีที่ 1



รูปที่ 3.7 แสดงความหยาบผิวจริงกับความหยาบผิวภาพของไม้ที่ระดับความเข้มสีที่ 2



รูปที่ 3.8 แสดงความหยาบผิวจริงกับความหยาบผิวภาพของไม้ที่ระดับความเข้มสีที่ 3

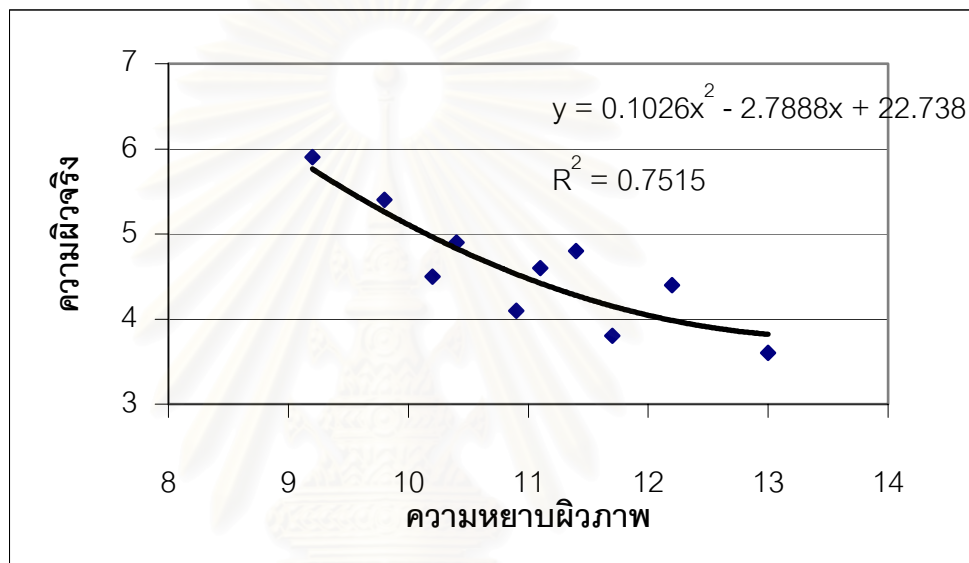


รูปที่ 3.9 แสดงความหยาบผิวจริงกับความหยาบผิวภาพของไม้ที่ระดับความเข้มสีที่ 4

3.6 ปรับปรุงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวภาพกับความหยาบผิวจริง

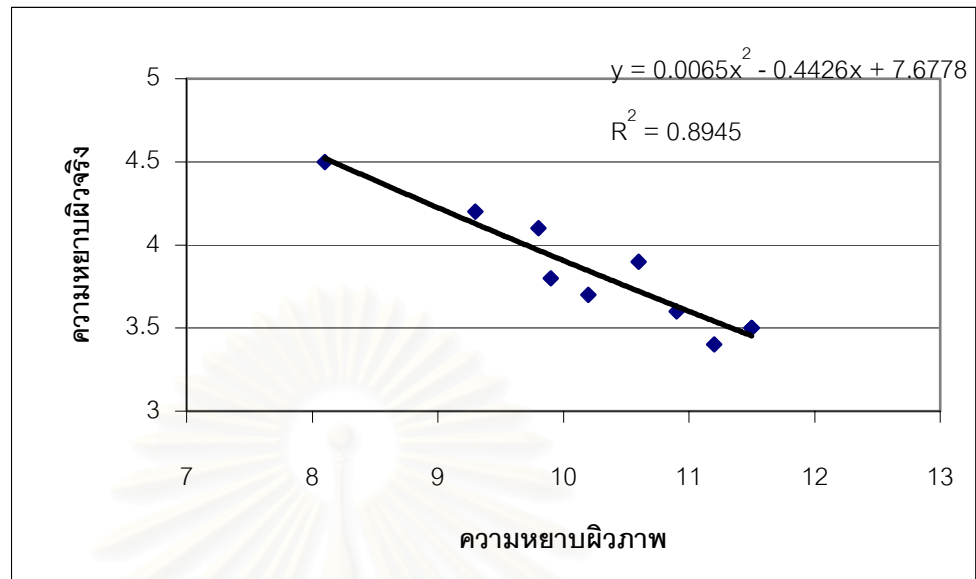
ในการปรับปรุงกราฟความสัมพันธ์นี้ ทำโดยการนำเอาข้อมูลเพิ่มใหม่เพิ่มเข้ามาแล้วทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ใหม่ จากผลลัพธ์ที่ได้ กราฟมีค่า R^2 ที่ต่ำมาก จึงได้ทำการวิเคราะห์หาค่าโดยการเพิ่มช่วงความสว่างของเนื้อไม้โดยในการพิจารณาช่วงความสว่างนี้ได้นำเอาค่าความสว่างของเนื้อไม้ทั้งหมดมาทำการพล็อตกราฟฮิสโตแกรมเพื่อพิจารณาหาช่วงที่เหมาะสมซึ่งจากเดิม 4 ช่วงเป็น 8 ช่วง ซึ่งจะได้กราฟความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

กราฟความสัมพันธ์ของความเข้มสีเนื้อไม้ที่ 1 ช่วงความสว่างที่ 155-165



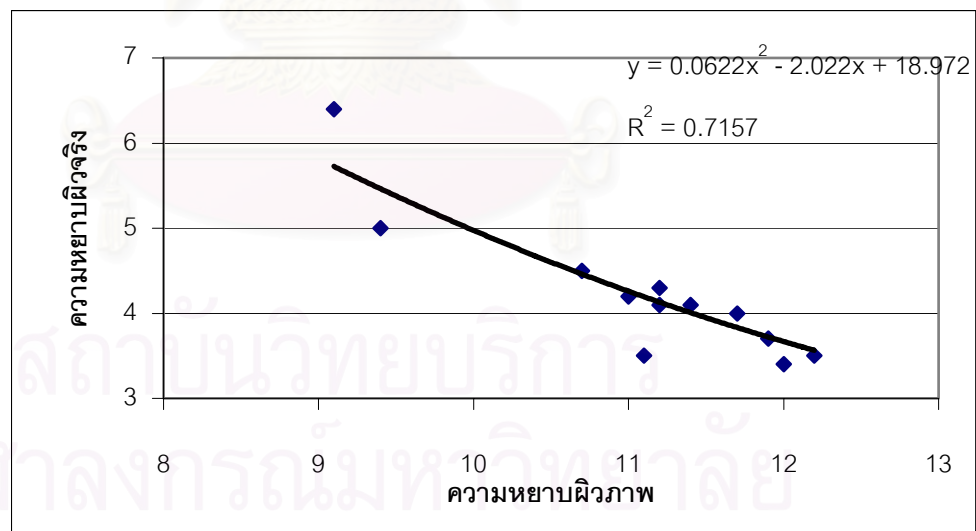
รูปที่ 3.10 ความเข้มสีที่ 1 ช่วงความสว่างที่ 155-165

กราฟความสัมพันธ์ของความเข้มสีเนื้อไม้ที่ 2 ช่วงความสว่างที่ 166-170



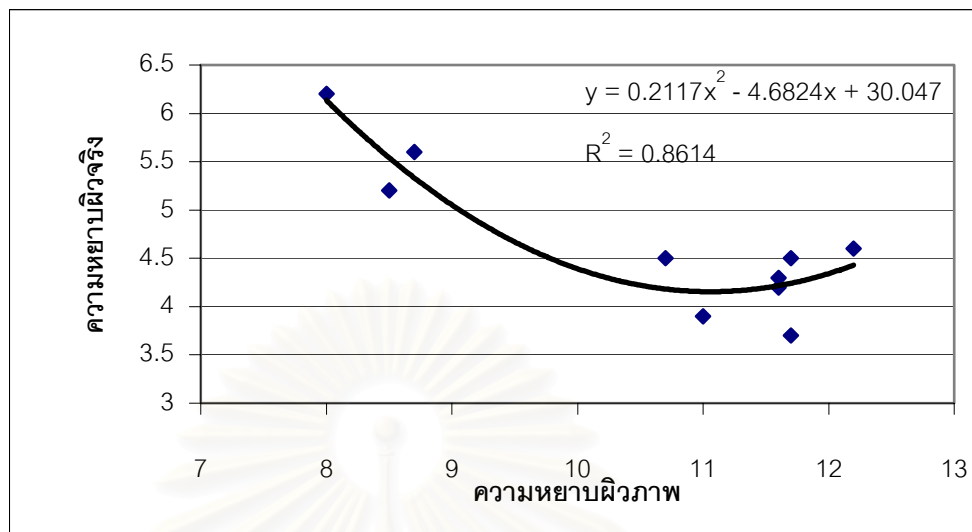
รูปที่ 3.11 ความเข้มสีที่ 2 ช่วงความสว่างที่ 166-170

กราฟความสัมพันธ์ของความเข้มสีเนื้อไม้ที่ 3 ช่วงความสว่างที่ 171-175



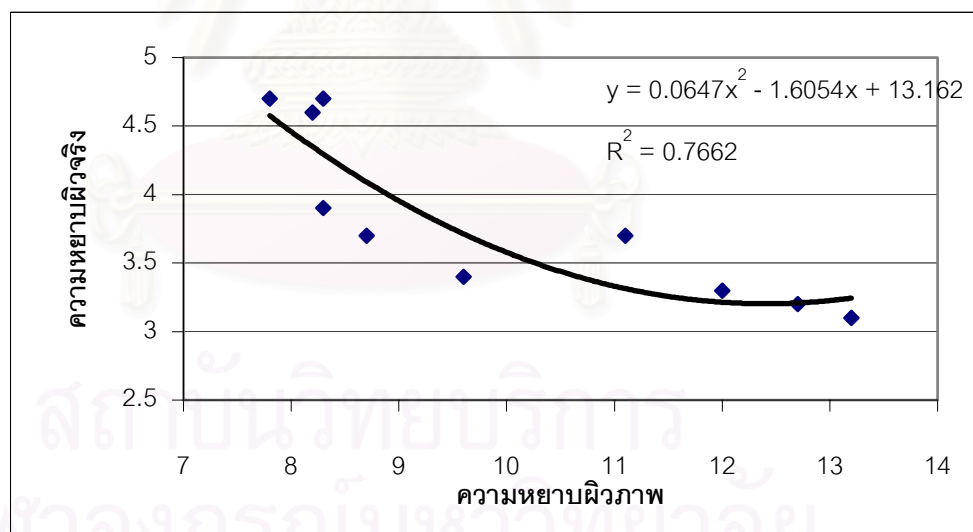
รูปที่ 3.12 ความเข้มสีที่ 3 ช่วงความสว่างที่ 171-175

กราฟความสัมพันธ์ของความเข้มสีเนื้อไม้ที่ 4 ช่วงความสว่างที่ 176-180



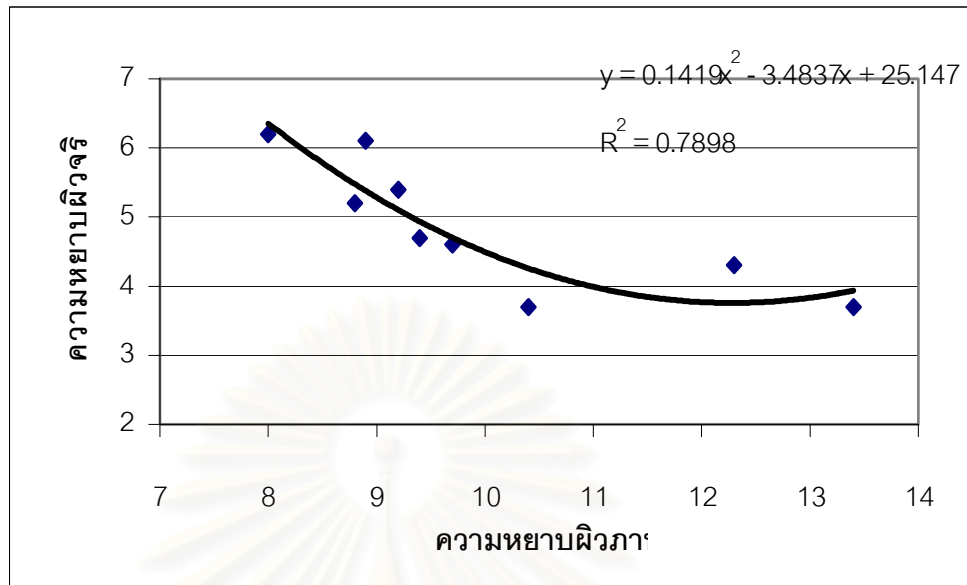
รูปที่ 3.13 ความเข้มสีที่ 4 ช่วงความสว่างที่ 176-180

กราฟความสัมพันธ์ของความเข้มสีเนื้อไม้ที่ 5 ช่วงความสว่างที่ 181-185



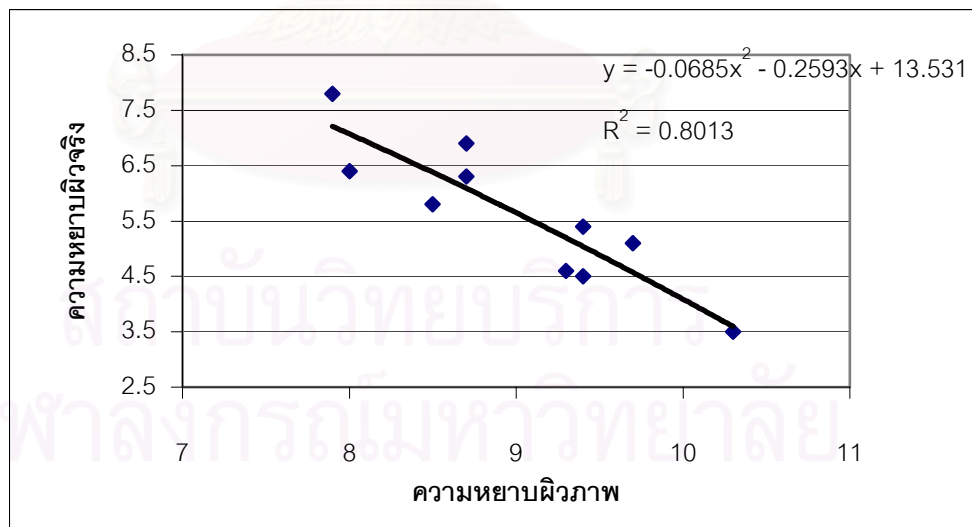
รูปที่ 3.14 ความเข้มสีที่ 5 ช่วงความสว่างที่ 181-185

กราฟความสัมพันธ์ของความเข้มสีเนื้อไม้ที่ 6 ช่วงความสว่างที่ 186-190



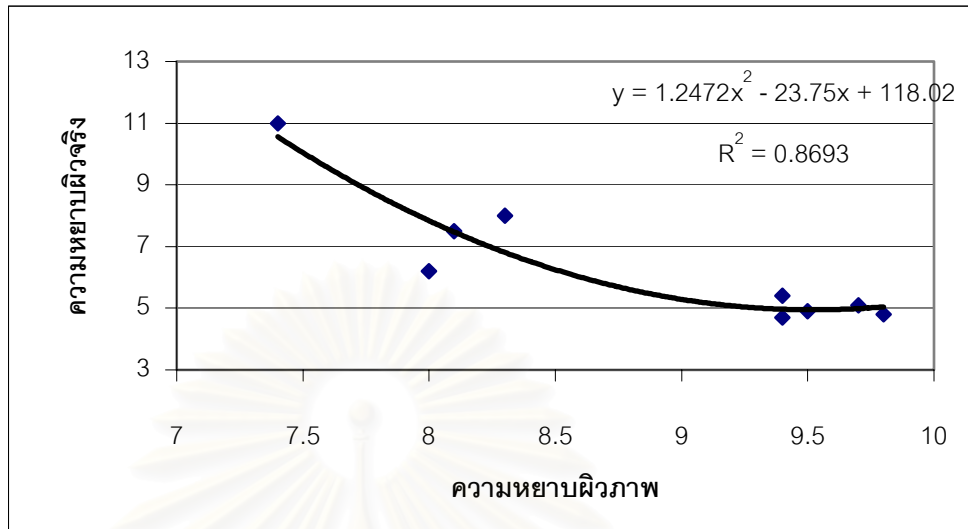
รูปที่ 3.15 ความเข้มสีที่ 6 ช่วงความสว่างที่ 186-190

กราฟความสัมพันธ์ของความเข้มสีเนื้อไม้ที่ 7 ช่วงความสว่างที่ 191-195



รูปที่ 3.16 ความเข้มสีที่ 7 ช่วงความสว่างที่ 191-195

กราฟความสัมพันธ์ของความเข้มสีเนื้อไม้ที่ 8 ช่วงความสว่างที่ 196-205



รูปที่ 3.17 ความเข้มสีที่ 8 ช่วงความสว่างที่ 196-203

3.7 ศึกษาค่าความหยาบผิวสัมผัส

ในการศึกษาความหยาบผิวที่ได้จากการสัมผัส ทำโดยการกำหนดชิ้นงานที่ผ่านการขัดผิวเรียบที่ค่าความหยาบผิวต่างกันจำนวนหนึ่ง แล้วนำไปให้ผู้ชำนาญในการตรวจสอบความเรียบผิวไม้ยางพาราจำนวน 3 คนที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 3 ปี โดยกำหนดเกณฑ์ความเรียบผิวที่อยู่ในระดับสุดท้ายก่อนการทำสีและการตรวจสอบโดยวิธีการสัมผัสจะแสดงผลเป็นผ่านและไม่ผ่านซึ่งผลการตรวจสอบแสดงดังตารางที่ 3.20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.19 แสดงผลของการสัมพัทธ์ของพนักงานทั้ง 3 คน

ชิ้นงานที่	เบอร์กระดาษ ทราย	พนักงานตรวจสอบคนที่1		พนักงานตรวจสอบคนที่2		พนักงานตรวจสอบคนที่3	
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	100		●		●		●
2	100		●		●		●
3	100		●		●		●
4	100		●		●		●
5	150		●		●		●
6	150	●			●	●	
7	150	●			●		●
8	150		●		●		●
9	180		●	●		●	
10	180		●	●		●	
11	180		●	●		●	
12	180		●	●		●	
13	240		●	●		●	
14	240	●		●		●	
15	240	●		●		●	
16	240		●	●		●	
17	320	●		●		●	
18	320	●		●		●	
19	320	●		●		●	
20	320	●		●		●	

หมายเหตุ ผ่าน คือ ค่าความหยาบผิวที่สัมพัทธ์ค่าพอที่สามารถทำสีได้

ไม่ผ่าน คือ ค่าความหยาบผิวที่สัมพัทธ์ค่ามากไม่สามารถทำสีได้

หลังจากนั้นนำชิ้นงานไปให้พนักงานทดลองสัมพัทธ์แล้วก็นำชิ้นงานมาทำการวัดค่าความหยาบผิวเพื่อดูระดับของค่าความหยาบผิวที่พนักงานสามารถระบุได้กับค่าความหยาบผิวที่พนักงานไม่สามารถระบุได้ชัดเจน

ตารางที่ 3.20 แสดงค่าความหยาบผิวของชั้นงานที่ผ่านการสัมผัส

ชั้นงานที่	เบอร์กระดาษทราย	ค่าความหยาบผิว				ค่าเฉลี่ย
		1	2	3		
1	100	11.49	10.68	11	9.6	11.08
2	100	7.47	7.43	7.19	6.72	7.33
3	100	7.66	6.8	6.74	7.35	7.44
4	100	6.48	5.59	6.74	6.66	6.55
5	150	4.22	5.59	4.67	4.86	5.06
6	150	4.53	3.9	4.19	4.85	4.44
7	150	5.03	4.82	4.69	5.18	5.02
8	150	5.07	3.96	4.56	4.41	5.05
9	180	4.24	5.61	5.44	5.14	5.06
10	180	4.31	3.96	3.98	4.15	4.22
11	180	3.97	4.71	4.41	4.05	4.33
12	180	5.61	4.39	3.82	5.16	5.08
13	240	3.18	3.54	3.23	2.7	3.33
14	240	3.68	3.14	2.43	3.97	3.27
15	240	3.96	2.58	3.86	4.99	4.10
16	240	3.09	2.54	3.6	3.14	3.34
17	320	2.187	2.78	2.09	1.99	2.44
18	320	2.53	2.62	2.54	2.1	2.52
19	320	2.03	2.61	2.6	2.56	2.43
20	320	2.89	1.89	2.23	2.43	2.44

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.8 ศึกษาอิทธิพลของค่าความชื้นต่อค่าความหยابผิว

ในการศึกษาได้ทำการเก็บไม้ยางพาราตัวอย่างมาจากโรงงานกลุ่มหนึ่งทำการวัดค่าความชื้นเริ่มต้นและวัดค่าความหยابผิว โดยค่าความหยابผิวนี้อาจทำการกำหนดโดยการนำไปขัดด้วยกระดาษทรายที่เบอร์ต่างกัน การศึกษาจะทำการวัดค่าความชื้นและค่าความหยابผิวเป็นระยะแบ่งออกเป็น 3 ช่วงห่างกัน 1 เดือนซึ่งค่าที่ได้จากการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.22

ตารางที่ 3.21 แสดงการเปรียบเทียบของค่าความชื้นและค่าความหยابผิวในแต่ละเดือน

ชิ้นงานที่	ค่าความชื้น			ค่าความหยابผิว		
	เริ่มต้น	เมื่อผ่านไป 1 ค.	เมื่อผ่านไป 2 ค.	เฉลี่ยในเดือนที่ 1	เฉลี่ยในเดือนที่ 2	เฉลี่ยในเดือนที่ 3
1	8	9	7.3	5.6	6.2	6.2
2	8.4	9.5	7.6	6.2	6.6	6.7
3	8.1	9	7.0	6.6	7.0	7.2
4	8.5	10	7.7	6.3	8.6	6.7
5	8.6	9.5	9.0	4.3	3.9	6.7
6	9.5	10.5	8.0	4.7	4.8	7.0
7	9	9.5	8.0	4.7	5.7	7.0
8	10	9.5	7.5	4.6	4.8	4.7
9	8.5	8.5	7.5	3.8	4.4	4.5
10	9.8	10.5	8.0	4.1	4.9	5.2
11	10.2	10.8	7.3	3.7	3.8	4.1
12	8.9	9	7.4	4.8	4.2	3.7
13	8.5	9.2	7.3	3.2	3.0	3.6
14	9.5	9.5	7.7	3.4	4.2	4.5
15	9	9	7.5	2.5	3.3	3.7
16	9	9.7	7.8	3.9	4.3	3.9
17	10	10.2	8.2	2.3	3.4	2.9
18	10	10	8.5	2.8	3.7	3.7
19	9.2	11	7.5	2.3	4.1	3.8
20	9.8	11	5.0	2.4	4.3	4.5

บทที่ 4

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการศึกษาความละเอียดของภาพแล้ความเข้มของสีไม่ยางพาราที่มีผลต่อความหยابผิวภาพ

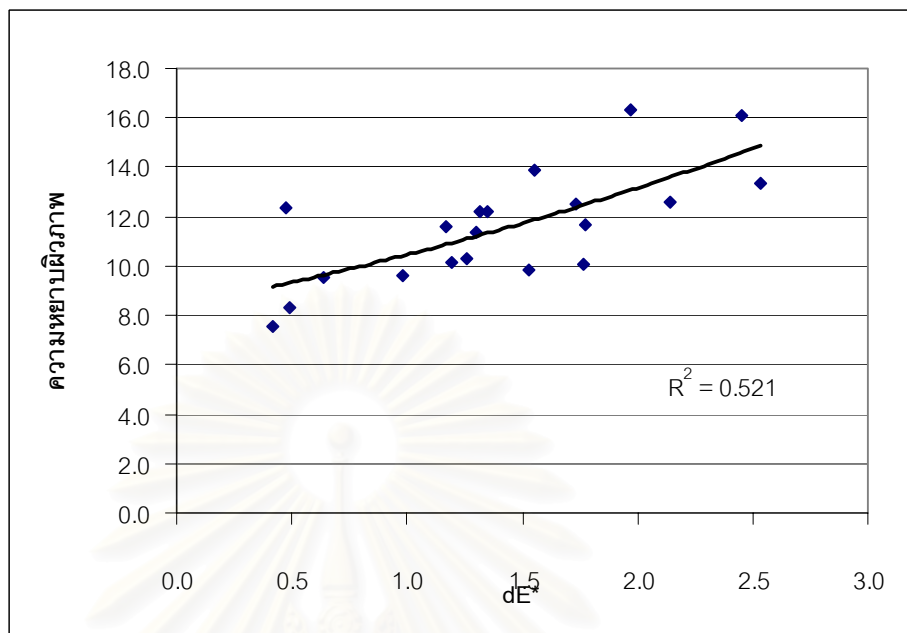
(1) จากการทดลองศึกษาค่าความเข้มสีของเนื้อไม้ยางพาราว่าจะมีอิทธิพลต่อค่าความหยابผิวภาพที่ได้หรือไม่ โดยการแบ่งสีไม้ยางพาราออกเป็น 4 กลุ่มแล้วนำชิ้นงานที่ได้ไปหาค่าความหยابผิวภาพของแต่ละกลุ่ม แล้วพิจารณากราฟความสัมพันธ์ของความเข้มสีไม้กับความหยابผิวภาพแสดงในรูปที่ 4.1-4.5 และตารางสรุปค่า R^2 ที่ 4.2 ซึ่งผลที่ได้ค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงผลดังในตารางที่ 4.3 โดยมีค่า R^2 รวมเท่ากับ 0.146 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีเนื้อไม้กับความสว่างของสีภาพ จากการทดสอบทางสถิติในตารางที่ 4.6 ปรากฏว่าความเข้มสีไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

(2) จากการทดลองศึกษาค่าความละเอียดของภาพ(dpi)ที่ได้จากเครื่องสแกนว่ามีอิทธิพลต่อค่าความหยابผิวภาพหรือไม่โดยทำการสแกนชิ้นงานไม้ตัวอย่างที่ค่าความละเอียดของภาพแตกต่างกันแล้วนำภาพที่ได้มาทำการหาค่าความหยابผิวภาพ และค่าที่ได้นำมาวิเคราะห์ผลด้วย ANOVA ค่าการวิเคราะห์ที่ได้แสดงในตารางที่ 3.2 ผลปรากฏว่าค่าความหยابผิวภาพที่ได้ในแต่ละค่าความละเอียดของภาพ ที่สแกนให้ผลที่ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

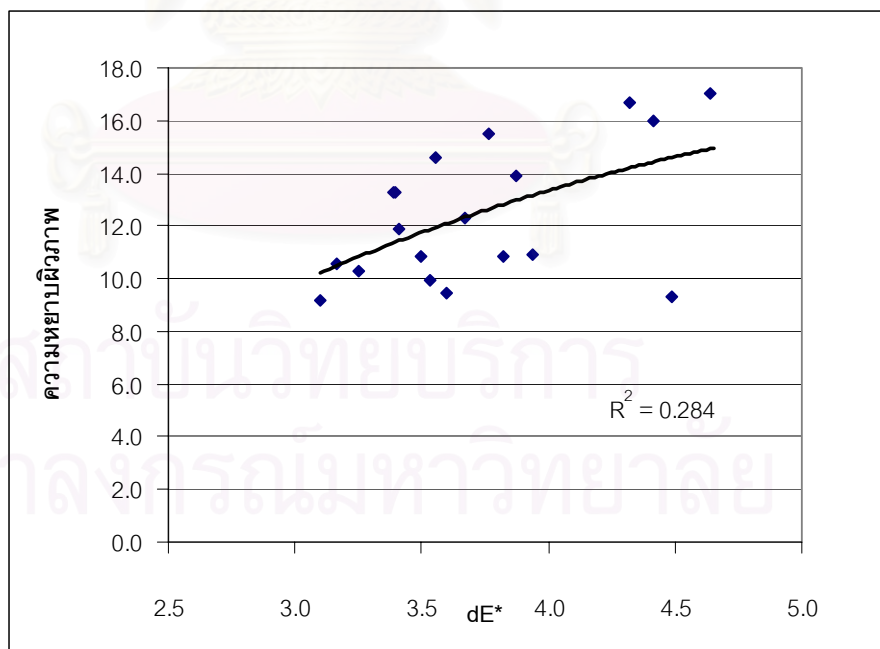
ตารางที่ 4.1 แสดงความหยาบผิวภาพกับความเข้มสีไม้

ความหยาบ ผิวภาพ1	ความเข้มสีไม้ ระดับที่ 1(dE*)	ความหยาบ ผิวภาพ2	ความเข้มสีไม้ ระดับที่ 2(dE*)	ความหยาบ ผิวภาพ3	ความเข้มสีไม้ ระดับที่ 3(dE*)	ความหยาบ ผิวภาพ4	ความเข้มสีไม้ ระดับที่ 4(dE*)
7.6	0.415	9.2	3.101	9.1	5.680	9.6	8.845
12.4	0.475	10.6	3.167	6.5	5.683	8.2	9.145
8.3	0.488	10.3	3.254	7.0	5.714	11.2	9.334
9.5	0.635	13.3	3.390	8.3	5.836	6.8	9.751
9.6	0.978	13.3	3.399	8.4	6.064	9.9	9.818
11.6	1.166	11.9	3.414	9.6	6.224	6.5	9.880
10.2	1.195	10.8	3.500	6.8	6.526	11.2	9.892
10.3	1.258	9.9	3.534	7.6	6.692	10.3	10.208
11.3	1.298	14.6	3.556	9.3	6.780	10.2	10.305
12.2	1.319	9.4	3.600	6.5	6.797	10.1	10.439
12.2	1.352	12.3	3.672	11.4	6.822	11.9	10.441
9.8	1.530	15.5	3.761	9.0	6.868	8.3	10.526
13.9	1.555	10.9	3.823	11.5	7.002	11.1	10.642
12.5	1.732	13.9	3.871	13.1	7.186	11.6	10.836
10.1	1.763	10.9	3.937	8.4	7.308	9.7	10.841
11.7	1.772	16.7	4.319	8.8	7.524	9.9	11.069
16.3	1.972	16.0	4.415	11.4	7.580	13.0	11.325
12.6	2.143	9.3	4.488	10.3	7.598	10.6	11.684
16.1	2.456	17.0	4.639	10.4	7.617	9.1	11.782
13.4	2.531	14.2	4.654	10.5	7.748	11.3	11.789

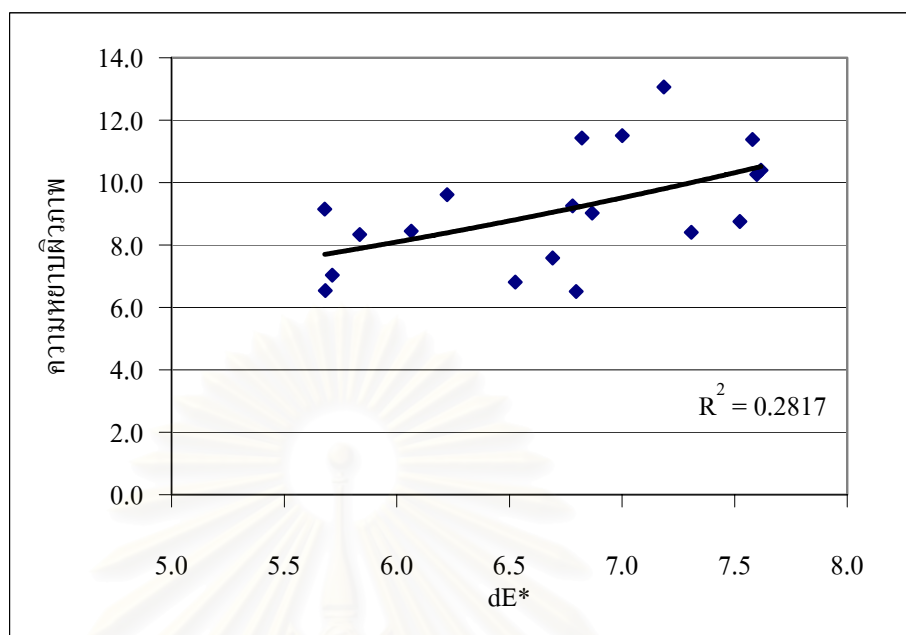
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



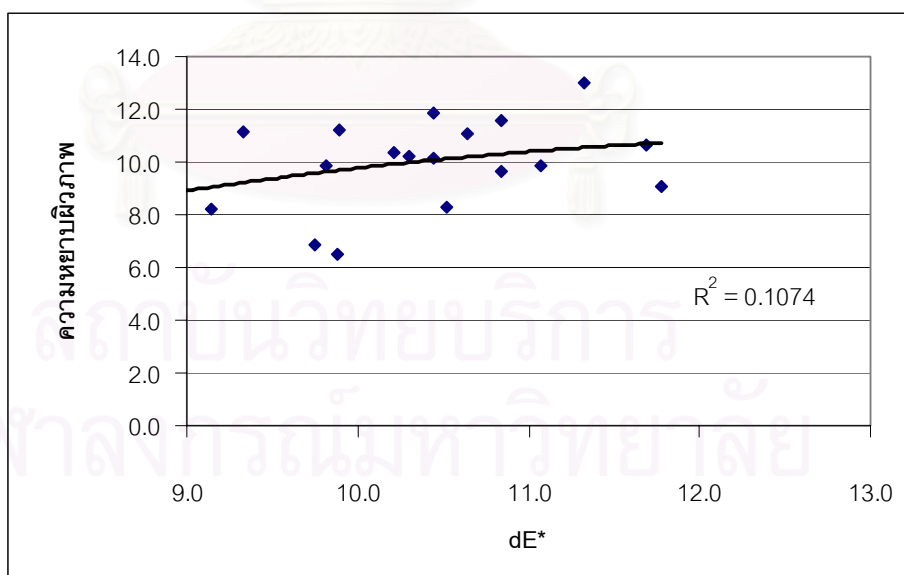
รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวภาพกับสีไม่ยางพาราที่ความเข้มสีที่ 1



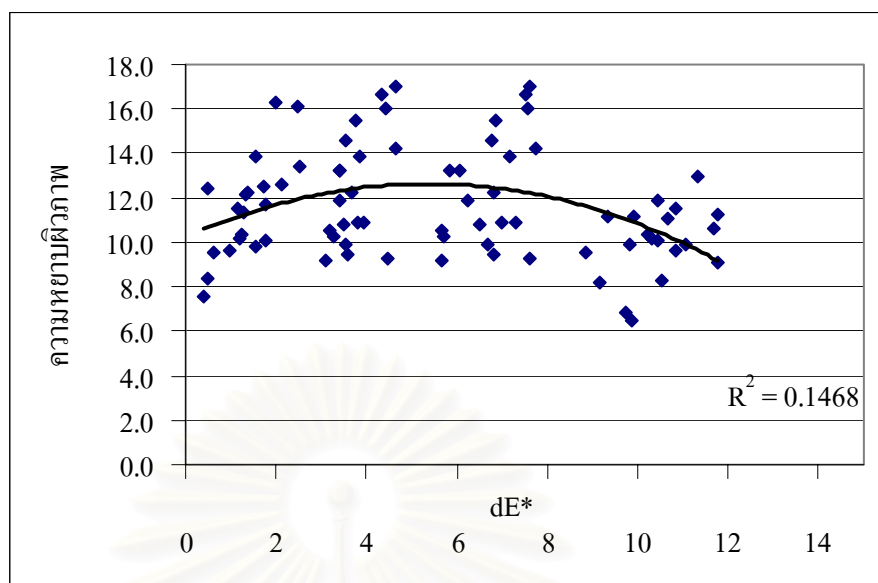
รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวภาพกับสีไม่ยางพาราที่ความเข้มสีที่ 2



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวภาพกับสีไม่ยางพาราที่ความเข้มสีที่ 3



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวภาพกับสีไม่ยางพาราที่ความเข้มสีที่ 4



รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวภาพกับสีไม่แดงพารารวมทุกความเข้มสี

ตารางที่ 4.2 สรุปค่า R^2 ของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวภาพกับความเข้มสีไม่แดงพารา

สีไม่ที่	ค่า R^2
1	0.521
2	0.284
3	0.281
4	0.107
ทุกสีรวมกัน	0.146

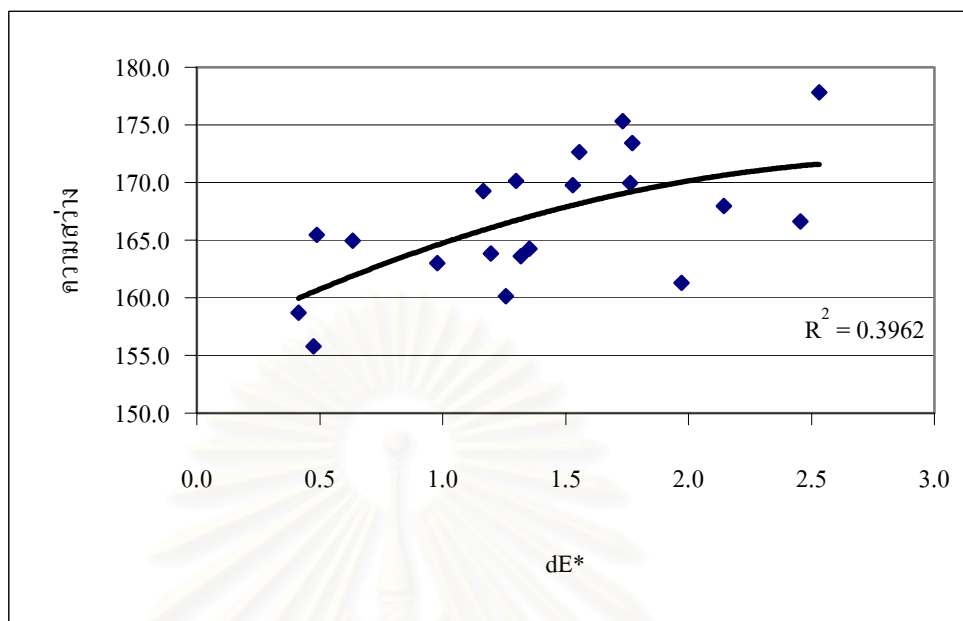
ตารางที่ 4.3 ตารางANOVAวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีไม่กับความหยาบผิวภาพ

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	72.100	1	72.100	6.427	0.065
Residual	874.987	78	11.218		
Total	947.086	79			

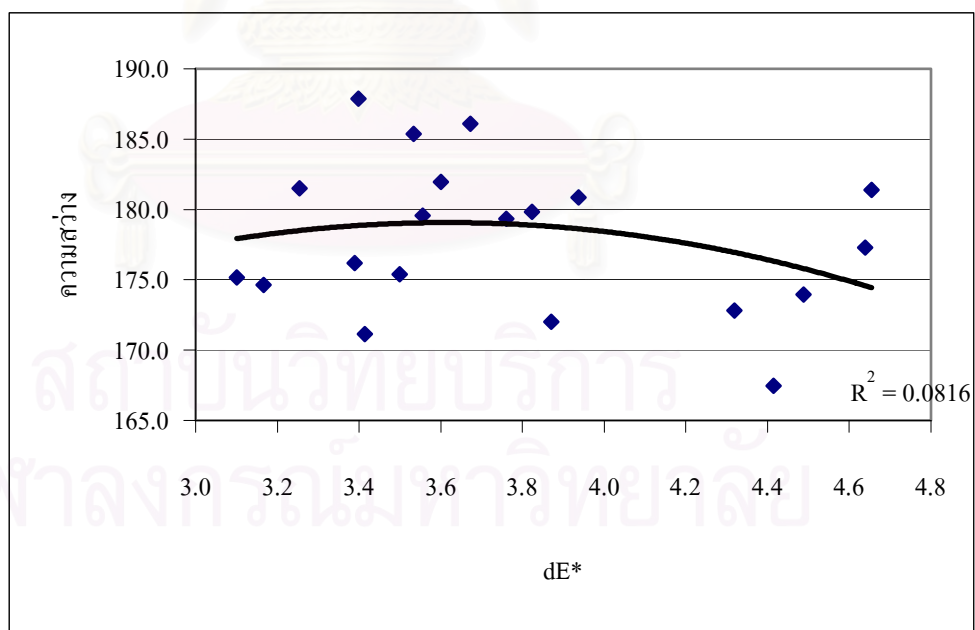
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความเข้มสีไม่กับความสว่างของสีภาพ

ความเข้มสีไม่ ระดับที่ 1(ΔE)	ความสว่างของ สีภาพระดับที่1	ความเข้มสีไม่ ระดับที่ 2(ΔE)	ความสว่างของ สีภาพระดับที่2	ความเข้มสีไม่ ระดับที่ 3(ΔE)	ความสว่างของ สีภาพระดับที่3	ความเข้มสีไม่ ระดับที่ 4(ΔE)	ความสว่างของ สีภาพระดับที่4
0.415	158.7	3.101	175.2	5.680	182.8	8.845	193.9
0.475	155.8	3.167	174.6	5.683	181.4	9.145	188.1
0.488	165.5	3.254	181.5	5.714	189.5	9.334	195.5
0.635	164.9	3.390	176.2	5.836	182.3	9.751	189.3
0.978	163.0	3.399	187.9	6.064	182.2	9.818	195.0
1.166	169.3	3.414	171.2	6.224	179.7	9.880	202.5
1.195	163.9	3.500	175.4	6.526	198.2	9.892	192.6
1.258	160.1	3.534	185.4	6.692	191.7	10.208	199.4
1.298	170.1	3.556	179.6	6.780	183.1	10.305	192.3
1.319	163.6	3.600	182.0	6.797	177.1	10.439	196.5
1.352	164.3	3.672	186.1	6.822	170.8	10.441	195.4
1.530	169.8	3.761	179.3	6.868	190.6	10.526	202.7
1.555	172.7	3.823	179.8	7.002	181.7	10.642	197.5
1.732	175.3	3.871	172.0	7.186	184.2	10.836	193.4
1.763	169.9	3.937	180.9	7.308	175.1	10.841	185.8
1.772	173.4	4.319	172.8	7.524	174.7	11.069	189.9
1.972	161.3	4.415	167.5	7.580	168.0	11.325	186.4
2.143	168.0	4.488	174.0	7.598	179.4	11.684	191.3
2.456	166.6	4.639	177.3	7.617	185.2	11.782	203.3
2.531	177.8	4.654	181.4	7.748	169.9	11.789	200.7

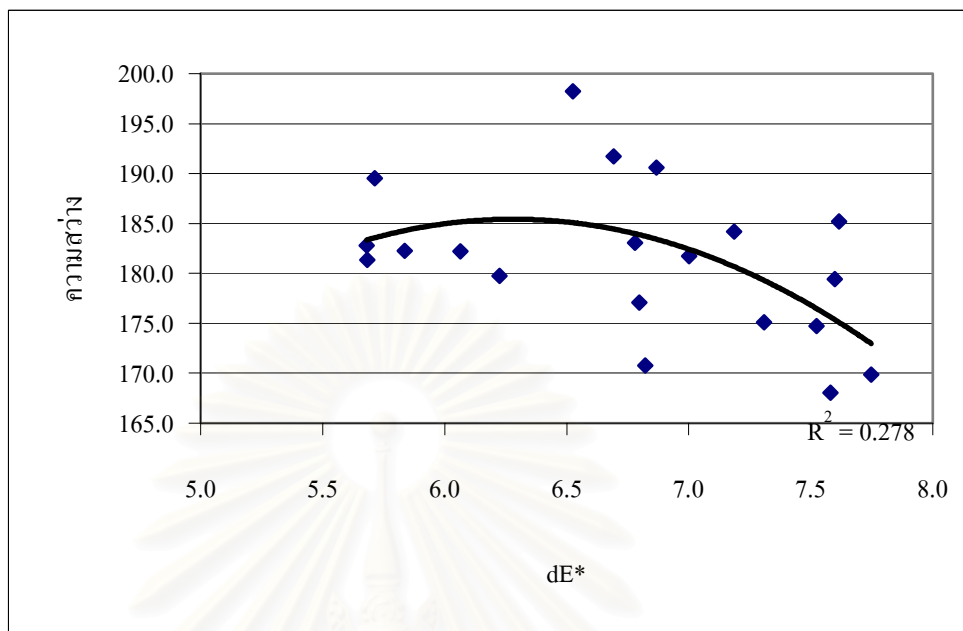
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



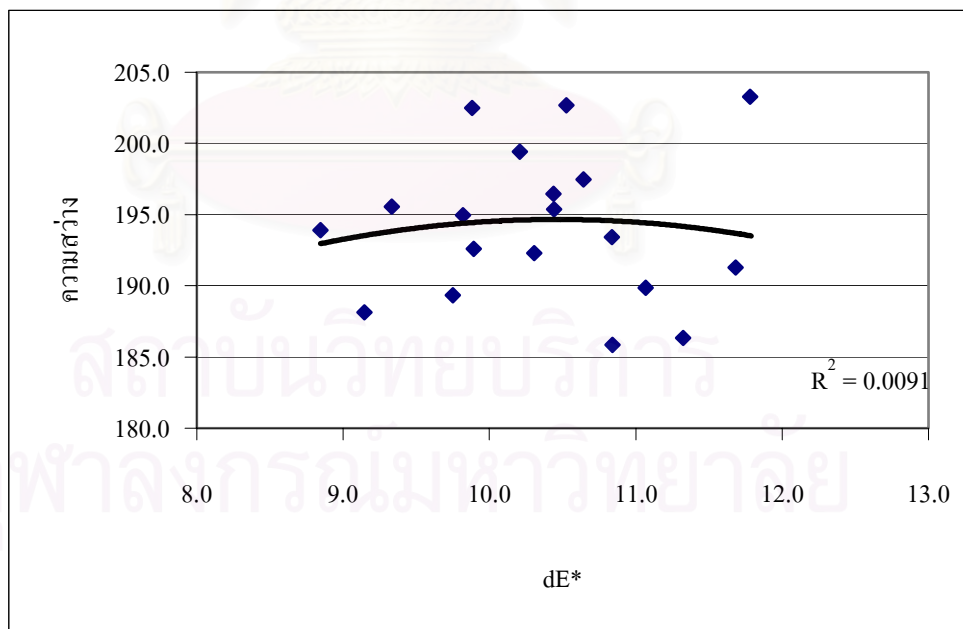
รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีไม่กับความสว่างของสีภาพที่ 1



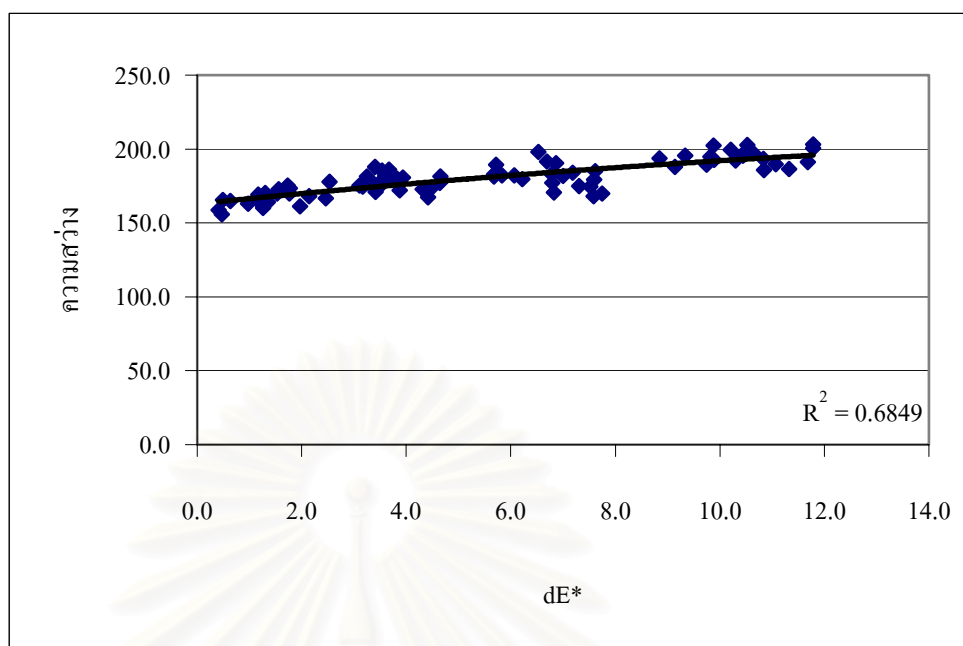
รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีไม่กับความสว่างของสีภาพที่ 2



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีไม่กับความสว่างของสีภาพที่ 3



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีไม่กับความสว่างของสีภาพที่ 4



รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีไม่กับความสว่างของสีภาพรวมทั้งหมด

ตารางที่ 4.5 สรุปค่า R^2 ของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีกับความสว่างของสีภาพ

ความสว่างที่	ค่า R^2
1	0.3962
2	0.0816
3	0.278
4	0.0091
รวมทั้งหมด	0.6849

ตารางที่ 4.6 ตารางANOVAวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีไม่กับความสว่างของสีภาพ

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	7283.228	1	7283.228	166.527	.000
Residual	3411.414	78	43.736		
Total	10694.642	79			

4.2 ผลการใช้กราฟความสัมพันธ์เพื่อหาค่าความหยابผิว

จากการทดลองนำกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหยابผิวจริงกับความหยابผิวภาพมาใช้หาค่าความหยابผิวจากชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการตัดขึ้นรูปซึ่งผลของการทดลองแบ่งออกเป็นกลุ่มของความเข้มสี 4 กลุ่มจะแสดงในตารางที่ 4.7 ถึงตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.7 ค่าความเข้มสีที่ 1 ระดับความสว่างที่ 175 – 185

ชั้นงานที่	ความหยาบผิว			ค่าความ ผิดพลาด III=(II)- (I)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด		
	เครื่องวัด (I)	ผิวภาพ	กราฟ (II)		(+)	(-)	ค่าสมบูรณ์
1	4.8	11.4	4.2	-0.6		13	13
2	5.4	9.8	6.4	1	19		19
3	4.6	11.1	4.5	-0.2		4	4
4	4.5	9.2	7.6	3.1	69		69
5	5.9	10.2	5.8	-0.1		2	2
6	4.3	10.9	4.8	0.5	12		12
7	4.1	10.9	4.7	0.7	17		17
8	3.8	11.7	3.8	0	0		0
9	4.6	11.2	4.4	-0.3		7	7
10	3.6	13	2.8	-0.9		25	25
11	4.9	10.4	5.5	0.5	10		10
12	3.7	10.2	5.8	2.1	57		57
13	4.7	9.1	7.8	3.1	66		66
14	3.7	11.7	3.8	0.2	5		5
15	5	10.6	5.3	0.3	6		6
16	3	11.2	4.5	1.5	50		50
17	4.8	12.2	3.3	-1.4		29	29
18	4.4	11.5	4	-0.4		9	9
19	3.9	11.5	4	0.1	3		3
20	4.6	12.2	3.4	-1.2		26	26
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (1)					26	14	21.4
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (2)							21.8
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (2)/(1)							1.02

ตารางที่ 4.8 ค่าความเข้มสีที่ 2 ระดับความสว่างที่ 186 - 190

ชั้นงานที่	ความหยาบผิว			ค่าความ ผิดพลาด III=(II)- (I)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด		
	เครื่องวัด (I)	ผิวภาพ	กราฟ (II)		(+)	(-)	ค่าสมบูรณ์
1	6	11.1	5.9	-0.1		2	2
2	5	11.9	4.9	-0.1		2	2
3	3.6	12	4.7	1.1	31		31
4	4.3	11.6	5.2	0.9	21		21
5	6	9.2	8.7	2.7	45		45
6	4.9	11.4	5.5	0.6	12		12
7	4.5	11.7	5.2	0.7	16		16
8	3.7	13.4	3.3	-0.4		11	11
9	3.3	11	6	2.6	79		79
10	7.7	9.6	8	0.3	4		4
11	4.5	12.3	4.4	-0.1		2	2
12	4.8	11.7	5.2	0.3	6		6
13	3.8	12.7	3.9	0.1	3		3
14	6.4	10.7	6.5	0.1	2		2
15	4.6	11.1	5.9	1.2	26		26
16	4.1	12.2	4.5	0.4	10		10
17	7	9.9	7.7	0.7	10		10
18	3.7	11.2	5.8	2.2	59		59
19	4.2	11.6	5.2	1	24		24
20	4.9	13.2	3.4	-1.5		31	31
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย(1)					23	10	19.8
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(2)							20.9
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (2)/(1)							1.05

ตารางที่ 4.9 ค่าความเข้มสีที่ 3 ระดับความสว่างที่ 191 – 195

ชั้นงานที่	ความหยาบผิว			ค่าความ ผิดพลาด III=(II)- (I)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด		
	เครื่องวัด (I)	ผิวภาพ	กราฟ (II)		(+)	(-)	ค่าสมบูรณ์
1	4.6	8.2	5.2	0.6	13		13
2	4.7	7.8	6.2	1.5	32		32
3	3.3	9.4	3.5	0.3	9		9
4	3.7	8.7	4.4	0.7	19		19
5	5.2	8.3	5	-0.2		4	4
6	4.3	8	5.8	1.5	35		35
7	4.6	8	5.8	1.2	26		26
8	5.3	8.5	4.6	-0.7		13	13
9	4.4	8	5.8	1.3	30		30
10	6.7	8.7	4.4	-2.4		36	36
11	5.4	8.1	5.4	0	0		0
12	4.9	8	5.8	0.9	18		18
13	3.9	8.3	5	1.1	28		28
14	3.4	10.4	3.2	-0.1		3	3
15	2.8	9.4	3.5	0.8	29		29
16	4	8.5	4.8	0.8	20		20
17	3.6	9.3	3.6	0	0		0
18	2.8	10.7	3.4	0.5	18		18
19	4.6	9.7	3.3	-1.2		26	26
20	4.1	9.8	3.3	-0.8	20		20
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย(1)					20	16.4	19
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(2)					11.44		
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (2)/(1)					0.6		

ตารางที่ 4.10 ค่าความเข้มสีที่ 4 ระดับความสว่างที่ 196 - 205

ชั้นงานที่	ความหยาบผิว			ค่าความ ผิดพลาด III=(II)- (I)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด		
	เครื่องวัด (I)	ผิวภาพ	กราฟ (II)		(+)	(-)	ค่าสมบูรณ์
1	5.4	9.4	5.3	-0.1		2	2
2	6	13.7	5.9	-0.1		2	2
3	6.1	8.9	6.9	0.7	11		11
4	5.5	9.1	6	0.5	9		9
5	5.5	9.7	4.6	-1		18	18
6	4.8	9.8	4.3	-0.5		10	10
7	7.3	8.7	7.4	0.1	1		1
8	7.5	8.1	9.8	2.3	31		31
9	4.3	9.3	5.5	1.2	28		28
10	4.7	9.4	5.2	0.4	9		9
11	4.9	9.5	5	0.1	2		2
12	11	7.4	13.1	2.1	19		19
13	8	8.3	8.9	0.9	11		11
14	3.5	10.3	3.4	-0.1	3		3
15	5.2	8.8	7.1	1.9	37		37
16	10.4	7.9	10.6	0.2	2		2
17	4.1	13.5	5.3	1.2	29		29
18	6.3	14.6	8.9	2.6	41		41
19	4.7	9.4	5.3	0.5	11		11
20	6.9	8.7	7.5	0.6	9		9
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย(1)					16	8	14.2
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(2)							12.5
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (2)/(1)							0.88

4.3 วิเคราะห์ผลค่าความหยابผิวที่ได้จากกราฟ

ตารางที่ 4.11 สรุปผลค่าความผิดพลาดของความเข้มสีทั้ง 4

ความเข้มสีที่	%ความผิดพลาด
1	21.4
2	19.8
3	19.0
4	14.2
เฉลี่ย	18.6

4.3.1 ค่าความหยابผิวที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ของความเข้มสีที่ 1

จากค่าความหยابผิวจริงและความหยابผิวที่ได้จากกราฟที่แสดงในตารางที่ 4.1 นำค่าที่ได้ทั้งสองมาวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธีทางสถิติโดยใช้ ANOVA test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยابผิวทั้งสอง ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยابผิวที่ความเข้มสีที่ 1

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significant
Between Groups	1.640	1	1.640	1.449	0.236
Within Groups	43.018	38	1.132		
Total	44.658	39			

สรุปผลจากค่าในตารางพบว่าค่า Significant = 0.236 ซึ่งมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญในการทดสอบคือ 0.05 ฉะนั้นยอมรับสมมุติฐานหลักคือ ค่าความหยابผิวจริงกับค่าความหยابผิวที่ได้จากกราฟไม่มีความแตกต่างกัน

4.3.2 ค่าความหยาบผิวที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ของความเข้มสีที่ 2

จากค่าความหยาบผิวจริงและความหยาบผิวที่ได้จากกราฟที่แสดงในตารางที่ 4.2 นำค่าที่ได้ทั้งสองมาวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธีทางสถิติโดยใช้ ANOVA test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยาบผิวทั้งสอง ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยาบผิวที่ความเข้มสีที่ 2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significant
Between Groups	4.160	1	4.160	2.414	0.129
Within Groups	65.50	38	1.724		
Total	69.66	39			

สรุปผลจากค่าในตารางพบว่าค่า Significant = 0.129 ซึ่งมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญในการทดสอบคือ 0.05 ฉะนั้นยอมรับสมมุติฐานหลักคือ ค่าความหยาบผิวจริงกับค่าความหยาบผิวที่ได้จากกราฟไม่มีความแตกต่างกัน

4.3.3 ค่าความหยาบผิวที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ของความเข้มสีที่ 3

จากค่าความหยาบผิวจริงและความหยาบผิวที่ได้จากกราฟที่แสดงในตารางที่ 4.3 นำค่าที่ได้ทั้งสองมาวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธีทางสถิติโดยใช้ ANOVA test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยาบผิวทั้งสอง ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยาบผิวที่ความเข้มสีที่ 3

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significant
Between Groups	0.812	1	0.812	0.835	0.367
Within Groups	36.985	38	0.973		
Total	37.798	39			

สรุปผลจากค่าในตารางพบว่าค่า Significant =0.367 ซึ่งมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญในการทดสอบคือ 0.05 ฉะนั้นยอมรับสมมุติฐานหลักคือ ค่าความหยابผิวจริงกับค่าความหยابผิวที่ได้จากกราฟไม่มีความแตกต่างกัน

4.3.4 ค่าความหยابผิวที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ของความเข้มสีที่ 4

จากค่าความหยابผิวจริงและความหยابผิวที่ได้จากกราฟที่แสดงในตารางที่ 4.4 นำค่าที่ได้ทั้งสองมาวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธีทางสถิติโดยใช้ ANOVA test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยابผิวทั้งสอง ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยابผิวที่ความเข้มสีที่ 4

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significant
Between Groups	4.830	1	4.830	0.995	0.325
Within Groups	184.51	38	4.856		
Total	189.34	39			

สรุปผลจากค่าในตารางพบว่าค่า Significant =0.325 ซึ่งมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญในการทดสอบคือ 0.05 ฉะนั้นยอมรับสมมุติฐานหลักคือ ค่าความหยابผิวจริงกับค่าความหยابผิวที่ได้จากกราฟไม่มีความแตกต่างกัน

4.4 ผลการปรับปรุงกราฟความสัมพันธ์

หลังจากการปรับปรุงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวจริงกับความหยาบผิวภาพ ซึ่งได้กราฟความสัมพันธ์ใหม่ 8 กราฟ นำกราฟที่ได้มาทดลองใช้หาค่าความหยาบผิว โดยการเก็บชิ้นงานตัวอย่างมา 30 ชิ้น นำมาหาค่าความหยาบผิวภาพ แล้วนำค่าความหยาบผิวภาพที่ได้ไปหาค่าความหยาบผิว จากกราฟความสัมพันธ์ที่ได้ ซึ่งผลของค่าความหยาบผิวที่ได้แสดงในตารางที่ 4.16-4.23

ตารางที่ 4.16 ค่าความหยาบผิวหลังการปรับปรุงของความเข้มสีที่ 1

ชิ้นงานที่	ความหยาบผิว			ค่าความผิด ผิดพลาด	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด		
	เครื่องวัด	ผิวภาพ	กราฟ		(I)	(II)	III=(II)-(I)
	(I)	(II)	(III)	(+)			
1	3.6	5.8	4.1	0.5	15		15
2	4.2	6.2	4.5	0.3	8		8
3	3.9	8.2	3.4	-0.5		13	13
4	5.2	7.0	6.5	1.3	25		25
5	4.5	9.2	5.7	1.2	27		27
6	4.7	9.8	5.3	0.6	13		13
7	3.9	9.8	5.2	1.3	33		33
8	5.1	9.7	5.3	0.2	4		4
8	4.7	10.9	4.5	-0.2		4	4
10	3.8	12.5	3.9	0.1	3		3
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย(1)					16	5.6	14.5
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(2)							10.6
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (2)/(1)							0.73

ตารางที่ 4.17 ค่าความหยาบผิวหลังการปรับปรุงของความชื้นที่ 2

ชั้นงานที่	ความหยาบผิว			ค่าความผิด	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด		
	เครื่องวัด	ผิวภาพ	กราฟ	ผิดพลาด	(+)	(-)	ค่าสมบูรณ์
	(I)		(II)	III=(II)-(I)			
1	4.0	5.6	4.5	0.4	11		11
2	4.5	8.0	4.8	0.3	7		7
3	5.4	7.8	4.6	-0.8		15	15
4	4.6	9.2	5.7	1.1	24		24
5	4.9	8.8	6.1	1.2	24		24
6	3.8	9.4	5.5	1.7	45		45
7	4.2	10.2	4.9	0.7	17		17
8	6.2	8.2	6.7	0.5	8		8
9	5.1	7.9	7.1	2.0	39		39
10	3.7	9.4	5.5	1.8	49		49
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย(1)					25	15	24
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(2)							15.3
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (2)/(1)							0.63

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 ค่าความหยาบผิวหลังการปรับปรุงของความเข้มน้ำที่ 3

ชั้นงานที่	ความหยาบผิว			ค่าความผิด ผิดพลาด	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด		
	เครื่องวัด	ผิวภาพ	กราฟ		(I)	(II)	III=(II)-(I)
	(I)		(II)	(+)			
1	5.5	5.6	5.2	-0.3		5	5
2	3.9	8.5	4.1	0.2	4		4
3	3.9	8.5	4.2	0.3	9		9
4	4.6	6.4	4.3	-0.3		6	6
5	5.3	8.4	6.4	1.1	21		21
6	4.6	9.1	5.7	1.1	24		24
7	3.9	10.5	4.6	0.7	18		18
8	5.0	9.0	5.8	0.8	16		16
9	4.7	9.7	5.2	0.5	11		11
10	3.5	10.3	4.7	1.2	34		34
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย(1)					17	6.5	14.7
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(2)							9.7
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (2)/(1)							0.66

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.19 ค่าความหยาบผิวหลังการปรับปรุงของความเข้มน้ำที่ 4

ชั้นงานที่	ความหยาบผิว			ค่าความผิด	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด		
	เครื่องวัด	ผิวภาพ	กราฟ	ผิดพลาด	(+)	(-)	ค่าสมบูรณ์
	(I)		(II)	III=(II)-(I)			
1	4.3	5.9	5.5	1.2	28		28
2	4.8	8.2	4.2	-0.6		13	13
3	6.1	8.0	6.2	0.1	2		2
4	5.4	7.4	6.2	0.8	14		14
5	6.8	7.5	7.2	0.4	5		5
6	7.8	8.7	5.3	-2.5		32	32
7	6.5	7.5	6.8	0.3	5		5
8	7.5	6.9	7.8	0.3	4		4
9	4.9	9.7	4.5	-0.4		8	8
10	6.3	8.7	5.3	-1.0		16	16
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย(1)					9.6	17.25	12.7
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(2)							10.3
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (2)/(1)							0.81

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.20 ค่าความหยาบผิวหลังการปรับปรุงของความเข้มนี่ที่ 5

ชั้นงานที่	ความหยาบผิว			ค่าความผิด	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด		
	เครื่องวัด	ผิวภาพ	กราฟ	ผิดพลาด	(+)	(-)	ค่าสมบูรณ์
	(I)		(II)	III=(II)-(I)			
1	2.7	8.2	3.1	0.4	16		16
2	5.7	7.0	4.2	-1.5		27	27
3	3.7	6.8	4.3	0.7	18		18
4	5.9	6.2	4.3	-1.6		27	27
5	5.6	8.2	4.0	-1.6		29	29
6	4.6	7.4	5.7	1.1	24		24
7	3.8	15.3	5.6	1.8	48		48
8	7.2	9.4	6.2	-1.0		13	13
9	5.6	6.4	4.9	-0.7		13	13
10	6.1	4.5	7.2	1.1	18		18
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย(1)					24.8	21.8	23.3
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(2)							10.5
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (2)/(1)							0.45

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.21 ค่าความหยาบผิวหลังการปรับปรุงของความเข้มน้ำที่ 6

ชั้นงานที่	ความหยาบผิว			ค่าความผิด	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด		
	เครื่องวัด	ผิวภาพ	กราฟ	ผิดพลาด	(+)	(-)	ค่าสมบูรณ์
	(I)		(II)	III=(II)-(I)			
1	4.7	7.1	5.4	0.7	15		15
2	4.8	6.8	5.7	0.9	19		19
3	5.2	6.3	4.8	-0.4		8	8
4	5.4	8.9	5.1	-0.3		6	6
5	4.5	10.5	4.2	-0.3		7	7
6	5.3	9.3	5.0	-0.3		6	6
7	6.7	8.7	5.6	-1.1		16	16
8	8.4	7.3	7.2	-1.2		14	14
9	6.8	8.4	5.9	-0.9		13	13
10	6.5	6.9	7.8	1.3	20		20
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย(1)					18	10	12.4
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(2)							5.04
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (2)/(1)							0.41

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.22 ค่าความหยาบผิวหลังการปรับปรุงของความเข้มน้ำที่ 7

ชั้นงานที่	ความหยาบผิว			ค่าความผิด	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด		
	เครื่องวัด	ผิวภาพ	กราฟ	ผิดพลาด	(+)	(-)	ค่าสมบูรณ์
	(I)		(II)	III=(II)-(I)			
1	5.6	7.4	5.2	-0.4		7	7
2	4.9	8.8	5.3	0.4	7		7
3	7.8	7.0	8.3	0.5	6		6
4	5.5	8.6	6.2	0.7	13		13
5	6.5	7.6	7.6	1.1	17		17
6	5.4	9.2	5.3	-0.1		2	2
7	6.1	8.4	6.5	0.4	7		7
8	7.6	7.6	7.6	0.0	0		0
9	6.8	8.1	6.7	-0.1		1	1
10	4.8	9.3	5.2	0.4	8		8
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย(1)					8.3	3.3	6.8
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(2)							5.24
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (2)/(1)							0.77

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.23 ค่าความหยาบผิวหลังการปรับปรุงของ ความเข้มนี่ที่ 8

ชั้นงานที่	ความหยาบผิว			ค่าความผิด	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด		
	เครื่องวัด	ผิวภาพ	กราฟ	ผิดพลาด	(+)	(-)	ค่าสมบูรณ์
	(I)		(II)	III=(II)-(I)			
1	7.2	8.5	6.2	-1.0		14	14
2	6.5	9.2	5.1	-1.4		22	22
3	8.3	7.8	8.6	0.3	4		4
4	5.4	9.2	5.1	-0.3		6	6
5	6.7	8.0	7.8	1.1	16		16
6	7.6	7.4	10.5	2.9	38		38
7	4.9	9.7	5.0	0.1	2		2
8	8.1	7.6	9.5	1.4	17		17
9	7.6	8.4	6.5	-1.1		14	14
10	5.7	9.8	5.1	-0.6		11	11
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย(1)					15.4	13.4	14.4
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(2)							10.3
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (2)/(1)							0.71

ตารางที่ 4.24 สรุปผลค่าความผิดพลาดของความเข้มนี่ที่ 8 กราฟ

ความเข้มนี่ที่	%ความผิดพลาด
1	14.5
2	24.0
3	14.7
4	12.7
5	23.3
6	12.4
7	6.8
8	14.4
เฉลี่ย	15.3

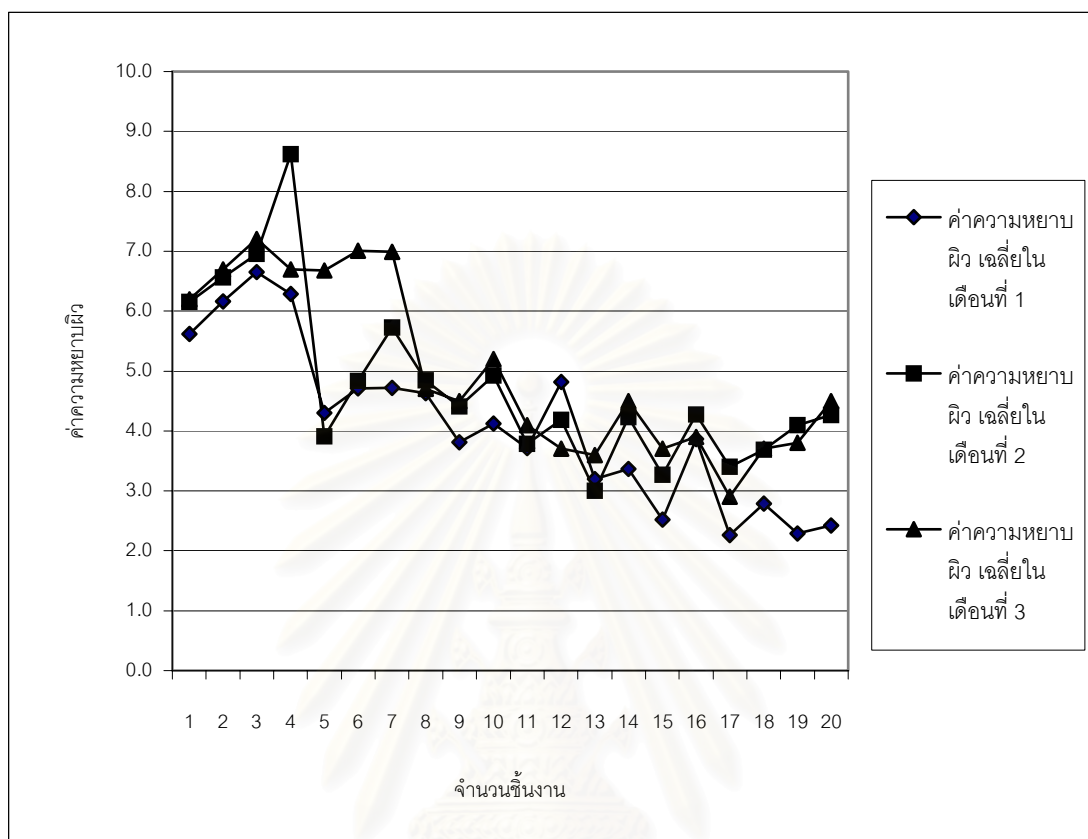
สรุปผลจากค่าความหยาบผิวจริงเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากกราฟทั้ง 8 ความเข้มสีที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ให้ผลไม่แตกต่างกัน

4.5 อิทธิพลของค่าความชื้นต่อค่าความหยาบผิว

ในการทดลองทำโดยเก็บตัวอย่างชิ้นงานไม้ยางพาราทำการวัดความชื้นและค่าความหยาบผิวแล้วทำการวัดค่าความชื้นและค่าความหยาบผิวเป็นระยะ โดยห่างกันประมาณ 1 เดือนซึ่งค่าที่ได้แสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.25 แสดงค่าความชื้นและความหยาบผิวของชิ้นงานใน 3 เดือน

ชิ้นงานที่	ค่าความชื้น			ค่าความหยาบผิว		
	เริ่มต้น	เมื่อผ่านไป 1 ค.	เมื่อผ่านไป 2 ค.	เริ่มต้น	เมื่อผ่านไป 1 ค.	เมื่อผ่านไป 2 ค.
1	8	9	7.3	5.6	6.2	6.2
2	8.4	9.5	7.6	6.2	6.6	6.7
3	8.1	9	7.0	6.6	7.0	7.2
4	8.5	10	7.7	6.3	8.6	6.7
5	8.6	9.5	9.0	4.3	3.9	6.7
6	9.5	10.5	8.0	4.7	4.8	7.0
7	9	9.5	8.0	4.7	5.7	7.0
8	10	9.5	7.5	4.6	4.8	4.7
9	8.5	8.5	7.5	3.8	4.4	4.5
10	9.8	10.5	8.0	4.1	4.9	5.2
11	10.2	10.8	7.3	3.7	3.8	4.1
12	8.9	9	7.4	4.8	4.2	3.7
13	8.5	9.2	7.3	3.2	3.0	3.6
14	9.5	9.5	7.7	3.4	4.2	4.5
15	9	9	7.5	2.5	3.3	3.7
16	9	9.7	7.8	3.9	4.3	3.9
17	10	10.2	8.2	2.3	3.4	2.9
18	10	10	8.5	2.8	3.7	3.7
19	9.2	11	7.5	2.3	4.1	3.8
20	9.8	11	5.0	2.4	4.3	4.5

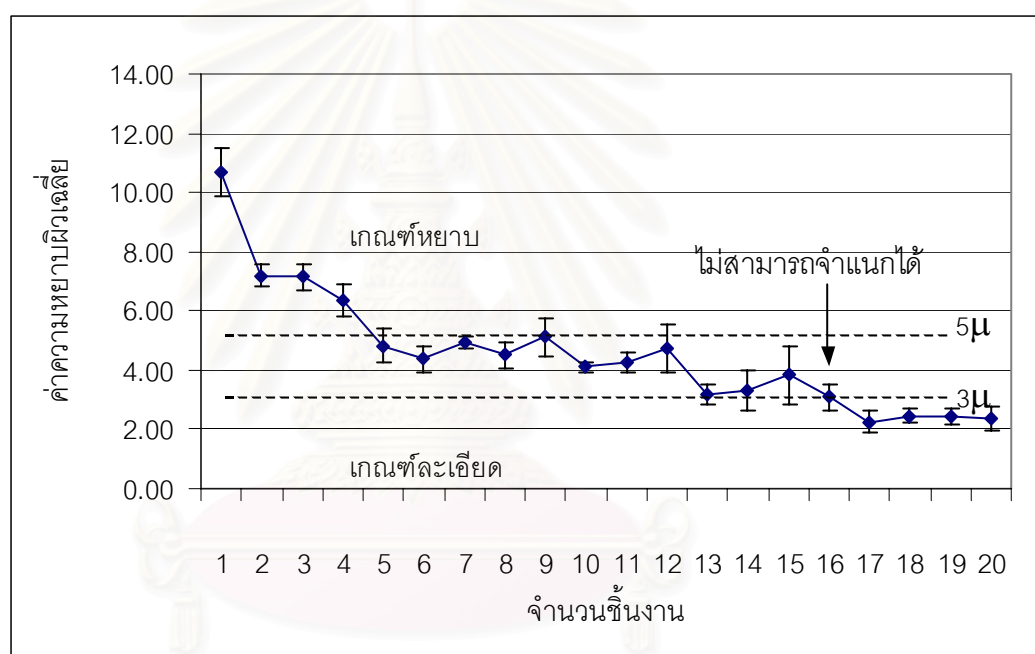


รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ของค่าความหยาบผิวในแต่ละเดือน

สรุป จากผลการทดลองซึ่งดูได้จากค่าความชันในตารางและกราฟค่าความหยาบผิวสรุปได้ว่า เมื่อค่าความชันลดลงจะทำให้ค่าความหยาบผิวเพิ่มมากขึ้นและเมื่อระยะเวลามากขึ้นค่าความชันลดลงส่วนค่าความหยาบผิวนั้นเพิ่มขึ้นและเริ่มคงที่ จากผลการทดลองนำมาทดสอบค่าทางสถิติเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชันกับค่าความหยาบผิวในแต่ละเดือน ปรากฏว่าค่าทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.6 ระดับความหยาบผิวสัมผัส

จากการทดลองให้พนักงานผู้ชำนาญในการตรวจสอบชิ้นงาน ทำการสัมผัสชิ้นงานแล้ว ระบุผลผ่านหรือไม่ผ่าน ก่อนนำชิ้นงานไปทำสี และก็นำชิ้นงานทดสอบมาทำการวัดความเรียบผิว ด้วยเครื่องวัดความเรียบผิว ซึ่งผลการทดลองที่ได้แสดงในรูปที่ 5 จากกราฟค่าความเรียบผิวที่ มากกว่า 5 ไมโครเมตรพนักงานจะจำแนกได้ว่าผิวชิ้นงานอยู่ในเกณฑ์หยาบไม่สามารถนำไปทำสี ได้ต้องนำไปขัดผิวใหม่ แต่ที่ความเรียบผิวดำกว่า 3 ไมโครเมตรพนักงานสามารถจำแนกได้ตรงกัน ว่าชิ้นงานมีความเรียบผิวที่อยู่ในเกณฑ์ผิวละเอียดที่สามารถส่งไปยังขั้นตอนการทำสีได้ แต่ถ้าความ หยาบผิวอยู่ระหว่าง 3 ถึง 5 ไมโครเมตรพนักงานจะไม่สามารถจำแนกความเรียบผิวได้ตรงกัน



รูปที่ 4.12 แสดงจำนวนชิ้นงานกับค่าความหยาบผิวเฉลี่ย

สรุปผลจากกราฟ ค่าความหยาบผิวที่มากกว่า 5 ไมโครเมตรและน้อยกว่า 3 ไมโครเมตร พนักงานจะสามารถจำแนกระดับความเรียบผิวได้ตรงกัน

ค่าความเรียบผิวระหว่าง 3 ถึง 5 ไมโครเมตร พนักงานจะไม่สามารถจำแนกระดับความ เรียบผิวได้ตรงกัน

บทที่ 5

อภิปรายผล

5.1 ผลการศึกษาวิธีการวัดความหยาบผิว

จากผลการศึกษาวิธีการวัดค่าความหยาบผิวโดยวิธีการประมวลผลภาพซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

1. จากการศึกษาวิธีการวัดความหยาบผิวภาพ ด้วยวิธีการต่างๆเพื่อหาวิธีการที่เป็นไปได้ที่สุดในการวัด ซึ่งผลจากการทดลองได้นำเครื่องสแกนเข้ามาใช้แทนการใช้กล้อง CCD ในการเก็บภาพชิ้นงาน
2. ในการการสแกนภาพเพื่อทำการเก็บข้อมูลพบว่าความละเอียดของเครื่องสแกน ไม่มีผลต่อค่าความหยาบผิวภาพ จากการทดลองสแกนภาพที่ความละเอียดต่างกันคือ 600 1200 และ 2400
3. ชิ้นงานไม้ยางพาราที่ใช้ในการหาค่าความหยาบผิวนั้นสีของเนื้อไม้ไม่มีค่าต่างๆ กันตามอายุ และชนิดของไม้ยางพารา ในการทดลองพบว่าสีของเนื้อไม้ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความความหยาบผิวภาพ ดังนั้นในการหาค่าความหยาบผิวจึงได้ทำการแบ่งช่วงความเข้มสีของเนื้อไม้ ออกเป็นช่วงๆ
4. การแบ่งช่วงความสว่างของสีเนื้อ ไม้ยังแบ่งหลายช่วงก็จะสามารถลดค่าผิดพลาดของค่าความหยาบผิวที่ได้จากกราฟลง แต่ก็ทำให้มีความยุ่งยากมากขึ้น
5. การศึกษาความหยาบผิวสัมผัสเพื่อหาระดับค่าความหยาบผิวที่พนักงานสามารถระบุค่าความหยาบผิวได้โดยการเก็บตัวอย่างชิ้นงานที่หน้างานของแผนกตรวจสอบคุณภาพผิวแต่ ละส่วน พิจารณาค่าความหยาบผิวที่พนักงานทุกคนระบุค่าความหยาบผิวได้ตรงกันใน ระดับค่าความหยาบผิวที่ระดับหนึ่ง และที่ระดับหนึ่งระบุได้ไม่ตรงกันซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างของประสบการณ์ของพนักงานเองหรือความเหนื่อยล้าจากการทำงานทั้งวัน ทำให้ไม่สามารถระบุค่าความหยาบผิวของชิ้นงานได้ไม่ตรงกัน จากการศึกษาทำให้เราสามารถทราบระดับค่าความหยาบผิวที่พนักงานสามารถระบุได้และไม่สามารถระบุได้
6. ค่าความชื้นของไม้ยางพารามีผลต่อค่าความหยาบผิวหลังจากการทดสอบ โดยการเก็บ ตัวอย่างและทำการศึกษาค่าความหยาบผิวและค่าความชื้นของไม้ยางพาราเป็นเวลา 3 เดือน

5.2 อุปสรรคในงานวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ มีอุปสรรคในการวิจัย ดังนี้

1. การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับค่าความหยาบผิวจริงของชิ้นงานไม้ยางพารา ซึ่งต้องเครื่องมือในการวัดความเรียบผิวซึ่งเกิดการชำรุดขึ้น ทำให้เสียเวลาในการรอเครื่องมือวัดนานหลายสัปดาห์ทำให้การเก็บข้อมูลขาดความต่อเนื่อง
2. โรงงานตัวอย่างที่ใช้เก็บข้อมูลอยู่ไกลทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการเดินทาง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษา มีข้อสรุปดังนี้

1. การสแกนภาพความละเอียดของการสแกนภาพที่ค่าต่างกันคือ 600 1200 และ 2400 dpi ตามลำดับ ค่าความหยาบผิวภาพที่ได้ในแต่ละค่า ที่สแกนให้ผลที่ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
2. ในการหาค่าความหยาบผิวภาพของชิ้นงานไม้ยางพารา นั้น ความเข้มสีไม้จะมีอิทธิพลต่อค่าความหยาบผิวภาพ
3. ความเข้มของสีไม้ยางพาราไม่มีความสัมพันธ์กับสีภาพที่ได้จากการสแกน
4. ค่าความหยาบผิวที่ได้จากการนำค่าความหยาบผิวภาพไปหาค่าความหยาบผิวที่กราฟความสัมพันธ์ ค่าความหยาบผิวที่ได้ไม่แตกต่างจากการวัดด้วยเครื่องวัดความเรียบผิวที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
5. การประมาณค่าความหยาบผิวที่ได้จากสมการถดถอยจะให้ความผิดพลาดจากค่าความหยาบผิวจริงเฉลี่ยร้อยละ 18.6
6. การปรับช่วงความเข้มสีจากเดิม 4 ช่วง เป็น 8 ช่วงความสว่างทำให้การประมาณค่าความหยาบผิวที่ได้จากสมการถดถอยจะให้ความผิดพลาดจากค่าความหยาบผิวจริงเฉลี่ยร้อยละ 15.3
6. ค่าความหยาบผิวที่มากกว่า 5 ไมโครเมตรและน้อยกว่า 3 ไมโครเมตร พนักงานจะสามารถจำแนกระดับความเรียบผิวได้ตรงกัน
7. ค่าความเรียบผิวระหว่าง 3 ถึง 5 ไมโครเมตร พนักงานจะไม่สามารถจำแนกระดับความเรียบผิวได้ตรงกัน
8. ค่าความชื้นของไม้ยางพารา นั้นมีผลต่อค่าความหยาบผิวของไม้ยางพารา คือเมื่อระยะเวลาผ่านไป ค่าความหยาบผิวจะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความชื้นที่เปลี่ยนแปลง และค่าความหยาบผิวจะคงที่เมื่อค่าความชื้นไม่เปลี่ยนแปลง

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาครั้งนี้มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้เป็นตัวอย่างจากการทดลองเท่านั้น ผลการศึกษาที่จะสามารถวัดผลได้จริง หากมีการนำไปประยุกต์ใช้ และวัดผลในระยะยาว
2. ในส่วนของแนวทางในการวัดความเครียด ในงานวิจัยฉบับนี้ นับเป็นก้าวแรกในการวิจัยและพัฒนา ฉะนั้นจึงควรมีการวิจัยและพัฒนาเพิ่มเติม
3. การวัดความเครียดโดยใช้วิธีการสัมผัสของพนักงานตรวจสอบความเครียด มีความไม่แน่นอน ควรหาวิธีการวัดที่มีความแน่นอนมาทดแทน
4. หากมีการวิจัยที่ต่อเนื่องงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวัดความเครียดไม่ใช่งานพาราแทนวิธีการวัดเดิม ซึ่งใช้วิธีการวัดแบบสัมผัส
5. ในขั้นตอนการออกแบบพาราต้องแน่ใจว่าระดับความชื้นอยู่ในเกณฑ์ที่จะไม่มีผลต่อค่าความหยาบผิวของไม้วงพารา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ดำรงค์ ทิพย์โยธา . การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS for Windows Version9.0 .

กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ , จันทนา จันทโร . สถิติสำหรับงานวิศวกรรม . กรุงเทพมหานคร :

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ . ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีการวัดสี . กรุงเทพมหานคร : สำนัก

พัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา ,2542.

ภาษาอังกฤษ

Bradley, C.. (2000).Integration of an optical roughness sensor with a co-ordinate measuring machine,Journal of the Sensor Review ,Vol.20, pp. 24-30.

Bradley, C.,and Wong, Y.S..(2001), Surface Texture Indicators of Tool Wear-A Machine Vision Approach, Journal of Advanced Manufacturing Technology ,17,pp435-443.

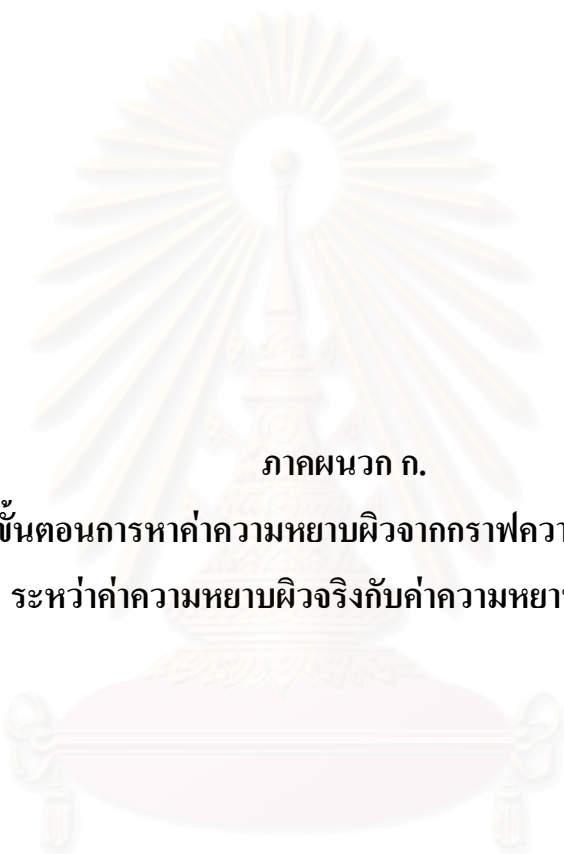
DeVoe,D.L.,and Zhang,G.M..(1993), An Optical Area-Scattering Based Approach for Measurement of Surface Roughness Formed During Machining, Master Thesis, Institute for Systems Research.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก.

ขั้นตอนการหาค่าความหยาบผิวจากกราฟความสัมพันธ์
ระหว่างค่าความหยาบผิวจริงกับค่าความหยาบผิวภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการวัดค่าความหยาบผิวด้วยกระบวนการประมวลผลภาพ

1. คัดเลือกชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวโดยชิ้นงานจะต้องผ่านกระบวนการขัดมาบ้างแล้วไม่ควรเป็นชิ้นงานที่มีความหยาบผิวมากเกินไป และชิ้นงานที่จะทำการวัดควรเป็นชิ้นงานที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนักถ้าชิ้นงานใหญ่จะทำให้สแกนภาพได้ยาก
2. นำชิ้นงานไปสแกนภาพด้วยเครื่องสแกน สแกนภาพที่ความละเอียด 1200 dpi ตัวอย่างของภาพที่สแกน



รูปที่ ก-1 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชิ้นที่ 1



รูปที่ ก-2 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชิ้นที่ 2



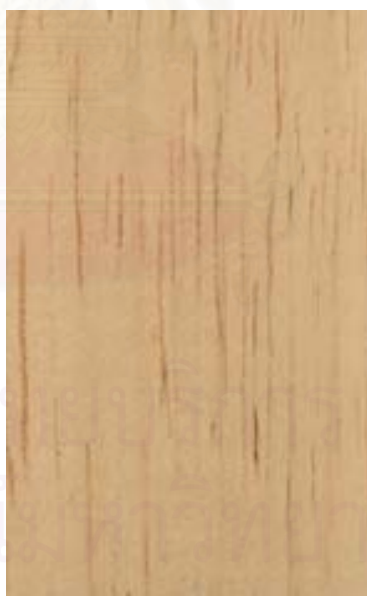
รูปที่ ก-3 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชั้นที่ 3



รูปที่ ก-4 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชั้นที่ 4



รูปที่ ก-5 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชั้นที่ 5



รูปที่ ก-6 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชั้นที่ 6



รูปที่ ก-7 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชั้นที่ 7



รูปที่ ก-8 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชั้นที่ 8

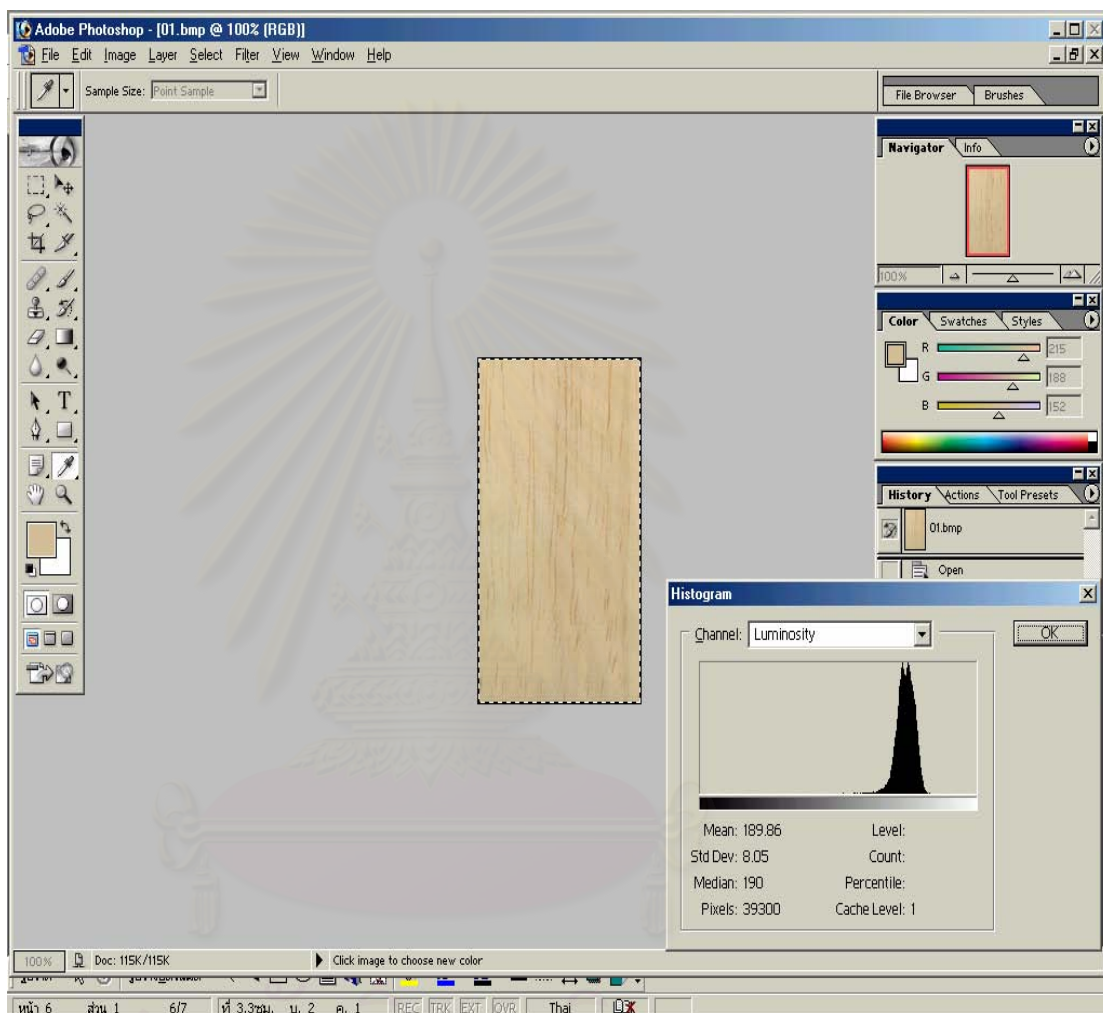


รูปที่ ก-9 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชั้นที่ 9

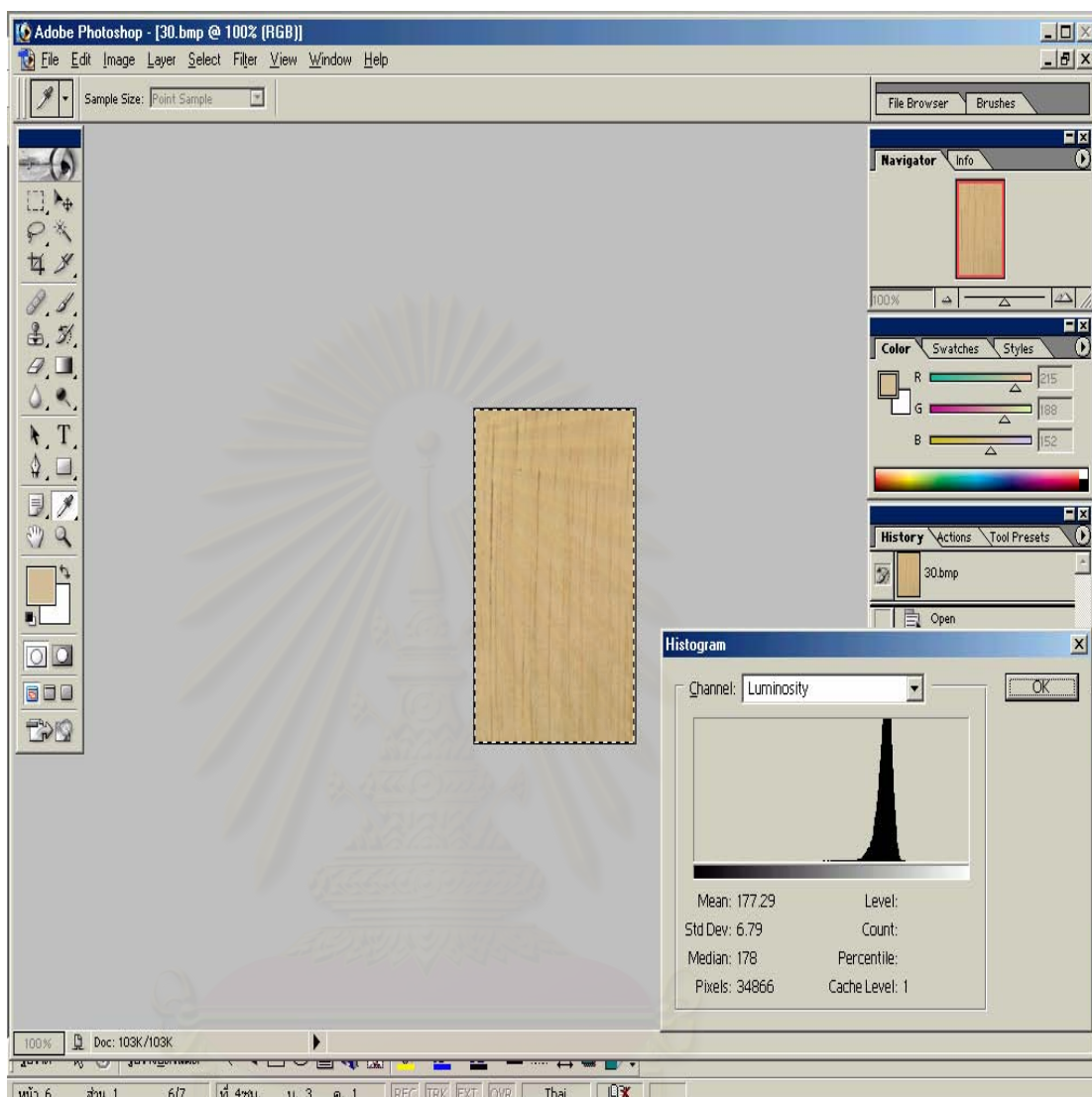


รูปที่ ก-10 ภาพสแกนชิ้นงานที่จะทำการวัดค่าความหยาบผิวชั้นที่ 10

3. นำภาพที่ได้จากการสแกนไปวัดค่าความเข้มสีของเนื้อไม้โดยใช้โปรแกรมโฟโต้ช้อป

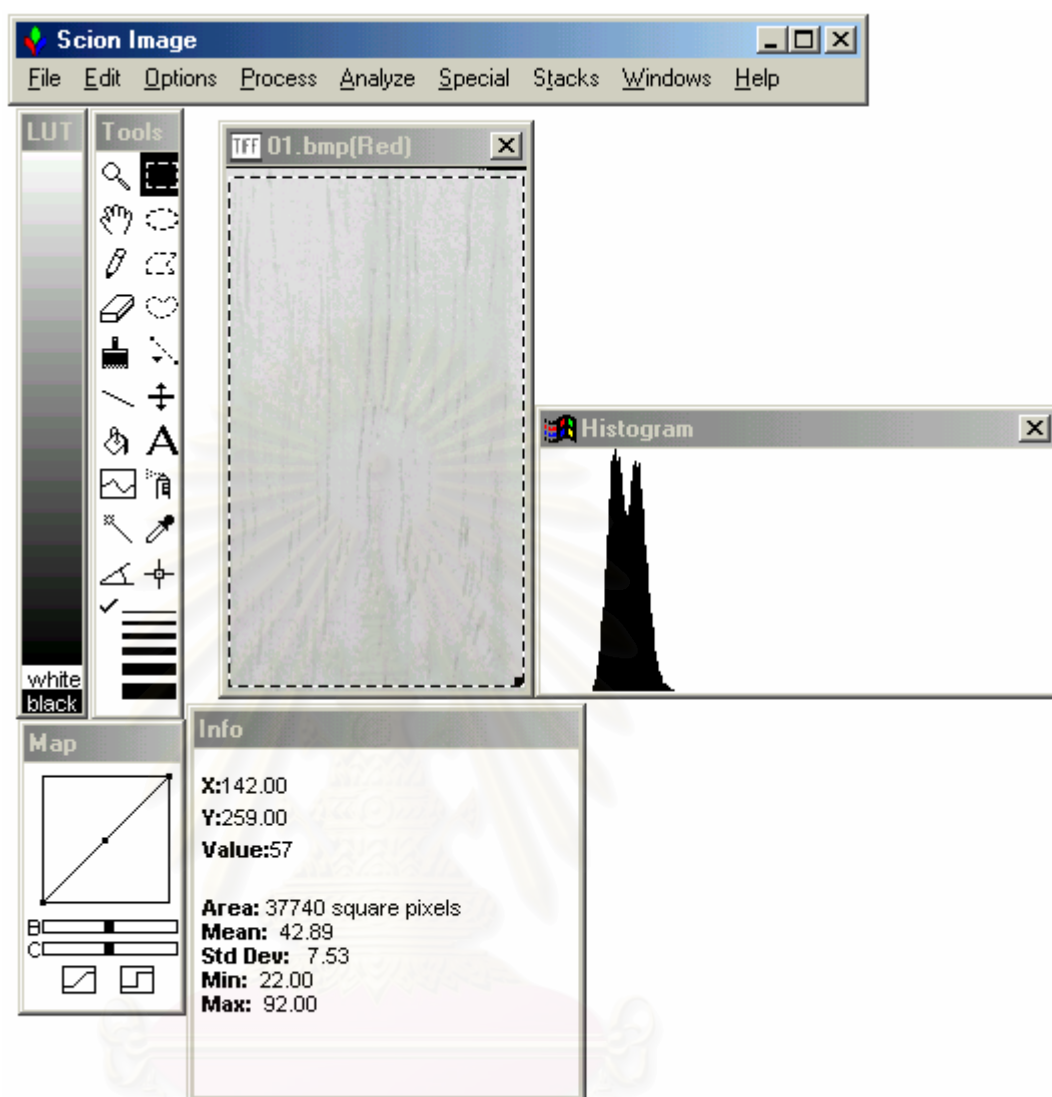


รูปที่ ก-11 ภาพการหาค่าความเข้มสีเนื้อไม้ของชิ้นงานตัวอย่างภาพที่ 1



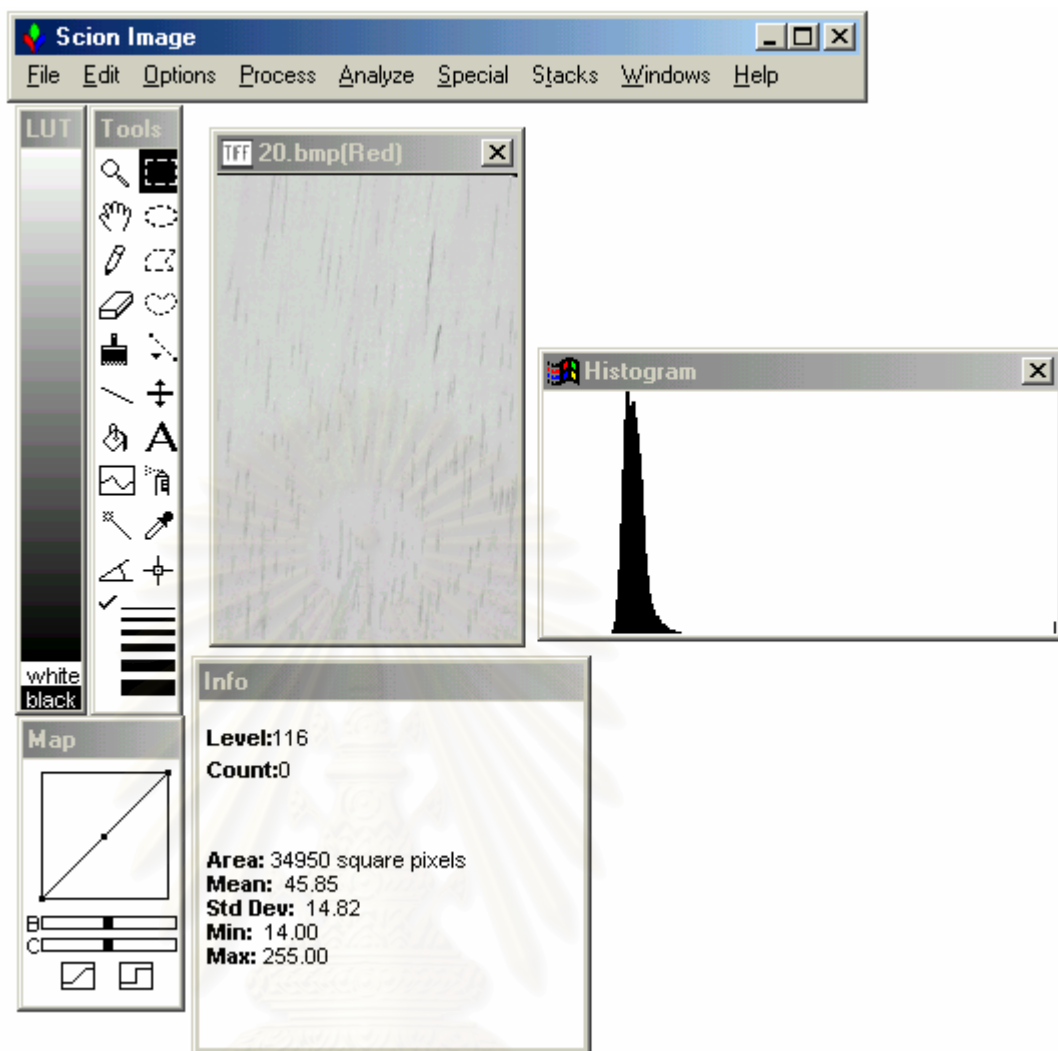
รูปที่ ก-12 ภาพการหาค่าความเข้มสีเนื้อไม้ของชิ้นงานตัวอย่างภาพที่ 2

4. แบ่งแยกกลุ่มชิ้นงานตามค่าความเข้มสีที่ได้แล้วนำไปหาค่าความหยาบผิวภาพ
5. นำชิ้นงานที่ผ่านการวัดค่าความเข้มสีมาหาค่าความหยาบผิวภาพโดยใช้โปรแกรม Scion Image ดังตัวอย่างในภาพ



รูปที่ ก-13 ภาพการใช้โปรแกรม Scion Image ในการหาค่าความหยาบผิวภาพของภาพ
สแกนที่ ก-1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



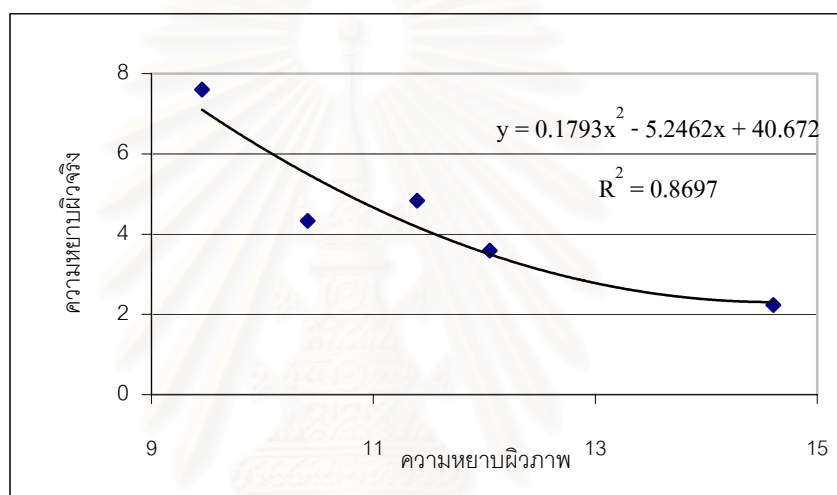
รูปที่ ก-14 ภาพการใช้โปรแกรม Scion Image ในการหาค่าความหยาบผิวภาพของภาพ
สแกนที่ ก-10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. คำนวณหาค่าความหยาบผิวภาพ ซึ่งจากการใช้โปรแกรมจะได้ค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของพื้นผิว ซึ่งค่าความหยาบผิวภาพคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ค่าความหยาบผิวภาพ} = \text{ค่าเฉลี่ยของพื้นผิว} / \text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของพื้นผิว}$$

7. หาค่าความหยาบผิวจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวจริงกับค่าความหยาบผิวภาพของแต่ละค่าความเข้มสี ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์แสดงดังรูป



รูปที่ ก-15 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ที่ใช้ในการหาค่าความหยาบผิว



ภาคผนวก ข.

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว

จากการเก็บข้อมูลโดยกาสรุ่มตัวอย่างขนาด $n_j; j=1, 2, 3, \dots, k$ จากประชากร k ชุดที่ต่างกัน ซึ่งประชากร k ชุดที่ต่างกันนี้เรียกว่า วิธีการปฏิบัติ (treatment)

ลักษณะข้อมูลเป็นดังนี้

	TREATMENT			
	1	2	j	k
	x_{11}	x_{12}	x_{1j}	x_{1k}
	x_{21}	x_{22}	x_{2j}	x_{2k}

	x_{n1}	x_{n2}	x_{nj}	x_{nk}

ผลรวม	$x_{.1}$	$x_{.2}$	$x_{.j}$	$x_{.k}$	$x_{..}$
ขนาดตัวอย่าง	n_1	n_2	n_j	n_k	
$N = n_1 + n_2 + n_j + \dots + n_k$					
$x_{..}$ ผลบวกรวมทั้งหมด			$\bar{x}_{..}$ ค่าเฉลี่ยทั้งหมด		
Total sum of square			$SST = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}^2 - \frac{x_{..}^2}{N}$		
Treatment sum of square			$SSTR = \frac{\sum_{j=1}^k x_{.j}^2}{n_j} - \frac{x_{..}^2}{N}$		
Error sum of square			$SSE = SST - SSTR$		

ตารางที่ ข-1 การสร้างตาราง ANOVA

แหล่งการแปรผัน	ผลบวกกำลัง สอง	องศาเสรี	ค่าเฉลี่ยของ ผลบวกกำลังสอง	F จำนวน
วิธีการปฏิบัติ (Treatment)	SS _{TR}	k-1	$MSTR = \frac{SSA}{k-1}$	$F_{\text{จำนวน}} = \frac{MSTR}{MSE}$
ความคลาดเคลื่อน (Error)	SSE	N-k	$MSTR = \frac{SSE}{(b-1)(k-1)}$	
ทั้งหมด (Total)	SST	N-1		

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว มีขั้นตอนการทดสอบสมมุติฐานดังนี้

ขั้นตอนการทดสอบสมมุติฐาน $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots \dots \dots \mu_k$ ทางทฤษฎี

ขั้นที่ 1

กำหนดสมมุติฐานหลัก $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots \dots \dots \mu_k$

กำหนดสมมุติฐานอื่น $H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \dots \dots \mu_k$ (ค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 2 ชุดต่างกัน)

ขั้นที่ 2 กำหนดนัยสำคัญ α

ขั้นที่ 3 ทำการสุ่มตัวอย่าง

ขั้นที่ 4 เลือกค่าสถิติ F

ขั้นที่ 5 คำนวณค่าสถิติ $F_{\text{จำนวน}}$ จากตัวอย่าง(สร้างตาราง ANOVA)

ขั้นตอนที่ 6 เปิดตารางหาค่าวิกฤติ ค่าวิกฤติคือ F_α โดยมีองศาความเสรี $V_1 = k-1, V_2 = N-k$

เมื่อ $N =$ จำนวนค่าสังเกตทั้งหมด บริเวณวิกฤติคือ $F > F_\alpha$

ขั้นที่ 7 สรุปผล

ถ้า $F_{\text{จำนวน}} > F_\alpha$ แล้ว ปฏิเสธ H_0

ตัวอย่างที่ ข-2 ข้อมูลการดูความชื้นของคอนกรีต 5 ชนิดเป็นดังนี้

ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2	ชนิดที่ 3	ชนิดที่ 4	ชนิดที่ 5
551	595	639	417	563
457	580	615	449	631
450	508	511	517	522
731	583	573	438	613
499	633	648	415	656
632	517	677	555	679

กำหนด $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5$ เป็นค่าเฉลี่ยประชากรของการดูความชื้นของคอนกรีตชนิดที่ 1, 2, 3, 4, 5 ตามลำดับจงทดสอบสมมติฐานว่า $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5$ เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียวด้วย SPSS for Windows

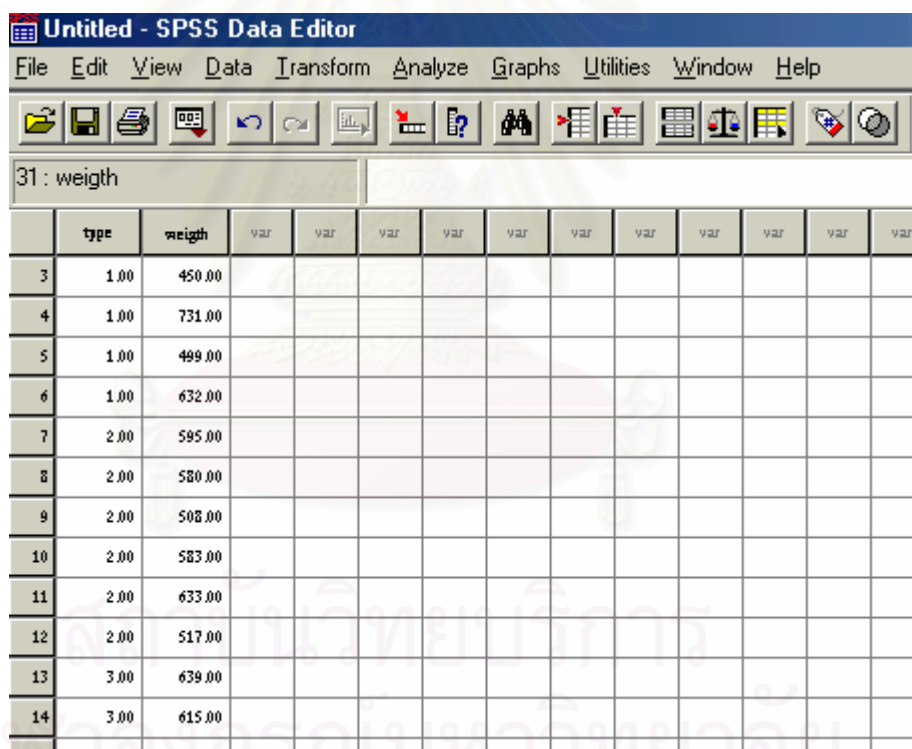
ขั้นที่ 1 กำหนดสมมติฐานหลัก $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots \dots \dots \mu_5$

กำหนดสมมติฐานอื่น $H = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \dots \dots \mu_5$

ขั้นที่ 2 กำหนดนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ขั้นที่ 3 ทำการสุ่มตัวอย่างและสร้างแฟ้มข้อมูล

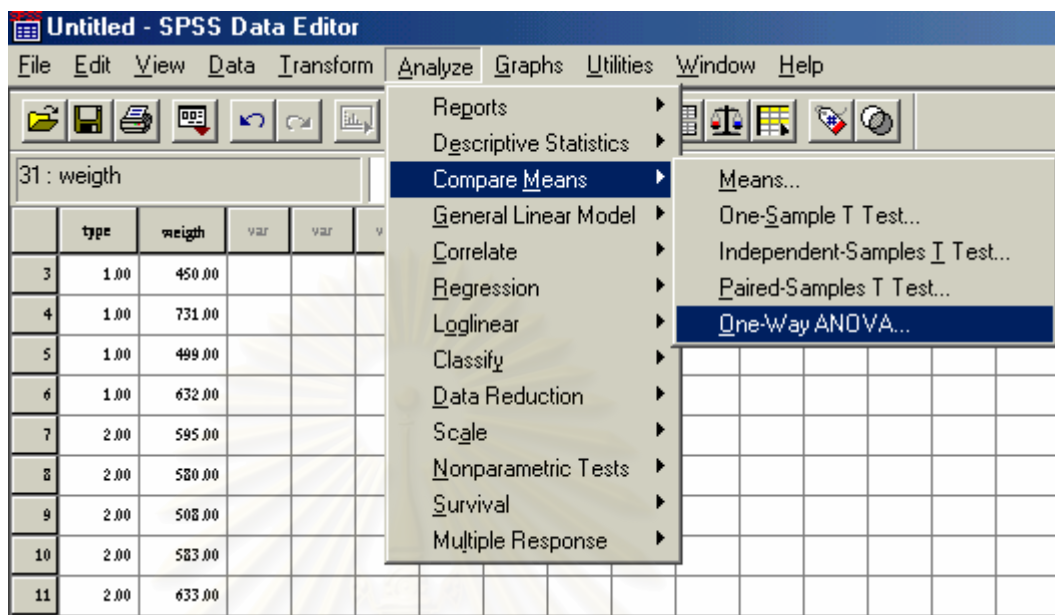
ขั้นที่ 3.1 สร้างแฟ้มข้อมูลโดยกำหนดให้ตัวแปร type เป็นตัวแปรจำแนกกลุ่มและ weight เป็นตัวแปรน้ำหนักการดูความชื้นของคอนกรีต แล้วบันทึกข้อมูล



	type	weight	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var
3	1.00	450.00											
4	1.00	731.00											
5	1.00	499.00											
6	1.00	632.00											
7	2.00	595.00											
8	2.00	580.00											
9	2.00	508.00											
10	2.00	583.00											
11	2.00	633.00											
12	2.00	517.00											
13	3.00	639.00											
14	3.00	615.00											
...											

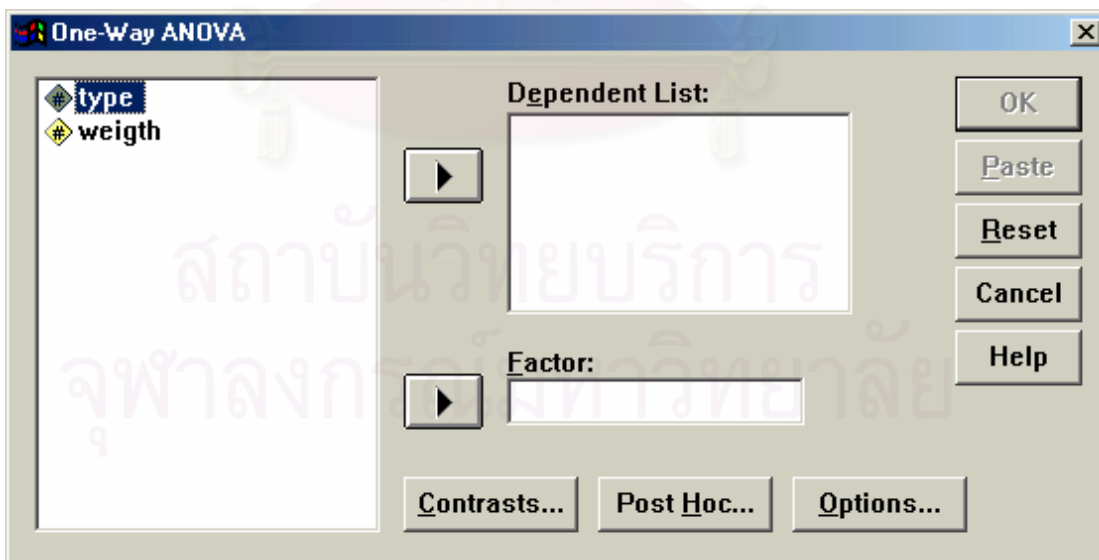
รูปที่ ข-1 ตารางเก็บข้อมูลการวิเคราะห์

ขั้นที่ 3.2 ใช้คำสั่ง Analyze/Compare Means/One-Way ANOVA...



รูปที่ ข-2 การเรียกใช้คำสั่งของโปรแกรม

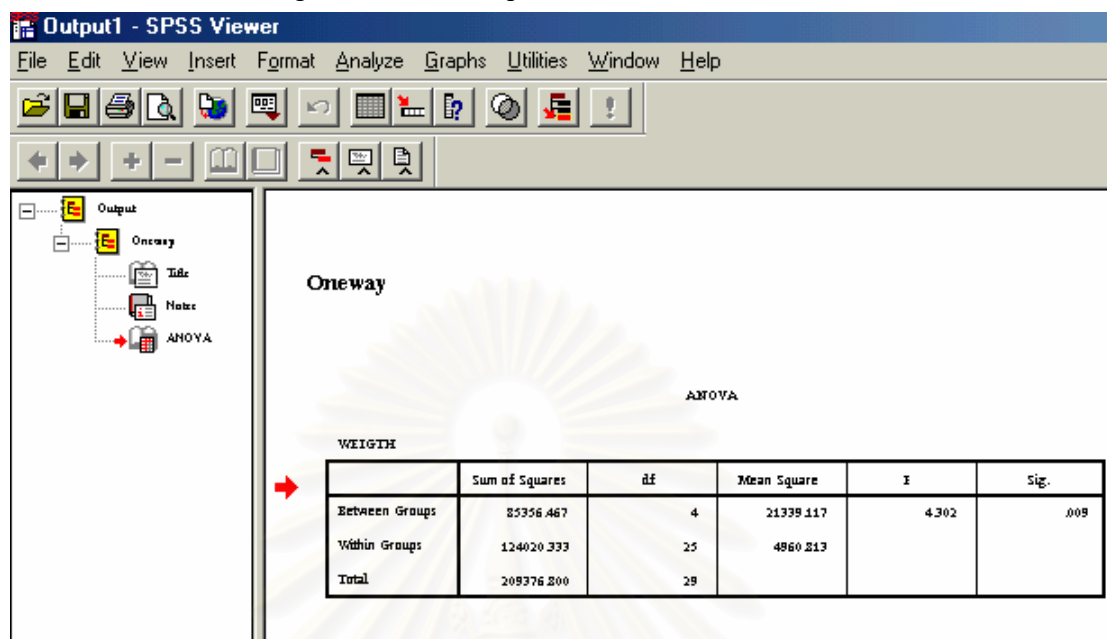
ขั้นที่ 3.3 คลิกที่ One-Way ANOVA จะได้เมนูย่อยเป็น



รูปที่ ข-3 หน้าต่าง One-Way ANOVA

ขั้นที่ 3.4 เลือกตัวแปร type ไปไว้ที่ช่อง Factor

เลือกตัวแปร weighth ไปไว้ที่ช่อง Dependent List



Output1 - SPSS Viewer

File Edit View Insert Format Analyze Graphs Utilities Window Help

Output

Oneway

ANOVA

WEIGHT

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	85356.467	4	21339.117	4.302	.009
Within Groups	124020.333	25	4960.813		
Total	209376.800	29			

รูปที่ ข-4 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม

ตารางที่ ข-3 ANOVA ที่คำนวณได้คือ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	85356.467	4	21339.117	4.302	.009
Within Groups	124020.33	25	4960.813		
Total	209376.80	29			

ขั้นที่ 4 สรุปผลโดยใช้ค่า Sig หรือเปรียบเทียบค่า $F_{\text{คำนวณ}}$ กับค่าวิกฤติ

ขั้นที่ 5 จากตาราง ANOVA $F_{\text{คำนวณ}} = 4.302$ และ $\text{Sig} = 0.009$

ขั้นที่ 6 เปิดตารางหาค่าวิกฤติ ค่าวิกฤติคือ $F_{0.05} = 2.76$ องศาความเสรี $V_1=4, V_2=25$

บริเวณวิกฤติคือบริเวณที่ $F > 2.76$

ขั้นที่ 7 สรุปผล แบบที่ 1 เพราะว่า $F_{\text{คำนวณ}} = 4.302 > 2.76$ เพราะฉะนั้น ปฏิเสธ H_0

หรือ แบบที่ 2 เพราะว่า $\text{Sig} = 0.009 < 0.05$ เพราะฉะนั้น ปฏิเสธ H_0

หมายเหตุ 1. ในทางปฏิบัติการสรุปผลโดยดูค่า Sig มีความสะดวกกว่า

2. ที่มาของค่า Sig คือโดยการคำนวณด้วยโปรแกรม MATHCAD

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสัมภาษณ์ ศรีสุข เกิดเมื่อวันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2520 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และเข้ารับการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2543 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2545



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย