

การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ

**MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS FOR PREDICTION
CHLOROPHYLL IN THE RICE LEAF**

สัตตถภูมิ ไทพานิช

SATTARPOOM THAIPARNIT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

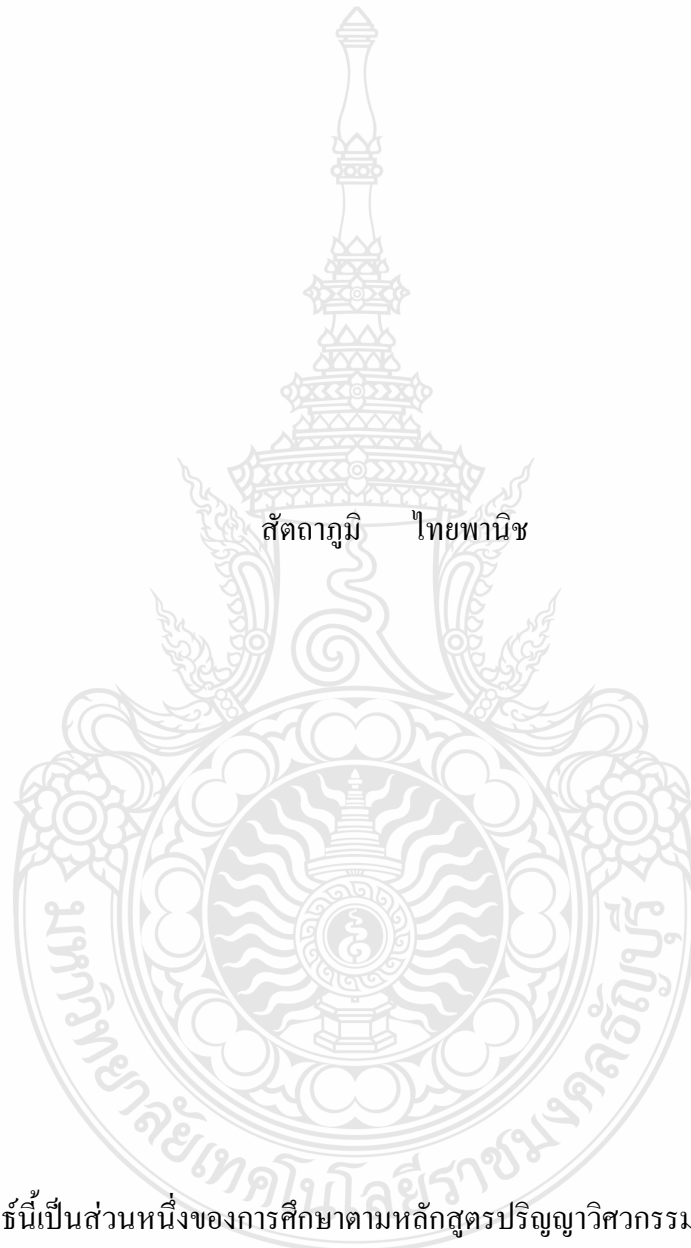
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2553

การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2553

**MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS FOR PREDICTION
CHLOROPHYLL IN THE RICE LEAF**

SATTARPOOM THAIARNIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
IN ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI

2010

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

นายสัตถาภูมิ ไทยพานิช





ใบรับรองวิทยานิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโดยใช้วิธีวิเคราะห์
ความถดถอยเชิงเส้นพหุ

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS FOR
PREDICTION CHLOROPHYLL IN THE RICE LEAF

ชื่อนักศึกษา

นายสัตตฤทธิ ไทยพานิช

รหัสประจำตัว

115070402028-0

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร. จักรี ศรีนนท์ฉัตร

วัน เดือน ปี ที่สอบ

18 กันยายน 2553

สถานที่สอบ

ห้องรวมข้าว ชั้น 7 อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ดร. สมภพ สูงสดีตานนท์)

..... กรรมการ

(ดร. อำนวย เรืองวารี)

..... กรรมการ

(ดร. สุรินทร์ แหมงงาม)

..... กรรมการ

(ดร. จักรี ศรีนนท์ฉัตร)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชัย หิรัญวโรดม)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ
นักศึกษา	นาย สัตถาภูมิ ไทยพานิช
รหัสประจำตัว	115070402028-0
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร. จักรี ศรีนนท์ฉัตร

บทคัดย่อ

คลอโรฟิลล์นั้นมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิต ภายในโครงสร้างของคลอโรฟิลล์จะมีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ ดังนั้นการประมาณค่าคลอโรฟิลล์ในใบพืช จะส่งผลถึงการประมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในพืชนั้นๆ ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ถึงปริมาณการใส่ธาตุอาหารของพืชได้ ในงานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อใช้พยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายใบข้าว

ในการวิจัยนี้ศึกษาและประยุกต์ใช้เทคนิคในการประมวลผลภาพและกรรมวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อหาเทคนิคและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายใบข้าว โดยทำการเก็บข้อมูลใบข้าวคือค่าคลอโรฟิลล์ที่อ่านได้จากเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ และค่าสีที่ประมวลผลจากเทคนิคประมวลผลภาพ ซึ่งใช้ใบข้าวจำนวน 53 ใบ เพื่อใช้สร้างตัวแบบในการพยากรณ์ และทำการทดสอบหาประสิทธิภาพของตัวแบบด้วยใบข้าวจำนวน 32 ใบ

ผลการวิจัยพบว่าค่าคลอโรฟิลล์ที่อ่านได้จากเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์มีความสัมพันธ์กับค่าสีใบข้าวที่ได้จากการประมวลผลภาพ และสรุปได้ว่าการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากค่าเฉลี่ยสีของภาพถ่ายใบข้าวแบบเต็มใบ เมื่อพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์สูงสุด มีค่าความถูกต้องเฉลี่ย 97.07เปอร์เซ็นต์ โดยมีตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์คือ $\text{Chlorophyll} = 53.3 - (0.242 \times R) - (0.138 \times G) + (0.145 \times B)$

คำสำคัญ : คลอโรฟิลล์, คลอโรฟิลล์มิเตอร์, กรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอย

Thesis Title : MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS FOR
PREDICTION CHLOROPHYLL IN THE RICE LEAF

Student Name : Mr. Sattarpoom Thaiparnit

Student ID : 115070402028-0

Degree Award : Master of Engineering

Study Program : Electrical Engineering
(Electronics and Telecommunication Engineering)

Academic Year : 2010

Thesis Advisor : Dr. Jakkree Srinonchat

ABSTRACT

Chlorophyll is essential for plant growth and yield. Internal structure of Chlorophyll is a nitrogen component. Therefore, the estimation of Chlorophyll leaves will affect the estimation of nitrogen accumulated in the plants that can be used to analyze the amount of data input for plant nutrients. This work presents the application of image processing techniques to predict the Chlorophyll in rice leaves.

This research is studied and applied the image processing techniques and statistical analysis methods to identify the Chlorophyll from rice leaves, There are 53 rice leaves which are selected to design the prediction system then there are 32 rice leaves which differenced from the first group, are used to test the system. Finally, the results of the system are compared to the Chlorophyll meter to adjust and improve the system.

The results show that the data of the prediction system is similar to the data of Chlorophyll meter. Thus the prediction of Chlorophyll system, which used the multiple linear regression analysis with the average red green blue, provides the significant efficiency. The accuracy is average 97.07%, Which this uses the predicted equation as $\text{Chlorophyll} = 53.3 - (0.242 \times R) - (0.138 \times G) + (0.145 \times B)$.

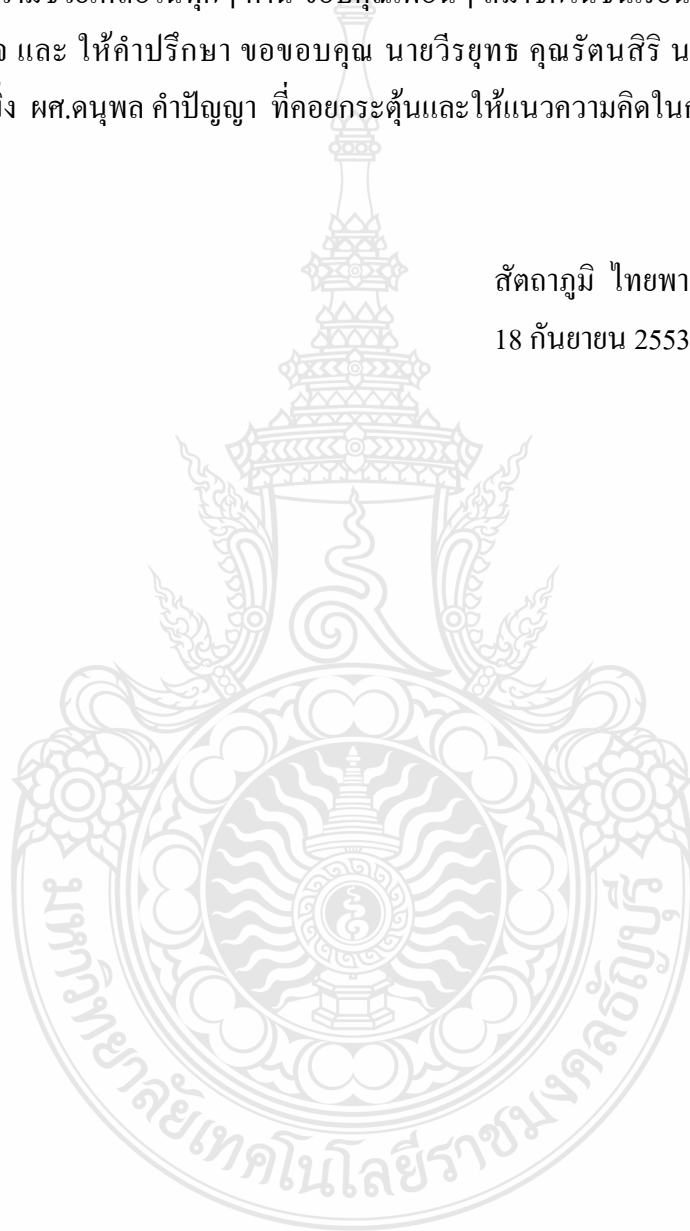
Keywords : Chlorophyll, Chlorophyll Meter, Regression Analysis

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร ที่ควบคุมดูแลการทำวิทยานิพนธ์นี้ และ ดร.สมภพ สูงสถิตานนท์ ดร.อำนาจ เรืองวารี ดร.สุรินทร์ แห่งมงาม คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้แนวคิดและวิเคราะห์ปัญหาของงานที่เกิดขึ้น รวมทั้งบิดา - มารดาและทุกคนในครอบครัว ที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน ขอขอบคุณเพื่อนๆ สมาชิกในชั้นเรียนและในห้องปฏิบัติการ ที่คอยให้กำลังใจ และ ให้คำปรึกษา ขอขอบคุณ นายวิรุทธ คุณรัตนศิริ นายอภิชาติ สงวนนาม นายวิษณุ สัมครมิ่ง ผศ.คณพล คำปัญญา ที่คอยกระตุ้นและให้แนวความคิดในการดำเนินการวิจัย

สัตถาภุมิ ไทยพานิช

18 กันยายน 2553

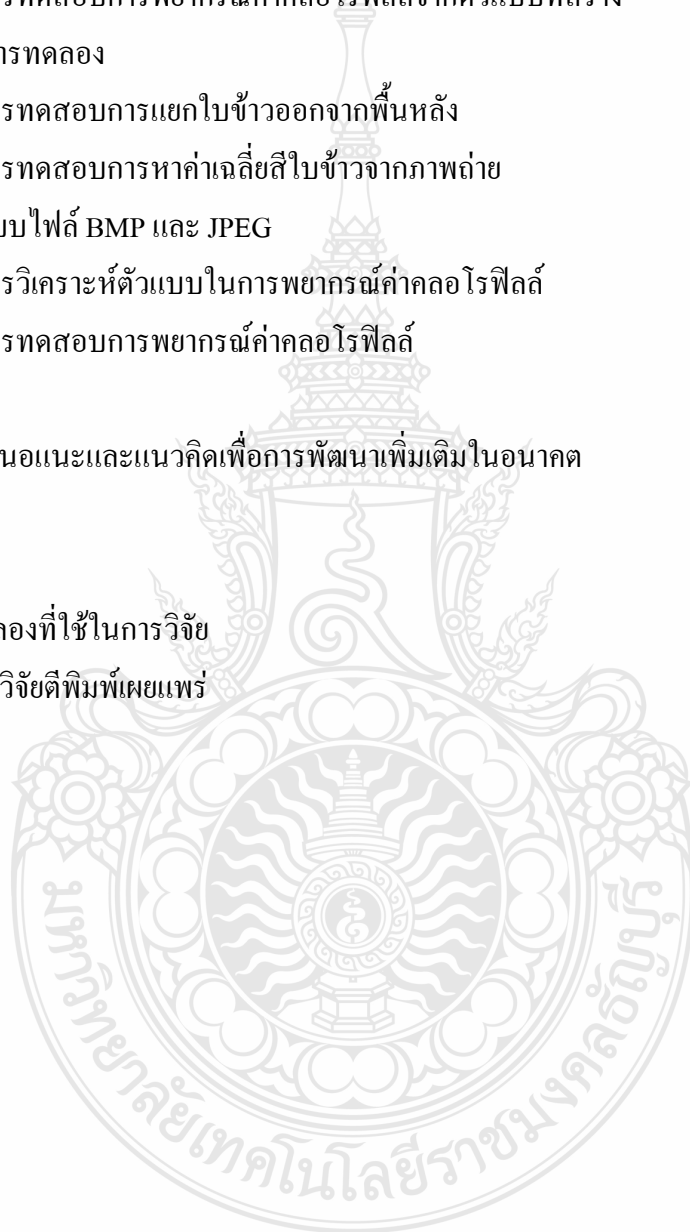


สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 ความมุ่งหมาย	1
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.4 สมมติฐานของงานวิจัย	2
1.5 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.6 ข้อจำกัดของการศึกษา	2
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 คลอโรฟิลล์	3
2.2 การวัดคลอโรฟิลล์ในใบพืช	5
2.3 หลักการพื้นฐานของคลอโรฟิลล์มิเตอร์	6
2.4 การรับภาพและการมองเห็น	7
2.5 การประมวลผลภาพ	8
2.6 การกระทำทางพีชคณิตเพื่อการประมวลผลภาพ	14
2.7 การบวกและลบภาพ	15
2.8 การปรับความสว่างและความคมชัด	17
2.9 การกรองข้อมูลภาพ	18
2.10 การเพิ่มและลดความคมชัด	27
2.11 การวิเคราะห์ความถดถอย	29
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	38
3.1 การบันทึกภาพถ่ายใบข้าวและการวัดค่าคลอโรฟิลล์จากใบข้าว	39
3.2 การออกแบบขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ยสีใบข้าว	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การสร้างตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์	47
บทที่ 4 ผลการวิจัย	68
4.1 ผลการหาค่าเฉลี่ยสีจากภาพถ่ายใบข้าว	68
4.2 ผลการทดสอบการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากตัวแบบที่สร้าง	77
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	101
5.1 ผลการทดสอบการแยกใบข้าวออกจากพื้นหลัง	101
5.2 ผลการทดสอบการหาค่าเฉลี่ยสีใบข้าวจากภาพถ่าย รูปแบบไฟล์ BMP และ JPEG	102
5.3 ผลการวิเคราะห์ตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์	104
5.4 ผลการทดสอบการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์	104
5.5 สรุป	109
5.6 ข้อเสนอแนะและแนวคิดเพื่อการพัฒนาเพิ่มเติมในอนาคต	110
เอกสารอ้างอิง	111
ภาคผนวก	113
ก ชุดทดลองที่ใช้ในการวิจัย	114
ข ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่	119
ประวัติผู้เขียน	143



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ข้อมูลของคลอโรฟิลล์	4
2.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบที่ใช้ในการประเมินค่า	34
3.1 การกำหนดค่า Threshold ที่มีผลต่อภาพ	45
3.2 ภาพถ่ายที่ใช้สร้างตัวแบบในการพยากรณ์	47
3.3 ค่าเฉลี่ยสีที่ประมวลผลและค่าคลอโรฟิลล์ที่วัดจริง	50
3.4 ภาพถ่ายเต็มใบที่ใช้สร้างตัวแบบในการพยากรณ์	55
3.5 ค่าเฉลี่ยสีและค่าคลอโรฟิลล์ของภาพถ่ายใบข้าวแบบเต็มใบ	57
3.6 กลุ่มค่าสีที่ได้จากฮิสโตแกรม	63
3.7 ค่าสีที่ผ่านวิธีลดความซับซ้อนของข้อมูลค่าเฉลี่ยสี	65
4.1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสีของไฟล์ภาพในรูปแบบ BMP และ JPEG	68
4.2 ค่าเฉลี่ยสีที่ได้จากการประมวลผลภาพ	70
4.3 ค่าคลอโรฟิลล์ที่พยากรณ์ได้และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์	77
4.4 ค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ด้วยตัวแบบต่างๆ	80
4.5 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดงและสีเขียว	80
4.6 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดงและสีน้ำเงิน	83
4.7 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ ด้วยค่าเฉลี่ยสีเขียวและสีน้ำเงิน	85
4.8 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน	87
4.9 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดงและสีเขียว ด้วยภาพถ่ายแบบเต็มใบ	90
4.10 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดงและสีน้ำเงิน ด้วยภาพถ่ายแบบเต็มใบ	92
4.11 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ ด้วยค่าเฉลี่ยสีเขียวและสีน้ำเงิน ด้วยภาพถ่ายแบบเต็มใบ	93
4.12 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ด้วยภาพถ่ายแบบเต็มใบ	95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินจากฮิสโตแกรม	97
4.14 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดง และสีน้ำเงินที่ผ่านกระบวนการนอมนัลไลน์	99
5.1 ค่า Threshold สำหรับแยกใบข้าวออกจากพื้นหลัง	102
5.2 ผลการทดสอบการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากใบข้าวที่เป็นสีเหลือง	108
5.3 สรุปค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์จากค่าสีใบ	109



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของคลอโรฟิลล์	5
2.2 การดูดซับแสงในย่านต่างๆ ของคลอโรฟิลล์	6
2.3 เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์	7
2.4 การมองเห็นของมนุษย์	8
2.5 ภาพที่มีจำนวนจุดภาพต่างกัน	10
2.6 การอ้างอิงพิกัดของข้อมูลภาพ	10
2.7 ระดับความสว่างในหนึ่งจุดภาพ	11
2.8 ระดับความสว่างที่มีค่า 8 บิต	11
2.9 ระดับความสว่างของภาพที่ทำการซูม	12
2.10 ภาพที่มีจำนวนบิตแสดงค่าความสว่างที่ต่างกัน	12
2.11 การรวมสีทำให้เกิดสีขาว	13
2.12 ข้อมูลภาพในหนึ่งจุดภาพ	13
2.13 การอ้างอิงพิกัดของข้อมูลภาพ	14
2.14 ภาพที่นำมาทำการทดลองกระทำการบวกและการลบ	15
2.15 การทดลองบวกระหว่างภาพสองภาพ	15
2.16 ผลการลบระหว่างภาพสองภาพ	16
2.17 การทดลองหาขอบภาพ	16
2.18 การทดลองเพิ่มค่าความสว่าง	17
2.19 การทดลองลดค่าความสว่างเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ	17
2.20 ทดลองลดค่าความคมชัดเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ	18
2.21 การกรองข้อมูลภาพ	18
2.22 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน	21
2.23 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่าฐานนิยม	21
2.24 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้หน้าต่าง	22
2.25 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้หน้าต่าง	23
2.26 ภาพที่ถูกกระทำด้วยเทมเพลตขนาด 2x2	24
2.27 ผลของการเติมค่าศูนย์รอบภาพเริ่มต้นก่อนทำการคอนโวลูชัน	25
2.28 เทมเพลตสำหรับกรองความถี่ต่ำผ่าน	26
2.29 เทมเพลตสำหรับกรองความถี่ต่ำผ่าน	26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.30 เทมเพลตสำหรับกรองความถี่สูงผ่าน	27
2.31 เทมเพลตสำหรับกรองความถี่สูงผ่านเพื่อเพิ่มความคมชัด	27
2.32 การเพิ่มความคมชัดโดยวิธี High Pass	28
2.33 เทมเพลตสำหรับกรองความถี่ต่ำผ่านเพื่อลดความคมชัด	28
2.34 การลดความคมชัดโดยวิธี Low Pass	28
2.35 การวิเคราะห์ความถดถอยแบบต่างๆ	29
2.36 อัตราการสะท้อนกลับในช่วงต่างๆ	36
2.37 ความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์และไนโตรเจน	37
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	38
3.2 กล้องที่ออกแบบ	39
3.3 ภาพถ่ายใบข้าวที่ถ่ายจากกล้อง	39
3.4 การวัดค่าคลอโรฟิลล์จากใบข้าว	40
3.5 ตำแหน่งที่วัดคลอโรฟิลล์ด้วยคลอโรฟิลล์มิเตอร์	40
3.6 ขั้นตอนการประมวลผลภาพเพื่อหาค่าเฉลี่ยสีใบข้าว	41
3.7 รูปถ่ายใบข้าวต้นฉบับที่ใช้ในการประมวลผล	42
3.8 รูปถ่ายใบข้าวที่ทำการปรับให้อยู่ในรูปแบบ Gray Scale	43
3.9 รูปถ่ายใบข้าวที่ทำการปรับเป็นภาพขาวดำในรูปแบบภาพระดับสีเทา	44
3.10 รูปถ่ายใบข้าวที่ทำการปรับเป็นภาพขาวดำในรูปแบบไบนารี	46
3.11 รูปถ่ายใบข้าวในรูปแบบไบนารีที่ผ่านการกลับค่าสี	46
3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสีแดงและค่าคลอโรฟิลล์	52
3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสีเขียวและค่าคลอโรฟิลล์	52
3.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสีน้ำเงินและค่าคลอโรฟิลล์	53
3.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสีแดงและค่าคลอโรฟิลล์	60
3.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสีเขียวและค่าคลอโรฟิลล์	60
3.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสีน้ำเงินและค่าคลอโรฟิลล์	60
3.18 ฮิสโตแกรมของค่าสีแดง	62
3.19 ฮิสโตแกรมของค่าสีเขียว	62
3.20 ฮิสโตแกรมของค่าสีน้ำเงิน	62
5.1 ค่าเฉลี่ยสีของไฟล์ภาพแบบ BMP	102

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.2 ค่าเฉลี่ยสีของไฟล์ภาพแบบ JPEG	103
5.3 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยสีเขียวและค่าคลอโรฟิลล์	103
5.4 ภาพถ่ายใบข้าวที่มีค่าเฉลี่ยสีเขียวมาก	104
5.5 ภาพถ่ายใบข้าวที่มีค่าเฉลี่ยสีเขียวน้อย	104
5.6 ผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบมีพื้นหลัง ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นแบบง่ายจากค่าเฉลี่ยสีแดง	105
5.7 ผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบมีพื้นหลัง ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นแบบง่ายจากค่าเฉลี่ยสีเขียว	105
5.8 ผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบมีพื้นหลัง ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นแบบง่ายจากค่าเฉลี่ยสีน้ำเงิน	106
5.9 ผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบมีพื้นหลัง ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุจากค่าเฉลี่ยสีแดงและสีเขียว	106
5.10 ผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบมีพื้นหลัง ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุจากค่าเฉลี่ยสีแดงและสีน้ำเงิน	106
5.11 ผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบมีพื้นหลัง ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุจากค่าเฉลี่ยสีเขียวและสีน้ำเงิน	107
5.12 ผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบมีพื้นหลัง ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุจากค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน	107
5.13 ผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบเต็มใบ ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุจากค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน	107

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการนำเสนอเทคนิควิธีการใหม่ เพื่อพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์โดยอาศัยหลักการประมวลผลภาพ คลอโรฟิลล์เป็นสารประกอบที่พบได้ในส่วนที่มีสีเขียวของพืช โดยพบมากที่ใบ นอกจากนี้ยังพบได้ที่ลำต้น ดอก ผล และรากที่มีสีเขียว และยังพบได้ในสาหร่ายทุกชนิด นอกจากนี้ยังพบได้ในแบคทีเรียบางชนิด คลอโรฟิลล์ทำหน้าที่เป็นโมเลกุลรับพลังงานจากแสง และนำพลังงานดังกล่าวไปใช้ในการสร้างพลังงานเคมีโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อสร้างสารอินทรีย์ เช่น น้ำตาล และนำไปใช้เพื่อการดำรงชีวิต จากการศึกษาพบว่า โครงสร้างของคลอโรฟิลล์จะมีในโตรเจนเป็นองค์ประกอบ โดยในโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช และส่งผลโดยตรง ต่อผลผลิตของพืชโดยเฉพาะข้าว การจัดการธาตุในโตรเจนให้เพียงพอต่อความต้องการของพืชย่อมส่งผลดีต่อผลผลิต หากพืชได้รับปริมาณธาตุในโตรเจนปริมาณที่น้อยเกินไปจะทำให้ผลผลิตลดลง และถ้าได้รับธาตุในโตรเจนในปริมาณที่มากเกินไป ความต้องการจะทำให้เกิดผลเสีย เช่น ลำต้นเปราะ หักง่าย อีกทั้งค่าใช้จ่ายในส่วนของการให้ปุ๋ยจะสูงขึ้น จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการจัดการธาตุในโตรเจนในพืชโดยเฉพาะข้าว เราจะพบว่าการประเมินค่าในโตรเจนในใบพืช นิยมใช้เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ แต่เนื่องจากเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์เป็นเครื่องมือที่มีราคาสูง ทำให้เกษตรกรไม่สามารถนำองค์ความรู้จากงานวิจัยไปปรับใช้ในการเพาะปลูกได้จริง วิทยานิพนธ์นี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาหาวิธีการประเมินค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าวเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องมือในการวัดค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าว โดยอาศัยเทคนิคในการประมวลผลภาพ

1.2 ความมุ่งหมาย

เนื่องจากเนื้อหาของงานวิจัยนี้ต้องการที่จะศึกษาหาวิธีการประเมินค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าว รวมทั้งออกแบบเครื่องมือในการวัดค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าว จุดมุ่งหมายของงานวิจัยคือ การที่เครื่องมือที่ทำการออกแบบนั้นสามารถวัดค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าวได้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ โดยการประยุกต์วิธีการประมวลผลภาพมาใช้ในการวิเคราะห์ค่าสีของภาพถ่ายใบข้าว และหากรรมวิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาค่าคลอโรฟิลล์จากค่าสีใบ

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาและประยุกต์ใช้เทคนิคประมวลผลภาพ
- 1.3.2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีภาพถ่ายใบข้าวกับค่าคลอโรฟิลล์
- 1.3.3 ออกแบบชุดทดสอบค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าว
- 1.3.4 ศึกษาเทคนิคพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายใบข้าว
- 1.3.5 วิเคราะห์หาเทคนิคพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ที่เหมาะสมกับภาพถ่ายใบข้าว

1.4 สมมุติฐานของการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าคลอโรฟิลล์จะแสดงให้เห็นในลักษณะสีเขียว และพบมากบริเวณใบของพืช ผู้วิจัยมีแนวความคิดที่จะนำลักษณะเด่นของคลอโรฟิลล์คือสีเขียวที่มองเห็นได้อย่างชัดเจนด้วยสายตามนุษย์ มาทำการประมวลผลเพื่อวิเคราะห์หาค่าคลอโรฟิลล์ โดยประยุกต์ใช้กรรมวิธีประมวลผลภาพ โดยการนำภาพถ่ายแบบดิจิทัลของใบข้าวมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าคลอโรฟิลล์ โดยใช้กรรมวิธีประมวลผลภาพเพื่อหาขอบเขตพื้นที่ของใบ และวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยสีของภาพในส่วนพื้นที่ใบข้าว และนำค่าเฉลี่ยสีใบที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าคลอโรฟิลล์

1.5 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.5.1 ใช้โปรแกรม Matlab เป็นเครื่องมือในการประมวลผล
- 1.5.2 ใช้ค่าเฉลี่ยสี RGB จากภาพถ่ายใบข้าวในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์
- 1.5.3 สร้างชุดทดสอบในการวัดพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าว
- 1.5.4 สร้างตัวแบบที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยเทคนิค Simple Linear Regression และวิธี Multiple Linear Regression
- 1.5.5 วิเคราะห์ด้วย Simple Linear Regression และ Multiple Linear Regression

1.6 ข้อจำกัดของการศึกษา

- 1.6.1 ภาพใบข้าวที่นำมาใช้ในการประมวลผลต้องถ่ายจากกล้องที่ออกแบบให้มีการควบคุมสภาพแวดล้อมแบบปิด
- 1.6.2 พื้นหลังของภาพถ่ายเป็นพื้นสีขาวไม่มันวาวไม่สะท้อนแสง
- 1.6.3 ตัวอย่างในงานวิจัยนี้จะพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากใบข้าวเท่านั้น
- 1.6.4 กล้องที่ออกแบบทำไม่สามารถปรับระยะการถ่ายเพิ่มเติมได้
- 1.6.5 โฟกัสของกล้องทำการปรับให้ภาพที่ดีที่สุดและไม่สามารถปรับเพิ่มเติมได้

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของงานวิจัยนี้ โดยแยกออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ คือทฤษฎีทางชีววิทยาของคลอโรฟิลล์ ทฤษฎีทางด้านการประมวลผลภาพ ทฤษฎีของการวิเคราะห์ความถดถอย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยหวังว่าเนื้อหาที่นำเสนอในบทนี้จะอำนวยให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจเนื้อหาและวิธีการต่างๆ ที่ผู้วิจัยได้เลือกใช้

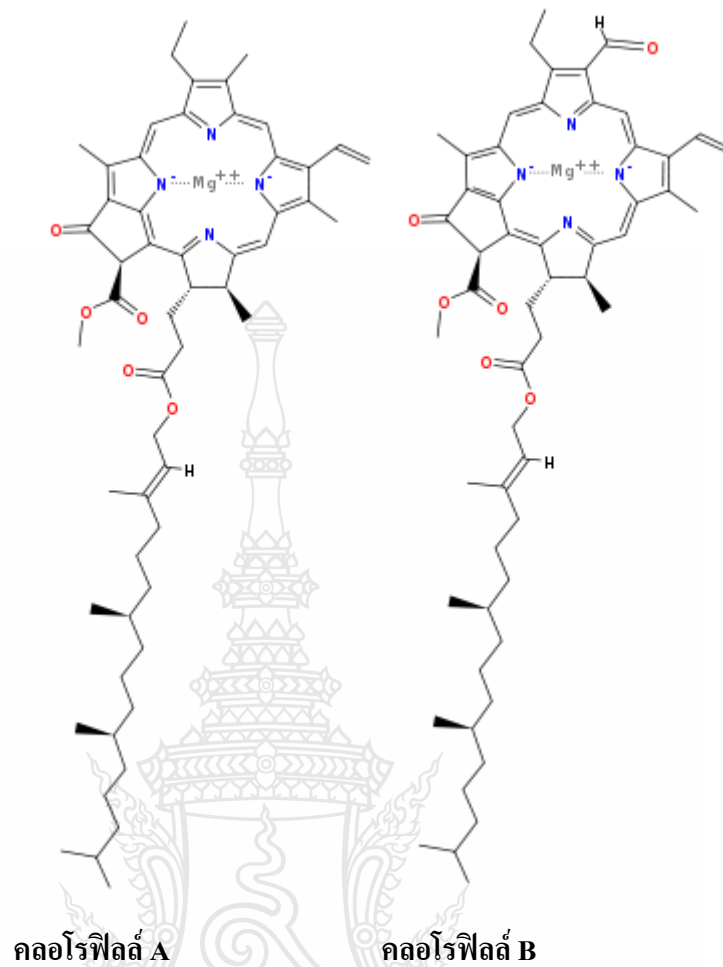
2.1 คลอโรฟิลล์

คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) [1] เป็นสารประกอบที่พบได้ในส่วนที่มีสีเขียวของพืชโดยพบมากที่ใบ นอกจากนี้ยังพบได้ที่ลำต้น ดอก ผล และรากที่มีสีเขียว และยังพบได้ในสาหร่ายทุกชนิด นอกจากนี้ยังพบได้ในแบคทีเรียบางชนิด คลอโรฟิลล์ทำหน้าที่เป็นโมเลกุลรับพลังงานจากแสงและนำพลังงานดังกล่าวไปใช้ในการสร้างพลังงานเคมี โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างสารอินทรีย์ เช่น น้ำตาล และนำไปใช้เพื่อการดำรงชีวิต คลอโรฟิลล์ดูดกลืนแสงได้ดีในช่วงคลื่นของแสงสีฟ้าและสีแดง แต่ดูดกลืนช่วงแสงสีเหลืองและสีเขียวได้น้อย ดังนั้นเมื่อได้รับแสงจะดูดกลืนแสงสีฟ้าและสีแดงไว้ ส่วนแสงสีเขียวที่ไม่ได้ดูดกลืนจึงสะท้อนออกมาทำให้เห็นคลอโรฟิลล์ มีสีเขียวในโครเจน (N) [1] มีความสำคัญต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง เพราะธาตุดังกล่าวเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ดังนั้น ถ้าในดินขาดธาตุทั้งสองพืชก็จะขาดคลอโรฟิลล์ ทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงด้วย นอกจากนี้ ยังพบว่าเหล็ก (Fe) [1] จำเป็นต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ในธรรมชาติมีคลอโรฟิลล์อยู่หลายชนิดด้วยกัน ซึ่งแต่ละชนิดมีโครงสร้างหลักที่เหมือนกันคือ วงแหวนไพโรล 4 วง [2] แต่โซ่ข้าง (Side Chain) ของคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดจะมีลักษณะต่างกันออกไป เช่น คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a) และคลอโรฟิลล์ บี (Chlorophyll b) มีโครงสร้างโมเลกุลที่ต่างกันเพียงตำแหน่งเดียวเท่านั้น นั่นคือที่วงแหวนไพโรลวงที่สองของคลอโรฟิลล์ เอ มีโซ่ข้างเป็นหมู่เมทิล (-CH₃) ส่วนของคลอโรฟิลล์ บี เป็นหมู่อัลดีไฮด์ (-CHO) [2] ซึ่งการที่โครงสร้างที่ต่างกันนี้ก็ทำให้มีคุณสมบัติแตกต่างกันด้วย โดยเฉพาะด้านการละลายโดยที่หมู่เมทิลของคลอโรฟิลล์ทำให้โมเลกุลมีขั้ว ดังนั้นจึงละลายได้ดีในสารละลายที่มีขั้ว เช่น เมทิลแอลกอฮอล์ ส่วนหมู่อัลดีไฮด์ซึ่งไม่มีขั้ว จึงทำให้คลอโรฟิลล์ บี ละลายได้ดีในตัวทำละลายไม่มีขั้ว เช่น ปีโตรเลียมอีเธอร์ (Petroleum Ether) รวมทั้งคุณสมบัติการดูดกลืนแสงก็ต่างกันด้วย และทำให้คลอโรฟิลล์ทั้งสองชนิดนี้มีสีต่างกันเล็กน้อย [2] โดยที่คลอโรฟิลล์ เอ มีสีเขียวเข้ม ส่วนคลอโรฟิลล์ บี มีสีเขียวอ่อน

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลของคลอโรฟิลล์ [1]

	Chlorophyll <i>a</i>	Chlorophyll <i>b</i>	Chlorophyll <i>c1</i>	Chlorophyll <i>c2</i>	Chlorophyll <i>d</i>
สูตร โมเลกุล	$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$	$C_{35}H_{30}O_5N_4Mg$	$C_{35}H_{28}O_5N_4Mg$	$C_{54}H_{70}O_6N_4Mg$
หมู่ C3	-CH = CH ₂	-CH = CH ₂	-CH = CH ₂	-CH = CH ₂	-CHO
หมู่ C7	-CH ₃	-CHO	-CH ₃	-CH ₃	-CH ₃
หมู่ C8	-CH ₂ CH ₃	-CH ₂ CH ₃	-CH ₂ CH ₃	-CH = CH ₂	-CH ₂ CH ₃
หมู่ C17	-CH ₂ CH ₂ COO- Phytyl	-CH ₂ CH ₂ COO- Phytyl	-CH = CHCOOH	-CH = CHCOOH	-CH ₂ CH ₂ COO- Phytyl
พันธะ C17-C18	เดี่ยว	เดี่ยว	คู่	คู่	เดี่ยว
	พบได้ทั่วไป	ส่วนใหญ่ในพืช	สาหร่ายหลาย ชนิด	สาหร่ายหลาย ชนิด	แบคทีเรียที่สังเคราะห์ ด้วยแสงได้ (Cyanobacteria)

จากสูตรโมเลกุล จะเห็นว่าในตัวคลอโรฟิลล์เองนั้นจะมีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบจำนวน 4 ส่วน ซึ่งไนโตรเจนนั้นนับว่าเป็นธาตุที่มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นการศึกษาทางด้านคลอโรฟิลล์ เช่นการหาค่าคลอโรฟิลล์ จะสามารถนำมาประมาณค่าของไนโตรเจนที่มีอยู่ในพืชได้ และแสดงโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของคลอโรฟิลล์ [3]

2.2 การวัดคลอโรฟิลล์ในใบพืช ปกติจะสามารถกระทำได้สองวิธี คือการวัดแบบทำลายใบ และการวัดแบบไม่ทำลายใบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 การวัดคลอโรฟิลล์แบบทำลายใบ

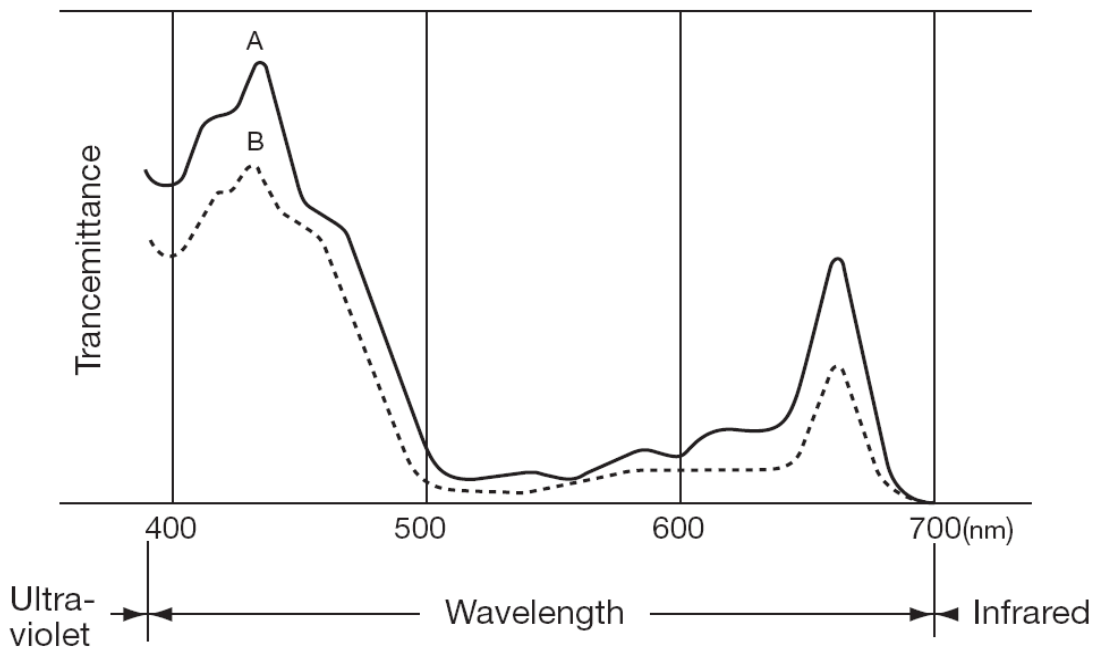
การวัดคลอโรฟิลล์แบบทำลายใบ เป็นวิธีการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชโดยอาศัยหลักการวิเคราะห์การดูดซับแสงจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยมากมักจะนำใบพืชที่ต้องการตรวจวัดมาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 1×2 เซนติเมตร ใส่หลอดทดลองที่มีการเติมสาร Dimethyl Sulfoxide ประมาณ 7 มิลลิลิตร โดยทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 65 องศาเซลเซียส จากนั้นปล่อยให้เนื้อเยื่อเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีขาว ทำการกรองกากออกจากสารละลาย จากนั้นนำสารละลายใบทำการวิเคราะห์การดูดซับแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ สุดท้ายนำค่าที่อ่านได้ ไปทำการคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ [4]

2.2.2 การวัดคลอโรฟิลล์แบบไม่ทำลายใบ

การวัดคลอโรฟิลล์แบบไม่ทำลายใบ นับว่าเป็นวิธีการวัดคลอโรฟิลล์ที่ง่ายและสะดวกต่อการปฏิบัติงาน โดยใช้เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์เป็นเครื่องมือในการวัด การนำคลอโรฟิลล์มิเตอร์มาใช้วัดค่าคลอโรฟิลล์ในใบพืชนั้น กระทำได้โดยนำส่วนที่เป็นปากคีบของเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์คีบหนีบพื้นที่ใบพืชที่ต้องการวัด โดยให้ตำแหน่งหัววัดอยู่ในบริเวณพื้นที่ส่วนกลางใบโดยหลีกเลี่ยงเส้นใบและก้านใบ [4]

2.3 หลักการพื้นฐานของคลอโรฟิลล์มิเตอร์

เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์จัดเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้ในการประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชโดยไม่ต้องทำลายใบ เป็นวิธีการที่สะดวกและวัดผลรวดเร็ว [4] เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่น [5] เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณของไนโตรเจน และความต้องการปุ๋ยไนโตรเจนของต้นข้าว ต่อมาได้มีการศึกษาการใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์ ในการประเมินปริมาณไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์ในพืชหลายชนิดด้วยกันเช่น ข้าว ข้าวโพด ฝ้าย แอปเปิล เงาะและลองกอง เป็นต้น เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ทำงานโดยอาศัยคุณสมบัติการดูดซับแสงของคลอโรฟิลล์ในใบพืช [6] พิจารณาในรูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในการดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์ในใบไม้ที่แตกต่างกัน 2 ชนิดคือ ใบไม้ชนิด A และชนิด B ซึ่งจะสังเกตได้ว่า ใบไม้ทั้งสองชนิดสามารถดูดกลืนแสงในย่านต่างๆ ได้ในปริมาณที่ไม่เท่ากัน



รูปที่ 2.2 การดูดซับแสงในย่านต่างๆ ของคลอโรฟิลล์ [5]

จากรูปที่ 2.2 จะให้เห็นว่าแสงในย่านอินฟราเรดจะมีการตอบสนองกับคลอโรฟิลล์ในระดับต่ำ ซึ่งอธิบายได้ว่าคลอโรฟิลล์จะดูดซับแสงในย่านอินฟราเรดได้น้อย แต่จะดูดซับแสงในย่านอื่นๆ ได้ดี ด้วยสาเหตุนี้จึงมีการพัฒนาเครื่องมือในการประเมินค่าคลอโรฟิลล์ในใบพืช โดยการตรวจจับปริมาณแสงในย่านอินฟราเรดที่ทะลุผ่านใบ เมื่อใบมีสารคลอโรฟิลล์มากปริมาณ การทะลุของของแสงย่านอินฟราเรดจะน้อยลง และแสดงเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ ดังรูปที่ 2.3

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น SPAD 502 ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้ [6]

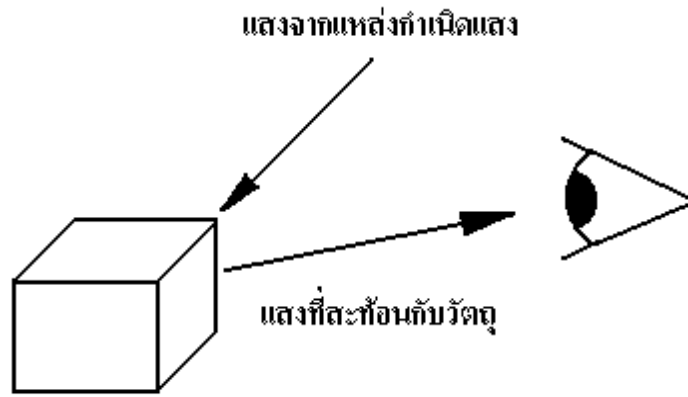
- ประสิทธิภาพในการวัด มีความคลาดเคลื่อน ± 1 หน่วยวัด
- มีค่าพิสัยในการวัด 0.0 – 50.0 SPAD Unit
- ใช้งานในช่วงอุณหภูมิ 0 – 50 C
- มีหน่วยความจำ 30 ตำแหน่ง
- สามารถหาค่าเฉลี่ยการวัดจากข้อมูลในหน่วยความจำ



รูปที่ 2.3 เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ [6]

2.4 การรับภาพและการมองเห็น

การรับภาพและภาพที่มองเห็นนั้นเกิดจากหลักการสะท้อนของแสง คือเมื่อแสงตกกระทบกับวัตถุใดๆ แล้วเกิดการสะท้อนกลับมาสู่ดวงตาซึ่งเป็นอวัยวะในการรับภาพของเราก็จะทำให้เกิดการรับรู้ถึงภาพที่เกิดขึ้นได้



รูปที่ 2.4 การมองเห็นของมนุษย์

ด้วยวิธีการดังกล่าวนี้จึงทำให้เกิดการคิดค้นเพื่อนำภาพที่ได้จากการสะท้อนของแสงมาทำการเก็บบันทึกเพื่อนำไปแสดงผลประมวลผลเพื่อการใช้งานอื่นๆ โดยอุปกรณ์รับภาพจะทำหน้าที่เปรียบเสมือนดวงตาของมนุษย์ที่ใช้สำหรับการรับภาพ

2.5 การประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัล (Digital format) ซึ่งสามารถจะนำเอาข้อมูลนี้จัดการผ่านกระบวนการต่างๆ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ ภาพดิจิทัลเป็นภาพที่ประกอบด้วยจุดภาพเล็กๆ จำนวนมากเรียกว่า พิกเซล (Pixel) โดยใช้ตัวเลขแทนค่าของระดับสีหรือระดับความสว่างของแต่ละพิกเซล ซึ่งสามารถปรับแต่งเพื่อแสดงผลภาพตามต้องการได้ ดังนั้นภาพดิจิทัลจึงมีข้อดีตรงที่สามารถนำมาประมวลผลปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลด้วยกระบวนการต่างๆ ด้วยคอมพิวเตอร์ได้ [7]

2.5.1 ลักษณะและความหมายของพิกเซล

ในโลกของกราฟิกที่ใช้ในงานคอมพิวเตอร์ Pixel ถือเป็นหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของรูปภาพ เป็นจุดเล็กๆ ที่รวมกันทำให้เกิดภาพขึ้น ภาพหนึ่งจะประกอบด้วย Pixel หรือจุดมากมายซึ่งแต่ละภาพที่สร้างขึ้นจะมีความหนาแน่นของจุดหรือ Pixel เหล่านี้แตกต่างกันไป ความหนาแน่นของจุดนี้เป็นตัวบอกถึงความละเอียดของภาพ โดยมีหน่วยเป็น ppi (Pixel Per Inch) คือจำนวนจุดต่อนิ้ว Pixel มีความสำคัญต่อการสร้างภาพของคอมพิวเตอร์มาก เพราะทุกส่วนของกราฟิก เช่น จุด เส้น แบบลาย และสีของภาพนั้นเริ่มจาก Pixel ทั้งสิ้น เมื่อเราขยายภาพจะเห็นเป็นภาพจุด โดยปกติแล้วภาพที่มีความละเอียดสูงหรือคุณภาพดีควรมีค่าความละเอียด 300 x 300 ppi ขึ้นไป ยิ่งค่า ppi สูงขึ้นเท่าไรภาพก็จะมีความละเอียดคมชัดขึ้นมากขึ้นเท่านั้น ขณะเดียวกันจุดหรือ Pixel แต่ละจุดก็จะแสดงคุณสมบัติทางสีให้แก่ภาพด้วย โดยแต่ละจุดจะเป็นตัวสร้างสีประกอบกันเป็นภาพรวมซึ่งอาจมี

ขนาดความเข้มและสีแตกต่างกันได้ ทำให้เกิดเป็นภาพที่มีสีสันต่างๆ การแสดงผลของอุปกรณ์แสดงผล (Output Devices) ไม่ว่าจะเป็นเครื่องพิมพ์แบบ Dot-matrix หรือแบบ Laser รวมทั้งจอภาพ จะเป็นการแสดงผลแบบ Raster Devices นั่นคือ อาศัยการรวมกันของ Pixel ออกมาเป็นรูปภาพ [7]

2.5.2 ภาพบิตแมพ (Bitmap)

บิตแมพ (Bitmap) เป็นภาพแปรผันตามความละเอียดแบบ (Resolution Dependent) ประกอบขึ้นด้วยจุดสีต่างๆ ที่มีจำนวนคงที่ตายตัว ตามการสร้างภาพที่มีความละเอียดของภาพต่างกัน หากขยายภาพบิตแมพก็จะพบว่า มีลักษณะเป็นตารางเล็กๆ ซึ่งแต่ละบิตคือส่วนหนึ่งของข้อมูลคอมพิวเตอร์ เนื่องจากบิตแมพมีค่า Pixel จำนวนคงที่จึงทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องการขยายขนาดภาพ การเปลี่ยนขนาดภาพทำโดยการเพิ่มหรือลดจำนวน Pixel จากที่มีอยู่เดิม เมื่อขยายภาพให้ใหญ่ขึ้นความละเอียดของภาพจึงลดลง และถ้าเพิ่มค่าความละเอียดมากขึ้นก็จะทำให้ไฟล์มีขนาดใหญ่และเปลืองเนื้อที่หน่วยความจำมากขึ้นตามไปด้วย ภาพที่ขยายโตขึ้นจะมองเห็นเป็นตารางสี่เหลี่ยมเรียงต่อกัน ไฟล์ภาพแบบ Bitmap ในระบบวินโดวส์คือ ไฟล์ที่มีนามสกุล .BMP , .PCX , .TIF, .GIF, .JPEG, .MSP, .PCD เป็นต้น [7] การสุ่มข้อมูลภาพ หากมีจำนวนการสุ่ม (Sample Size) [9] ที่มากความละเอียดของภาพที่ได้รับในรูปแบบของภาพดิจิทัลก็จะมีค่าความละเอียดสูง หน่วยของการสุ่มเลือกคือจุดภาพ (Pixel) โดยที่การที่จะระบุถึงตำแหน่งหรืออ้างอิงถึงจุดภาพ (Pixel) ในตำแหน่งต่างๆ จะทำการอ้างอิงผ่านระบบพิกัด โดยอ้างอิงในพิกัดของ X และพิกัดของ Y เพื่อการเข้าถึงค่าของจุดสี เหตุผลของการสุ่มเลือกทางจุดตำแหน่งหรือ Spatially Sampling นั่นก็คือในการประมวลผลของคอมพิวเตอร์หรือหน่วยประมวลผล (Processing Unit) จะสามารถประมวลผลข้อมูลได้ ข้อมูลจะต้องอยู่ในรูปของดิจิทัล [8] เท่านั้น ในขณะที่ภาพที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าของมนุษย์จะเป็นข้อมูลเชิง Analog เมื่อต้องกระทำการประมวลผลภาพ โดยคอมพิวเตอร์หรือหน่วยประมวลผล จะต้องทำการสุ่มเลือกทางจุดตำแหน่งภาพ (Image Sampling) เพื่อแปลงข้อมูลจากรูปแบบของ Analog เป็นข้อมูลในรูปแบบของดิจิทัล จากเหตุผลดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า หากทำการสุ่มเลือกจุดตำแหน่งโดยมีปริมาณการสุ่มมากเท่าใด คุณภาพหรือรายละเอียดของภาพที่ได้รับก็จะสูงขึ้นและใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลภาพมากขึ้นรวมถึงขนาดของภาพก็จะสูงขึ้นเช่นกัน [9] ดังตัวอย่างที่แสดงถึงการสุ่มเลือกจุดตำแหน่งในปริมาณที่ต่างกัน โดย รูปที่ 2.5 (ก) ใช้ปริมาณการสุ่มในแนวแกนตั้ง 227 จุด และในแนวนอนจำนวน 200 จุด รูปที่ 2.5 (ข) ใช้ปริมาณการสุ่มในแนวแกนตั้ง 79 จุด และในแนวนอนจำนวน 70 จุด รูปที่ 2.5 (ค) ใช้ปริมาณการสุ่มในแนวแกนตั้ง 45 จุดและในแนวนอนจำนวน 40 จุด โดยจะสังเกตเห็นว่า รูปที่ 2.5 (ก) มีความละเอียดของภาพสูงสุดโดยที่รูปที่ 2.5 (ข) มีความละเอียดของภาพรองลงมา และรูปที่ 2.5 (ค) มีความละเอียดของภาพต่ำสุด



227 × 200

(ก)

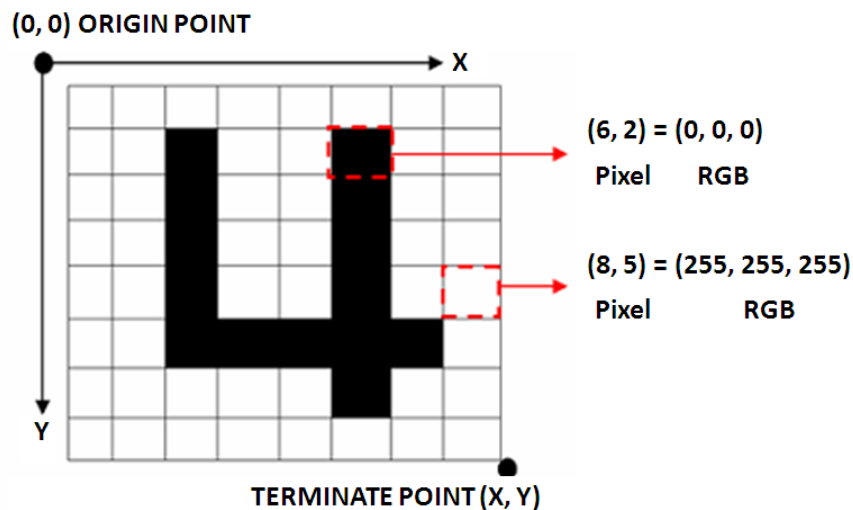
79 × 70

(ข)

45 × 40

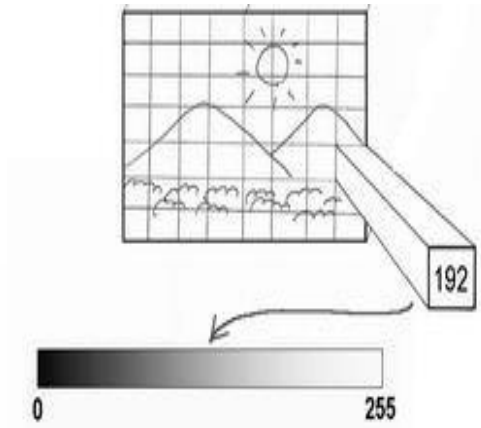
(ค)

รูปที่ 2.5 ภาพที่มีจำนวนจุดภาพต่างกัน



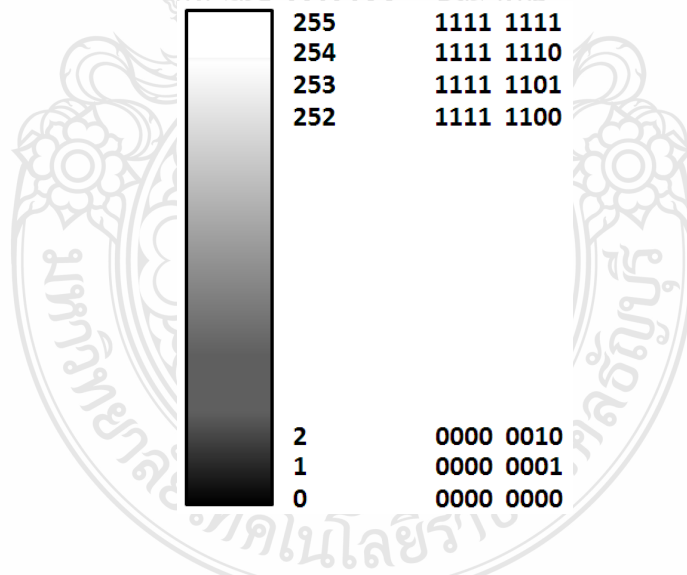
รูปที่ 2.6 การอ้างอิงพิกัดของข้อมูลภาพ [8]

การสุ่มเลือกจุดตำแหน่งในพิกัดตำแหน่งของ X จะหมายถึงพิกัดในแนวแกนนอน โดยเริ่มจากซ้ายที่พิกัด 0 ไปจนถึงพิกัดที่ X และพิกัดของ Y หมายถึงพิกัดในแนวแกนตั้ง โดยเริ่มจากบนที่พิกัด 0 ไปจนถึงพิกัดที่ Y ดังตัวอย่างภาพดิจิทัลภาพหนึ่งมีขนาด 320 × 270 จุดภาพ (Pixel) นั่นคือ ภาพนี้จะมีจุดพิกัดซ้ายสุดที่ตำแหน่ง 0 และมีตำแหน่งทางขวาสุดที่ 320 ส่วนพิกัดแนวแกน Y พิกัดบนสุดที่ตำแหน่ง 0 และตำแหน่งล่างสุดที่ 270 เช่นตัวอย่างดังรูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นถึงการสุ่มเลือกทางจุด โดยในแต่ละจุดภาพจะถูกแทนด้วยค่าของสีสำหรับภาพสีและ ในภาพโทนสีเทา (Grayscale) ซึ่งจะประกอบไปด้วยสีดำ และเพิ่มระดับความสว่างไปจนถึงสีขาว ดังรูปที่ 2.7 แสดงถึงระดับความสว่างที่เปลี่ยนแปลงได้ในหนึ่งจุดภาพ



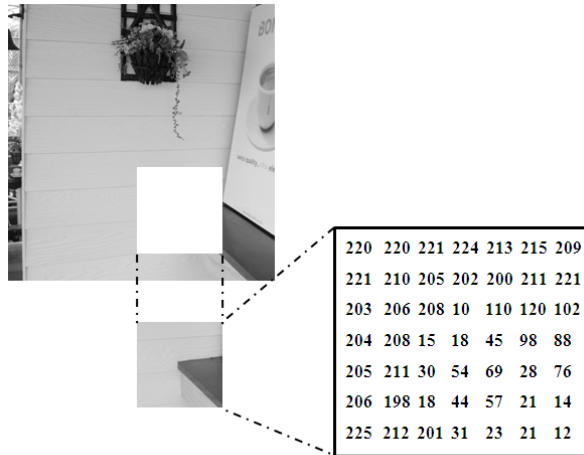
รูปที่ 2.7 ระดับความสว่างในหนึ่งจุดภาพ [8]

สีดำจะถูกแทนด้วยค่าตัวเลข 0 และสีขาวจะถูกแทนด้วยค่าตัวเลขคือ 255 รวมทั้งสิ้น 256 ระดับสี (0-255) หรือ 2 ยกกำลัง 8 โดยที่ 8 ก็คือ จำนวนบิตในหน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บค่านี้หนึ่งค่า ดังนั้นสีดำจะถูกแทนด้วยรหัสในเลขฐานสองคือ 00000000 และสีขาวก็จะถูกแทนด้วยรหัส 11111111 และสีที่อยู่ระหว่างสีดำถึงสีขาวจะถูกเรียงลำดับไปตามลำดับการนับเลขฐานสอง ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ระดับความสว่างที่มีค่า 8 บิต [8]

หากภาพเป็นลักษณะของโทนขาวดำ (Grayscale) แต่ละจุดภาพก็จะถูกแทนที่ด้วยตัวเลขที่บอกถึงค่าความสว่างตั้งแต่ 0-255 ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.9 แสดงถึงระดับความสว่างของภาพที่ทำการซูมในแต่ละจุดภาพหนึ่งกลุ่มข้อมูล



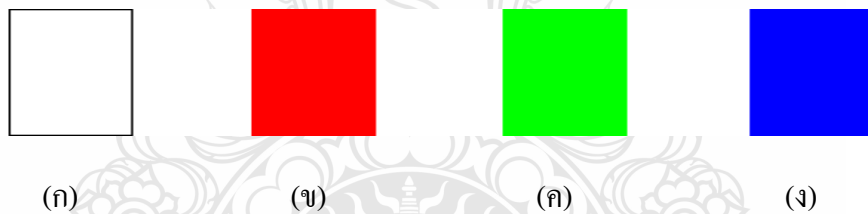
รูปที่ 2.9 ระดับความสว่างของภาพที่ทำการสุ่ม [8]

จากรูปที่ 2.9 จะสังเกตเห็นว่าแต่ละจุดภาพจะถูกแทนที่ด้วยตัวเลข ซึ่งตัวเลขเหล่านี้มีค่าระหว่าง 0-255 หรือมีค่าได้ตั้งแต่ 0, 1, 2, 3, 4 จนถึง 255 เป็นโทนสีเทา ถ้าหากว่าเป็นภาพในรูปขาวดำในหนึ่งจุดภาพจะมีเพียง 2 สีคือ สีดำซึ่งถูกแทนที่ด้วยเลข 0 และสีขาวซึ่งถูกแทนที่ด้วยเลข 1 ในบางครั้งนิยมเรียกว่า Binary Picture [8] โดยจะเห็นว่าในภาพขาวดำหนึ่งจุดภาพจะต้องการพื้นที่หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลเพียง 1 บิต หากเป็นภาพโทนสีเทานั้น ใน 1 จุดภาพจะใช้พื้นที่หน่วยความจำในการเก็บข้อมูล 8 บิตฉะนั้นใน 1 จุดภาพโทนสีเทาจะมีเพียงค่าใดค่าหนึ่งเท่านั้นและใช้พื้นที่ในการเก็บเพียง 8 บิต โดยระดับความเข้มของสีที่กำหนดให้กับภาพจะขึ้นอยู่กับความต้องการ หากต้องการภาพที่มีรายละเอียดสูงก็จำเป็นที่จะต้องใช้จำนวนบิตที่สูง และใช้พื้นที่หน่วยเพิ่มมากขึ้น หากต้องการรายละเอียดของภาพที่ต่ำก็ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้จำนวนบิตที่สูง ความแตกต่างของภาพที่มีจำนวนบิตแสดงค่าความสว่างที่ต่างกันแสดงดังตัวอย่าง ในรูปที่ 2.10



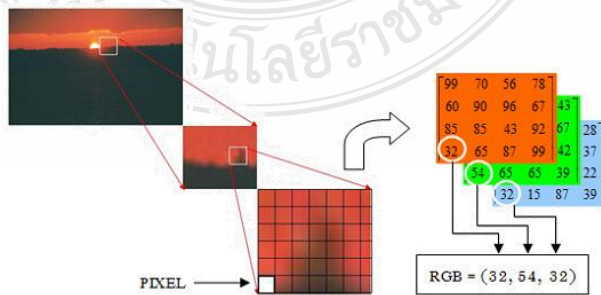
รูปที่ 2.10 ภาพที่มีจำนวนบิตแสดงค่าความสว่างที่ต่างกัน [8]

จากที่ได้กล่าวมา จะสังเกตเห็นได้ว่าในความเป็นจริง ความละเอียดของภาพจะสูงมากกว่านี้และอัตราในการสุ่มภาพ หากไม่คำนึงถึงคุณภาพและรายละเอียดของภาพ แต่คำนึงถึงเนื้อหาของภาพก็สามารถใช้อัตราสุ่มที่ต่ำได้ เช่น หากต้องการทราบเพียงรูปร่างของวัตถุในภาพ ก็ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ภาพที่มีความละเอียดสูง เพราะฉะนั้น เมื่อก้าวถึงเนื้อหาของภาพแบบดิจิทัล ก็จะมีส่วนเกี่ยวข้องกับเรื่องของการมองเห็นของมนุษย์ด้วย เนื่องจากภาพที่มีความละเอียดต่างกันดวงตาของมนุษย์อาจจะไม่สามารถแยกแยะได้ หรืออาจมีความสนใจเพียงเนื้อหา แต่ไม่สนใจในรายละเอียด ดังนั้นหากภาพหนึ่งมีการ Sampling เพียง 2 ยกกำลัง 1 อาจจะทำให้ไม่สามารถแยกแยะได้ว่าเป็นรูปหน้าของมนุษย์ หรือวัตถุอื่น แต่อาจจะเพียงพอหากต้องการเพียงเนื้อหาเช่นมีวัตถุอยู่ในภาพหรือไม่แต่ไม่สามารถระบุได้ว่าคือวัตถุอะไรในการประมวลผลภาพสี ในจุดภาพหนึ่งจุดจะประกอบไปด้วยแสงสีต่างๆ สามสี ประกอบไปด้วย สีแดง (R) สีเขียว (G) และสีน้ำเงิน (B) ดังรูปที่ 2.11 ส่วนสีอื่นๆ จะเกิดจากการรวมกันของแสงทั้งสามสี อาทิเช่น ในระบบสีดิจิทัล 24 บิต หรือระบบ 16 ล้านสีจะประกอบไปด้วยสีแดง 8 บิต สีเขียว 8 บิต สีน้ำเงิน 8 บิต โดยที่แต่ละสีมีค่าได้สูงสุด 255 ในเลขฐานสิบ เมื่อนำสีแต่ละค่ามารวมกันจะได้เฉดสีทั้งหมดจำนวน 16 ล้านสี เช่น สีแดงมีค่าเท่ากับ 255 สีเขียวมีค่าเท่ากับ 255 สีน้ำเงินมีค่าเท่ากับ 255 เมื่อนำทั้งสามสีมารวมกันก็จะทำให้เกิดสีขึ้นมาใหม่เป็นสีขาว [8]



รูปที่ 2.11 การรวมสีทำให้เกิดสีขาว [8]

(ก) เมื่อนำทั้งสามสีมารวมกัน (ข) ภาพที่มีเพียงสีแดง (ค) ภาพที่มีเพียงสีเขียว (ง) ภาพที่มีเพียงสีน้ำเงินซึ่งหากเป็นข้อมูลภาพสีในหนึ่งจุดภาพ (Pixel) จะประกอบไปด้วยข้อมูลของสีสามสี ดังรูปที่ 2.12 ทำการผสมกันจนเกิดเป็นสีต่างๆ ในหนึ่งจุดภาพ



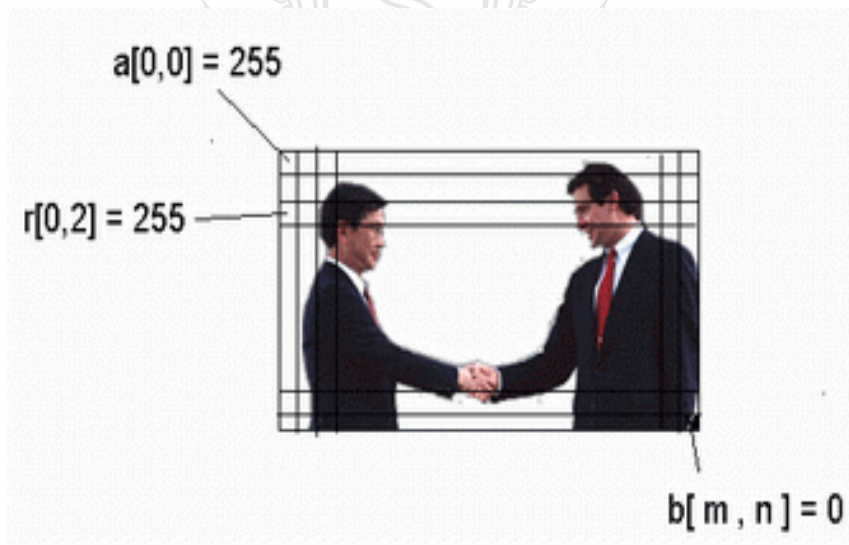
รูปที่ 2.12 ข้อมูลภาพในหนึ่งจุดภาพ [8]

2.6 การกระทำทางพีชคณิตเพื่อการประมวลผลภาพ

ในการประมวลผลภาพทางพีชคณิตจัดได้ว่าเป็นการประมวลผลภาพขั้นพื้นฐานและเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้ที่กำลังเริ่มต้นศึกษาเป็นวิธีแรก โดยจะใช้การกระทำทางคณิตศาสตร์พื้นฐานคือวิธีการบวก ลบ คูณ และหาร โดยผลที่ได้จากการใช้ตัวกระทำแต่ละตัว จะให้ได้ผลลัพธ์ที่ออกมาต่างกันและผลที่ได้ก็จะสามารถนำไปพิจารณาและวิเคราะห์ได้ก่อนจะนำไปทำการอื่นๆ ในขั้นต่อไปการกระทำทางพีชคณิตโดยหลักการต่างๆ ไปแล้วเราสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ

1. การกระทำระหว่างค่าคงที่กับภาพ เช่น ตัวเลขกับรูปภาพ
2. การกระทำระหว่างภาพกับภาพ เช่น ภาพ A กับภาพ B

การกระทำจะกระทำในระดับจุดภาพ และจะกระทำกันที่ละจุดภาพในภาพหนึ่งๆ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการอ้างอิงถึงตำแหน่งของจุดภาพที่อยู่ในรูปภาพ โดยพิจารณารูปภาพให้เป็นแมทริกซ์ (Matrix) [8] ซึ่งสมาชิกแต่ละตัวในแมทริกซ์ ก็คือ คู่ลำดับ (i,j) ดังตัวอย่างต่อไปนี้
 $a[x,y]$ = ตำแหน่งความเข้มของจุดสีที่ตำแหน่ง x และตำแหน่ง y ของจุดภาพ a ซึ่งเป็นสีขาว
 $b[x,y]$ = ตำแหน่งความเข้มของจุดสีที่ตำแหน่ง x และตำแหน่ง y ของจุดภาพ b ซึ่งเป็นสีดำ
 $r[x,y]$ = ตำแหน่งความเข้มของจุดสีที่ตำแหน่ง x และตำแหน่ง y ของจุดภาพ r ซึ่งเป็นสีขาว



รูปที่ 2.13 การอ้างอิงพิกัดของข้อมูลภาพ [8]

จากรูปที่ 2.13 สังเกตได้ว่า ข้อมูลในจุดภาพหนึ่งจุดคือค่าสีที่เราจะนำมาประมวลผล โดยการอ้างอิงจุดจะเกิดจากการอ้างอิงถึงคู่ลำดับต่างๆ

2.7 การบวกและลบภาพ

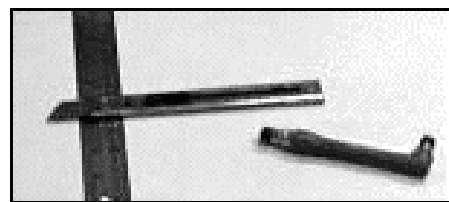
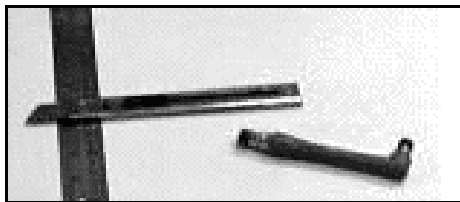
การบวกภาพมีสองลักษณะคือ บวกภาพกับภาพ (บวก Matrix กับ Matrix) [8] ดังสมการที่ 2.1 และบวกภาพกับค่าคงที่ (Matrix กับค่า c) ดังสมการที่ 2.2 และการลบภาพกับภาพ (ลบ Matrix กับ Matrix) ดังสมการที่ 2.3 และลบภาพกับค่าคงที่ (Matrix กับค่า c) ดังสมการที่ 2.4

$$r[x, y] = a[x, y] + b[x, y] \quad (2.1)$$

$$r[x, y] = a[x, y] + c \quad (2.2)$$

$$r[x, y] = a[x, y] - b[x, y] \quad (2.3)$$

$$r[x, y] = a[x, y] - c \quad (2.4)$$

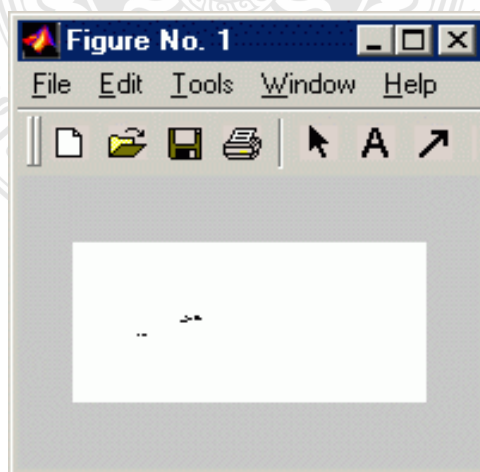


(ก) เมื่อภาพมีสัญญาณรบกวน

(ข) เมื่อภาพปราศจากสัญญาณรบกวน

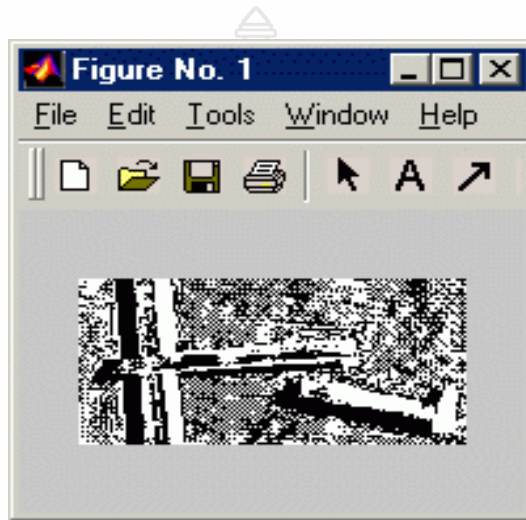
รูปที่ 2.14 ภาพที่นำมาทำการทดลองกระทำการบวกและการลบ [8]

จากรูปที่ 2.14 (ก) แสดงถึงการทดลองกระทำระหว่างภาพสองภาพโดยที่ภาพทั้งสองมีความต่างกันตรงที่มีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นในรูปที่ 2.14 (ก) ในขั้นตอนการเก็บภาพและรูปที่ 2.14 (ข) เป็นภาพที่ปราศจากสัญญาณรบกวน ทดสอบกระทำการบวกภาพทั้งสองเข้าด้วยกัน โดยกำหนดให้ค่าของจุดภาพที่กระทำการบวกกันโดยไม่ให้มีค่าเกิน 255 โดยผลที่ได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.15 การทดลองบวกระหว่างภาพสองภาพ [8]

ผลลัพธ์ของการบวกภาพที่จุดภาพใดๆ ของภาพสองภาพเข้าด้วยกันเพื่อการระบุถึงตำแหน่งของสัญญาณรบกวนแบบสุ่มเพิ่ม โดยผลลัพธ์ที่ได้คือ จะแสดงถึงส่วนที่มีความต่างกันอย่างมากของภาพสองภาพที่ทำการบวกกัน จึงทำให้แสดงให้เห็นถึงจุดที่ต่างกันมาก เช่น จุดที่มีสัญญาณรบกวนแบบสุ่มเพิ่มแทรกสอดเข้ามายังภาพที่ทำการบวกกับภาพต้นฉบับแสดงเป็นจุดสีดำ และการทดลองกระทำระหว่างภาพสองภาพโดยการลบกันผลลัพธ์ได้ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ผลการลบระหว่างภาพสองภาพ [8]

ผลลัพธ์ของการลบภาพที่จุดภาพใดๆ เพื่อการกำจัดสัญญาณรบกวนที่แทรกสอดระหว่างภาพ และเพื่อใช้ในการหาขอบของภาพตัวอย่างการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบสุ่มเพิ่มแสดงดังรูปที่ 2.16 โดยจุดที่ปรากฏเป็นสีขาวคือจุดที่เกิดสัญญาณรบกวนระหว่างภาพเปรียบเทียบและภาพต้นฉบับ ตัวอย่างการค้นหาขอบของภาพที่เกิดขึ้นแสดงดังรูปที่ 2.17 โดยที่ภาพ (ก) เป็นภาพต้นฉบับ และภาพ (ข) เป็นภาพที่ผ่านตัวกรองแบบ Gaussian เมื่อทำการบวกกันก็จะทำให้เกิดผลลัพธ์คือ ภาพ (ค) โดยผลลัพธ์ที่ได้คือขอบของภาพที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.17 การทดลองหาขอบภาพ [8]

โดยภาพ (ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพที่ผ่านตัวกรองแบบ Gaussian และ (ค) ภาพผลลัพธ์ของขอบภาพที่เกิดขึ้น โดยที่การลบกันของภาพ ณ จุดใดๆ จะใช้ในการหาปริมาณความแตกต่างของภาพ เช่น การเคลื่อนที่ของวัตถุในภาพหรือคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงผลลัพธ์ของความต่างจะแสดงเป็นจุดสีขาว [8]

2.8 การปรับความสว่างและความคมชัด

ความสว่าง (Brightness) เกิดจากการบวกหรือการลบกันระหว่างจุดภาพกับค่าคงที่โดยการบวกจะเป็นการกระทำที่เพิ่มค่าความสว่างของภาพมากขึ้น ในขณะที่การลบจะทำให้ค่าความสว่างลดลงทำให้ภาพมืดลง หลักการของการทำให้สว่างหรือมืด คือการบวกหรือการลบด้วยค่าที่ต้องการกับค่าสีเดิมของจุด [8] อาทิ เช่น การบวกเพิ่มจากเดิมมีค่าความสว่าง 100 เมื่อทำการบวกค่าความสว่างอีก 50 ก็จะทำให้ค่าความสว่างมีค่า 150 ทำให้ภาพมีความสว่างมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ ดังรูปที่ 2.18



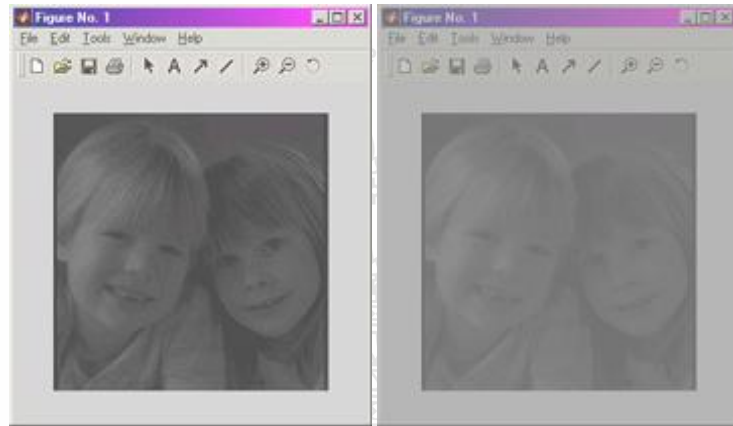
รูปที่ 2.18 การทดลองเพิ่มค่าความสว่าง

จะเห็นได้ว่าทุกๆ จุดในรูปที่ 2.19 ถูกบวกด้วยค่าคงที่ 50 ทำให้ภาพสว่างมากขึ้นและหากทำการปรับเปลี่ยนค่าคงที่เป็น -50 ผลลัพธ์ที่ได้ก็คือการลดค่าความสว่างของภาพลงโดยเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 การทดลองลดค่าความสว่างเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ

สำหรับการปรับความคมชัด (Contrast) ใช้เพื่อปรับรูปภาพเพื่อให้เกิดความคมชัดมากขึ้นหรือลดลง โดยใช้วิธีการคูณและการหารเข้ามากระทำ โดยการคูณกับค่าคงที่เป็นการเพิ่มความคมชัดให้สูงขึ้น และโดยการหารกับค่าคงที่เป็นการลดความคมชัดให้ต่ำลง ตัวอย่าง การลดค่าความคมชัดของภาพให้ต่ำลงเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ ดังรูปที่ 2.20

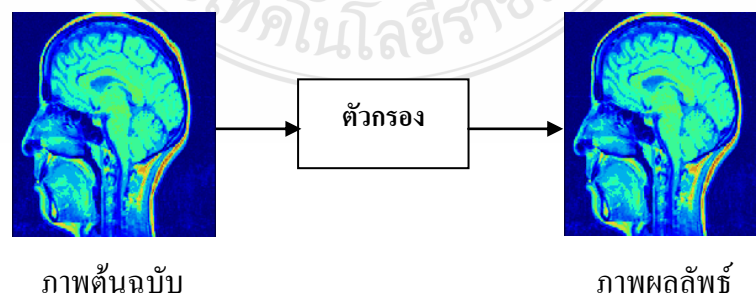


รูปที่ 2.20 ทดลองลดค่าความคมชัดเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ [8]

2.9 การกรองข้อมูลภาพ

การกรองข้อมูลภาพ (Image Filtering) คือการนำภาพไปผ่านตัวกรองสัญญาณเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ออกมา ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีคุณสมบัติแตกต่างจากภาพเริ่มต้น วัตถุประสงค์หลักของการกรองข้อมูลภาพคือการเน้น (Enhance) หรือลดทอน (Attenuate) คุณสมบัติบางประการของภาพเพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามต้องการ [10]

การกรองข้อมูลภาพ คือการประมวลผลภาพอย่างหนึ่งที่สำคัญมาก เนื่องจากในการใช้งานจริงภาพที่ได้มามักมีสัญญาณรบกวน หรือสัญญาณไม่พึงประสงค์อื่นๆ มาปะปนอยู่ด้วย การกรองข้อมูลภาพสามารถปรับปรุงให้ภาพมีคุณสมบัติที่ดีขึ้นเหมาะแก่การประมวลผล ในขั้นต่อไป การกรองข้อมูลภาพ ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 การกรองข้อมูลภาพ [10]

องค์ประกอบสำคัญของการกรองข้อมูลภาพ คือ ตัวกรอง หากเปรียบเทียบเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ต่างๆ ผสมกันอยู่ ตัวกรองก็คือ วงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เลือกหรือกรองให้สัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ในช่วงที่ต้องการผ่านออกไปได้ คุณสมบัติของตัวกรอง คือ ตัวกำหนดคุณสมบัติของภาพผลลัพธ์ เราอาจมองข้อมูลของภาพๆ หนึ่งให้เป็นสัญญาณๆ หนึ่งได้ด้วยการกำหนดให้ระดับความเข้มแสงของแต่ละจุด คือ ขนาด (Amplitude) [10] ของสัญญาณ ณ ตำแหน่งนั้นๆ ข้อแตกต่างระหว่างสัญญาณไฟฟ้ากับภาพคือ

- ขนาดของสัญญาณไฟฟ้าคือค่าแรงดันหรือกระแส แต่ขนาดของข้อมูลภาพ คือ ระดับความเข้มแสงของจุดภาพ

- การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าเป็นการเปลี่ยนแปลงเทียบกับเวลา ความถี่ของสัญญาณไฟฟ้าถูกกำหนดโดยอัตราการเปลี่ยนแปลงของขนาดของสัญญาณในหนึ่งช่วงเวลา แต่การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลภาพเป็นการเปลี่ยนแปลงเทียบกับตำแหน่งของจุดภาพ ความถี่ของการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนระดับความเข้มแสงของจุดที่อยู่ติดกัน

- สัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณมิติเดียว (Amplitude vs Time) แต่ภาพเป็นสัญญาณ 2 มิติ [10] (Intensity vs X & Y) [10]

ตัวกรองคือระบบๆ หนึ่งซึ่งรับสัญญาณเข้า (Input) ประมวลผลสัญญาณ และส่งสัญญาณออก (Output) โดยทั่วไปตัวกรองจะถูกสร้างให้เป็นระบบเชิงเส้น (Linear System) [10] เนื่องจากออกแบบได้ง่าย และมีประสิทธิภาพดี ปัจจุบันมีทฤษฎีและเทคนิคมากมายเกี่ยวกับการออกแบบตัวกรองสัญญาณแบบเชิงเส้น

ในการกรองข้อมูลภาพ เรามักพิจารณาว่าภาพคือสัญญาณ 2 มิติที่ประกอบขึ้นจากสัญญาณความถี่ต่างๆ ผสมกันอยู่ในสัดส่วนที่ต่างกัน การออกแบบตัวกรองจึงเป็นการกำหนดว่าเราต้องการกำจัดสัญญาณความถี่ใดออกไปหรือต้องการเลือกสัญญาณความถี่ใดบ้าง

2.9.1 ประเภทของตัวกรอง

ตัวกรองแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ตามลักษณะการเลือกความถี่คือ

- ก) ตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low-pass Filter)
- ข) ตัวกรองความถี่สูงผ่าน (High-pass Filter)
- ค) ตัวกรองแถบความถี่ผ่าน (Band-pass Filter)
- ง) ตัวกรองหยุดแถบความถี่ (Band-stop Filter)

ค่าพารามิเตอร์ หลักในการกำหนดคุณสมบัติของตัวกรองคือ ค่าความถี่คัตออฟ (Cut-Off Frequency) [10] ความถี่คัตออฟคือ ความถี่ที่ระบุจุดตัดของสัญญาณว่าจะให้ผ่านหรือไม่ให้ผ่าน ตัวอย่างเช่น ตัวกรองความถี่ต่ำผ่านที่มีค่าความถี่คัตออฟเท่ากับ 1,000 เฮิรตซ์จะยอมให้สัญญาณ

ที่มีความถี่ต่ำกว่า 1,000 เฮิรตซ์ผ่านไปได้ [10] แต่จะไม่ยอมให้สัญญาณที่มีความถี่สูงกว่า 1,000 เฮิรตซ์ผ่าน

สำหรับตัวกรองความถี่สูงผ่านจะทำงานตรงข้ามกับตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน คือไม่ยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ต่ำกว่าความถี่คัตออฟผ่านไปได้ แต่จะยอมให้ความถี่ที่สูงกว่าความถี่คัตออฟผ่านได้

วงจรถอดแถบความถี่ผ่านยอมให้สัญญาณในช่วงความถี่หนึ่งผ่านไปได้ หากสัญญาณมีความถี่อยู่นอกช่วงจะถูกลดทอนหรือไม่ยอมให้ผ่านไปได้ [10] สำหรับวงจรถอดแถบความถี่จะมีลักษณะการทำงานที่ตรงข้ามกันคือจะลดทอนสัญญาณที่มีความถี่ในช่วงที่กำหนดลงและจะผ่านได้เฉพาะความถี่ที่อยู่นอกช่วง

ในการกรองสัญญาณใดๆ เราจะต้องทราบความถี่ หรือช่วงความถี่ของสัญญาณที่เราต้องการ และสัญญาณที่เราไม่ต้องการ จากนั้นเราจะเลือกตัวกรองที่เหมาะสมมาใช้เพื่อกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการออกและหรือเน้นสัญญาณที่ต้องการให้เด่นชัดยิ่งขึ้น ตัวอย่าง เช่น สัญญาณรบกวน

2.9.2 การกรองโดยการเฉลี่ยจากหลายภาพ

หากเรามีชุดของภาพคุณภาพต่ำหลายๆ ภาพซึ่งถ่ายจากมุมมองเดียวกัน เราสามารถสร้างภาพใหม่ที่มีคุณภาพสูงกว่าจากชุดภาพนั้นได้ หากสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นแบบสุ่มภาพที่เก็บ แต่ละครั้งย่อมมีลักษณะแตกต่างกัน หากความเข้มแสงของจุดในภาพหนึ่งถูกรบกวนเราสามารถนำข้อมูลความเข้มแสงของจุดจากภาพอื่น ณ ตำแหน่งเดียวกันมาแทน แต่ละจุดในภาพผลลัพธ์ที่ได้ จะเกิดจากการเฉลี่ย (หรือเลือก) จากจุดที่ตรงกันของภาพต่างๆ ในชุดภาพ

ก) การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่าเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ (Mean Filtering)

วิธีการนี้จะใช้ค่าเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ของจุดทั้งหมด [10] วิธีนี้เป็นการลดทอนสัญญาณรบกวน ภาพที่ได้จะมีสัญญาณรบกวนลดลง หากมีภาพขนาด $N \times M$ ทั้งหมด K ภาพเราสามารถคำนวณหาภาพใหม่ได้ ดังสมการที่ 2.5

$$\hat{I}(x,y) = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K I_j(x,y) \quad (2.5)$$

$\hat{I}(x,y)$ คือความเข้มแสงของจุด ณ ตำแหน่ง (x,y) ในภาพผลลัพธ์

$I_j(x,y)$ คือความเข้มแสงของจุด ณ ตำแหน่ง (x,y) ในภาพที่ j

ข) การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน (Median Filtering)

วิธีการนี้จะนำเอาความเข้มแสงของจุดที่ตรงกันในภาพต่างๆ มาเรียงลำดับ (Sort) จากน้อยไปหามาก จากนั้นจะเลือกค่าที่อยู่ตรงกลางไปใช้ หากจำนวนภาพทั้งหมดเป็นจำนวนคู่ ค่าทั้งสองที่อยู่ตรงกลางจะนำมาหาค่าเฉลี่ย วิธีการนี้จะต้องใช้การเรียงลำดับซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาในการคำนวณสูง แต่ข้อดีคือ ไม่สูญเสียความคมชัด ดังรูปที่ 2.22

ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	=	ผลลัพธ์
1 2 1 3	2 3 4 3	3 2 1 4		2 2 1 3
4 2 2 1	5 3 4 1	2 1 4 0		4 2 4 1
0 1 1 3	3 2 4 2	1 4 2 0		1 2 2 2
2 2 1 1	1 3 1 2	2 4 0 2		2 3 1 2

รูปที่ 2.22 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน [10]

ค) การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่าฐานนิยม (Modal Filtering)

วิธีการนี้คล้ายกับวิธีใช้ค่ามัธยฐาน แต่ไม่ใช้การเรียงลำดับข้อมูลระดับความเข้มแสงที่ใช้บ่อยที่สุดจะถูกเลือกไปใช้ วิธีนี้เสมือนการโหวตลงคะแนนเสียง ผู้ที่ได้คะแนนเสียงสูงที่สุดคือผู้ชนะ วิธีนี้เหมาะสำหรับการลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นไม่บ่อย ดังรูปที่ 2.23

ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	=	ผลลัพธ์
1 2 1 3	2 3 4 3	3 2 1 4		2 2 1 3
4 2 2 1	5 3 4 1	2 1 4 0		4 2 4 1
0 1 1 3	3 2 4 2	1 4 2 0		1 2 2 2
2 2 1 1	1 3 1 2	2 4 0 2		2 3 1 2

รูปที่ 2.23 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่าฐานนิยม [10]

ง) การกรองโดยใช้หน้าต่าง

การกรองข้อมูลภาพวิธีนี้จะใช้หน้าต่างในการกำหนดขอบเขตของการพิจารณาเพื่อหา ระดับความเข้มแสงของจุดต่างๆ ในภาพผลลัพธ์ ความเข้มแสงของจุดที่อยู่รอบๆ จุดกึ่งกลางของ หน้าต่างจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้คือค่าความเข้มแสงของจุดในภาพผลลัพธ์ หน้าต่างจะถูก เลื่อนไปยังตำแหน่งต่างๆ ในภาพจนครบทุกจุด ดังรูปที่ 2.24

ภาพเริ่มต้น	ภาพผลลัพธ์
0 0 0 0 0 0	
0 1 2 1 2 0	Ⓐ B C D
0 2 3 9 1 0	E F G H
0 1 3 2 1 0	I J K L
0 0 0 0 0 0	

รูปที่ 2.24 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้หน้าต่าง [10]

จากรูปที่ 2.24 จะเห็นว่าหน้าต่างขนาด 3x3 ครอบคลุมที่มุมบนด้านซ้ายของภาพเริ่มต้น ความเข้มแสง ณ จุดกึ่งกลางของหน้าต่างมีค่าเท่ากับ 1 ความเข้มแสงของจุดภาพในภาพผลลัพธ์ ณ ตำแหน่งที่ตรงกับกึ่งกลางของหน้าต่างที่ครอบอยู่บนภาพเริ่มต้น (จุด A) สามารถคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยความเข้มแสงของทุกจุดในหน้าต่าง การหาค่าเฉลี่ยสามารถทำได้ 3 แบบคือการหาค่าเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ การหาค่าเฉลี่ยแบบมัธยฐาน และการหาค่าเฉลี่ยแบบฐานนิยม

การหาค่าเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ทำได้โดยการหาผลรวมของค่าความเข้มแสงของจุดทุกจุดในหน้าต่าง แล้วหารด้วยจำนวนจุดทั้งหมดในหน้าต่าง จากตัวอย่างในรูปที่ 2.25 (ก) ความเข้มแสงที่จุด A มีค่าเท่ากับ $(0+0+0+0+1+2+0+2+3) / 9 = 8/9$ ค่าความเข้มแสงที่จุดอื่น ๆ เราสามารถคำนวณได้โดยการเลื่อนหน้าต่างให้จุดกึ่งกลางตรงกับจุดที่ต้องการหาค่า

การหาค่าเฉลี่ยแบบมัธยฐานทำได้โดยการนำค่าทั้งหมดในตารางมาเรียงลำดับ (Sort) จากน้อยไปหามาก (หรือจากมากไปหาน้อยก็ได้) จากนั้นจะเลือกค่าที่อยู่ตรงกลางของลำดับเป็นค่าความเข้มแสงของจุดในภาพผลลัพธ์ หากจำนวนจุดในหน้าต่างเป็นจำนวนคู่ ผลลัพธ์จะคำนวณได้จากการเฉลี่ยค่าระหว่างจุดกึ่งกลางทั้งสอง [10] จากตัวอย่างในรูปที่ 2.25 (ข) เมื่อเรียงลำดับความเข้มแสงจะได้ลำดับดังนี้ (0 0 0 0 0 1 2 2 3) ค่าที่อยู่ตรงกลางคือ 0 ดังนั้นความเข้มแสงที่จุด A มีค่าเท่ากับ 0

การหาค่าเฉลี่ยแบบฐานนิยมทำได้โดยการเลือกระดับความเข้มแสงที่ใช้บ่อยที่สุดในหน้าต่างมาเป็นคำตอบ ปัญหาที่อาจเกิดจากการใช้วิธีนี้คือ มีระดับความเข้มแสงที่ใช้บ่อยที่สุดมากกว่าหนึ่งค่า (มีหลายคำตอบ) วิธีการแก้ไขคือการหาค่าเฉลี่ย หรือเปลี่ยนไปใช้การหาค่าเฉลี่ยแบบมัธยฐานจากตัวอย่างในรูปที่ 2.25 (ค) ค่าความเข้มแสงที่ใช้บ่อยที่สุดคือ 0 ดังนั้น ความเข้มแสงที่จุด A มีค่าเท่ากับ 0 นอกจากการหาค่าผลลัพธ์โดยวิธีหาค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีวิธีการหาผลลัพธ์อีกวิธีคือ การหาค่าเฉลี่ยจากจุด k จุดที่มีค่าความเข้มใกล้เคียงกับค่าความเข้มแสงของจุดกึ่งกลางของหน้าต่าง วิธีนี้เรียกว่า K-Closest averaging [10] การคำนวณหา

ผลลัพธ์เริ่มจากการนำค่าความเข้มแสงของทุกจุดในหน้าต่างมาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก จากนั้นค่าที่อยู่รอบๆ ค่าของจุดกึ่งกลางหน้าต่างจำนวน k ค่าจะถูกเลือกมาเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยนี้คือ ความเข้มแสงของจุดในภาพผลลัพธ์ ในการหาค่าเฉลี่ยอาจนำค่าของความเข้มสีที่จุดกึ่งกลางมาคิดด้วยก็ได้ จากตัวอย่างใน รูปที่ 2.25 (ง) เมื่อเรียงลำดับความเข้มแสงจะได้ลำดับดังนี้ (0 0 0 0 0 1 2 2 3) หากกำหนดให้ $k = 4$ และไม่นำค่าที่จุดกึ่งกลาง (1) มาคิดค่าความเข้มแสงที่จุด A มีค่าเท่ากับ $(0+0+2+2)/4 = 1$ หากนำค่าที่จุดกึ่งกลางมาคิดค่าความเข้มแสงที่จุด A จะมีค่าเท่ากับ $(0+0+1+2+2)/5 = 1$ และแสดงภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีต่างๆ ดังรูปที่ 2.25 (ง)

1 2 2 1	0 1 1 0	0 0 0 0	1 2 1 3
1 2 2 2	1 2 2 1	0 2 2 1	2 2 3 1
1 2 2 1	0 2 1 0	0 0 0 0	1 4 2 1
(ก)	(ข)	(ค)	(ง)

รูปที่ 2.25 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้หน้าต่าง [10]

- (ก) ใช้การเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ (แสดงผลลัพธ์หลังการปิดเศษ)
- (ข) ใช้มัธยฐาน
- (ค) ใช้ฐานนิยม (ใช้มัธยฐานแทนสำหรับจุดที่มีปัญหา)
- (ง) ใช้ k-closest averaging (แสดงผลลัพธ์หลังการปิดเศษ)

จ) การกรองโดยวิธีคอนโวลูชัน

วิธีการกรองข้อมูลภาพที่กล่าวมาส่วนใหญ่อาศัยหลักของการหาค่าเฉลี่ยโดยอาจเป็นการหาค่าเฉลี่ยของจุดเดียวกันจากภาพหลายๆภาพ หรืออาจเป็นการหาค่าเฉลี่ยจากจุดต่างๆที่อยู่รอบๆ จุดที่เราสนใจ เนื่องจากการหาค่าเฉลี่ยเป็นการลดการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล วิธีการที่ผ่านมาจึงใช้ได้ดีกับการกำจัดสัญญาณรบกวนที่เป็นสัญญาณความถี่สูง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการกรองสัญญาณมีวัตถุประสงค์เพื่อนำคุณสมบัติบางอย่างที่ต้องการในภาพให้เด่นชัดขึ้น ในขณะที่ลดทอนคุณสมบัติที่ไม่ต้องการลง หากเราต้องการเน้นการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มของจุดต่างๆ ภายในภาพให้เด่นชัดขึ้น ในที่นี้จะเสมือนกับการกรองสัญญาณความถี่สูงผ่าน เราจะไม่สามารถใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยได้ วิธีที่สามารถนำมาใช้ได้คือ การคอนโวลูชัน (Convolution) [10]

1) การคอนโวลูชัน

การคอนโวลูชันคือการกระทำกันระหว่างเทมเพลต (Template) กับภาพ (Image) เทมเพลต คือเมตริกซ์ขนาด $n \times m$ ของชุดตัวเลขที่จะนำไปซ้อนทับภาพที่ตำแหน่งต่างๆ เพื่อหาผลลัพธ์ของการคอนโวลูชัน ถ้ากำหนดให้เทมเพลต $T(x,y)$ เป็นเทมเพลตขนาด $n \times m$ และภาพ $I(X,Y)$ มีขนาด $N \times M$ การคอนโวลูชันระหว่างเทมเพลตกับภาพสามารถแสดงได้ ดังสมการที่ 2.6

$$I'(X,Y) = T * I = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} T(i,j) \cdot I(X-i,Y-j) \quad (2.6)$$

โดย $I'(X,Y)$ คือภาพผลลัพธ์จากการคอนโวลูชัน

จากสมการที่ 2.6 จะเห็นว่าระดับความเข้มแสง ณ จุด (X,Y) ในภาพผลลัพธ์ได้จากการหาผลรวมของผลคูณของระหว่างค่าในเทมเพลตกับค่าระดับความเข้มแสงของภาพในบริเวณที่เทมเพลตซ้อนทับอยู่จากสมการ ตัวชี้ตำแหน่งจุดในภาพ $(X-i,Y-j)$ แสดงให้เห็นว่าการพลิกเทมเพลตทางแกนนอน และแกนตั้ง สมการที่ 2.7 แสดงการคอนโวลูชันที่ไม่ต้องมีการพลิกเทมเพลต ซึ่งวิธีการนี้มีชื่อที่แท้จริงว่า Cross-Correlation และเป็นที่ยอมรับใช้ในการประมวลผลภาพ

$$I'(X,Y) = T * I = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} T(i,j) \cdot I(X+i,Y+j) \quad (2.7)$$

ขั้นตอนของการคอนโวลูชันประกอบด้วย การเลื่อน บวก และคูณ เราสามารถใช้การคอนโวลูชันในการประมวลผลภาพได้ในหลายลักษณะ เช่น กรองสัญญาณภาพ การหาขอบภาพ (Edge Detection) [9] หรือการหารูปร่างของวัตถุในภาพ เป็นต้น

โดยทั่วไป ในการคอนโวลูชัน เราจะไม่มีขอมให้มีการเลื่อนเทมเพลตออกนอกเขตของภาพ ดังนั้นถ้าเทมเพลตมีขนาดใหญ่กว่า 1×1 ภาพผลลัพธ์จะมีขนาดเล็กกว่าภาพเริ่มต้นเสมอ ตัวอย่างเช่น การคอนโวลูชันระหว่างภาพขนาด 4×5 กับ เทมเพลตขนาด 2×2 ต่อไปนี้

เทมเพลต	*	ภาพเริ่มต้น	=	ภาพผลลัพธ์
1 0	*	1 1 3 3 4	=	2 5 7 6 *
0 1	*	1 1 4 4 3	=	2 4 7 7 *
		2 1 3 3 3		3 2 7 7 *
		1 1 1 4 4		* * * * *

รูปที่ 2.26 ภาพที่ถูกกระทำด้วยเทมเพลตขนาด 2×2 [10]

จะให้ภาพผลลัพธ์ที่มีขนาด 3×4 จากตัวอย่างข้างต้น ค่าความเข้มสีระดับ 3 ในภาพผลลัพธ์ ได้จากการหาผลรวมของผลคูณระหว่างเทมเพลตกับภาพในบริเวณที่เรงา ซึ่งมีค่าเท่ากับ $(1 \times 2) + (0 \times 1) + (0 \times 1) + (1 \times 1) = 3$

จากตัวอย่าง พบว่าจุดมุมบนซ้ายของเทมเพลตคือจุดอ้างอิงในการกำหนดจุดของภาพผลลัพธ์ในความเป็นจริงแล้วเราสามารถเลือกจุดใดๆ ในเทมเพลตให้เป็นจุดอ้างอิงก็ได้ การเลือกเอาจุดกึ่งกลางของเทมเพลตที่มีความกว้างและสูงเป็นจำนวนคี่ (เช่นเทมเพลตขนาด 3×3 3×5 5×5 และ 7×7 เป็นต้น) เป็นจุดอ้างอิงนับว่ามีความเหมาะสมยิ่ง อย่างไรก็ตามในแง่ของการเขียนโปรแกรม การใช้จุดมุมเป็นจุดอ้างอิงจะลดความซับซ้อนในการเขียนโปรแกรม เนื่องจากไม่มีปัญหาสำหรับการคอนโวลูชัน โดยใช้เทมเพลตที่มีขนาดไม่คี่ที่ ดังนั้นจะใช้จุดมุมบนซ้ายเป็นจุดอ้างอิงในการทำคอนโวลูชันทุกครั้งเว้นแต่มีการกำหนดให้เป็นอย่างอื่น

การคอนโวลูชันที่ไม่ยอมให้เทมเพลตเลื่อนออกนอกบริเวณขอบภาพเรียกว่า การคอนโวลูชันแบบไม่เป็นรายคาบ (Aperiodic Convolution) วิธีการนี้จะได้ภาพที่มีขนาดเล็กลงหากต้องการคงขนาดภาพไว้ จะต้องใช้การคอนโวลูชันแบบเป็นรายคาบ (Periodic Convolution) การคอนโวลูชันแบบนี้เปรียบเสมือนการม้วนภาพให้ขอบซ้ายมาชนกับขอบขวา และม้วนให้ขอบบนมาชนกับขอบล่าง เมื่อเทมเพลตเลื่อนตกขอบข้างใดข้างหนึ่ง ส่วนของเทมเพลตที่เลยขอบก็จะไปทับกับขอบภาพอีกด้านหนึ่ง

วิธีการอย่างง่ายที่ทำให้ภาพผลลัพธ์มีขนาดเท่ากับภาพเริ่มต้นคือการเติมค่าศูนย์บริเวณรอบๆ ภาพเริ่มต้น เพื่อให้ภาพเริ่มต้นมีขนาดใหญ่ขึ้น หลังจากการคอนโวลูชันจะได้ภาพผลลัพธ์ที่มีขนาดเท่ากับภาพเริ่มต้นก่อนมีการชดเชย รูปที่ 2.27 แสดงการคอนโวลูชันที่มีการเติมค่าศูนย์ให้กับภาพเริ่มต้น

ภาพเริ่มต้น	ภาพเริ่มต้นหลังจากเติมศูนย์	เทมเพลต	ภาพผลลัพธ์
	0 0 0 0 0		
1 2 3	0 1 2 3 0	1 0 0	6 8 3
4 5 6	0 4 5 6 0	* 0 1 0	= 12 15 8
7 8 9	0 7 8 9 0	0 0 1	7 12 14
	0 0 0 0 0		

รูปที่ 2.27 ผลของการเติมค่าศูนย์รอบภาพเริ่มต้นก่อนทำการคอนโวลูชัน [10]

การคอนโวลูชันแม้เป็นกระบวนการประมวลผลภาพที่ง่าย แต่ต้องใช้เวลาในการคำนวณสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคอนโวลูชันระหว่างภาพและเทมเพลตที่มีขนาดใหญ่ หากภาพมีขนาด $M \times M$ และเทมเพลตมีขนาด $n \times n$ จะต้องมีการคูณถึง $M^2 n^2$ ครั้ง ถ้า $M=512$ และ $n=16$ จะต้องมีการคูณประมาณ 32 ล้านครั้ง การคำนวณที่มากขนาดนี้ทำให้ไม่สามารถประมวลผลภาพเคลื่อนไหวในเวลาจริง (real-time) ได้ เว้นแต่จะมีฮาร์ดแวร์ที่ออกแบบมาเฉพาะสำหรับภาพและเทมเพลตที่มีขนาดใหญ่ ($M \geq 512$ และ $N \geq 32$) การแปลงภาพและเทมเพลตให้อยู่ในรูปของข้อมูลในโดเมนความถี่ (Frequency Domain) จะช่วยลดการคำนวณลงได้อย่างมาก จากตัวอย่างข้างต้น การคอนโวลูชันในโดเมนความถี่จะลดจำนวนครั้งของการคูณลงเหลือเพียง 256,000 ครั้งเท่านั้น

2) เทมเพลตสำหรับกรองความถี่ต่ำผ่าน

เทมเพลตขนาด 3×3 ต่อไปนี้สามารถใช้เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของค่าความเข้มแสงในภาพ ดังรูปที่ 2.28

1	1	1
1	1	1
1	1	1

รูปที่ 2.28 เทมเพลตสำหรับกรองความถี่ต่ำผ่าน [10]

ผลของการคอนโวลูชันกับเทมเพลตนี้ จะเหมือนกับการหาผลรวมของจุดภาพทั้ง 9 จุดที่เทมเพลตซ้อนทับอยู่ การเปลี่ยนแปลงใดๆ ในบริเวณดังกล่าวจะถูกเฉลี่ยให้มีความราบเรียบ ผลที่ได้คือสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลง (เช่นสัญญาณรบกวนความถี่สูง) จะถูกลดทอนภาพที่ได้จะมีความคมชัดลดลง คุณสมบัตินี้เปรียบได้กับการกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านเทมเพลตการกรองความถี่ต่ำผ่านที่นิยมใช้อีกแบบ แสดงดังรูปที่ 2.29

1	3	1
3	16	3
1	3	1

รูปที่ 2.29 เทมเพลตสำหรับกรองความถี่ต่ำผ่าน [10]

จากรูปที่ 2.29 เเทมเพลตนี้จะเน้นความสำคัญของจุดที่อยู่ตรงกลางเทมเพลตเป็นพิเศษ โดยจะให้จุดกลางมีน้ำหนัก 50% ของทั้งหมด และให้น้ำหนักรวมของจุดทั้ง 4 ที่อยู่ด้านบน ด้านล่าง ด้านซ้าย และด้านขวาของจุดกลางมีค่าเท่ากับ 40% ส่วนจุดมุมทั้ง 4 มีน้ำหนักเพียง 10% โดยจุดที่อยู่ใกล้จุดศูนย์กลางจะมีน้ำหนักมากกว่าจุดที่อยู่ห่างออกไป

3) เเทมเพลตสำหรับกรองความถี่สูงผ่าน

สัญญาณความถี่สูง คือสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าไปมาอย่างรวดเร็วต่างกับสัญญาณความถี่ต่ำ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงค่าอย่างช้าๆ หรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย การกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter) ก็คือการกรองสัญญาณที่เพิ่มความแรงของสัญญาณที่มีความถี่สูงและลดความแรงของสัญญาณที่มีความถี่ต่ำ เเทมเพลตต่อไปนี้ใช้สำหรับการกรองความถี่สูงผ่าน ดังรูปที่ 2.30

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

รูปที่ 2.30 เเทมเพลตสำหรับกรองความถี่สูงผ่าน [10]

จะเห็นว่าผลรวมของทุกค่าในเทมเพลตมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งหมายความว่า ถ้าวางเทมเพลตนี้ลงบนบริเวณของภาพที่มีค่าความเข้มแสงคงที่ ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าเป็นศูนย์ อย่างไรก็ตาม ถ้าค่าที่บริเวณตรงกลางแตกต่างกับค่ารอบๆ ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงค่าความแตกต่างยิ่งขึ้น

2.10 การเพิ่มและลดความคมชัด

การเพิ่มและลดความคมชัดของภาพ จะกระทำผ่านการตัวกระทำที่เรียกว่า High Pass [8] และการลดความคมชัดจะกระทำผ่านตัวกระทำที่เรียกว่า Low Pass โดยมีค่า Mask coefficient ของ High Pass แสดงดังรูปที่ 2.31

0	-1	0	หรือ	0	-1	0
-1	5	-1		-1	9	-1
0	-1	0		0	-1	0

รูปที่ 2.31 เเทมเพลตสำหรับกรองความถี่สูงผ่านเพื่อเพิ่มความคมชัด [8]

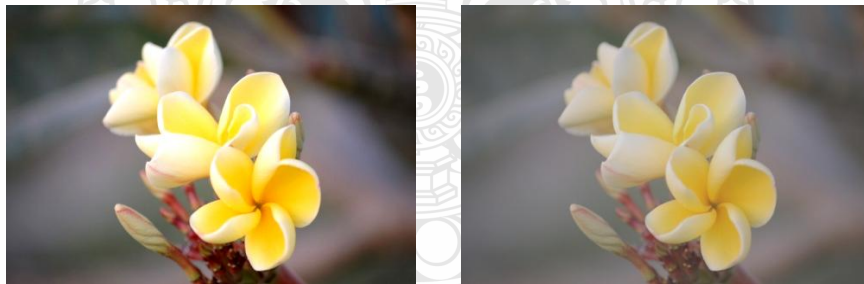


รูปที่ 2.32 การเพิ่มความคมชัดโดยวิธี High Pass

การเพิ่มความคมชัดจะช่วยให้วัตถุในภาพถูกเน้นรายละเอียดให้เด่นชัดยิ่งขึ้นดังในรูปที่ 2.32 ตัวอย่างที่เปรียบเทียบระหว่างภาพภาพต้นฉบับ (รูปทางด้านซ้าย) กับภาพที่ทำการเพิ่มความคมชัด (รูปทางด้านขวา) และการทำภาพเบลอจะเกิดจากการใช้ Low Pass [8] โดยที่ค่าของ Mask Coefficient ของ Low Pass แสดงได้ดังรูปที่ 2.33

$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	หรือ	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$		$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$		$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$		$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$

รูปที่ 2.33 เทมเพลตสำหรับกรองความถี่ต่ำผ่านเพื่อลดความคมชัด [8]



รูปที่ 2.34 การลดความคมชัดโดยวิธี Low Pass

การลดความคมชัดจะช่วยลดสัญญาณรบกวนของภาพ (Picture Noise) ที่เกิดขึ้นในภาพได้ ดังตัวอย่างที่เปรียบเทียบระหว่างภาพที่ทำการลดความคมชัดกับภาพต้นฉบับดังรูปที่ 2.34 ตัวอย่างที่เปรียบเทียบระหว่างภาพภาพต้นฉบับ (รูปทางด้านซ้าย) กับภาพที่ทำการลดความคมชัด (รูปทางด้านขวา)

กรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย (Simple linear regression) คือการวิเคราะห์ความถดถอย ที่มีตัวแปรที่เราารู้ค่า (Predictor) และตัวแปรที่เราไม่รู้ค่า (Response) อย่างละ 1 ตัว ส่วนกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple linear regression) จะมีตัวแปรที่เราไม่รู้ค่า (Response) อย่างน้อย 1 ตัว [12] การวิเคราะห์ความถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression) และการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) สามารถนำไปใช้ในการสร้างโมเดลสำหรับการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตาม การวิเคราะห์ความถดถอยถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. ต้องการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และมีความสัมพันธ์กันอย่างไร ในกลุ่มตัวแปรอิสระหลายๆ ตัวนั้น ตัวใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ตัวใดมีความสัมพันธ์สูง ตัวใดมีความสัมพันธ์น้อย หรือไม่มีความสัมพันธ์ เพื่อที่จะสามารถคาดการณ์ได้ว่าตัวแปรอิสระตัวใดมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมากที่สุด เช่น ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักทารกแรกเกิด กับอายุ น้ำหนัก และส่วนสูงของมารดา
2. ต้องการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ทำนายตัวแปรตาม โดยรูปแบบจำลองดังกล่าวอยู่ในลักษณะสมการทางคณิตศาสตร์ เช่น ศึกษาปริมาณลมที่มีผลต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันลม
3. ต้องการทราบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระบางตัวที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยควบคุมอิทธิพลของตัวแปรอิสระตัวอื่นๆ ใ้คงที่ เช่น ศึกษาอิทธิพลของความวิตกกังวลที่มีต่อประสิทธิภาพการทำงาน เมื่อควบคุมระยะเวลาในการทำงานติดต่อกันให้คงที่
4. ต้องการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ดีที่สุด เพื่อนำไปใช้ในการทำนายตัวแปรตาม โดยอาจมีแบบจำลองจำนวนมากให้ตัดสินใจ
5. ต้องการทราบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับทำนายนั้นจะมีประสิทธิภาพในการทำนายได้อย่างคงเส้นคงวาหรือไม่ เมื่อนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายต่างๆ กัน [13]

2.11.1 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ 2 ตัวแปร คือตัวแปรอิสระหนึ่งตัวและตัวแปรตามหนึ่งตัว ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองเป็นลักษณะเชิงเส้นตรง ถ้ามีตัวแปร 2 ตัวเป็นคู่ๆ เราอาจจะดูว่าตัวแปร 2 ตัวนั้นมีความสัมพันธ์กันในลักษณะใด โดยการสร้างแผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram) ระหว่างตัวแปร 2 ตัวนั้น ซึ่งภาพที่ได้ อาจจะเป็นเส้นตรง เส้นโค้ง ไม่เป็นเส้น ฯลฯ ในกรณีที่แผนภาพการกระจายนั้นเป็นเส้นตรง เราสามารถสร้างเป็นความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการได้ ดังสมการที่ 2.8 ซึ่งสมการดังกล่าวเรียกว่าสมการถดถอยอย่างง่าย [14]

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i \quad (2.8)$$

โดย Y_i เป็นค่าของตัวแปรตาม

α เป็นค่าของ Y_i เมื่อ X_i เป็นศูนย์ (Y- intercept)

β เป็นค่า Slope ของสมการ, สัมประสิทธิ์ของความถดถอย(Y- intercept)

ε_i เป็นค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริงกับค่าประมาณของ Y_i

วิธีหาค่า α และค่า β จะประมาณโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมกันมาก โดยมีหลักการคือ จะทำให้ผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่าง Y_i และ \hat{Y} ที่ได้จาก การประมาณมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งสมการประมาณการจะมีรูปแบบ ดังสมการที่ 2.9 [14]

$$\hat{Y}_i = a + bX_i \quad (2.9)$$

โดย a คือค่า Y-intercept เป็นค่าประมาณของ α

b คือค่า Slope เป็นค่าประมาณของ β

\hat{Y}_i คือค่าประมาณการของ Y_i เมื่อตัวแปรอิสระคือ X_i

จากสมการที่ 2.9 ค่า a หาได้จากสมการที่ 2.10 และค่า b หาได้จากสมการ 2.11

$$a = \frac{\sum Y_i}{n} - b \frac{\sum X_i}{n} \quad (2.10)$$

$$\text{ค่า } b = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} \quad (2.11)$$

$$\text{โดย } S_{xx} = \sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n} \quad (2.12)$$

$$S_{xy} = \sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n} \quad (2.13)$$

ก) การประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย

ประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย ค่า SEE เป็นค่าที่บอกความแปรปรวนของ Y ที่แตกต่างไปจาก \hat{Y} ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ 2.14 [14]

$$SEE = \sqrt{\frac{S_{yy} - (b \times S_{xy})}{n - 2}} \quad (2.14)$$

$$\text{โดย } S_{YY} = \sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n} \quad (2.15)$$

ถ้าค่า $SEE = 0$ แสดงว่าค่าพยากรณ์ (\hat{Y}) ไม่มีความคลาดเคลื่อนเลย แต่ถ้าค่า SEE ยังมีค่ามากแสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนยังมีค่าสูง

ข) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R^2)

เป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด (ตัวแปรตามสามารถอธิบายโดยตัวแปรอิสระได้มากน้อยเพียงใด) คำนวณได้จาก สมการที่ 2.16 [14]

$$R^2 = \frac{b * S_{xy}}{S_{yy}} \quad (2.16)$$

เช่น ถ้าคำนวณค่า R^2 ได้เท่ากับ 96.00% แสดงว่าความผันแปรของตัวแปรตาม (Y) สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระ (X) ถึง 96%

ค) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient: r)

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ใช้ประโยชน์ในการวัดว่าตัวแปรมีระดับความสัมพันธ์กันมากน้อยเท่าไรและความสัมพันธ์เป็นไปในลักษณะใด ดังสมการที่ 2.17 [14]

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} * S_{yy}}} \quad (2.17)$$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ค่า r ที่ได้จะมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1 ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงถึงระดับความสัมพันธ์ของชุดข้อมูล ซึ่งเราสามารถวิเคราะห์ค่า r ได้ดังนี้ [14]

ถ้าค่า $r = 1$ เป็นสหสัมพันธ์บวกและมีความสัมพันธ์กันมาก (สมบูรณ์) ตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระจะเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน [14]

ถ้าค่า $r = -1$ เป็นสหสัมพันธ์ลบและมีความสัมพันธ์กันมาก (สมบูรณ์) ตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระจะเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงข้ามกัน [14]

ถ้าค่า $r = 0$ เส้นถดถอยจะตั้งฉากกับแกน Y (ในกรณีที่ Y เป็นตัวแปรตาม) หมายความว่าตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามไม่มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง [14]

หรืออาจกล่าวได้ว่า ถ้าค่า r ยิ่งห่างไกลจาก 0 มากเท่าใดแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามยิ่งมากขึ้นเท่านั้น ส่วนเครื่องหมายจะเป็นตัวบ่งชี้ทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม [14]

2.11.2 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ (Multiple Linear Regression)

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ เป็นเทคนิคทางสถิติที่นิยมนำมาใช้อย่างแพร่หลายในงานวิจัย การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ นั้นเป็นสถิติที่นำมาใช้เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่มากกว่า 1 ตัวแปร และตัวแปรตาม 1 ตัวแปร โดยตัวแปรอิสระจะเป็นตัวแปรสำหรับทำนายหรือพยากรณ์การผันแปรของตัวแปรตาม ในบางครั้งอาจเรียกตัวแปรอิสระว่า ตัวแปรพยากรณ์ (Predictor Variables) [15]

โดยทั่วไปแล้วการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุเป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้เพื่อพยากรณ์การผันแปรของตัวแปรตามด้วยชุดตัวแปรอิสระ ดังนั้น จำนวนตัวแปรอิสระที่คัดเลือกมาศึกษาเพื่อใช้พยากรณ์การผันแปรของตัวแปรตาม จึงไม่ควรศึกษาเพียง 2 ตัวแปร แต่ควรคัดเลือกตัวแปรหลายๆ ตัว มาทำการศึกษา ซึ่งตัวแปรอิสระที่คัดเลือกมานั้น ต้องเป็นตัวแปรที่มีแนวคิด ทฤษฎี หรือ งานวิจัยสนับสนุนว่าเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ในระดับที่สูง เช่น ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุ เพศ ปัญหาในการทำงาน ความขัดแย้งในครอบครัว กับความรู้สึกเก็บกด ของผู้ป่วยในโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง โดยสมการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุสามารถแสดงได้ ดังสมการที่ 2.18 [15]

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (2.18)$$

จากสมการที่ 2.18 b_0 หาได้จากสมการที่ 2.19, b_1 หาได้จากสมการที่ 2.20 และ b_2 สามารถหาได้จากสมการที่ 2.21 [15]

$$b_0 = \bar{y} - b_1\bar{x}_1 - b_2\bar{x}_2 \quad (2.19)$$

$$b_1 = \frac{(SSX_2)(SX_1Y) - (SX_1X_2)(SX_2Y)}{(SSX_1)(SSX_2) - (SX_1X_2)^2} \quad (2.20)$$

$$b_2 = \frac{(SSX_1)(SX_2Y) - (SX_1X_2)(SX_1Y)}{(SSX_1)(SSX_2) - (SX_1X_2)^2} \quad (2.21)$$

$$\text{โดยที่ } SX_1Y = \sum x_1y - \frac{(\sum x_1)(\sum y)}{n} \quad (2.22)$$

$$SX_2Y = \sum x_2y - \frac{(\sum x_2)(\sum y)}{n} \quad (2.23)$$

$$SX_1X_2 = \sum x_1x_2 - \frac{(\sum x_1)(\sum x_2)}{n} \quad (2.24)$$

ส่วนการหาค่าและการแปรผลค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R^2) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จะใช้หลักและวิธีการเดียวกับการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย [15]

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้ผู้วิจัยนำเสนอเกี่ยวกับงานวิจัยอื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่ทำการศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการ จากการค้นคว้าพบว่าม้งงานที่เกี่ยวข้องกับงานที่กำลังศึกษา แต่ส่วนมากมักใช้เทคนิคการตรวจวัดคลอโรฟิลล์ด้วยการตรวจจับแสง ในการศึกษาที่ผู้วิจัยมีสมมุติฐานคือการใช้ภาพถ่ายในการประมวลผล โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะนำเสนอ มีรายละเอียดดังนี้

2.12.1 งานวิจัยเรื่อง “An Algorithm for Estimation Chlorophyll Content in Leaves Using a Video Camera” [17]

วิจัยโดย Shigeto Kawashima และ Makoto Nakatani ได้ทำการศึกษาวิธีการประมาณค่าคลอโรฟิลล์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการประมาณค่าคลอโรฟิลล์โดยใช้กล้องวิดีโอ Sony Handycam และเลือกใช้กรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายในการประมาณค่าคลอโรฟิลล์ โดยใช้ค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ในการประมาณค่า ซึ่งผลปรากฏว่าการประมาณค่าด้วยตัวแบบที่สร้างจากกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นแบบต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน โดยสรุปในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบที่ใช้ในการประมาณค่า

ค่าสีที่ใช้	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์					
	20 April	21 April	18 May	24 May	7 June	All data
R	-0.51	-0.90	-0.84	-0.95	-0.90	-0.44
G	-0.47	-0.90	-0.87	-0.94	-0.89	-0.39
B	-0.07	0.02	-0.15	-0.68	-0.20	-0.02

ตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบที่ใช้ในการประมาณค่า (ต่อ)

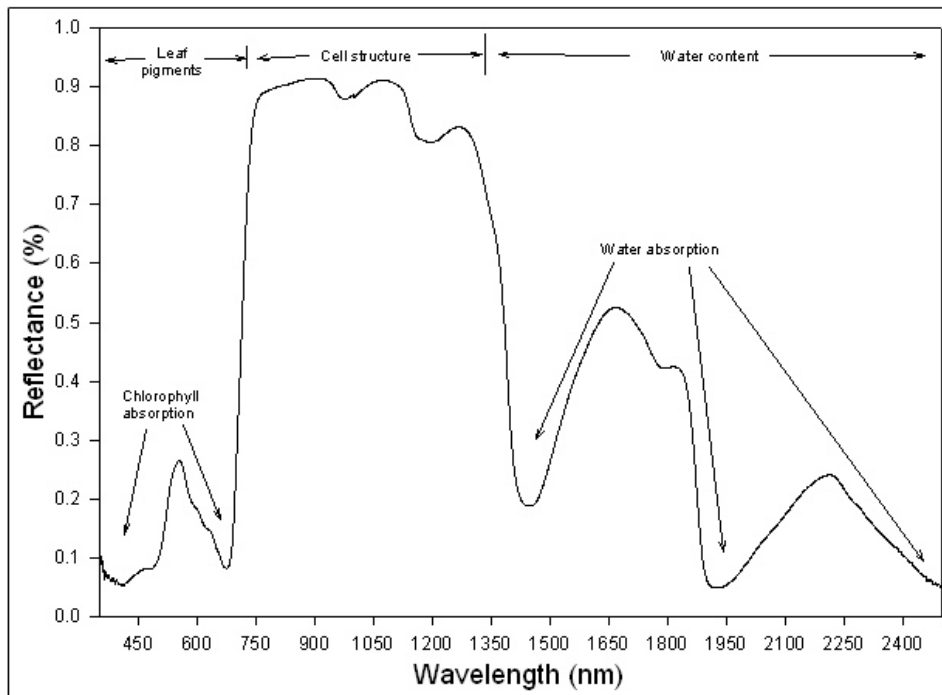
ค่าสัมประสิทธิ์	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์					
	20 April	21 April	18 May	24 May	7 June	All data
$R/(R+G+B)$	-0.76	-0.90	-0.85	-0.95	-0.92	-0.79
$G/(R+G+B)$	-0.33	-0.53	-0.74	-0.20	-0.58	-0.46
$B/(R+G+B)$	0.59	0.94	0.89	0.89	0.90	0.78
$R-G$	-0.19	-0.42	0.27	-0.85	-0.48	-0.25
$R-B$	-0.91	-0.95	-0.91	-0.96	-0.94	-0.76
$G-B$	-0.88	-0.96	-0.93	-0.95	-0.95	-0.69
$(R-G)/(R+G)$	-0.60	-0.64	-0.45	-0.91	-0.81	-0.54
$(R-B)/(R+B)$	-0.64	-0.95	-0.89	-0.92	-0.91	-0.81
$(G-B)/(G+B)$	-0.54	-0.92	-0.88	-0.85	-0.88	-0.75
$(R-G)/(R+G+B)$	-0.53	-0.59	-0.34	-0.90	-0.77	-0.49
$(R-B)/(R+G+B)$	-0.66	-0.95	-0.89	-0.92	-0.92	-0.80
$(G-B)/(R+G+B)$	-0.51	-0.89	-0.86	-0.79	-0.85	-0.71

จากตารางที่ 2.2 จะเห็นว่าในส่วน All data นั้นตัวแบบที่ใช้การนอมนัลไลน์ข้อมูลในรูปแบบ $(R-B)/(R+B)$ จะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ดีที่สุดคือ -0.81 และสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับค่าคลอโรฟิลล์ที่วัดจากเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ในรูปแบบแปรผกผัน

2.12.2 งานวิจัยเรื่อง “Canopy Chlorophyll Estimation With Hyperspectral Remote Sensing” [18]

วิจัยโดย Jincheng Gao ได้ทำการศึกษาวิธีการประมาณค่าคลอโรฟิลล์ของพืชบนพื้นดิน โดยใช้หลักการ Hyper spectral Remote Sensing คือการนำความถี่แสงในย่านต่างๆ ส่งกระจายจากหัวส่งสัญญาณจากด้านบนลงมาสู่พื้นผิวดิน ผลที่ได้จะเกิดปฏิกิริยาสะท้อนกลับของความถี่ในบางย่าน ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืช เนื่องจากคุณสมบัติของคลอโรฟิลล์จะสามารถดูดซับแสงได้ดีในบางย่านความยาวของแสง ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้ความยาวแสงในช่วง 350 - 2500nm ซึ่งเป็นความยาวแสงในช่วงแสงสีแดงและสีน้ำเงิน จากการทดลองผลปรากฏว่าความยาวแสงในช่วง 540nm เป็นช่วงที่มีอัตราการสะท้อนกลับสูงที่สุด เนื่องจากคลอโรฟิลล์ในใบพืชและจะดูดซับแสงในย่านความถี่สีเขียวได้น้อย ส่งผลให้แสงในย่านความยาว แสงสีเขียว จะเกิดการสะท้อนกลับมายังเซ็นเซอร์ในปริมาณที่สูงมาก โดยสามารถแสดงระดับการสะท้อนกลับของแสงในช่วงความยาวแสงต่างๆ ได้ดังรูปที่ 2.36

ซึ่งระดับการสะท้อนกลับจะถูกนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่าคลอโรฟิลล์ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอย



รูปที่ 2.36 อัตราการสะท้อนกลับในช่วงต่างๆ

2.12.3 งานวิจัยเรื่อง “การพัฒนาต้นแบบเครื่องมือวัดคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในใบข้าวแบบประเมินผลเร็ว” (2548-2549) [4]

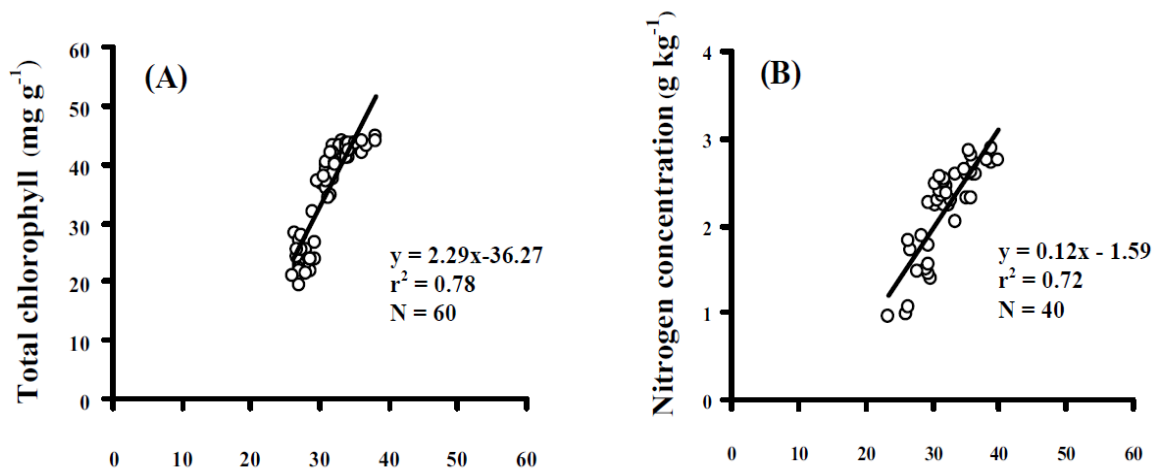
วิจัยโดย รศ.ดร.สายัณห์ สดุดิ ได้ทำการวิจัยสร้างเครื่องมือในการวัดคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในใบข้าว ใช้หลักการดูดซับแสงในย่านความยาวแสงต่าง ๆ ของคลอโรฟิลล์ในใบข้าว เครื่องมือออกแบบด้วยแหล่งกำเนิดแสงย่านสีแดงช่วงความยาวคลื่น 650nm และแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรดช่วงความยาวคลื่น 940nm โดยมีตัวตรวจจับแสง (Photo Dectector) ทำหน้าที่วัดค่าความเข้มของแสงที่ทะลุผ่านใบข้าวมายังตัวตรวจจับ เพื่อนำค่าความเข้มของแสงในย่านทั้งสองที่ทะลุจากใบข้าว ในรูปของแรงดันไฟฟ้ามาทำการประมวลผลเพื่อหาค่าคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย จากการทดลองกับใบข้าวจำนวน 60 ใบ พบว่ามีระดับความสัมพันธ์ ($R^2 = 0.7838$) ข้อมูลมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง โดยตัวแบบเชิงเส้นที่ออกแบบด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยแสดง ดังสมการที่ 2.25

$$y = 2.2915x - 36.269 \quad (2.25)$$

2.12.4 งานวิจัยเรื่อง “การใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์เพื่อประเมินไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์รวม

ในใบข้าวที่มีการให้ปุ๋ย”(2550) [19]

วิจัยโดย รศ.ดร.สาย์ณห์ สดุดี และ บุญเจริญ วงศ์กิตติศึกษา ได้ทำการศึกษาการประเมินปริมาณไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์รวมในใบข้าว ทำการทดลองในกระถางภายใต้เรือนกระจก โดยมี 3 วิธีการทดลอง คือ 1. ไม่ใส่ปุ๋ยหรือควบคุม 2. ให้ปุ๋ยไนโตรเจน (46%N) 10 ก./กระถาง และ 3. ให้ปุ๋ยไนโตรเจน 20 ก./กระถาง ใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์เพื่อการวัดผลโดยการหนีบที่ใบข้าว พบว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือมีความสัมพันธ์กับค่าไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์รวมในใบข้าว นอกจากนี้พบว่าไนโตรเจนและปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบที่ไม่ให้ปุ๋ยมีค่าต่ำกว่าใบของต้นข้าวที่มีการให้ปุ๋ยทั้ง 2 วิธีทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสรุปได้ว่าการใช้เครื่องมือคลอโรฟิลล์มิเตอร์เป็นวิธีการวัดที่ทำได้เร็วโดยไม่ทำลายใบและ ใช้ประเมินไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์รวมในใบข้าวได้ แสดงดังรูป 2.37



รูปที่ 2.37 ความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์และไนโตรเจน

2.12.5 งานวิจัยเรื่อง “การขาดธาตุไนโตรเจนของถั่วเหลืองจากสีใบโดยใช้โครงข่าย

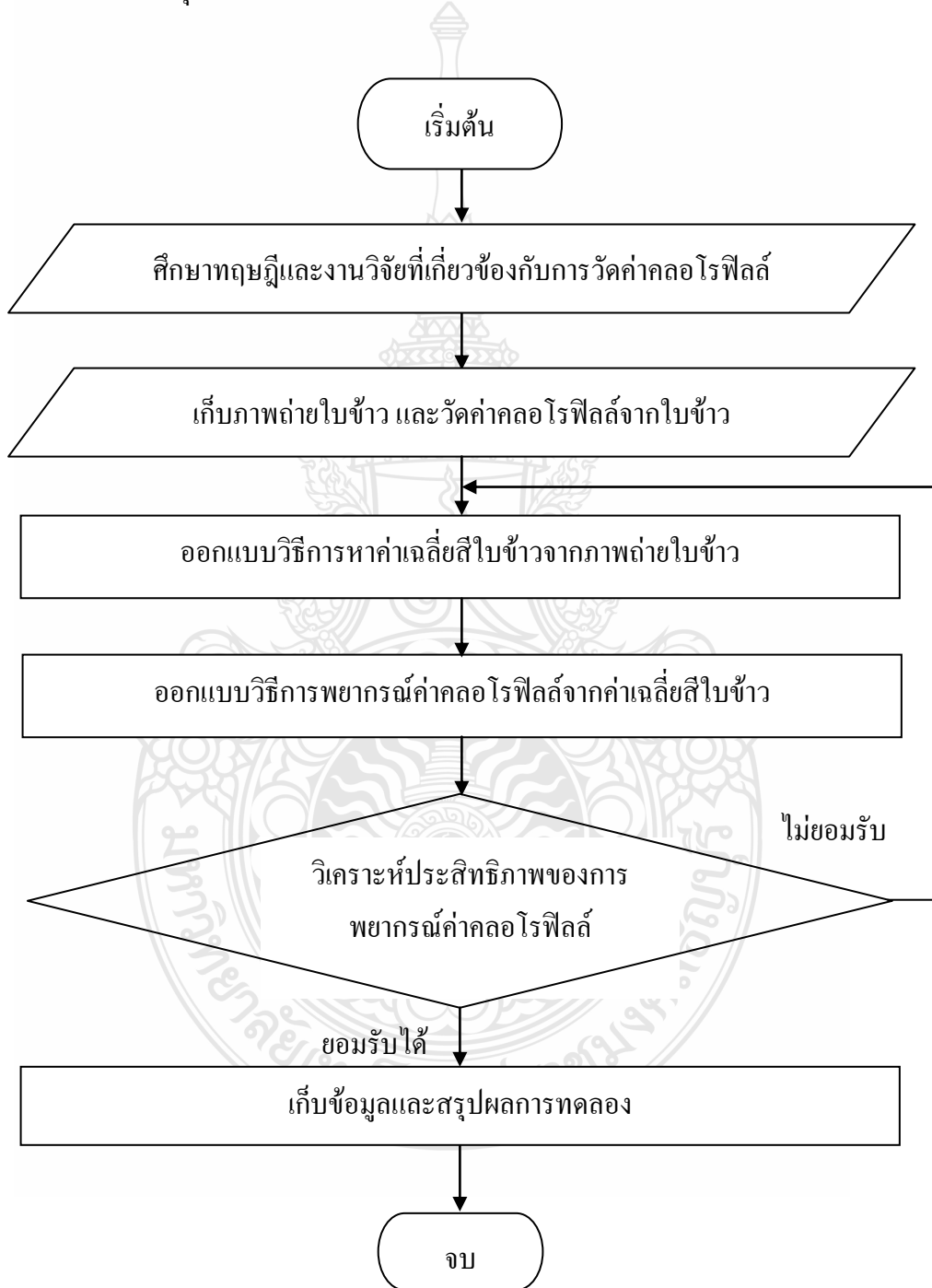
ประสาทเทียม” (2548) [20]

วิจัยโดย นายสุรศักดิ์ ทรัพย์ากร ได้นำเสนอแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับประมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ต้องการของถั่วเหลือง โดยใช้ความแตกต่างของค่าสีใบจริงที่ความเข้มข้นของไนโตรเจน 3 มิลลิโมลาร์ กับค่าสีใบจริงที่ได้จากการพิจารณาในระบบ สี RGB และมีข้อมูลนำออกเป็นความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ต้องการ และนำข้อมูลของค่าสีใบจริงและความเข้มข้นของไนโตรเจนมาสร้างตารางสีเพื่อใช้ตรวจสอบหาความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ถั่วเหลืองต้องการ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยในเรื่องการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ ประกอบด้วยขั้นตอนดำเนินงานดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

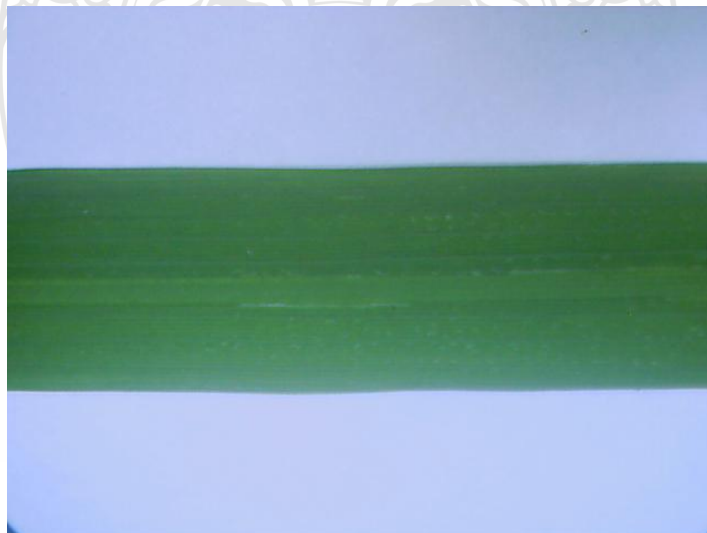
3.1 การบันทึกภาพถ่ายใต้น้ำและการวัดค่าคลอโรฟิลล์จากใต้น้ำ

3.1.1 การบันทึกภาพถ่ายใต้น้ำ

ในการเก็บภาพถ่ายใต้น้ำ ที่ใช้ในการวิจัยนี้ ใช้การบันทึกภาพด้วยกล้องที่ผู้วิจัยทำการออกแบบไว้ โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้กล้อง Web Camera ที่ใช้ Interface แบบ USB เพื่อลดขั้นตอนการออกแบบวงจรในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยตั้งค่าความละเอียดในการถ่ายภาพที่ 640 x 480 โครงสร้างของกล้องถูกออกแบบให้มีสภาพแวดล้อมแบบปิดเพื่อป้องกันการรบกวนของแสงจากสภาพแวดล้อมต่างๆ และภายในกล้องมีหลอด LED สีขาว เพื่อใช้เป็นแสงสว่างในการถ่ายภาพ โดยภาพที่ถ่ายนั้นจะอยู่ในระบบไฟล์แบบ JPEG และการประมวลผลภาพจะเป็นแบบ 2 มิติหรือ 2D ซึ่งแสดงกล้องที่ออกแบบดังรูปที่ 3.2 และแสดงภาพถ่ายใต้น้ำจากกล้องที่ออกแบบได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 กล้องที่ออกแบบ



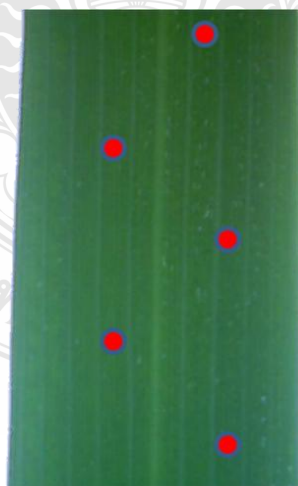
รูปที่ 3.3 ภาพถ่ายใต้น้ำที่ถ่ายจากกล้อง

3.1.2 การวัดค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายใบข้าว

ในการวัดค่าคลอโรฟิลล์ของใบข้าว ได้เลือกใช้เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ ยี่ห้อ Minolta รุ่น SPAD-502 ในการวัดค่าคลอโรฟิลล์ โดยนำเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ทำการวัดในลักษณะคีบหนีบใบข้าว โดยพื้นที่ของใบข้าวที่ใช้วัดจะต้องทำการวัดบริเวณส่วนกลางใบโดยหลีกเลี่ยงส่วนของท่อน้ำเลี้ยงหรือก้านใบ การวัดใบข้าวผู้วิจัยจะทำการวัดใบข้าว 5 ตำแหน่ง ซึ่งค่าคลอโรฟิลล์ที่ได้นั้นจะเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัด โดยแสดงการวัดค่าคลอโรฟิลล์และตำแหน่งการวัด ดังภาพที่ 3.4 และ 3.5



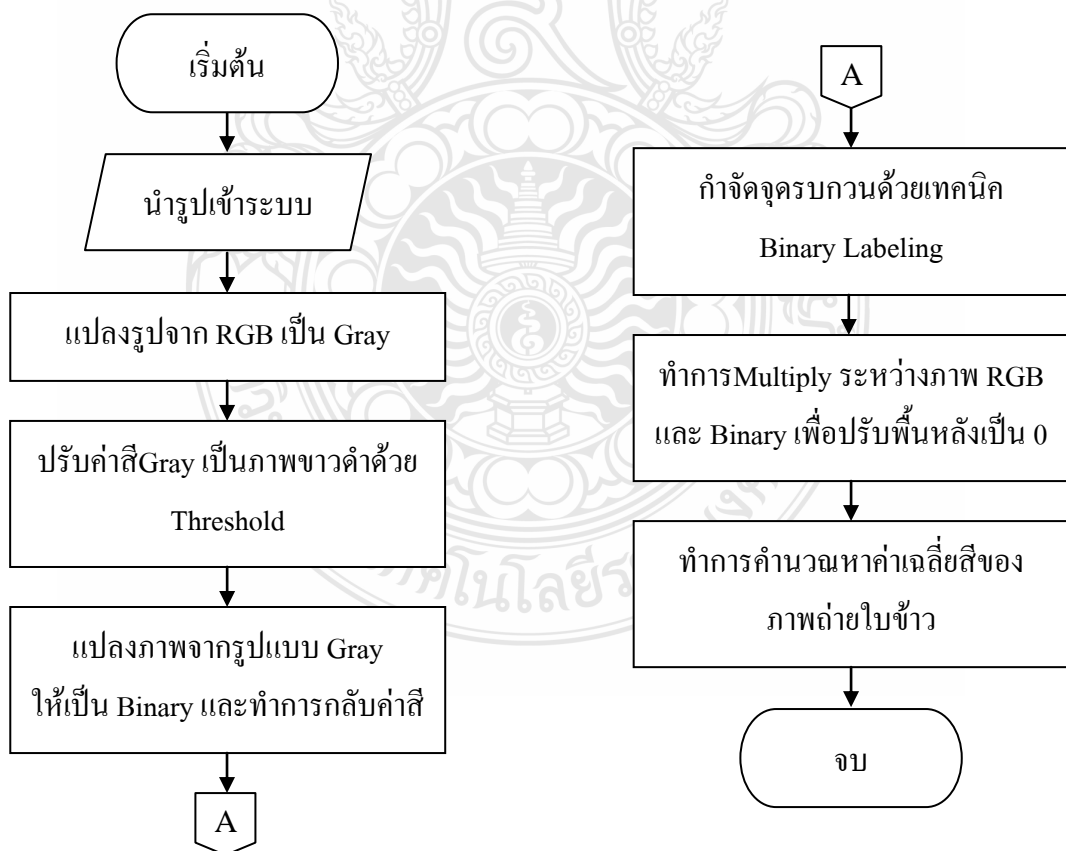
รูปที่ 3.4 การวัดค่าคลอโรฟิลล์จากใบข้าว



รูปที่ 3.5 ตำแหน่งที่วัดคลอโรฟิลล์ด้วยคลอโรฟิลล์มิเตอร์

3.2 การออกแบบขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ยสีใบข้าว

ในการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) รวมถึงขั้นตอนที่ใช้ในการประมวลผลภาพ ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อหาค่าเฉลี่ยสีของใบข้าว โดยทดสอบกับภาพถ่ายใบข้าวในรูปแบบไฟล์ JPEG และไฟล์ BMP ซึ่งผลปรากฏว่าการหาค่าเฉลี่ยสีใบข้าวของไฟล์ทั้งสองแบบด้วยวิธีที่นำเสนอมีค่าที่เท่ากัน โดยวิธีที่นำเสนอเริ่มจากการนำภาพที่บันทึกได้มาทำการอ่านและแปลงข้อมูลออกมาเป็นข้อมูลภาพ Gray Scale 8 bit ซึ่งสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ในทุกๆ Pixel ของภาพ จากนั้นเมื่อทำการอ่านข้อมูลออกมาเป็นข้อมูล 8 bit แล้ว จึงสามารถนำภาพที่ผ่านการอ่านนี้ไปทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ยความเข้มของทุก Pixel ในภาพ เพื่อที่จะนำไปคำนวณเป็นค่า Threshold เพื่อใช้เป็นค่าในการแปลงภาพต้นฉบับให้เป็นภาพ Gray Scale ขาวและดำต่อไป เมื่อได้ภาพ Gray Scale ขาวและดำแล้วจะนำภาพที่ได้ไปทำการแปลงให้เป็นภาพขาวและดำแบบ Binary จากนั้นใช้เทคนิค Binary Labeling กำจัดจุดสีที่ไม่ใช่ใบที่เกาะกลุ่มกันอยู่ จากนั้นทำการกลับค่าสีในทุก Pixel จากค่าสี 1 ให้เป็น 0 และจากค่าสี 0 ให้เป็น 1 เมื่อทำการกลับค่าสีเรียบร้อยแล้วนำภาพ Binary ที่ได้มาทำการระบวการ Multiply กับภาพสี RGB ต้นฉบับ เพื่อปรับค่าสีทุกๆ Pixel ของพื้นหลังให้มีค่าเป็น 0 และทำการหาค่าเฉลี่ยสี RGB ของภาพถ่ายใบข้าว ซึ่งแสดงได้ดัง Flow Chart ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการประมวลผลภาพเพื่อหาค่าเฉลี่ยสีใบข้าว

3.2.1 การอ่านข้อมูลภาพถ่ายใบข้าว

ขั้นตอนนี้ เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการ คือทำการอ่านไฟล์รูปภาพชนิด JPEG เข้าสู่โปรแกรมภาพถ่ายที่อ่านเข้ามานั้นจะเป็นภาพในระบบสี RGB 24 Bit โดยเป็นภาพที่มีการกำหนดค่าความละเอียดที่ 640 x 480 Pixel ภาพที่อ่านเข้ามาจะถูกนำไปประมวลผลเพื่อหาค่าเฉลี่ยสีของส่วนพื้นที่ใบข้าวซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป ภาพถ่ายใบข้าวที่นำเข้ามานั้นได้แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 รูปถ่ายใบข้าวต้นฉบับที่ใช้ในการประมวลผล

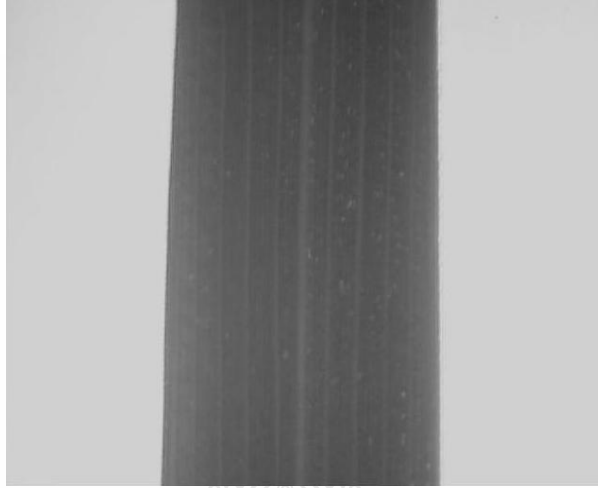
3.2.2 แปลงภาพให้เป็นภาพระดับเทา

ภาพถ่ายใบข้าวที่นำเข้ามาประมวลผลจะถูกเปลี่ยนรูปแบบให้เป็นภาพในระบบสีเทา Gray Scale ซึ่งภาพในรูปแบบ Gray Scale ของ Format JPEG นั้นจะมีค่าระดับความเข้ม (Contrast) ของภาพทุกๆ Pixel เก็บไว้ ซึ่งความเข้มแต่ละ Pixel นี้ จะมีค่า 8 Bit โดยมีค่าตั้งแต่ 0 – 255 ระดับ ถ้าความเข้มมีค่า 0 หมายถึง Pixel นั้นจะเป็นสีดำและมีค่ามากขึ้นไปจนถึง 255 จะเป็นสีขาว และภาพ Input นี้จะเป็นภาพขนาด 2 มิติ ซึ่งมีขนาดในแนวนอนเท่ากับ M Pixel และแนวตั้งเท่ากับ N Pixel ดังนั้น จำนวน Pixel ในภาพทั้งหมด จึงเท่ากับ $M \times N$ Pixel นั้นเอง โดยภาพ Input สามารถนิยามได้ดังสมการที่ 3.1 [16]

$$F(x, y) = \{ (x, y) \mid 1 \leq x \leq M, 1 \leq y \leq N \} \quad (3.1)$$

โดย F คือภาพ Input และ $F(x, y)$ คือค่าของระดับความเข้ม Gray Scale ของ Pixel ที่ตำแหน่งพิกัด x, y ใดๆ ในภาพ Input F โดยที่ M และ N คือขนาดของภาพ และเป็นช่วง

ตำแหน่งพิกัดของจุด Pixel ตำแหน่ง x, y ที่อยู่ในภาพทั้งหมด และแสดงภาพถ่ายใบข้าวที่ทำการปรับให้อยู่ในรูปแบบ Gray Scale ได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 รูปถ่ายใบข้าวที่ทำการปรับให้อยู่ในรูปแบบ Gray Scale

3.2.3 แปลงภาพให้เป็นภาพระดับเทาสีขาวดำ

เมื่อทำการอ่านภาพและเก็บบันทึกข้อมูลของค่าระดับความเข้ม Gray Scale ของภาพไว้ทั้งหมดแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการคำนวณค่า Threshold เพื่อที่จะทำการแปลงภาพ Input Gray Scale ให้เป็นภาพขาวและดำ (Black and White) ในรูปของ Gray Scale อีกครั้งหนึ่ง โดยค่า Threshold T สามารถทำการคำนวณได้โดยสมการที่ 3.2 [16]

$$T = \bar{F} - \sigma - C \quad (3.2)$$

โดยที่ \bar{F} คือค่าเฉลี่ยของความเข้มจากทุกๆ Pixel ของทุกตำแหน่งของ $F(x, y)$ ในภาพ ซึ่งนิยามโดย

$$\bar{F} = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N F(x, y) \quad (3.3)$$

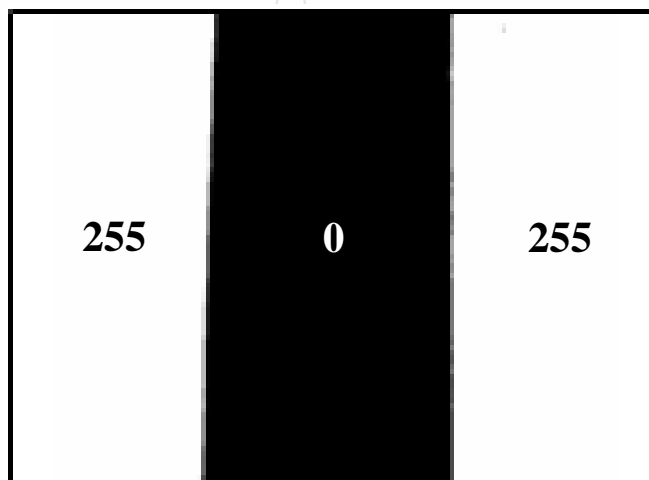
สำหรับ σ คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของค่าความเข้มทุก Pixel ซึ่งคำนวณจาก

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{M \cdot N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (F(x, y) - \bar{F})^2} \quad (3.4)$$

สำหรับ C คือค่าคงที่ของความเข้มสี ซึ่งค่าที่ใช้ในการคำนวณ คือ 5 – 10

จากสมการที่ 3.2 – 3.4 เป็นการคำนวณค่า Threshold จากภาพ Input F ทำให้ได้ค่า Threshold T ขั้นตอนต่อไปคือ การนำค่า Threshold ที่ได้ไปทำการแปลงภาพให้เป็นภาพขาวดำ โดยใช้ค่า Threshold เป็นจุดที่ทำการตัดภาพ ซึ่งแสดงได้ในสมการที่ 3.5 [16] และแสดงภาพถ่ายไบซ์ขาวที่ทำการปรับให้เป็นสีขาวดำได้ดังรูปที่ 3.9

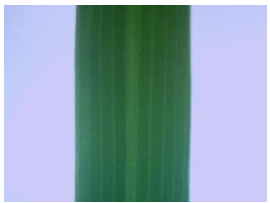
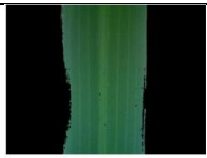

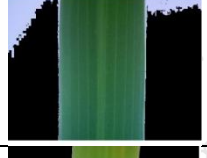

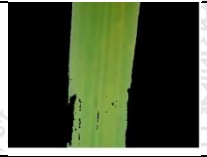


$$F(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{if } F(x,y) \leq T \\ 255 & \text{if } F(x,y) > T \end{cases} \quad (3.5)$$



รูปที่ 3.9 รูปถ่ายไบซ์ขาวที่ทำการปรับเป็นภาพขาวดำในรูปแบบภาพระดับสีเทา

สำหรับค่า Threshold ที่นำมาใช้งานนั้น จากการทดลองจากกลุ่มตัวอย่างพบว่าค่า Threshold เท่ากับ 180 เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งผู้วิจัยได้ทดลองปรับค่า Threshold ในย่านสีต่างๆ ดังตัวอย่างในตารางที่ 3.1 จะเห็นว่าการกำหนดค่า Threshold เท่ากับ 180 จะให้ส่วนของพื้นที่ไบและส่วนของพื้นหลังมีความสมบูรณ์ที่สุด สำหรับการกำหนดค่า Threshold เป็นค่าอื่นๆ จะทำให้ส่วนของพื้นที่ไบขาวและบริเวณพื้นหลังผิดเพี้ยนไป ซึ่งจะส่งผลต่อค่าเฉลี่ยสีที่ประมวลผลเช่นกัน

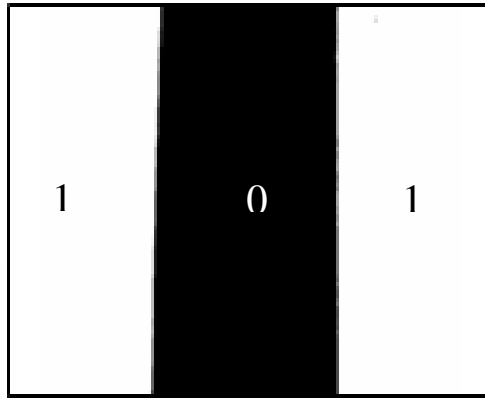
ตารางที่ 3.1 การกำหนดค่า Threshold ที่มีผลต่อภาพ

No	ภาพก่อนประมวลผล	ภาพหลังประมวลผล	ค่า Threshold			
				R	G	B
1			160	46.259	100.363	64.669
			180	49.093	103.168	69.231
			200	73.360	119.992	99.973
2			160	117.611	154.178	64.411
			180	120.256	156.018	69.946
			200	130.007	162.110	95.390

3.2.4 แปลงภาพระดับเทาสีขาวดำ เป็นภาพแบบไบนารี (Binary)

จากสมการที่ 3.5 [16] จะได้ผลการแปลงคือภาพ $F(x,y)$ จะถูกแปลงเป็นภาพ $F(x,y)$ ใหม่ซึ่งเป็นภาพขาวและดำ Black and White (BW) ในรูปแบบ Gray Scale และจากจุดนี้จะนำภาพไปเข้าสู่กระบวนการแปลงให้เป็นภาพขาวและดำในรูปแบบ Binary ด้วยสมการที่ 3.6 [16] และแสดงภาพถ่ายใบข้าวที่ทำการปรับให้เป็นสีขาวดำ ในรูปแบบ Binary ได้ดังรูปที่ 3.10

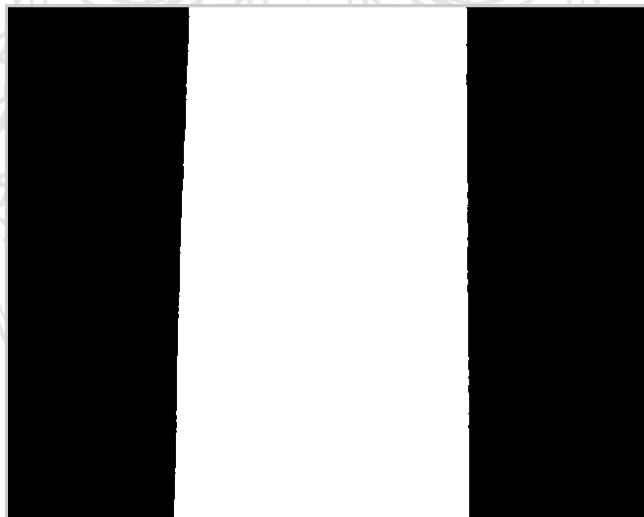
$$F(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{if } F(x,y) = 0 \\ 1 & \text{if } F(x,y) = 255 \end{cases} \quad (3.6)$$



รูปที่ 3.10 รูปถ่ายไบซ์ขาวที่ทำการปรับเป็นภาพขาวดำในรูปแบบไบนารี

จากสมการที่ 3.6 [16] จะได้ผลการแปลงคือภาพ $F(x,y)$ จะถูกแปลงเป็นภาพ $F(x,y)$ ใหม่ ซึ่งเป็นภาพขาวและดำ Black and White (BW) ในรูปแบบไบนารีและจากจุดนี้จะนำภาพไปเข้าสู่กระบวนการกลับค่าของจุดสีระหว่างค่าสี 1 และ 0 เพื่อเตรียมภาพเข้าสู่กระบวนการคูณค่าสี (Multiply) ด้วยสมการที่ 3.7 [16] และแสดงภาพถ่ายไบซ์ขาวที่ทำการกลับค่าสี ดังรูปที่ 3.11

$$F(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{if } F(x,y) = 1 \\ 1 & \text{if } F(x,y) = 0 \end{cases} \quad (3.7)$$





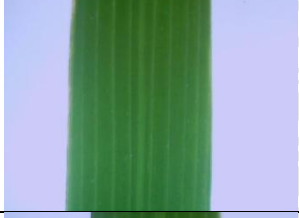
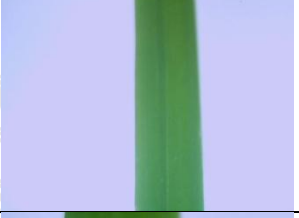


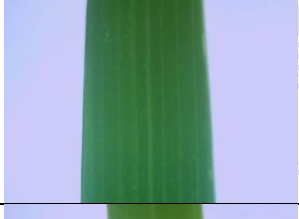
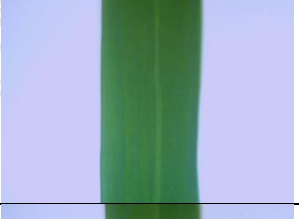




รูปที่ 3.11 รูปถ่ายไบซ์ขาวในรูปแบบไบนารีที่ผ่านการกลับค่าสี

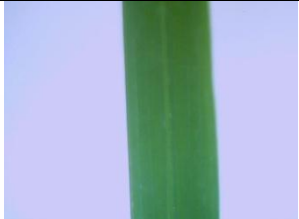






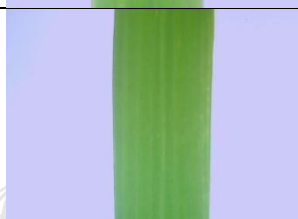


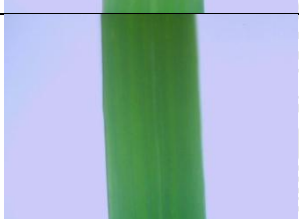



3.3 การสร้างตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์

ในส่วนนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอถึงวิธีการสร้างตัวแบบเพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ในขั้นต้น ผู้วิจัยได้นำภาพถ่ายใบข้าวที่ถ่ายพร้อมกับตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วยเครื่อง คลอโรฟิลล์มิเตอร์ จำนวน 43 ใบ ดังตารางที่ 3.2 มาทำการประมวลเพื่อหาค่าเฉลี่ยสีของใบข้าวสามารถแสดงข้อมูล ค่าเฉลี่ยสีใบข้าว ดังตารางที่ 3.3

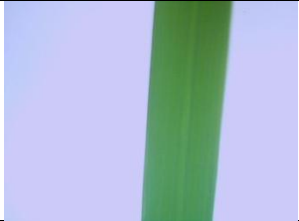
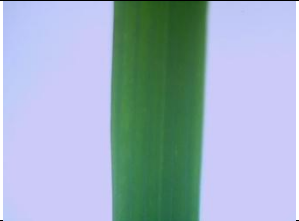





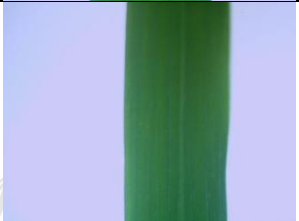






ตารางที่ 3.2 ภาพถ่ายที่ใช้สร้างตัวแบบในการพยากรณ์

No.	ลักษณะภาพ	No.	ลักษณะภาพ
1		7	
2		8	
3		9	
4		10	
5		11	
6		12	

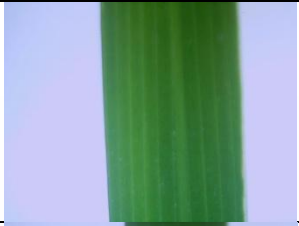
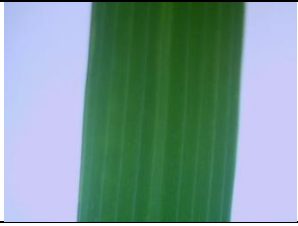

ตารางที่ 3.2 ภาพถ่ายที่ใช้สร้างตัวแบบในการพยากรณ์ (ต่อ)

No.	ลักษณะภาพ	No.	ลักษณะภาพ
13		20	
14		21	
15		22	
16		23	
17		24	
18		25	
19		26	

ตารางที่ 3.2 ภาพถ่ายที่ใช้สร้างตัวแบบในการพยากรณ์ (ต่อ)

No.	ลักษณะภาพ	No.	ลักษณะภาพ
27		34	
28		35	
29		36	
30		37	
31		38	
32		39	
33		40	

ตารางที่ 3.2 ภาพถ่ายที่ใช้สร้างตัวแบบในการพยากรณ์ (ต่อ)

No.	ลักษณะภาพ	No.	ลักษณะภาพ
41		43	
42			

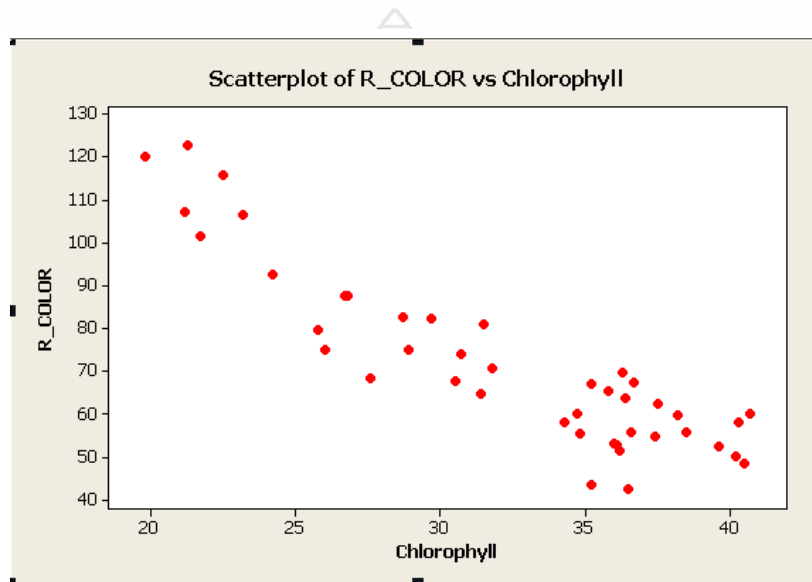
ตารางที่ 3.3 ค่าเฉลี่ยสีที่ประมวลผลและค่าคลอโรฟิลล์ที่วัดจริง

No.	ค่าเฉลี่ยสี			Chlorophyll SPAD-502
	R	G	B	
1	60.171	114.197	83.229	40.7
2	49.984	103.908	70.446	40.2
3	59.996	118.822	60.366	34.7
4	55.868	113.439	66.647	38.5
5	55.662	114.832	67.472	36.6
6	80.878	138.647	74.986	31.5
7	66.925	126.874	75.586	35.2
8	67.165	123.383	86.716	36.7
9	82.114	141.339	86.807	29.7
10	67.763	134.679	65.186	30.5
11	62.475	118.992	71.871	37.5
12	63.666	119.901	74.18	36.4
13	69.539	127.306	77.532	36.3
14	74.783	146.335	57.92	26
15	65.159	122.854	74.305	35.8
16	115.663	165.621	88.229	22.5

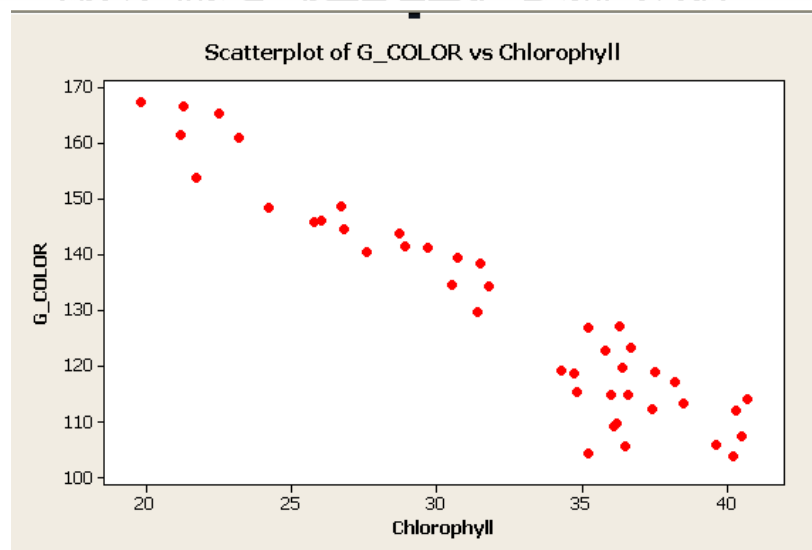
ตารางที่ 3.3 ค่าเฉลี่ยสีที่ประมวลผลและค่าคลอโรฟิลล์ที่วัดจริง (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสี			Chlorophyll SPAD-502
	R	G	B	
17	87.369	148.905	77.431	26.7
18	70.626	134.457	73.54	31.8
19	75.03	141.711	67.929	28.9
20	79.686	145.935	67.405	25.8
21	119.894	167.592	73.401	19.8
22	122.676	166.705	82.16	21.3
23	106.4	161.069	80.248	23.2
24	87.643	144.649	70.558	26.8
25	92.45	148.575	70.064	24.2
26	107.227	161.719	72.04	21.2
27	82.607	143.862	84.979	28.7
28	74.059	139.512	76.841	30.7
29	51.428	109.854	64.057	36.2
30	101.378	153.944	70.584	21.7
31	52.421	105.838	78.641	39.6
32	52.923	115.008	53.086	36
33	55.297	115.401	64.055	34.8
34	59.698	117.306	71.272	38.2
35	54.689	112.278	72.285	37.4
36	64.698	129.703	62.187	31.4
37	52.826	109.333	65.836	36.1
38	68.268	140.578	48.207	27.6
39	42.612	105.556	45.48	36.5
40	43.298	104.315	49.819	35.2
41	58.12	119.249	57.608	34.3
42	58.045	112.175	79.503	40.3
43	48.554	107.387	59.567	40.5

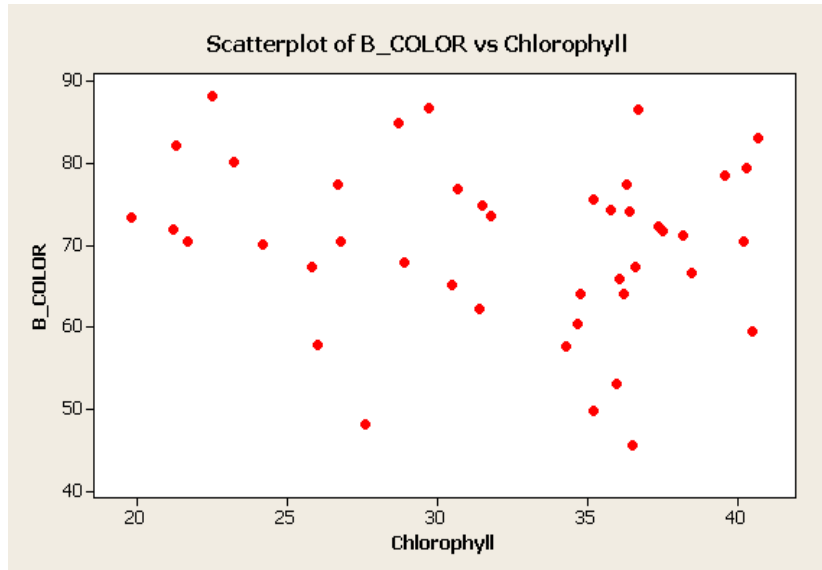
จากข้อมูลใบข้าวจำนวน 43 ใบ เมื่อนำมาแสดงในรูปแบบกราฟเพื่อดูแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสี R G B กับค่าคลอโรฟิลล์ พบว่ามีความสัมพันธ์กันและข้อมูลมีลักษณะเชิงเส้นซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยสีแดงมีความสัมพันธ์กับค่าคลอโรฟิลล์ในรูปแบบแปรผกผันและค่าเฉลี่ยสีเขียวมีความสัมพันธ์กับค่าคลอโรฟิลล์ในรูปแบบแปรผกผัน แต่สำหรับค่าเฉลี่ยสีน้ำเงินนั้นไม่มีความสัมพันธ์กับค่าคลอโรฟิลล์ดังรูปที่ 3.12 - 3.14



รูปที่ 3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสีแดงและค่าคลอโรฟิลล์



รูปที่ 3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสีเขียวและค่าคลอโรฟิลล์



รูปที่ 3.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสีน้ำเงินและค่าคลอโรฟิลล์

3.3.1 การสร้างตัวแบบพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายที่มีพื้นหลังด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย

จากข้อมูลของภาพถ่ายใบข้าวจำนวน 43 ใบ ที่นำเสนอในข้างต้นจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยสีแดงและค่าเฉลี่ยสีเขียว สามารถแสดงความสัมพันธ์กับค่าคลอโรฟิลล์ที่วัดจริง โดยค่าสีทั้งสองจะแสดงความสัมพันธ์กับค่าคลอโรฟิลล์แบบแปรผกผัน ขั้นตอนที่น่าสนใจในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยจะกล่าวถึงการสร้างตัวแบบเพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น โดยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเพื่อหาตัวแปรที่มีอำนาจในการพยากรณ์ที่สูงที่สุด โดยเริ่มจากการนำข้อมูลค่าเฉลี่ยสีแดงของใบข้าวจำนวน 43 ใบ มาผ่านกรรมวิธีวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น ผลปรากฏว่าค่าเฉลี่ยสีแดงสามารถอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ได้ 81.0% และได้ตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ ดังสมการที่ 3.8

$$\text{Chlorophyll} = 51.3 - 0.269 R \quad (3.8)$$

จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลค่าเฉลี่ยสีเขียวของใบข้าวชุดเดียวกัน มาผ่านกรรมวิธีวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น ผลปรากฏว่าค่าเฉลี่ยสีเขียวสามารถอธิบายถึงค่าคลอโรฟิลล์ได้ 90.8% และได้ตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ดังสมการที่ 3.9

$$\text{Chlorophyll} = 72.2 - 0.308 G \quad (3.9)$$

สุดท้ายผู้วิจัยทำการทดสอบหาประสิทธิภาพในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ของค่าเฉลี่ยสีน้ำเงิน ผลปรากฏว่าค่าเฉลี่ยสีน้ำเงินสามารถอธิบายถึงค่าคลอโรฟิลล์ได้ 0.2% และได้ตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ดังสมการที่ 3.10

$$\text{Chlorophyll} = 38.9 - 0.0952 B \quad (3.10)$$

3.3.2 การสร้างตัวแบบพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายที่มีพื้นหลังด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุ

จากการทดลองสร้างตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น ผลปรากฏว่าค่าเฉลี่ยสีเขียวนั้นสามารถอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ได้สูงที่สุดผู้วิจัยได้ค้นหารกรรมวิธีในการเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์ให้สูงขึ้น จากข้อมูลใบข้าวจะเห็นว่าตัวแปรต้นที่ใช้ในการพยากรณ์คือค่าเฉลี่ยสีจะมีประสิทธิภาพในการอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการนำตัวแปรต้นทั้งสาม มาทำการสร้างตัวแบบเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ได้ดียิ่งขึ้น โดยในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการนำเอากรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ มาประยุกต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์ให้มากขึ้น ซึ่งกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุจะใช้ตัวแปรในการพยากรณ์มากกว่าหนึ่งตัวแปร ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้ค่าเฉลี่ยสีแดงและสีเขียวเพื่อสร้างตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ ผลปรากฏว่าค่าเฉลี่ยสีทั้งสองช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์ได้ดีขึ้น คือมีความสามารถในการอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ในระดับ 90.9% และได้ตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ดังสมการที่ 3.11

$$\text{Chlorophyll} = 76.5 + 0.0664 R - 0.377 G \quad (3.11)$$

จากนั้นผู้วิจัยได้เลือกค่าเฉลี่ยสีแดงและสีน้ำเงินเพื่อสร้างตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ผลปรากฏว่าค่าเฉลี่ยสีทั้งสองสามารถอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ได้ในระดับ 92.2% และได้ตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ดังสมการที่ 3.12

$$\text{Chlorophyll} = 39.3 - 0.326 R + 0.229 B \quad (3.12)$$

จากนั้นผู้วิจัยได้เลือกค่าเฉลี่ยสีเขียวและสีน้ำเงินเพื่อสร้างตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ผลปรากฏว่าค่าเฉลี่ยสีทั้งสองสามารถอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ได้ในระดับ 95.5% และได้ตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ดังสมการที่ 3.13

$$\text{Chlorophyll} = 66.1 - 0.336 G + 0.139 B \quad (3.13)$$





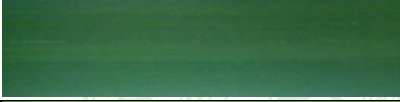


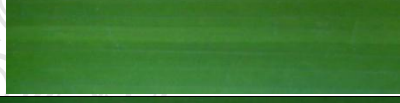
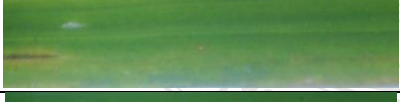

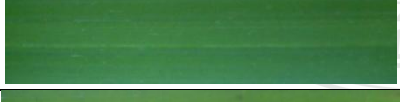

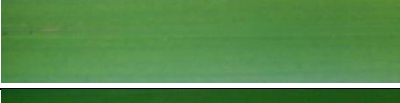



และเมื่อนำค่าเฉลี่ยสี่ทั้งสามมาสร้างตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ผลปรากฏว่าจะให้ประสิทธิภาพในการพยากรณ์สูงที่สุด โดยสามารถอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ได้ในระดับ 95.8% และได้ตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ดังสมการที่ 3.14

$$\text{Chlorophyll} = 59.3 - 0.0871 R - 0.251 G + 0.166 B \quad (3.14)$$

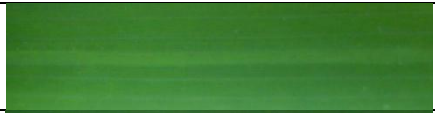



















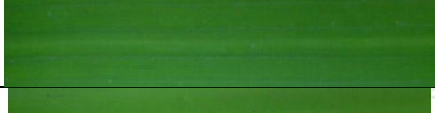







3.3.3 การสร้างตัวแบบพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบเต็มใบด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ

จากเทคนิคการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ที่นำเสนอไปแล้วนั้น เป็นการนำภาพถ่ายใบข้าวแบบมีพื้นหลังมาใช้ในการพยากรณ์ ซึ่งอาจมีความผิดพลาดในการประมวลผลภาพ ผู้วิจัยจึงทำการปรับรูปแบบการถ่ายภาพให้เป็นภาพถ่ายแบบเต็มใบ (ไม่มีพื้นหลัง) เพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ โดยผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลภาพถ่ายจำนวน 53 ภาพ เพื่อใช้สร้างตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายเต็มใบ แสดงภาพถ่ายใบข้าวที่ใช้สร้างตัวแบบในตารางที่ 3.4







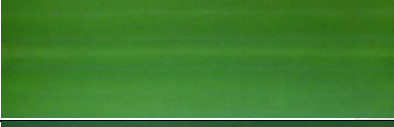


ตารางที่ 3.4 ภาพถ่ายเต็มใบที่ใช้สร้างตัวแบบในการพยากรณ์

No.	ลักษณะภาพ	No.	ลักษณะภาพ
1		9	
2		10	
3		11	
4		12	
5		13	
6		14	
7		15	
8		16	

ตารางที่ 3.4 ภาพถ่ายเต็มใบที่ใช้สร้างตัวแบบในการพยากรณ์ (ต่อ)

No.	ลักษณะภาพ	No.	ลักษณะภาพ
17		31	
18		32	
19		33	
20		34	
21		35	
22		36	
23		37	
24		38	
25		39	
26		40	
27		41	
28		42	
39		43	
30		44	

ตารางที่ 3.4 ภาพถ่ายเต็มใบที่ใช้สร้างตัวแบบในการพยากรณ์ (ต่อ)

No.	ลักษณะภาพ	No.	ลักษณะภาพ
45		50	
46		51	
47		52	
48		53	
49			

จากภาพถ่ายใบข้าวแบบเต็มใบในตารางที่ 3.4 ภาพถ่ายทั้งหมดจำนวน 53 ใบ จะถูกนำมาประมวลผลเพื่อหาค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เพื่อนำค่าเฉลี่ยสีทั้งสามมาทำการสร้างตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ ข้อมูลค่าเฉลี่ยสีและค่าคลอโรฟิลล์ของใบข้าวจำนวน 53 ใบ แสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ค่าเฉลี่ยสีและค่าคลอโรฟิลล์ของภาพถ่ายใบข้าวแบบเต็มใบ

No.	ค่าเฉลี่ยสี			Chlorophyll SPAD-502
	R	G	B	
1	66.977	120.824	80.773	32.8
2	59.203	114.5	71.753	34.9
3	51.883	104.31	67.453	35.4
4	86.061	136.561	66.771	24.1
5	95.321	140.531	78.35	20.9
6	57.121	117.996	63.82	34.1
7	86.229	142.515	74.533	22.9
8	37.456	98.977	38.109	36.3

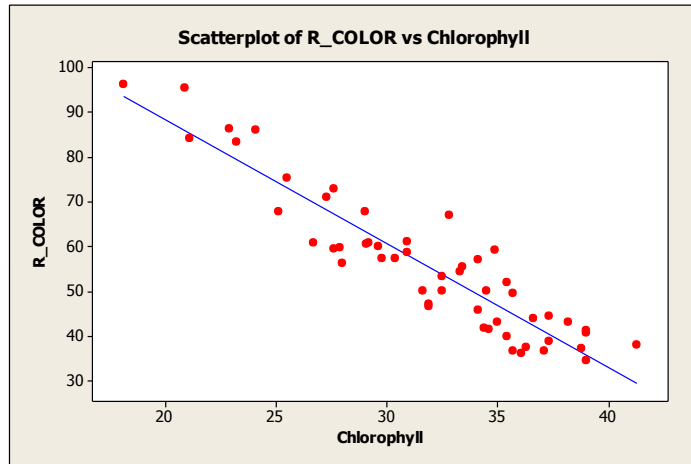
ตารางที่ 3.5 ค่าเฉลี่ยสีและค่าคลอโรฟิลล์ของภาพถ่ายใบข้าวแบบเต็มใบ (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสี			Chlorophyll SPAD-502
	R	G	B	
9	36.592	96.095	41.7	35.7
10	50.087	107.685	53.479	34.5
11	57.472	119.072	45.905	29.8
12	59.504	118.971	48.954	27.6
13	38.963	97.39	43.62	37.3
14	40.027	98.068	47.647	35.4
15	43.193	102.181	50.998	35
16	45.741	106.712	40.971	34.1
17	60.543	125.407	49.163	29.1
18	46.635	106.881	46.488	31.9
19	67.719	130.035	49.524	25.1
20	53.444	116.002	42.629	32.5
21	56.269	116.345	45.037	28
22	60.903	120.851	59.083	29.2
23	41.58	104.108	38.272	34.6
24	36.713	97.413	39.327	37.1
25	96.131	151.804	58.222	18.1
26	84.131	145.506	57.153	21.1
27	47.041	111.894	34.941	31.9
28	60.863	127.939	43.331	26.7
29	59.85	125.302	42.277	27.9
30	72.999	127.59	60.09	27.6
31	58.753	117.248	63.456	30.9
32	57.4	114.905	39.877	30.4
33	67.905	125.648	70.387	29
34	71.142	126.642	64.819	27.3

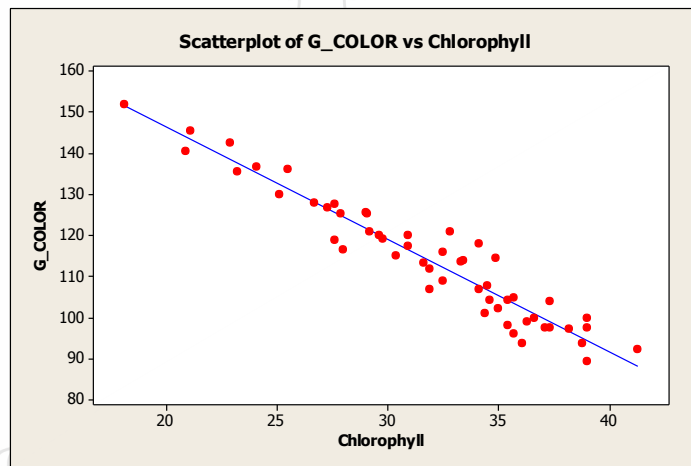
ตารางที่ 3.5 ค่าเฉลี่ยสีและค่าคลอโรฟิลล์ของภาพถ่ายใบข้าวแบบเต็มใบ (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสี			Chlorophyll SPAD-502
	R	G	B	
35	54.368	113.496	57.284	33.3
36	55.447	113.837	57.808	33.4
37	50.213	113.125	42.664	31.6
38	50.233	108.788	50.598	32.5
39	75.322	136.227	63.632	25.5
40	44.576	103.975	51.095	37.3
41	44.075	99.908	50.045	36.6
42	61.227	120.033	65.48	30.9
43	60.167	120.027	56.041	29.6
44	83.483	135.521	56.854	23.2
45	34.557	89.249	44.876	39
46	37.327	93.656	43.169	38.8
47	36.227	93.606	45.272	36.1
48	41.799	100.915	44.277	34.4
49	49.666	104.806	67.927	35.7
50	40.769	99.686	57.98	39
51	41.219	97.322	59.468	39
52	38.052	92.154	55.885	41.3
53	43.085	97.216	64.329	38.2

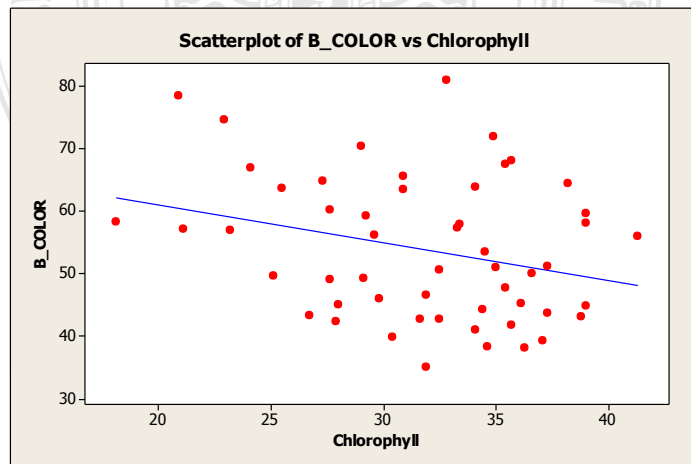
จากข้อมูลใบข้าวจำนวน 53 ใบ เมื่อนำมาแสดงในรูปแบบกราฟเพื่อดูแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสี R G B กับค่าคลอโรฟิลล์ พบว่ามีความสัมพันธ์กันและมีความเป็นเชิงเส้นซึ่งสามารถสรุปได้คือ ค่าเฉลี่ยสีแดงมีความสัมพันธ์กับค่าคลอโรฟิลล์ในรูปแบบแปรผกผัน และค่าเฉลี่ยสีเขียวมีความสัมพันธ์กับค่าคลอโรฟิลล์ในรูปแบบแปรผกผัน แต่สำหรับค่าเฉลี่ยสีน้ำเงินไม่มีความสัมพันธ์กับค่าคลอโรฟิลล์ ดังรูปที่ 3.15 - 3.17



รูปที่ 3.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสีแดงและค่าคลอโรฟิลล์



รูปที่ 3.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสีเขียวและค่าคลอโรฟิลล์



รูปที่ 3.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสีน้ำเงินและค่าคลอโรฟิลล์

จากข้อมูลภาพถ่ายใบข้าวแบบเต็มใบจำนวนทั้งสิ้น 53 ใบ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลทั้งหมดมาทำการสร้างตัวแบบเพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ โดยทำการสร้างตัวแบบพยากรณ์จากค่าเฉลี่ยสีแดงและสีเขียว ดังสมการที่ 3.15 ผลปรากฏว่าสมการดังกล่าวสามารถอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ได้ 91.6%

$$\text{Chlorophyll} = 71.0 + 0.0147 R - 0.351 G \quad (3.15)$$

จากนั้นเปลี่ยนคู่ตัวแปรในการพยากรณ์ โดยเลือกใช้ค่าเฉลี่ยสีแดงและสีน้ำเงินดังสมการที่ 3.16 ผลปรากฏว่าตัวแบบที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ได้ 95.1%

$$\text{Chlorophyll} = 43.6 - 0.384 R + 0.179 B \quad (3.16)$$

จากนั้นเปลี่ยนคู่ตัวแปรในการพยากรณ์ โดยเลือกใช้ค่าเฉลี่ยสีเขียวและสีน้ำเงิน ดังสมการที่ 3.17 ผลปรากฏว่าตัวแบบที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ได้ 94.0%

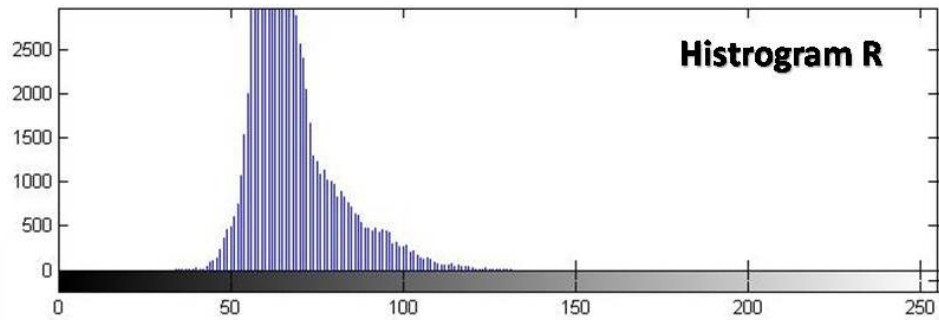
$$\text{Chlorophyll} = 68.8 + 0.0799 B - 0.362 G \quad (3.17)$$

และเมื่อทำการเพิ่มตัวแปรเพื่อใช้พยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์เป็น 3 ตัวแปร คือค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และ สีน้ำเงิน ดังสมการที่ 3.18 ผลปรากฏว่าตัวแบบที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ได้ 95.7% ซึ่งเป็นตัวแบบที่มีประสิทธิภาพในการอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ได้มากที่สุด

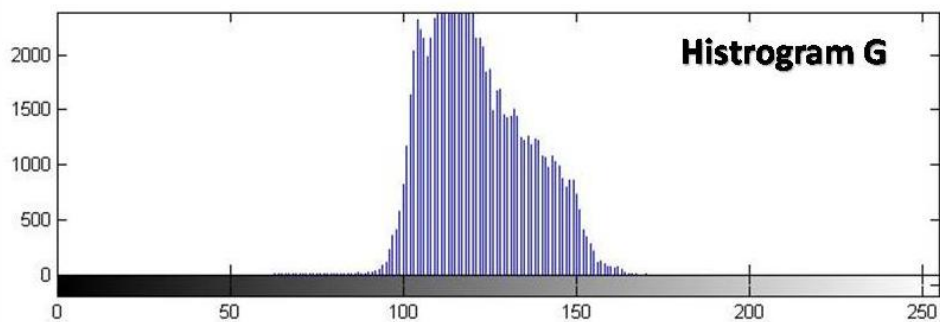
$$\text{Chlorophyll} = 53.3 - 0.242 R - 0.138 G + 0.145 B \quad (3.18)$$

3.3.4 การสร้างตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยเทคนิคฮิสโตแกรม

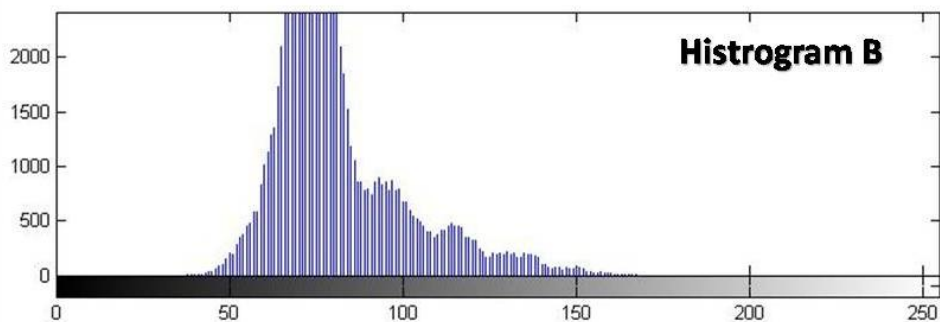
จากขั้นตอนการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากค่าเฉลี่ยสีที่นำเสนอ นั้น ผู้วิจัยได้ ทำการทดสอบและพัฒนาโดยเลือกการทำฮิสโตแกรมสีของภาพถ่ายเพื่อนำค่าสีที่มีลักษณะเด่นจำนวนตั้งแต่ 1 – 10 ลำดับมาทำการหาค่าเฉลี่ยและนำค่าเฉลี่ยสีที่ได้จากการทำฮิสโตแกรม มาทำการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ เช่นเดียวกับการทดลอง ก่อนหน้า ซึ่งแสดงตัวอย่าง ฮิสโตแกรมของค่าสีได้ ดังรูปที่ 3.18 – 3.20



รูปที่ 3.19 ฮิสโตแกรมของค่าสีแดง



รูปที่ 3.18 ฮิสโตแกรมของค่าสีเขียว



รูปที่ 3.20 ฮิสโตแกรมของค่าสีน้ำเงิน

ในการสร้างตัวแบบได้ทำการเก็บข้อมูลจากใบข่าวจำนวน 53 ใบ และนำภาพถ่ายทั้งหมดมาทำฮิสโตแกรมจะได้ค่าสีที่มีความเด่นชัดที่สุด (มีจำนวนจุดสีมากที่สุด) โดยเริ่มทดลองจากค่าฮิสโตแกรมของค่าสี RGB ที่สูงที่สุด และทำการทดลองจนถึงการนำค่าสีที่ได้จากการทำฮิสโตแกรม 10 ลำดับ มาทำการหาค่าเฉลี่ยสี ผลปรากฏว่าข้อมูลค่าสีจากการหาค่าเฉลี่ยสีที่ 8 ลำดับ มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ที่ดีที่สุด โดยแสดงค่าเฉลี่ยสี 8 ลำดับได้ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 กลุ่มค่าสีที่ได้จากฮิสโตแกรม

No.	ค่าสีสูงสุด			ค่าเฉลี่ยสี 8 ลำดับ		
	R	G	B	R	G	B
1	61	113	75	61.5	114.5	73.5
2	57	112	71	58.5	111.5	69.5
3	54	102	59	53.375	102.5	64.5
4	77	138	64	76	138.5	61
5	75	140	64	76.5	140.375	62.5
6	57	116	66	57.5	115.5	65.5
7	86	145	71	86.5	141.5	71.5
8	37	95	29	36.5	94.5	30.5
9	39	96	37	38.375	95.5	37.5
10	52	105	45	52.75	107.375	46.5
11	58	119	47	58.5	117.5	45.5
12	57	115	52	57.5	116.5	46.25
13	39	92	35	37.375	94.625	34.375
14	43	100	40	40.75	99.5	39.5
15	41	103	44	43.5	102.5	47.75
16	46	106	35	46.5	108.5	37
17	58	121	44	58.625	121.5	46.5
18	48	106	44	46.5	105.5	43.875
19	67	131	43	68.75	131.5	46.125
20	55	117	40	54.5	116.5	42.125
21	57	114	42	56.5	116.5	42.5
22	59	119	64	59.5	120.5	61.5
23	42	102	31	40.5	102.875	31.375
24	32	94	35	34.125	95.625	33.5
25	91	152	56	92.5	152.5	55.5
26	83	150	52	82.5	147.5	52.5
27	49	113	32	46.375	111.5	30.5
28	57	126	34	58.5	125.25	36.5

ตารางที่ 3.6 กลุ่มค่าสีที่ได้จากฮิสโตแกรม (ต่อ)

No.	ค่าสีสูงสุด			ค่าเฉลี่ยสี 8 ลำดับ		
	R	G	B	R	G	B
29	57	132	41	58.5	128.25	40.5
30	72	120	58	71.5	122.25	57.5
31	58	117	65	57.5	116	64.25
32	58	113	33	56.5	112.375	34.5
33	64	118	59	63.5	119.5	59.625
34	71	125	59	70.5	126.125	58.5
35	54	115	60	54.5	113.5	55.25
36	57	111	54	55.5	55.5	52.5
37	52	109	39	51.5	110.75	38.5
38	51	105	50	51.5	106.5	48.5
39	74	141	56	75.5	139.5	56.5
40	45	101	46	44.5	100.5	46.5
41	45	97	42	43.5	96.5	44.75
42	60	116	66	58.5	115.5	63.5
43	60	121	52	60.5	118.5	52.5
44	81	136	51	82.5	136.5	49.5
45	32	84	36	31.5	86.5	36.5
46	36	91	35	34.5	90.5	34.5
47	32	92	38	32.5	91.5	40.125
48	42	98	42	41.875	99.5	41.25
49	50	103	57	49.375	103.5	59.75
50	41	99	49	40.5	97.5	51.125
51	41	99	51	42.5	97.125	53.625
52	34	91	55	36	89.5	54.5
53	44	100	60	44.5	95.25	60.5

และเมื่อนำข้อมูลค่าสีใบขาวทั้ง 53 ใบมาทำการสร้างตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ พบว่า ตัวแบบที่สร้างจากค่าสีสูงสุดมีค่า Coefficient of Determination (R^2) เท่ากับ 92.9% ซึ่งแสดง

ในสมการที่ 3.19 และตัวแบบที่สร้างจากค่าเฉลี่ยสี 8 ลำดับมีค่า Coefficient of Determination (R^2) เท่ากับ 93.1% ในสมการที่ 3.20

$$\text{Chlorophyll} = 57.8 - 0.193 R - 0.181 G + 0.100 B \quad (3.19)$$

$$\text{Chlorophyll} = 49.7 - 0.335 R - 0.0582 G + 0.139 B \quad (3.20)$$

3.3.5 การสร้างตัวแบบพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยวิธีลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลค่าเฉลี่ยสี

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยนำเสนอการสร้างตัวแบบเพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์โดยนำค่าเฉลี่ยสีของใบเข้ามาทำการนอมนัลไลน์ [17] ตามงานวิจัยเรื่อง “An Algorithm for Estimation Chlorophyll Content in Leaves Using a Video Camera” วิจัยโดย Shigeto Kawashima และ Makoto Nakatani ได้นำเสนอตัวแบบในการนอมนัลไลน์ค่าสีเพื่อพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ โดยสรุปว่าตัวแบบ $(R-G)/(R+G)$ เป็นตัวแบบการนอมนัลไลน์ที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้สร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ โดยแสดงค่าสีเมื่อผ่านกระบวนการนอมนัลไลน์ ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ค่าสีที่ผ่านวิธีลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลค่าเฉลี่ยสี

No.	ค่าเฉลี่ยสีใบเข้า			ค่านอมนัลไลน์ (R-B)/(R+B)	ค่าคลอโรฟิลล์จริง
	R	G	B		
1	60.171	114.197	83.229	-0.160795	40.700
2	49.984	103.908	70.446	-0.169908	40.200
3	59.996	118.822	60.366	-0.003074	34.700
4	55.868	113.439	66.647	-0.087981	38.500
5	55.662	114.832	67.472	-0.095912	36.600
6	80.878	138.647	74.986	0.0378022	31.500
7	66.925	126.874	75.586	-0.060774	35.200
8	67.165	123.383	86.716	-0.127053	36.700
9	82.114	141.339	86.807	-0.027782	29.700
10	67.763	134.679	65.186	0.0193834	30.500
11	62.475	118.992	71.871	-0.069939	37.500
12	63.666	119.901	74.180	-0.076274	36.400
13	69.539	127.306	77.532	-0.054348	36.300
14	74.783	146.335	57.920	0.1270732	26.000
15	65.159	122.854	74.305	-0.06558	35.800

ตารางที่ 3.7 ค่าสีที่ผ่านการลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลค่าเฉลี่ยสี (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสีใบข้าว			ค่าอมัลไลน์ (R-B)/(R+B)	ค่าคลอโรฟิลล์จริง
	R	G	B		
16	115.663	165.621	88.229	0.1345516	22.500
17	87.369	148.905	77.431	0.0603034	26.700
18	70.626	134.457	73.540	-0.020213	31.800
19	75.030	141.711	67.929	0.0496716	28.900
20	79.686	145.935	67.405	0.0834925	25.800
21	119.894	167.592	73.401	0.2405287	19.800
22	122.676	166.705	82.160	0.1977973	21.300
23	106.400	161.069	80.248	0.140114	23.200
24	87.643	144.649	70.558	0.1079955	26.800
25	92.450	148.575	70.064	0.1377481	24.200
26	107.227	161.719	72.040	0.1962826	21.200
27	82.607	143.862	84.979	-0.014154	28.700
28	74.059	139.512	76.841	-0.018436	30.700
29	51.428	109.854	64.057	-0.109356	36.200
30	101.378	153.944	70.584	0.1790744	21.700
31	52.421	105.838	78.641	-0.200058	39.600
32	52.923	115.008	53.086	-0.001538	36.000
33	55.297	115.401	64.055	-0.07338	34.800
34	59.698	117.306	71.272	-0.088371	38.200
35	54.689	112.278	72.285	-0.13858	37.400
36	64.698	129.703	62.187	0.0197896	31.400
37	52.826	109.333	65.836	-0.109639	36.100
38	68.268	140.578	48.207	0.1722344	27.600
39	42.612	105.556	45.480	-0.032557	36.500
40	43.298	104.315	49.819	-0.07003	35.200
41	58.120	119.249	57.608	0.0044242	34.300
42	58.045	112.175	79.503	-0.156004	40.300
43	48.554	107.387	59.567	-0.101858	40.500

จากข้อมูลในตารางที่ 3.7 เมื่อนำข้อมูลมาทำการสร้างตัวแบบเพื่อใช้พยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ ด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น พบว่าตัวแบบที่ได้มีค่า Coefficient of Determination (R^2) 89.7% และตัวแบบดังสมการที่ (3.21)

$$y = 31.9 - 51.1x \quad (3.21)$$

เมื่อ y คือค่าคลอโรฟิลล์ที่พยากรณ์ได้
 x คือค่าที่ได้จากวิธีลดความซ้ำซ้อนของค่าเฉลี่ยสี่



บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อหาวิธีการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ของใบข้าว โดยใช้ค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินของภาพถ่ายใบข้าวในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ โดยทดสอบในเงื่อนไขต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ ทำการเก็บผลการทดลอง และทำการทดสอบการทำงานร่วมกันหลายเงื่อนไข ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น เพื่อการพิสูจน์สมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้ว่ามีความถูกต้องเพียงใด การทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้จะถูกนำไปใช้ร่วมกับงานวิจัยทางด้านเกษตรกรรม เช่น การจัดการธาตุอาหารของข้าว ซึ่งแต่เดิมต้องอาศัยเครื่องมือในการวัดค่าคลอโรฟิลล์ (คลอโรฟิลล์มิเตอร์) ในการประเมินค่าคลอโรฟิลล์ที่สะสมอยู่ในใบของต้นข้าว แต่ในงานวิจัยที่ดำเนินการนี้ได้ตั้งสมมุติฐานคือการนำภาพถ่ายของใบข้าวมาทำการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ โดยใช้หลักการจากเทคนิคการประมวลผลภาพร่วมกับการประยุกต์ใช้กรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอย เพื่อทดสอบว่าเทคนิคที่นำเสนอสามารถพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ได้ โดยมุ่งหวังว่าค่าความผิดพลาดเฉลี่ยในการทดลองไม่เกิน 5 % ซึ่งผลการทดลองจะแบ่งออกได้ 2 ส่วนคือ

- การหาค่าเฉลี่ยสีจากภาพถ่ายใบข้าว
- การทดสอบการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากตัวแบบที่สร้าง

4.1 ผลการหาค่าเฉลี่ยสีจากภาพถ่ายใบข้าว

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนในการนำภาพถ่ายแบบดิจิทัลที่ถ่ายจากเครื่องมือที่ออกแบบไว้มาประมวลผลด้วยเทคนิคประมวลผลภาพ ซึ่งเป็นกระบวนการในการแยกพื้นหลังของภาพออกจากส่วนของพื้นที่ใบ และทำการหาค่าเฉลี่ยสีในส่วนของพื้นที่ใบ โดยผู้วิจัยได้ทำการทดลองด้วยการถ่ายภาพใบข้าวด้วยรูปแบบไฟล์ BMP และ JPEG และแสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยสีที่ได้จากการประมวลผลภาพของระบบภาพทั้งสองดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสีของไฟล์ภาพในรูปแบบ BMP และ JPEG

No.	ไฟล์รูปแบบ BMP			ไฟล์รูปแบบ JPEG		
	R	G	B	R	G	B
1	60.171	114.197	83.229	60.171	114.197	83.229
2	49.984	103.908	70.446	49.984	103.908	70.446
3	59.996	118.822	60.366	59.996	118.822	60.366
4	55.868	113.439	66.647	55.868	113.439	66.647

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสีของไฟล์ภาพในรูปแบบ BMP และ JPEG (ต่อ)








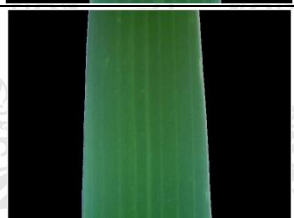

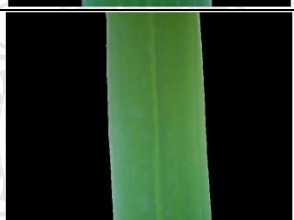
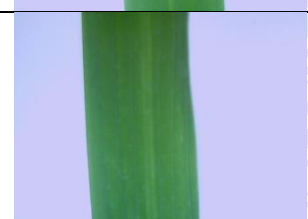
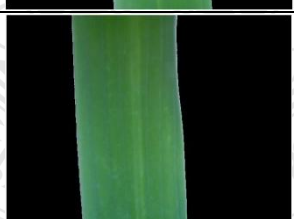

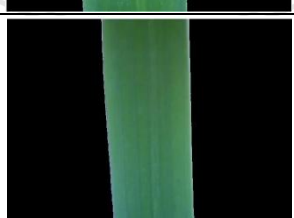
No.	ไฟล์รูปแบบ BMP			ไฟล์รูปแบบ JPEG		
	R	G	B	R	G	B
5	55.662	114.832	67.472	55.662	114.832	67.472
6	80.878	138.647	74.986	80.878	138.647	74.986
7	66.925	126.874	75.586	66.925	126.874	75.586
8	67.165	123.383	86.716	67.165	123.383	86.716
9	82.114	141.339	86.807	82.114	141.339	86.807
10	67.763	134.679	65.186	67.763	134.679	65.186
11	62.475	118.992	71.871	62.475	118.992	71.871
12	63.666	119.901	74.180	63.666	119.901	74.180
13	69.539	127.306	77.532	69.539	127.306	77.532
14	74.783	146.335	57.920	74.783	146.335	57.920
15	65.159	122.854	74.305	65.159	122.854	74.305
16	115.663	165.621	88.229	115.663	165.621	88.229
17	87.369	148.905	77.431	87.369	148.905	77.431
18	70.626	134.457	73.540	70.626	134.457	73.540
19	75.030	141.711	67.929	75.030	141.711	67.929
20	79.686	145.935	67.405	79.686	145.935	67.405
21	119.894	167.592	73.401	119.894	167.592	73.401
22	122.676	166.705	82.160	122.676	166.705	82.160
23	106.400	161.069	80.248	106.400	161.069	80.248
24	87.643	144.649	70.558	87.643	144.649	70.558
25	92.450	148.575	70.064	92.450	148.575	70.064
26	107.227	161.719	72.040	107.227	161.719	72.040
27	82.607	143.862	84.979	82.607	143.862	84.979
28	74.059	139.512	76.841	74.059	139.512	76.841
29	51.428	109.854	64.057	51.428	109.854	64.057
30	101.378	153.944	70.584	101.378	153.944	70.584
31	52.421	105.838	78.641	52.421	105.838	78.641
32	52.923	115.008	53.086	52.923	115.008	53.086


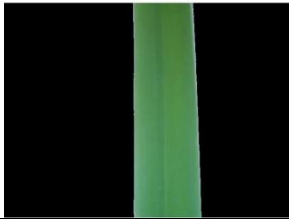

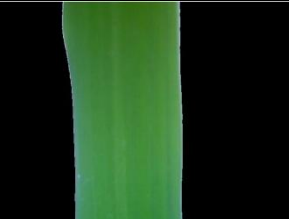



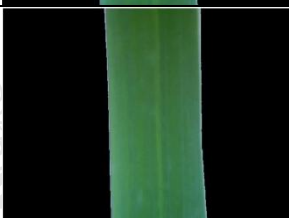

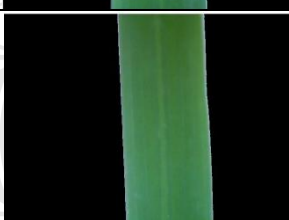
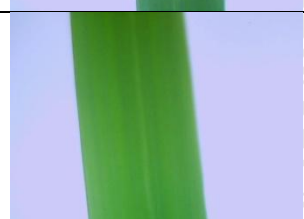
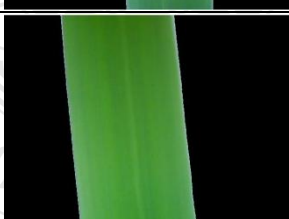

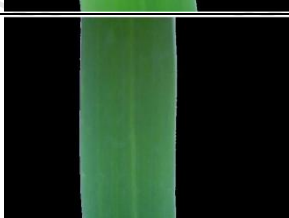
ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสีของไฟล์ภาพในรูปแบบ BMP และ JPEG (ต่อ)



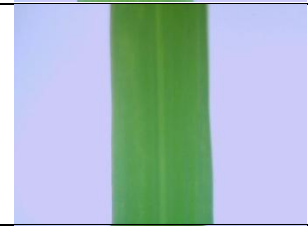
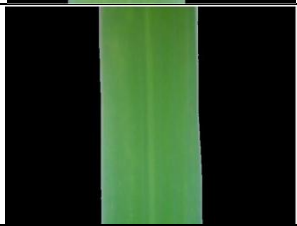

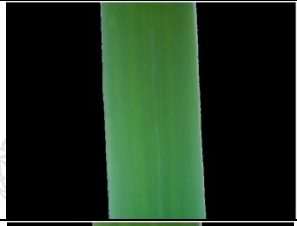








No.	ไฟล์รูปแบบ BMP			ไฟล์รูปแบบ JPEG		
	R	G	B	R	G	B
33	55.297	115.401	64.055	55.297	115.401	64.055
34	80.878	138.647	74.986	80.878	138.647	74.986
35	66.925	126.874	75.586	66.925	126.874	75.586
36	67.165	123.383	86.716	67.165	123.383	86.716
37	82.114	141.339	86.807	82.114	141.339	86.807
38	67.763	134.679	65.186	67.763	134.679	65.186
39	62.475	118.992	71.871	62.475	118.992	71.871
40	63.666	119.901	74.180	63.666	119.901	74.180
41	69.539	127.306	77.532	69.539	127.306	77.532
42	74.783	146.335	57.920	74.783	146.335	57.920
43	65.159	122.854	74.305	65.159	122.854	74.305




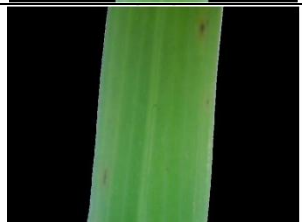




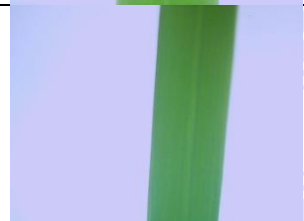
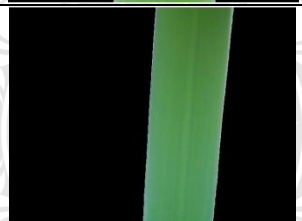

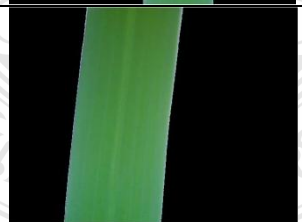

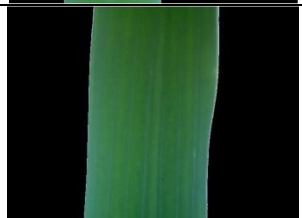
จากตารางแสดงข้อมูลของค่าเฉลี่ยสีที่ได้จากการประมวลผลภาพของภาพในระบบไฟล์ BMP และ JPEG จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน มีค่าสีที่เท่ากัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าระบบไฟล์ทั้งสองแบบมีประสิทธิภาพในการนำมาใช้ในการประมวลผลที่เท่าเทียมกัน ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลใบข้าวช่วงอายุ 6 – 8 สัปดาห์ โดยแสดงภาพถ่ายใบข้าวที่นำมาประมวลผลภาพ ใบข้าวที่ได้หลังจากการประมวลผลภาพและค่าเฉลี่ยสีใบข้าว ดังต่อไปนี้




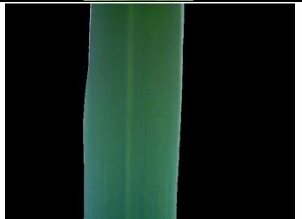



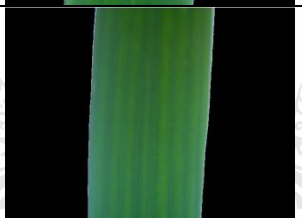

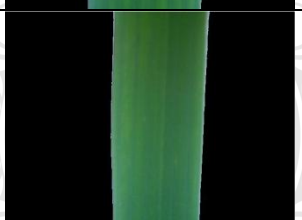
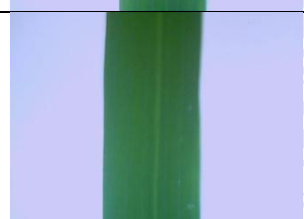
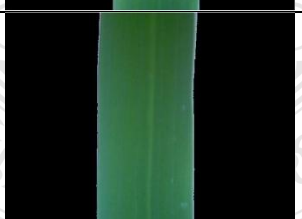

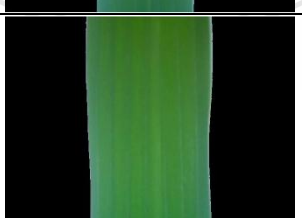
ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยสีที่ได้จากการประมวลผลภาพ


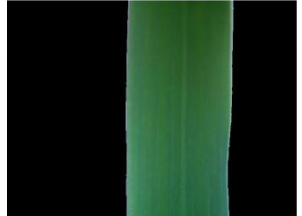









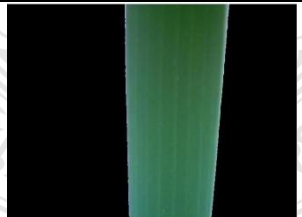


No.	ภาพก่อนประมวลผล	ภาพหลังประมวลผล	ค่าเฉลี่ยสีที่ได้จากการประมวลผล		
			R	G	B
2			49.984	103.908	70.446
3			59.996	118.822	60.366
4			55.868	113.439	66.647
5			55.662	114.832	67.472
6			80.878	138.647	74.986
7			66.925	126.874	75.586
8			67.165	123.383	86.716

No.	ภาพก่อนประมวลผล	ภาพหลังประมวลผล	ค่าเฉลี่ยสีที่ได้จากการประมวลผล		
			R	G	B
9			82.114	141.339	86.807
10			67.763	134.679	65.186
11			62.475	118.992	71.871
12			63.666	119.901	74.180
13			69.539	127.306	77.532
14			74.783	146.335	57.920
15			65.159	122.854	74.305

No.	ภาพก่อนประมวลผล	ภาพหลังประมวลผล	ค่าเฉลี่ยสีที่ได้จากการประมวลผล		
			R	G	B
16			115.663	165.621	88.229
17			87.369	148.905	77.431
18			70.626	134.457	73.540
19			75.030	141.711	67.929
20			79.686	145.935	67.405
21			119.894	167.592	73.401
22			122.676	166.705	82.160

No.	ภาพก่อนประมวลผล	ภาพหลังประมวลผล	ค่าเฉลี่ยสีที่ได้จากการประมวลผล		
			R	G	B
23			106.400	161.069	80.248
24			87.643	144.649	70.558
25			92.450	148.575	70.064
26			107.227	161.719	72.040
27			82.607	143.862	84.979
28			74.059	139.512	76.841
29			51.428	109.854	64.057

No.	ภาพก่อนประมวลผล	ภาพหลังประมวลผล	ค่าเฉลี่ยสีที่ได้จากการประมวลผล		
			R	G	B
30			101.378	153.944	70.584
31			52.421	105.838	78.641
32			52.923	115.008	53.086
33			55.297	115.401	64.055
34			59.698	117.306	71.272
35			54.689	112.278	72.285
36			64.698	129.703	62.187

No.	ภาพก่อนประมวลผล	ภาพหลังประมวลผล	ค่าเฉลี่ยสีที่ได้จากการประมวลผล		
			R	G	B
37			52.826	109.333	65.836
38			68.268	140.578	48.207
39			42.612	105.556	45.480
40			43.298	104.315	49.819
41			58.120	119.249	57.608
42			58.045	112.175	79.503
43			48.554	107.387	59.567

4.2 ผลการทดสอบการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากตัวแบบที่สร้าง

4.2.1 การพยากรณ์ด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นแบบง่ายจากภาพถ่ายที่มีพื้นหลัง

เมื่อได้ข้อมูลคือค่าเฉลี่ยสีของภาพถ่ายใบข้าวแล้วนำข้อมูลทั้งหมดพร้อมกับค่าคลอโรฟิลล์ที่วัดด้วยเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ มาสร้างตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ โดยผู้วิจัยเลือกใช้กรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตัวแปรเดียว ในการสร้างตัวแบบเพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ ซึ่งผลปรากฏว่าค่าเฉลี่ยสีเขียวของภาพถ่ายใบข้าว สามารถอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ได้ดีที่สุด โดยแสดงตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยตัวแปรค่าเฉลี่ยสีแดง ดังสมการที่ 4.1 และแสดงตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยตัวแปรสีเขียวและสีน้ำเงิน ดังสมการที่ 4.2 และสมการที่ 4.3 ตามลำดับ

$$\text{Chlorophyll} = 51.3 - 0.269 R \quad (4.1)$$

$$\text{Chlorophyll} = 72.2 - 0.308 G \quad (4.2)$$

$$\text{Chlorophyll} = 38.9 - 0.0952 B \quad (4.3)$$

เมื่อ R = ค่าเฉลี่ยสีแดง

G = ค่าเฉลี่ยสีเขียว

B = ค่าเฉลี่ยสีน้ำเงิน

จากสมการที่ 4.1 ถึง 4.3 เป็นสมการที่ได้จากกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นด้วยตัวแปรพยากรณ์สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินเมื่อนำสมการทั้งสามมาทำการทดลองพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์เพื่อหาค่าความผิดพลาด โดยผู้วิจัยได้ทำการทดลองด้วยการเก็บข้อมูลจากใบข้าวจำนวน 50 ใบ พบว่าประสิทธิภาพในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ของสมการทั้งสามนั้นแตกต่างกัน และสรุปอยู่ในรูปค่าความผิดพลาด ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าคลอโรฟิลล์ที่พยากรณ์ได้และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์

No.	ค่าเฉลี่ยสี			ค่าคลอโรฟิลล์จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ที่คำนวณได้จากค่าสี					
	R	G	B		R	R Error	G	G Error	B	B Error
1	70.378	127.57	81.521	34.4	32.368	5.906	32.908	4.335	31.139	9.479
2	72.031	132.1	76.907	34.7	31.923	8.000	31.513	9.183	31.578	8.995
3	79.070	142.82	75.584	32.2	30.030	6.739	28.211	12.386	31.704	1.539

ตารางที่ 4.3 ค่าคลอโรฟิลล์ที่พยากรณ์ได้และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสี			ค่า คลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ที่คำนวณได้จากค่าสี					
	R	G	B		R	R Error	G	G Error	B	B Error
4	87.283	150.33	81.133	29.9	27.820	6.954	25.898	13.383	31.176	4.267
5	74.475	136.37	90.532	33.4	31.266	6.389	30.198	9.586	30.281	9.337
6	78.177	139.73	89.118	32.9	30.270	7.993	29.163	11.358	30.415	7.550
7	77.643	134.13	89.33	31.9	30.413	4.658	30.887	3.1725	30.395	4.715
8	63.665	111.86	100.353	43.1	34.173	20.710	37.747	12.419	29.346	31.911
9	66.492	113.18	102.125	44.6	33.413	25.081	37.340	16.276	29.177	34.579
10	70.288	117.84	104.468	43.8	32.392	26.044	35.905	18.024	28.954	33.893
11	70.613	127.81	92.116	35.7	32.304	9.510	32.834	8.0265	30.130	15.600
12	67.850	122.83	81.418	35.3	33.048	6.378	34.368	2.639	31.148	11.759
13	69.388	123.99	74.002	34.9	32.634	6.491	34.011	2.547	31.855	8.724
14	71.846	133.87	80.111	34	31.973	5.961	30.968	8.917	31.273	8.019
15	76.472	137.21	79.653	32.1	30.728	4.271	29.939	6.731	31.316	2.439
16	81.234	145.59	87.718	31.7	29.448	7.104	27.358	13.696	30.549	3.630
17	121.053	165.81	93.329	19.2	18.736	2.413	21.130	10.054	30.015	56.328
18	100.585	156.53	91.722	25	24.242	3.030	23.988	4.0449	30.168	20.672
19	61.208	108.8	102.516	44.5	34.834	21.719	38.689	13.057	29.140	34.515
20	64.184	114.04	100.945	39.4	34.034	13.618	37.075	5.899	29.289	25.659
21	64.750	112.82	102.411	41.9	33.882	19.135	37.451	10.617	29.150	30.428
22	64.311	120.26	98.683	41.6	34.000	18.268	35.159	15.480	29.505	29.073
23	67.122	122.22	97.916	41.3	33.244	19.505	34.556	16.328	29.578	28.381
24	72.853	127.98	96.982	36.6	31.702	13.381	32.782	10.431	29.667	18.941
25	71.06	132.12	94.877	36.5	32.184	11.822	31.507	13.679	29.867	18.170
26	69.401	120.89	101.474	39.3	32.630	16.969	34.965	11.028	29.239	25.598
27	71.415	126.05	97.087	38.6	32.089	16.866	33.376	13.532	29.657	23.167
28	78.148	128.99	109.870	39	30.278	22.363	32.471	16.740	28.440	27.076
29	82.73	143.37	103.522	35.6	29.045	18.411	28.042	21.230	29.044	18.413
30	79.326	137.09	108.348	38.3	29.961	21.772	29.976	21.732	28.585	25.364

ตารางที่ 4.3 ค่าคลอโรฟิลล์ที่พยากรณ์ได้และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสี			ค่า คลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ที่คำนวณได้จากค่าสี					
	R	G	B		R	R Error	G	G Error	B	B Error
31	73.791	128.39	90.042	37.9	31.450	17.018	32.655	13.836	30.327	19.979
32	80.160	140.32	90.527	31.7	29.736	6.192	28.981	8.575	30.281	4.473
33	78.922	136.96	103.770	36.1	30.069	16.704	30.016	16.852	29.021	19.609
34	84.345	142.55	100.652	34	28.611	15.849	28.294	16.780	29.317	13.770
35	72.963	125.01	100.425	41.5	31.672	23.680	33.696	18.802	29.339	29.302
36	86.097	143.02	99.686	31.8	28.139	11.510	28.149	11.478	29.409	7.516
37	79.233	139.49	97.635	34.3	29.986	12.576	29.237	14.760	29.605	13.687
38	75.573	133.01	97.135	36.8	30.970	15.840	31.232	15.127	29.652	19.422
39	82.395	140.47	102.386	33	29.135	11.709	28.935	12.317	29.152	11.658
40	67.714	124.31	86.310	36.4	33.084	9.1076	33.912	6.8336	30.683	15.705
41	72.700	126.77	90.830	36.7	31.743	13.505	33.154	9.659	30.252	17.566
42	72.751	127.72	96.653	35.8	31.729	11.369	32.862	8.206	29.698	17.042
43	71.680	126.23	103.874	40.7	32.017	21.331	33.321	18.129	29.011	28.719
44	75.535	128.12	107.494	42	30.980	26.235	32.739	22.049	28.666	31.746
45	88.405	145.99	93.837	28	27.518	1.7183	27.235	2.731	29.966	7.0231
46	75.262	130.43	94.584	34.6	31.054	10.247	32.027	7.434	29.895	13.596
47	81.234	140.09	100.095	33.5	29.447	12.095	29.052	13.276	29.370	12.325
48	84.650	144.4	96.412	31.8	28.528	10.286	27.724	12.815	29.721	6.535
49	77.139	132.69	98.302	35.6	30.549	14.186	31.331	11.990	29.541	17.018
50	84.096	143.42	99.732	31.9	28.678	10.099	28.026	12.142	29.405	7.819

จากข้อมูลในตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าเมื่อใช้สมการที่ 4.2 ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยค่าเฉลี่ยสีเขียว (G) ค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์จะต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับค่าคลอโรฟิลล์ด้วยค่าเฉลี่ยสีอื่นๆ โดยสรุปได้ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ด้วยตัวแบบต่างๆ

No.	สีที่ใช้พยากรณ์	ตัวแบบที่ใช้พยากรณ์	ค่าความผิดพลาด Error		
			สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
1	สีแดง	Chlorophyll = 51.3 - 0.269 R_COLOR	26.235%	1.718%	12.974%
2	สีเขียว	Chlorophyll = 72.2 - 0.308 G_COLOR	22.049%	2.547%	11.806%
3	สีน้ำเงิน	Chlorophyll = 38.9 - 0.0952 B_COLOR	56.328%	1.539%	17.855%

4.2.2 การพยากรณ์ด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุจากภาพถ่ายที่มีพื้นหลัง

จากการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นที่นำเสนอในตอนต้น พบว่าการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยค่าเฉลี่ยสีเขียวนั้นมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 11.806% แต่เนื่องจากค่าความผิดพลาดดังกล่าวสูงเกินไป ดังนั้นในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยจะนำเสนอวิธีการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ เพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองในหัวข้อ 4.2 โดยทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างเดียวกันจำนวน 50 ตัวอย่าง โดยในการทดลองนี้ได้ทำการสร้างตัวแบบในการพยากรณ์ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ จำนวน 4 ตัวแบบ ดังนี้

ก) การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากค่าเฉลี่ยสีแดงและสีเขียว

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอการทดลองการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ โดยเลือกใช้ค่าเฉลี่ยสีแดงและสีเขียวเป็นตัวแปรต้นในการพยากรณ์ โดยใช้ตัวแบบในการพยากรณ์ดังนี้

$$\text{Chlorophyll} = 76.5 + 0.0664 R - 0.377 G \quad (4.4)$$

จากสมการที่ 4.4 เมื่อนำสมการดังกล่าวมาใช้เป็นตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากตัวอย่างภาพถ่ายใบข้าวจำนวน 50 ใบ ผลปรากฏว่าวิธีการที่นำเสนอมีค่าความผิดพลาดสูงสุดในการพยากรณ์ 21.509% ค่าความผิดพลาดต่ำสุด 1.538% และมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่ 11.371 % แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดงและสีเขียว

No.	ค่าเฉลี่ยสี		ค่าคลอโรฟิลล์จริง	ค่าคลอโรฟิลล์พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
	R	G			
1	70.378	127.57	34.4	33.079	3.839
2	72.031	132.1	34.7	31.481	9.276

ตารางที่ 4.5 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดงและสีเขียว (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสี		ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	G			
3	79.071	142.820	32.2	27.907	13.332
4	87.284	150.330	29.9	25.621	14.310
5	74.476	136.370	33.4	30.034	10.079
6	78.178	139.730	32.9	29.013	11.815
7	77.643	134.130	31.9	31.089	2.544
8	63.666	111.860	43.1	38.556	10.542
9	66.492	113.180	44.6	38.246	14.246
10	70.289	117.840	43.8	36.741	16.115
11	70.614	127.810	35.7	33.004	7.551
12	67.850	122.830	35.3	34.698	1.704
13	69.389	123.990	34.9	34.363	1.538
14	71.847	133.870	34	30.802	9.407
15	76.473	137.210	32.1	29.850	7.011
16	81.234	145.590	31.7	27.007	14.806
17	121.054	165.810	19.2	22.028	14.727
18	100.586	156.530	25	24.167	3.332
19	61.209	108.800	44.5	39.547	11.131
20	64.184	114.040	39.4	37.769	4.140
21	64.751	112.820	41.9	38.266	8.672
22	64.311	120.260	41.6	35.432	14.826
23	67.122	122.220	41.3	34.880	15.545
24	72.854	127.980	36.6	33.089	9.593
25	71.060	132.120	36.5	31.409	13.948
26	69.402	120.890	39.3	35.533	9.586
27	71.415	126.050	38.6	33.721	12.640
28	78.148	128.990	39	33.060	15.231
29	82.730	143.370	35.6	27.943	21.509

ตารางที่ 4.5 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดงและสีเขียว (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสี		ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	G			
30	79.327	137.090	38.3	30.084	21.451
31	73.792	128.390	37.9	32.997	12.937
32	80.160	140.320	31.7	28.922	8.763
33	78.923	136.960	36.1	30.107	16.602
34	84.346	142.550	34	28.359	16.591
35	72.964	125.010	41.5	34.216	17.552
36	86.098	143.020	31.8	28.298	11.012
37	79.233	139.490	34.3	29.173	14.947
38	75.573	133.010	36.8	31.373	14.747
39	82.395	140.470	33	29.014	12.079
40	67.715	124.310	36.4	34.131	6.232
41	72.701	126.770	36.7	33.535	8.624
42	72.752	127.720	35.8	33.180	7.318
43	71.680	126.230	40.7	33.671	17.271
44	75.535	128.120	42	33.214	20.918
45	88.406	145.990	28	27.332	2.386
46	75.262	130.430	34.6	32.325	6.574
47	81.235	140.090	33.5	29.080	13.194
48	84.651	144.400	31.8	27.682	12.950
49	77.139	132.690	35.6	31.598	11.242
50	84.096	143.420	31.9	28.015	12.180

ข) การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากค่าเฉลี่ยสีแดงและสีน้ำเงิน

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอการทดลองการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ โดยเลือกใช้ค่าเฉลี่ยสีแดงและสีน้ำเงินเป็นตัวแปรต้นในการพยากรณ์ โดยใช้ตัวแบบในการพยากรณ์ดังนี้

$$\text{Chlorophyll} = 39.3 - 0.326 R + 0.229 B \quad (4.5)$$

จากสมการที่ 4.5 เมื่อนำตัวแบบดังกล่าวมาใช้เป็นตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากตัวอย่างภาพถ่ายใบข้าวจำนวน 50 ใบ ผลปรากฏว่าวิธีการที่นำเสนอมีค่าความผิดพลาดสูงสุดในการพยากรณ์ 14.173% ค่าความผิดพลาดต่ำสุด 0.040% และมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่ 4.377% รายละเอียดในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดงและสีน้ำเงิน

No.	ค่าเฉลี่ยสี		ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	B			
1	70.378	81.521	34.4	35.025	1.817
2	72.031	76.907	34.7	33.430	3.661
3	79.070	75.584	32.2	30.832	4.249
4	87.283	81.133	29.9	29.425	1.588
5	74.475	90.532	33.4	35.753	7.044
6	78.177	89.118	32.9	34.222	4.018
7	77.643	89.33	31.9	34.445	7.977
8	63.665	100.353	43.1	41.526	3.652
9	66.492	102.125	44.6	41.010	8.049
10	70.288	104.468	43.8	40.309	7.970
11	70.613	92.116	35.7	37.375	4.691
12	67.850	81.418	35.3	35.826	1.489
13	69.388	74.002	34.9	33.626	3.651
14	71.846	80.111	34	34.223	0.657
15	76.472	79.653	32.1	32.611	1.591
16	81.234	87.718	31.7	32.905	3.802
17	121.053	93.329	19.2	21.209	10.463
18	100.585	91.722	25	27.513	10.054
19	61.208	102.516	44.5	42.822	3.770
20	64.184	100.945	39.4	41.492	5.311
21	64.750	102.411	41.9	41.644	0.612
22	64.311	98.683	41.6	40.933	1.603
23	67.122	97.916	41.3	39.841	3.532

ตารางที่ 4.6 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยสี่แดงและสีน้ำเงิน (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสี่		ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	B			
24	72.853	96.982	36.6	37.759	3.166
25	71.06	94.877	36.5	37.861	3.730
26	69.401	101.474	39.3	39.913	1.559
27	71.415	97.087	38.6	38.252	0.902
28	78.148	109.870	39	38.984	0.041
29	82.73	103.522	35.6	36.037	1.226
30	79.326	108.348	38.3	38.251	0.127
31	73.791	90.042	37.9	35.864	5.373
32	80.160	90.527	31.7	33.898	6.935
33	78.922	103.770	36.1	37.335	3.420
34	84.345	100.652	34	34.853	2.508
35	72.963	100.425	41.5	38.511	7.202
36	86.097	99.686	31.8	34.060	7.108
37	79.233	97.635	34.3	35.829	4.457
38	75.573	97.135	36.8	36.907	0.291
39	82.395	102.386	33	35.886	8.745
40	67.714	86.310	36.4	36.990	1.622
41	72.700	90.830	36.7	36.400	0.818
42	72.751	96.653	35.8	37.717	5.353
43	71.680	103.874	40.7	39.719	2.409
44	75.535	107.494	42	39.292	6.448
45	88.405	93.837	28	31.969	14.173
46	75.262	94.584	34.6	36.424	5.273
47	81.234	100.095	33.5	35.739	6.685
48	84.650	96.412	31.8	33.782	6.233
49	77.139	98.302	35.6	36.664	2.989
50	84.096	99.732	31.9	34.723	8.851

ค) การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากค่าเฉลี่ยสีเขียวและสีน้ำเงิน

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอการทดลองการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ โดยเลือกใช้ค่าเฉลี่ยสีเขียวและสีน้ำเงินเป็นตัวแปรต้นในการพยากรณ์ โดยใช้ตัวแบบในการพยากรณ์ดังนี้

$$\text{Chlorophyll} = 66.1 - 0.336 G + 0.139 B \quad (4.6)$$

จากสมการที่ 4.6 เมื่อนำสมการดังกล่าวมาใช้เป็นตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ จากตัวอย่างภาพถ่ายใบข้าวจำนวน 50 ใบ ผลปรากฏว่าวิธีการที่นำเสนอมีค่าความผิดพลาดสูงสุดในการพยากรณ์ 21.669% ค่าความผิดพลาดต่ำสุด 0.056% และมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่ 4.363% รายละเอียดในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยสีเขียวและสีน้ำเงิน

No.	ค่าเฉลี่ยสี		ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	B	G			
1	81.521	127.57	34.4	34.568	0.488
2	76.9075	132.1	34.7	32.405	6.615
3	75.584	142.82	32.2	28.619	11.122
4	81.133	150.33	29.9	26.867	10.145
5	90.532	136.37	33.4	32.864	1.606
6	89.118	139.73	32.9	31.538	4.139
7	89.33	134.13	31.9	33.449	4.856
8	100.353	111.86	43.1	42.464	1.475
9	102.125	113.18	44.6	42.267	5.231
10	104.468	117.84	43.8	41.027	6.331
11	92.116	127.81	35.7	35.960	0.728
12	81.418	122.83	35.3	36.146	2.398
13	74.002	123.99	34.9	34.726	0.500
14	80.111	133.87	34	32.255	5.132
15	79.653	137.21	32.1	31.069	3.211
16	87.718	145.59	31.7	29.375	7.335
17	93.329	165.81	19.2	23.361	21.670

ตารางที่ 4.7 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยสีเขียวและสีน้ำเงิน (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสี		ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	B	G			
18	91.722	156.53	25	26.255	5.021
19	102.513	108.8	44.5	43.793	1.589
20	100.945	114.04	39.4	41.814	6.127
21	102.411	112.82	41.9	42.428	1.259
22	98.683	120.26	41.6	39.410	5.265
23	97.916	122.22	41.3	38.645	6.430
24	96.982	127.98	36.6	36.579	0.056
25	94.877	132.12	36.5	34.896	4.395
26	101.474	120.89	39.3	39.586	0.727
27	97.087	126.05	38.6	37.242	3.517
28	109.870	128.99	39	38.031	2.484
29	103.522	143.37	35.6	32.317	9.221
30	108.348	137.09	38.3	35.098	8.360
31	90.042	128.39	37.9	35.477	6.393
32	90.527	140.32	31.7	31.536	0.518
33	103.770	136.96	36.1	34.506	4.417
34	100.652	142.55	34	32.194	5.312
35	100.425	125.01	41.5	38.056	8.299
36	99.686	143.02	31.8	31.902	0.320
37	97.635	139.49	34.3	32.803	4.365
38	97.135	133.01	36.8	34.910	5.135
39	102.386	140.47	33	33.134	0.406
40	86.310	124.31	36.4	36.329	0.195
41	90.830	126.77	36.7	36.131	1.551
42	96.653	127.72	35.8	36.621	2.293
43	103.874	126.23	40.7	38.125	6.326
44	107.494	128.12	42	37.993	9.539
45	93.837	145.99	28	30.091	7.467

ตารางที่ 4.7 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยสีเขียวและสีน้ำเงิน (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสี		ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	B	G			
46	94.584	130.43	34.6	35.423	2.378
47	100.095	140.09	33.5	32.943	1.663
48	96.412	144.4	31.8	30.983	2.570
49	98.302	132.69	35.6	35.180	1.179
50	99.732	143.42	31.9	31.774	0.396

ง) การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอการทดลองการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ โดยเลือกใช้ค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินเป็นตัวแปรต้นในการพยากรณ์ โดยใช้ตัวแบบในการพยากรณ์ดังนี้

$$\text{Chlorophyll} = 59.3 - 0.0871 R - 0.251 G + 0.166 B \quad (4.7)$$

จากสมการที่ 4.7 เมื่อนำสมการดังกล่าวมาใช้เป็นตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ จากตัวอย่างภาพถ่ายใบข้าวจำนวน 50 ใบ ผลปรากฏว่าวิธีการที่นำเสนอมีค่าความผิดพลาดสูงที่สุดในการพยากรณ์ 17.867% ค่าความผิดพลาดต่ำสุด 0.016% และมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่ 3.827% รายละเอียดในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

No.	ค่าเฉลี่ยสี			ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	G	B			
1	70.378	127.570	81.521	34.4	34.682	0.821
2	72.031	132.100	76.908	34.7	32.636	5.949
3	79.071	142.820	75.584	32.2	29.112	9.590
4	87.284	150.330	81.134	29.9	27.433	8.251
5	74.476	136.370	90.532	33.4	33.613	0.637
6	78.178	139.730	89.118	32.9	32.212	2.091
7	77.643	134.130	89.330	31.9	33.699	5.641

ตารางที่ 4.8 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสี			ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	G	B			
8	63.666	111.860	100.354	43.1	42.337	1.771
9	66.492	113.180	102.125	44.6	42.053	5.710
10	70.289	117.840	104.468	43.8	40.942	6.526
11	70.614	127.810	92.117	35.7	36.361	1.850
12	67.850	122.830	81.419	35.3	36.075	2.197
13	69.389	123.990	74.002	34.9	34.419	1.378
14	71.847	133.870	80.111	34	32.739	3.708
15	76.473	137.210	79.654	32.1	31.422	2.112
16	81.234	145.590	87.719	31.7	30.243	4.597
17	121.054	165.810	93.329	19.2	22.631	17.868
18	100.586	156.530	91.722	25	26.476	5.903
19	61.209	108.800	102.516	44.5	43.678	1.848
20	64.184	114.040	100.946	39.4	41.842	6.199
21	64.751	112.820	102.412	41.9	42.343	1.057
22	64.311	120.260	98.684	41.6	39.895	4.099
23	67.122	122.220	97.917	41.3	39.031	5.495
24	72.854	127.980	96.983	36.6	36.931	0.903
25	71.060	132.120	94.878	36.5	35.698	2.197
26	69.402	120.890	101.474	39.3	39.756	1.161
27	71.415	126.050	97.088	38.6	37.558	2.700
28	78.148	128.990	109.871	39	38.355	1.653
29	82.730	143.370	103.522	35.6	33.293	6.480
30	79.327	137.090	108.348	38.3	35.967	6.092
31	73.792	128.390	90.043	37.9	35.594	6.084
32	80.160	140.320	90.527	31.7	32.125	1.341
33	78.923	136.960	103.771	36.1	35.275	2.286
34	84.346	142.550	100.652	34	32.882	3.289

ตารางที่ 4.8 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

No.	ค่าเฉลี่ยสี			ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	G	B			
35	72.964	125.010	100.426	41.5	38.238	7.860
36	86.098	143.020	99.687	31.8	32.451	2.047
37	79.233	139.490	97.636	34.3	33.594	2.057
38	75.573	133.010	97.136	36.8	35.457	3.651
39	82.395	140.470	102.387	33	33.862	2.611
40	67.715	124.310	86.311	36.4	36.528	0.351
41	72.701	126.770	90.830	36.7	36.226	1.291
42	72.752	127.720	96.653	35.8	36.950	3.212
43	71.680	126.230	103.874	40.7	38.616	5.120
44	75.535	128.120	107.495	42	38.407	8.555
45	88.406	145.990	93.838	28	30.533	9.048
46	75.262	130.430	94.585	34.6	35.708	3.202
47	81.235	140.090	100.096	33.5	33.678	0.531
48	84.651	144.400	96.412	31.8	31.687	0.356
49	77.139	132.690	98.303	35.6	35.594	0.016
50	84.096	143.420	99.733	31.9	32.532	1.983

4.2.3 การพยากรณ์ด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุจากภาพถ่ายแบบเต็มใบ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลจากการทดลอง การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายใบข้าวแบบเต็มใบ โดยแยกการทดลองออกเป็น 4 แบบ ดังต่อไปนี้

ก) การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากค่าเฉลี่ยสีแดงและสีเขียว

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลจากการทดลองการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายใบข้าวแบบเต็มใบด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ โดยใช้ค่าเฉลี่ยสีแดง และสีเขียว เป็นตัวแปรทำนายค่า ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายการทดลองในหัวข้อ 4.2.2. (ก) แต่มีส่วนที่แตกต่างตรงที่ภาพถ่ายที่ใช้ในการทดลองจะมีลักษณะการถ่ายภาพใบข้าวเต็มพื้นที่ของรูปถ่าย (ไม่มีส่วนพื้นหลัง) ในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 32 ใบ โดยใช้ตัวแบบในการพยากรณ์ดังสมการที่ (4.8)

$$\text{Chlorophyll} = 71.0 + 0.0147 R - 0.351 G \quad (4.8)$$

จากสมการที่ 4.8 เมื่อนำตัวแบบดังกล่าวมาใช้เป็นตัวแบบ ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ จากตัวอย่างภาพถ่ายใบข้าวจำนวน 32 ใบ ผลปรากฏว่าวิธีการที่นำเสนอมีค่าความผิดพลาดสูงสุด ในการพยากรณ์ 10.678% ค่าความผิดพลาดต่ำสุด 0.004% และมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่ 3.130% รายละเอียดในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์จากค่าเฉลี่ยสีแดงและสีเขียว ด้วยภาพถ่ายแบบเต็มใบ

No.	ค่าเฉลี่ยสี			ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	G	B			
1	36.592	96.095	41.7	35.7	37.809	5.906
2	50.087	107.685	53.479	34.5	33.939	1.627
3	57.472	119.072	45.905	29.8	30.051	0.841
4	59.504	118.971	48.954	27.6	30.116	9.116
5	38.963	97.39	43.62	37.3	37.389	0.238
6	40.027	98.068	47.647	35.4	37.167	4.990
7	43.193	102.181	50.998	35	35.769	2.198
8	45.741	106.712	40.971	34.1	34.216	0.342
9	60.543	125.407	49.163	29.1	27.872	4.220
10	46.635	106.881	46.488	31.9	34.170	7.117
11	67.719	130.035	49.524	25.1	26.353	4.993
12	53.444	116.002	42.629	32.5	31.069	4.403
13	56.269	116.345	45.037	28	30.990	10.679
14	60.903	120.851	59.083	29.2	29.477	0.947
15	41.580	104.108	38.272	34.6	35.069	1.356
16	36.713	97.413	39.327	37.1	37.348	0.668
17	96.131	151.804	58.222	18.1	19.130	5.690
18	84.131	145.506	57.153	21.1	21.164	0.304
19	47.041	111.894	34.941	31.9	32.417	1.620
20	60.863	127.939	43.331	26.7	26.988	1.079

ตารางที่ 4.9 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์จากค่าเฉลี่ยสีแดงและสีเขียว
ด้วยภาพถ่ายแบบเต็มใบ (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสี			ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	G	B			
21	59.850	125.302	42.277	27.9	27.899	0.004
22	72.999	127.590	60.090	27.6	27.289	1.127
23	58.753	117.248	63.456	30.9	30.710	0.616
24	56.259	113.957	37.856	30.4	31.828	4.698
25	65.106	123.159	64.247	29	28.728	0.937
26	69.147	124.793	60.924	27.3	28.214	3.348
27	53.238	112.163	54.103	33.3	32.413	2.663
28	54.887	113.104	54.600	33.4	32.107	3.870
29	49.793	112.565	40.416	31.6	32.222	1.968
30	49.970	108.340	48.294	32.5	33.707	3.714
31	73.550	135.047	58.800	25.5	24.680	3.217
32	44.444	103.913	49.018	37.3	35.180	5.684

ข) การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากค่าเฉลี่ยสีแดงและสีน้ำเงิน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลจากการทดลอง การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายใบข้าวแบบเต็มใบ ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ โดยใช้ค่าเฉลี่ยสีแดงและสีน้ำเงินเป็นตัวแปรพยากรณ์ค่าในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 32 ใบ โดยใช้ตัวแบบในการพยากรณ์ดังสมการที่ 4.9

$$\text{Chlorophyll} = 43.6 - (0.384 * R) + (0.179 * B) \quad (4.9)$$

จากสมการที่ 4.9 เมื่อนำสมการดังกล่าวมาใช้เป็นตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากตัวอย่างภาพถ่ายใบข้าวจำนวน 32 ใบ ผลปรากฏว่าวิธีการที่นำเสนอมีค่าความผิดพลาดสูงสุดในการพยากรณ์ 7.336 % ค่าความผิดพลาดต่ำสุด 0.175 % และมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่ 3.267 % รายละเอียดในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์จากค่าเฉลี่ยสีแดงและสีน้ำเงิน
ด้วยภาพถ่ายแบบเต็มใบ

No.	ค่าเฉลี่ยสี			ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	G	B			
1	36.592	96.095	41.700	35.7	37.013	3.678
2	50.087	107.685	53.479	34.5	33.939	1.625
3	57.472	119.072	45.905	29.8	29.748	0.175
4	59.504	118.971	48.954	27.6	29.513	6.932
5	38.963	97.390	43.620	37.3	36.446	2.289
6	40.027	98.068	47.647	35.4	36.758	3.837
7	43.193	102.181	50.998	35	36.143	3.264
8	45.741	106.712	40.971	34.1	33.369	2.143
9	60.543	125.407	49.163	29.1	29.152	0.178
10	46.635	106.881	46.488	31.9	34.014	6.625
11	67.719	130.035	49.524	25.1	26.461	5.421
12	53.444	116.002	42.629	32.5	30.708	5.514
13	56.269	116.345	45.037	28	30.054	7.337
14	60.903	120.851	59.083	29.2	30.789	5.442
15	41.580	104.108	38.272	34.6	34.484	0.335
16	36.713	97.413	39.327	37.1	36.542	1.505
17	96.131	151.804	58.222	18.1	17.107	5.484
18	84.131	145.506	57.153	21.1	21.524	2.010
19	47.041	111.894	34.941	31.9	31.791	0.343
20	60.863	127.939	43.331	26.7	27.985	4.812
21	59.850	125.302	42.277	27.9	28.185	1.022
22	72.999	127.590	60.090	27.6	26.324	4.621
23	58.753	117.248	63.456	30.9	32.397	4.846
24	56.259	113.957	37.856	30.4	28.773	5.353
25	65.106	123.159	64.247	29	30.099	3.791
26	69.147	124.793	60.924	27.3	27.953	2.392
27	53.238	112.163	54.103	33.3	32.841	1.378

ตารางที่ 4.10 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์จากค่าเฉลี่ยสีแดงและสีน้ำเงิน
ด้วยภาพถ่ายแบบเต็มใบ (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสี			ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	G	B			
28	54.887	113.104	54.600	33.4	32.297	3.303
29	49.793	112.565	40.416	31.6	31.714	0.361
30	49.970	108.340	48.294	32.5	33.056	1.711
31	73.550	135.047	58.800	25.5	25.882	1.498
32	44.444	103.913	49.018	37.3	35.307	5.342

ก) การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากค่าเฉลี่ยสีเขียวและสีน้ำเงิน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลจากการทดลอง การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายใบข้าวแบบเต็มใบ ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ โดยใช้ค่าเฉลี่ยสีเขียวและสีน้ำเงินเป็นตัวแปรพยากรณ์ค่าในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 32 ใบ โดยใช้ตัวแบบในการพยากรณ์ดังสมการที่ 4.10

$$\text{Chlorophyll} = 68.8 - (0.362 G) + (0.0799 B) \quad (4.10)$$

จากสมการที่ 4.10 เมื่อนำสมการดังกล่าวมาใช้เป็นตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากตัวอย่างภาพถ่ายใบข้าวจำนวน 32 ใบ ผลปรากฏว่าวิธีการที่นำเสนอมีค่าความผิดพลาดสูงสุดในการพยากรณ์ 8.148 % ค่าความผิดพลาดต่ำสุด 0.566 % และมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่ 3.114 % แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์จากค่าเฉลี่ยสีเขียวและสีน้ำเงิน
ด้วยภาพถ่ายแบบเต็มใบ

No.	ค่าเฉลี่ยสี			ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	G	B			
1	36.592	96.095	41.700	35.7	37.345	4.609
2	50.087	107.685	53.479	34.5	34.091	1.186
3	57.472	119.072	45.905	29.8	29.364	1.464
4	59.504	118.971	48.954	27.6	29.644	7.406
5	38.963	97.390	43.620	37.3	37.030	0.724

ตารางที่ 4.11 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์จากค่าเฉลี่ยสีเขียวและสีน้ำเงิน
ด้วยภาพถ่ายแบบเต็มใบ (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสี			ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	G	B			
6	40.027	98.068	47.647	35.4	37.106	4.820
7	43.193	102.181	50.998	35	35.885	2.529
8	45.741	106.712	40.971	34.1	33.444	1.924
9	60.543	125.407	49.163	29.1	27.331	6.080
10	46.635	106.881	46.488	31.9	33.823	6.030
11	67.719	130.035	49.524	25.1	25.684	2.328
12	53.444	116.002	42.629	32.5	30.213	7.036
13	56.269	116.345	45.037	28	30.282	8.148
14	60.903	120.851	59.083	29.2	29.773	1.961
15	41.580	104.108	38.272	34.6	34.171	1.240
16	36.713	97.413	39.327	37.1	36.679	1.136
17	96.131	151.804	58.222	18.1	18.499	2.204
18	84.131	145.506	57.153	21.1	20.693	1.927
19	47.041	111.894	34.941	31.9	31.086	2.551
20	60.863	127.939	43.331	26.7	25.948	2.816
21	59.850	125.302	42.277	27.9	26.819	3.876
22	72.999	127.590	60.090	27.6	27.414	0.675
23	58.753	117.248	63.456	30.9	31.426	1.703
24	56.259	113.957	37.856	30.4	30.572	0.566
25	65.106	123.159	64.247	29	29.350	1.206
26	69.147	124.793	60.924	27.3	28.493	4.369
27	53.238	112.163	54.103	33.3	32.520	2.343
28	54.887	113.104	54.600	33.4	32.219	3.536
29	49.793	112.565	40.416	31.6	31.281	1.010
30	49.970	108.340	48.294	32.5	33.439	2.891
31	73.550	135.047	58.800	25.5	24.611	3.486
32	44.444	103.913	49.018	37.3	35.100	5.898

ง) การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลจากการทดลอง การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ โดยใช้ค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เป็นตัวแปรทำนายค่า โดยภาพถ่ายที่ใช้ในการทดลองจะมีลักษณะการถ่ายภาพใบข้าวเต็มพื้นที่ของรูปถ่าย (ไม่มีส่วนพื้นหลัง) ในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 32 ใบ โดยใช้ตัวแบบ ในการพยากรณ์ ดังนี้

$$\text{Chlorophyll} = 53.3 - 0.242 R - 0.138 G + 0.145 B \quad (4.11)$$

จากสมการที่ 4.11 เมื่อนำสมการดังกล่าวมาใช้เป็นตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ จากตัวอย่างภาพถ่ายใบข้าวจำนวน 32 ใบ ผลปรากฏว่าวิธีการที่นำเสนอมีความผิดพลาดสูงสุดในการพยากรณ์ 7.706% ค่าความผิดพลาดต่ำสุด 0.074% และมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่ 2.925% รายละเอียดในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ด้วยภาพถ่ายแบบเต็มใบ

No.	ค่าเฉลี่ยสี			ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	G	B			
1	36.592	96.095	41.700	35.7	37.23	4.286
2	50.087	107.685	53.479	34.5	34.07	1.238
3	57.472	119.072	45.905	29.8	29.62	0.617
4	59.504	118.971	48.954	27.6	29.58	7.175
5	38.963	97.390	43.620	37.3	36.76	1.458
6	40.027	98.068	47.647	35.4	36.99	4.488
7	43.193	102.181	50.998	35	36.14	3.260
8	45.741	106.712	40.971	34.1	33.45	1.920
9	60.543	125.407	49.163	29.1	28.47	2.161
10	46.635	106.881	46.488	31.9	34.01	6.600
11	67.719	130.035	49.524	25.1	26.15	4.176
12	53.444	116.002	42.629	32.5	30.54	6.032
13	56.269	116.345	45.037	28	30.16	7.706
14	60.903	120.851	59.083	29.2	30.45	4.284

ตารางที่ 4.12 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์จากค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินด้วยภาพถ่ายแบบเต็มใบ (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสี			ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	R	R			
15	41.580	104.108	38.272	34.6	34.42	0.520
16	36.713	97.413	39.327	37.1	36.67	1.146
17	96.131	151.804	58.222	18.1	17.53	3.152
18	84.131	145.506	57.153	21.1	21.15	0.226
19	47.041	111.894	34.941	31.9	31.54	1.125
20	60.863	127.939	43.331	26.7	27.2	1.867
21	59.850	125.302	42.277	27.9	27.65	0.879
22	72.999	127.590	60.090	27.6	26.74	3.116
23	58.753	117.248	63.456	30.9	32.1	3.892
24	56.259	113.957	37.856	30.4	29.45	3.131
25	65.106	123.159	64.247	29	29.86	2.980
26	69.147	124.793	60.924	27.3	28.18	3.220
27	53.238	112.163	54.103	33.3	32.78	1.553
28	54.887	113.104	54.600	33.4	32.33	3.215
29	49.793	112.565	40.416	31.6	31.58	0.074
30	49.970	108.340	48.294	32.5	33.26	2.335
31	73.550	135.047	58.800	25.5	25.39	0.430
32	44.444	103.913	49.018	37.3	35.31	5.330

4.2.4 การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากค่าเฉลี่ยสีฮีโตแกรม

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลจากการทดลองการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ โดยใช้ค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินที่ได้จากการทำเทคนิคฮีโตแกรมเป็นตัวแปรทำนายค่า โดยภาพถ่ายที่ใช้ในการทดลองจะมีลักษณะการถ่ายภาพใบข้าวเต็มพื้นที่ของรูปถ่าย (ไม่มีส่วนพื้นหลัง) ในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 32 ใบ โดยใช้ตัวแบบในการพยากรณ์ดังนี้

$$\text{Chlorophyll} = 49.7 - 0.335 R - 0.0582 G + 0.139 B \quad (4.12)$$

จากสมการที่ 4.12 เมื่อนำสมการดังกล่าวมาใช้เป็นตัวแทนในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ จากตัวอย่างภาพถ่ายใบข้าวจำนวน 32 ใบ ผลปรากฏว่าวิธีการที่นำเสนอ มีค่าความผิดพลาดสูงสุดในการพยากรณ์ 9.01% ค่าความผิดพลาดต่ำสุด 0.05% และมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย ที่ 3.21% แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์จากค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินจากฮิสโตแกรม

No.	ค่าเฉลี่ยสี			ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	G	B			
1	39.5	96.5	38.5	35.7	36.20	1.41
2	51.5	105.5	45.5	34.5	32.63	5.41
3	59.5	118.5	46.5	29.8	29.33	1.56
4	57.5	116.5	46.25	27.6	30.09	9.01
5	37.375	94.625	34.375	37.3	36.45	2.28
6	40.75	99.5	39.5	35.4	35.75	0.98
7	43.5	102.5	47.75	35	35.80	2.28
8	46.5	108.5	37	34.1	32.95	3.37
9	58.625	121.5	46.5	29.1	29.45	1.21
10	46.5	105.5	43.875	31.9	34.08	6.84
11	68.75	131.5	46.125	25.1	25.43	1.30
12	54.5	116.5	42.125	32.5	30.52	6.10
13	56.5	116.5	42.5	28	29.90	6.78
14	59.5	120.5	61.5	29.2	31.30	7.20
15	40.5	102.875	31.375	34.6	34.51	0.27
16	34.125	95.625	33.5	37.1	37.36	0.70
17	92.5	152.5	55.5	18.1	17.55	3.03
18	82.5	147.5	52.5	21.1	20.78	1.54
19	46.375	111.5	30.5	31.9	31.91	0.05
20	58.5	125.25	36.5	26.7	27.89	4.44
21	58.5	128.25	40.5	27.9	28.27	1.32
22	71.5	122.25	57.5	27.6	26.63	3.53

ตารางที่ 4.13 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์จากค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินจากฮิสโตแกรม (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสี			ค่าคลอโรฟิลล์ จริง	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความ ผิดพลาด
	R	G	B			
23	57.5	116	64.25	18.1	32.62	5.56
24	55.5	112.5	34.5	21.1	29.36	3.44
25	63.5	118.75	59.5	31.9	29.79	2.71
26	68.25	122.125	57.5	26.7	27.72	1.54
27	54.5	113.5	56.5	27.9	32.69	1.83
28	55.5	112.5	51.875	35.7	31.77	4.88
29	51.5	112	38.5	34.5	31.28	1.01
30	50.5	107.5	48.5	29.8	33.27	2.36
31	74.5	139.5	55.5	27.6	24.34	4.56
32	43.5	101.5	46.5	37.3	35.68	4.33

4.2.5 การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยค่าสีที่ผ่านวิธีลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลค่าเฉลี่ยสี

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลจากการทดลองการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิง โดยใช้ค่าเฉลี่ยสีแดง และสีน้ำเงินที่ผ่านกระบวนการลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลค่าเฉลี่ยสี โดยภาพถ่ายที่ใช้ในการทดลองจะมีลักษณะการถ่ายภาพใบข้าวเต็มพื้นที่ของรูปถ่าย (ไม่มีส่วนพื้นหลัง) ในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 32 ใบ โดยใช้ตัวแบบในการพยากรณ์ดังนี้

$$y = 31.9 - 51.1x \quad (4.13)$$

เมื่อ y คือค่าคลอโรฟิลล์ที่พยากรณ์ได้
 x คือค่าที่ได้จากการนอมัลไลซ์ค่าสี

จากสมการที่ 4.13 เมื่อนำสมการดังกล่าวมาใช้เป็นตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากตัวอย่างภาพถ่ายใบข้าวจำนวน 32 ใบ ผลปรากฏว่าวิธีการที่นำเสนอมีค่าความผิดพลาดสูงที่สุดในการพยากรณ์ 24.3% ค่าความผิดพลาดต่ำสุด 0.67% และมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่ 8.06% รายละเอียดในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์จากค่าเฉลี่ยสีแดง และสีน้ำเงิน
ที่ผ่านกระบวนการลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลค่าเฉลี่ยสี

No.	ค่าเฉลี่ยสี		ค่าอมัลไลน์	คลอโรฟิลล์ จริง	คลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	B				
1	36.592	41.7	-0.07	35.7	34.78	2.63
2	50.087	53.479	-0.03	34.5	33.50	2.99
3	57.472	45.905	0.11	29.8	27.77	7.31
4	59.504	48.954	0.10	27.6	28.35	2.64
5	38.963	43.62	-0.06	37.3	34.43	8.33
6	40.027	47.647	-0.09	35.4	35.64	0.68
7	43.193	50.998	-0.08	35	35.48	1.36
8	45.741	40.971	0.06	34.1	30.02	13.58
9	60.543	49.163	0.10	29.1	28.09	3.59
10	46.635	46.488	0.00	31.9	32.14	0.74
11	67.719	49.524	0.16	25.1	26.05	3.66
12	53.444	42.629	0.11	32.5	27.74	17.15
13	56.269	45.037	0.11	28	27.81	0.69
14	60.903	59.083	0.02	29.2	31.60	7.59
15	41.58	38.272	0.04	34.6	30.56	13.22
16	36.713	39.327	-0.03	37.1	33.56	10.54
17	96.131	58.222	0.25	18.1	22.47	19.46
18	84.131	57.153	0.19	21.1	24.64	14.36
19	47.041	34.941	0.15	31.9	26.36	21.04
20	60.863	43.331	0.17	26.7	25.54	4.56
21	59.85	42.277	0.17	27.9	25.39	9.90
22	72.999	60.09	0.10	27.6	28.36	2.68
23	58.753	63.456	-0.04	18.1	33.72	8.37
24	56.2593	37.8558	0.20	21.1	24.46	24.30
25	65.1062	64.2466	0.01	31.9	31.94	9.20
26	69.1465	60.9235	0.06	26.7	29.70	8.07

ตารางที่ 4.14 ค่าคลอโรฟิลล์และค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์จากค่าเฉลี่ยสีแดงและสีน้ำเงิน
ที่ผ่านกระบวนการลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลค่าเฉลี่ยสี (ต่อ)

No.	ค่าเฉลี่ยสี		ค่าอมัลไลน์	คลอโรฟิลล์ จริง	คลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
	R	B				
27	53.2376	54.1034	-0.01	33.3	32.52	2.40
28	54.8866	54.6001	0.00	33.4	32.10	4.06
29	49.7927	40.4161	0.10	31.6	28.08	12.52
30	49.9704	48.294	0.02	32.5	31.52	3.09
31	73.55	58.7998	0.11	25.5	27.79	8.23
32	44.4444	49.0175	-0.05	37.3	34.14	9.26



บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

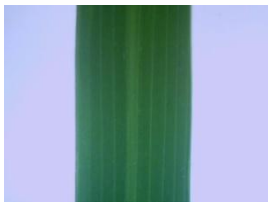
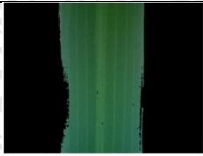
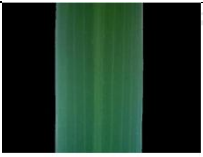
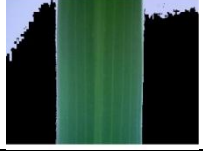
เนื้อหาในส่วนนี้จะกล่าวสรุปถึงผลการทดลองในแต่ละกระบวนการทดลองรวมถึงสรุปผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายใบข้าวด้วยตัวแบบต่างๆ ที่ทำการออกแบบโดยผลการทดลองจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

- ผลการทดสอบการแยกใบข้าวออกจากพื้นหลัง
- ผลการทดสอบการหาค่าเฉลี่ยสีใบข้าวจากภาพถ่ายรูปแบบไฟล์ BMP และ JPEG
- ผลการวิเคราะห์ตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์
- ผลการทดสอบการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์


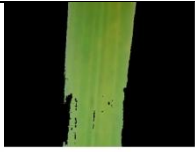


5.1 ผลการทดสอบการแยกใบข้าวออกจากพื้นหลัง

กระบวนการแยกใบข้าวออกจากพื้นหลังของภาพถ่ายใบข้าว นั้นเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญเพราะส่งผลต่อค่าเฉลี่ยสีที่ใช้ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ โดยทำการทดสอบกับชุดภาพถ่ายใบข้าวจำนวน 43 รูป เพื่อหาค่าสีตรวจสอบหรือ Threshold ที่เหมาะสมกับชุดภาพถ่ายใบข้าว จากการทดลองสรุปว่าค่า Threshold ที่ระดับพิกัดสี 180 จะทำให้ผลลัพธ์ในการแยกพื้นที่ใบออกจากพื้นหลังได้อย่างสมบูรณ์ที่สุด หากกำหนดระดับพิกัดสีที่ 160 จะทำให้ภาพผลลัพธ์ไม่สมบูรณ์โดยพื้นที่ใบจะมีลักษณะเว้าแหว่ง และหากกำหนดระดับพิกัดสีที่ 200 จะทำให้ภาพผลลัพธ์ในส่วนของพื้นหลังบางส่วนจะมีค่าไม่เท่ากับ 0 โดย แสดงตัวอย่างในการทดลองดัง ตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ค่า Threshold สำหรับแยกใบข้าวออกจากพื้นหลัง

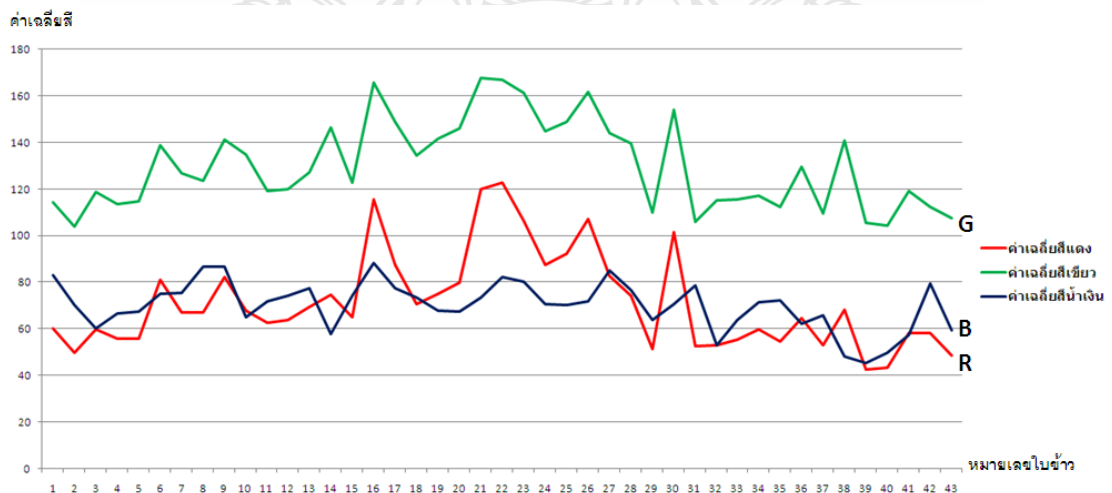
No.	ภาพก่อนประมวลผล	ภาพหลังประมวลผล	ค่า Threshold	ค่าเฉลี่ยสี		
				R	G	B
1			160	46.259	100.363	64.669
			180	49.093	103.168	69.231
			200	73.360	119.992	99.973

ตารางที่ 5.1 ค่า Threshold สำหรับแยกใบข้าวออกจากพื้นหลัง (ต่อ)

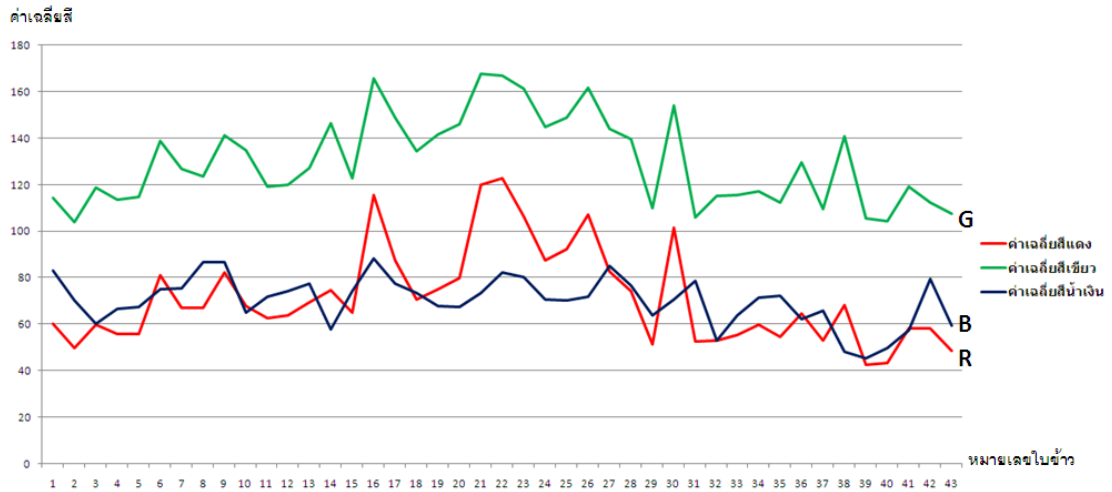
No.	ภาพก่อนประมวลผล	ภาพหลังประมวลผล	ค่า Threshold	ค่าเฉลี่ยสี		
				R	G	B
2			160	117.611	154.178	64.411
			180	120.256	156.018	69.946
			200	130.007	162.110	95.390

5.2 ผลการทดสอบการหาค่าเฉลี่ยสีใบข้าวจากภาพถ่ายรูปแบบไฟล์ BMP และ JPEG

จากการทดลองหาค่าเฉลี่ยสีของภาพถ่ายใบข้าวของไฟล์ในรูปแบบ BMP และ JPEG โดยใช้อัลกอริทึมแยกพื้นหลังที่ออกแบบไว้ พบว่าไฟล์ภาพทั้งสองแบบให้ค่าเฉลี่ยสีที่เท่ากัน ซึ่งสรุปได้ว่าไฟล์ภาพทั้งสองระบบสามารถใช้งานในการพยากรณ์ได้เหมือนกัน

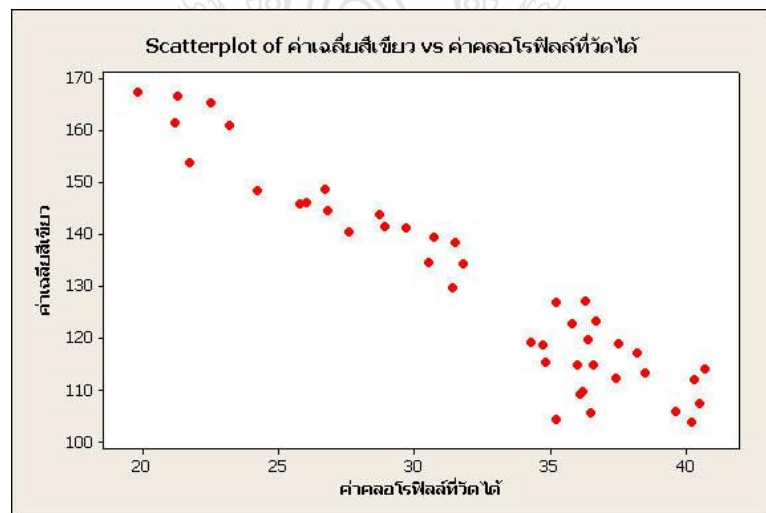


รูปที่ 5.1 ค่าเฉลี่ยสีของไฟล์ภาพแบบ BMP



รูปที่ 5.2 ค่าเฉลี่ยสีของไฟล์ภาพแบบ JPEG

จากชุดข้อมูลสีใบข้าวเมื่อนำมาศึกษาความสัมพันธ์กับค่าคลอโรฟิลล์ที่วัดจากเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ (SPAD-502) พบว่าข้อมูลค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในลักษณะแปรผกผัน โดยค่าเฉลี่ยสีเขียวที่มีค่าระดับสีที่สูงจะมีค่าคลอโรฟิลล์ในระดับต่ำ และค่าเฉลี่ยสีเขียวที่มีค่าระดับสีที่ต่ำจะมีค่าคลอโรฟิลล์ในระดับที่สูง โดยแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยสีเขียวและค่าคลอโรฟิลล์

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสีเขียวและค่าคลอโรฟิลล์ เมื่อเรามาพิจารณาที่ตัวภาพถ่ายใบข้าว จะเห็นว่าภาพที่มีค่าเฉลี่ยสีเขียวในระดับต่ำลักษณะของใบข้าวจะมีสีเขียวเข้ม อันเนื่องมาจากค่าสีเขียวยิ่งเบนมาทางด้านค่าระดับ 0 และภาพที่มีค่าเฉลี่ยสีในระดับสูงลักษณะของใบข้าวจะมีสีเขียวอ่อนเนื่องมาจากค่าสีเขียวยิ่งเบนมาทางด้านค่าระดับ 255 แสดงในรูป 5.4 – 5.5



รูปที่ 5.4 ภาพถ่ายใบข้าวที่มีค่าเฉลี่ยสีเขียวมาก



รูปที่ 5.5 ภาพถ่ายใบข้าวที่มีค่าเฉลี่ยสีเขียวน้อย

5.3 ผลการวิเคราะห์ตัวแบบในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์

จากการปฏิบัติงาน ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวแบบเพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ในรูปแบบต่างๆ จากการวิเคราะห์ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นสรุปได้ว่า ข้อมูลค่าเฉลี่ยสีทั้งสาม (RGB) จากภาพถ่ายแบบเต็มใบ สามารถอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ได้สูงสุด คือมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ R^2 เท่ากับ 95.7% ซึ่งมีค่านัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ยสีแดง และคลอโรฟิลล์เท่ากับ .000 ค่านัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ยสีเขียว และคลอโรฟิลล์เท่ากับ .009 ค่านัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ยสีน้ำเงิน และคลอโรฟิลล์เท่ากับ .000 ซึ่งเมื่อแปลผลทางสถิติพบว่า ตัวแบบดังกล่าวจัดได้ว่ามีประสิทธิภาพในการอธิบายค่าคลอโรฟิลล์สูงสุด

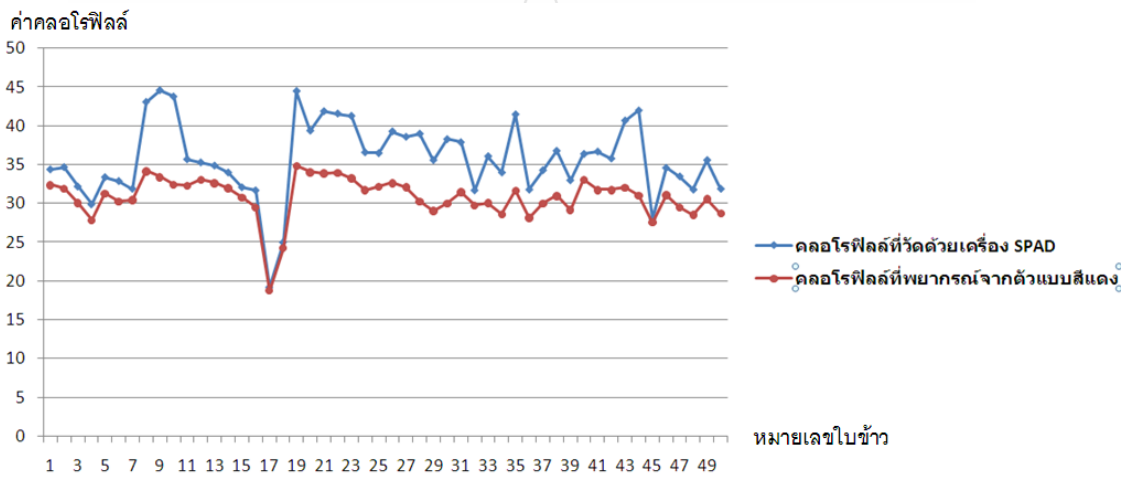
5.4 ผลการทดสอบการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์

ในการทดลองพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายใบข้าว ผู้วิจัยได้นำตัวแบบที่ทำการสร้างทั้งหมดมาทำการทดสอบกับข้อมูลใบข้าว โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่มคือ

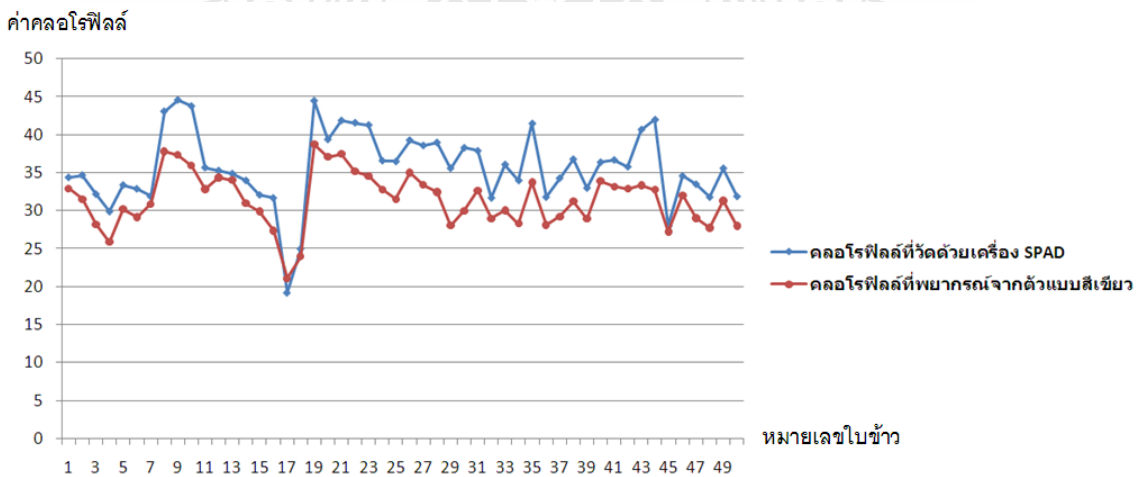
- การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบมีพื้นหลังด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย (Simple Linear Regression)
- การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบมีพื้นหลังด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ (Multiple Linear Regression)

- การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบเต็มใบด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ (Multiple Linear Regression)

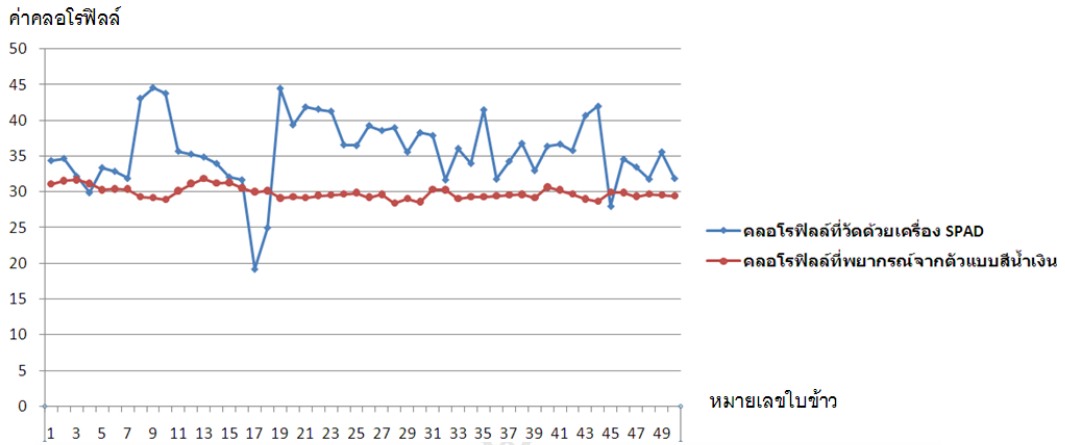
จากการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างพบว่า การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบเต็มใบด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ โดยใช้ตัวแปรค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์สูงที่สุด ซึ่งมีค่าผิดพลาดเฉลี่ยที่ 2.925% โดยผลการทดสอบทั้งหมดแสดงด้วยกราฟ ดังรูปที่ 5.6 – 5.13 และสรุปค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของแต่ละตัวแบบในตารางที่ 5.2



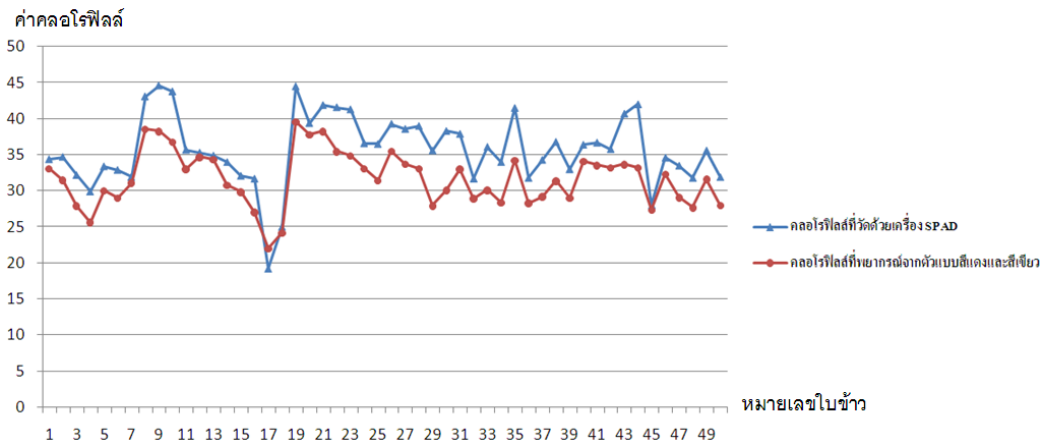
รูปที่ 5.6 ผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบมีพื้นหลังด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นแบบง่ายจากค่าเฉลี่ยสีแดง



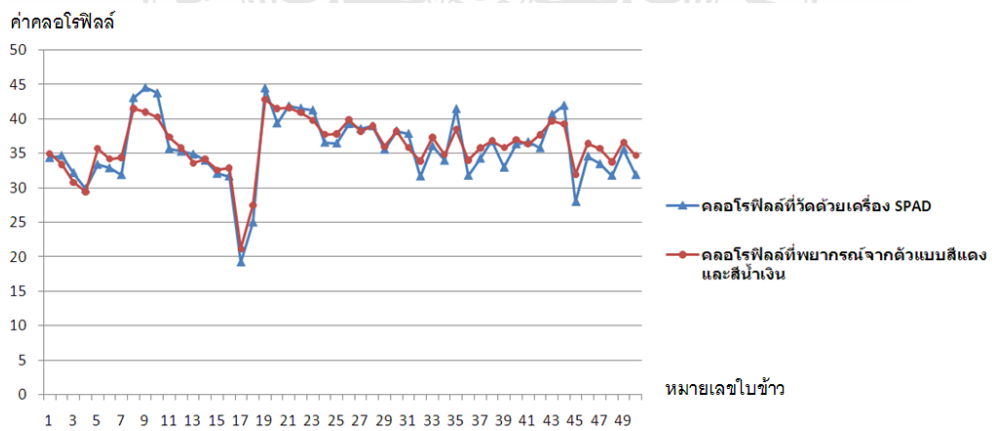
รูปที่ 5.7 ผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบมีพื้นหลังด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นแบบง่ายจากค่าเฉลี่ยสีเขียว



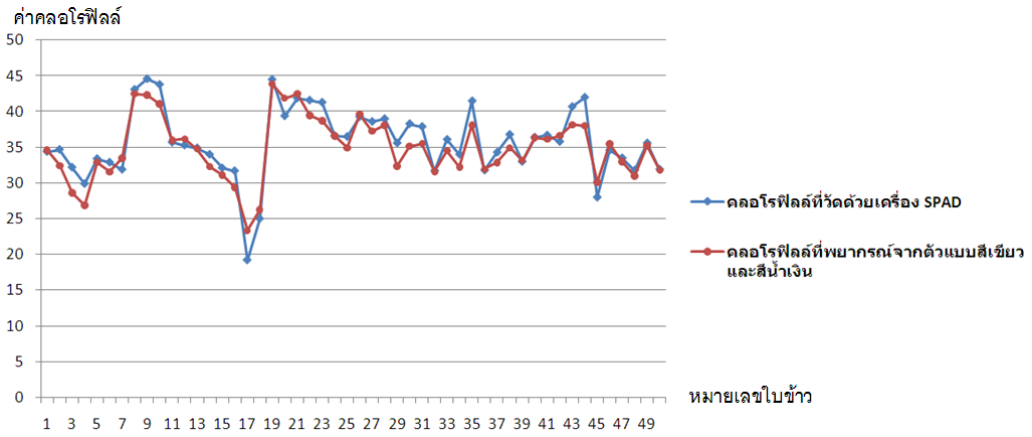
รูปที่ 5.8 ผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบมีพื้นหลังด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นแบบง่ายจากค่าเฉลี่ยสีน้ำเงิน



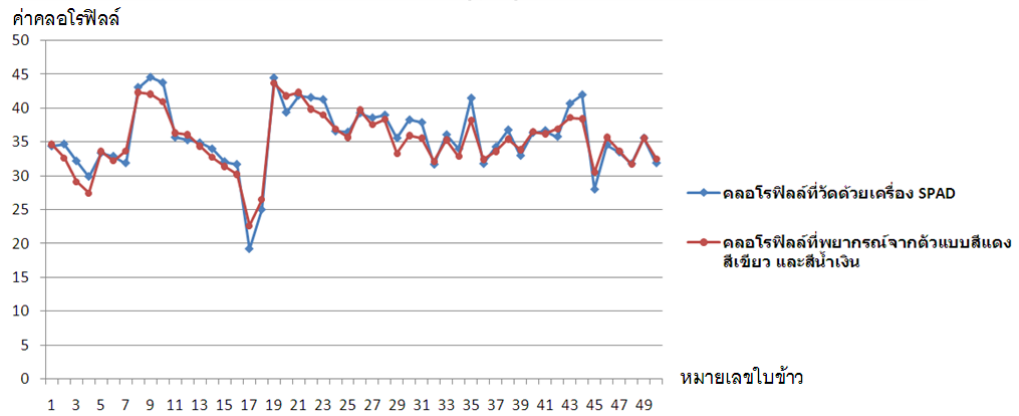
รูปที่ 5.9 ผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบมีพื้นหลังด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุจากค่าเฉลี่ยสีแดงและสีเขียว



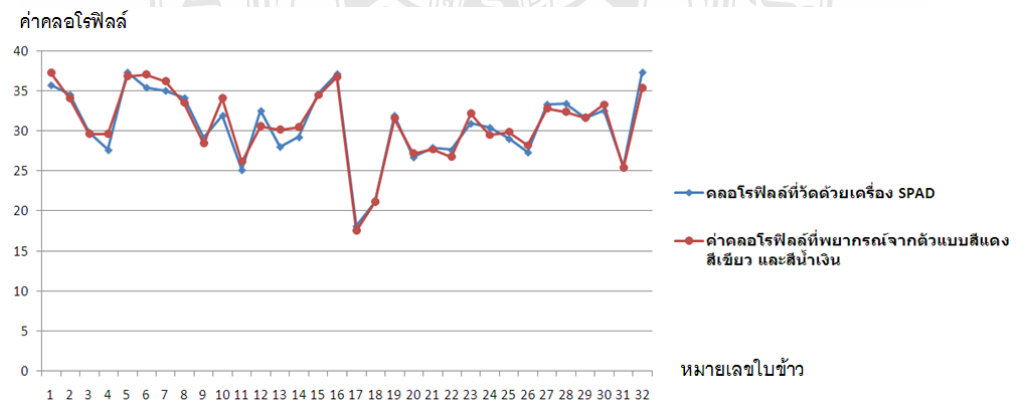
รูปที่ 5.10 ผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบมีพื้นหลังด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุจากค่าเฉลี่ยสีแดงและสีน้ำเงิน



รูปที่ 5.11 ผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบมีพื้นหลังด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุจากค่าเฉลี่ยสีเขียวและสีน้ำเงิน




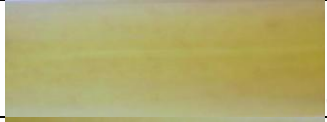

รูปที่ 5.12 ผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบมีพื้นหลังด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุจากค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน



รูปที่ 5.13 ผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบเต็มใบด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุจากค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

จากการทดสอบจะเห็นว่าการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายแบบเต็มใบด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุจากค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์สูงสุด แต่จากชุดใบข้าว ตัวอย่างที่ทำการทดสอบยังขาดใบข้าวที่มีค่าคลอโรฟิลล์ต่ำหรือใบข้าวที่มีสีเหลือง ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบเพิ่มเติมโดยใช้ใบข้าวที่มีสีเหลืองหรือค่อนข้างเหลือง มาใช้ในการพยากรณ์ ดังตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากใบข้าวที่เป็นสีเหลือง

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากใบข้าวที่เป็นสีเหลือง

No.	ภาพใบข้าว	ค่าเฉลี่ยสี			ค่าคลอโรฟิลล์		ค่าความผิดพลาด
		R	G	B	จริง	คำนวณ	
1		168.37	169.58	102.65	3.7	4.04	9.07%
2		176.42	170.05	111.41	3.1	3.29	6.24%
3		168.28	169.59	102.67	3.8	4.06	6.81%

จากตารางที่ 5.2 จะเห็นว่าการพยากรณ์ในช่วงใบข้าวที่มีลักษณะสีเหลือง โดยจากการตรวจวัดด้วยเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์จะเห็นว่าค่าคลอโรฟิลล์ต่ำ เมื่อทำการประมวลผลค่าคลอโรฟิลล์จะมีค่าความผิดพลาดที่สูงขึ้น โดยค่าความผิดพลาดที่สูงขึ้นนั้นมีสาเหตุมาจากขั้นตอนการสร้างตัวแบบ ที่ไม่มีช่วงสีใบข้าวที่มีระดับค่าคลอโรฟิลล์ที่ต่ำ เพื่อให้ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ในช่วงสีใบเหลืองมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ควรทำการเก็บข้อมูลใบข้าวในช่วงสีเหลืองมาใช้สร้างตัวแบบจะทำให้ตัวแบบสามารถพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ได้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 5.3 สรุปค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์จากค่าสีใบ

กรรมวิธีที่ใช้	ค่าสีที่ใช้	ตัวแบบที่ใช้พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ย
SLR	R	$C = 51.3 - (0.269 * R)$	12.974
SLR	G	$C = 72.2 - (0.308 * G)$	11.806
SLR	B	$C = 38.9 - (0.0952 * B)$	17.855

ตารางที่ 5.3 สรุปค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์จากค่าสีใบ (ต่อ)

กรรมวิธีที่ใช้	ค่าสีที่ใช้	ตัวแบบที่ใช้พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ย
MLR	RG	$C = 76.5 + (0.0664 * R) - (0.377 * G)$	11.371
MLR	RB	$C = 39.3 - (0.326 * R) + (0.229 * B)$	4.377
MLR	GB	$C = 66.1 - (0.336 * G) + (0.139 * B)$	4.363
MLR	RGB	$C = 59.3 - (0.0871 * R) - (0.251 * G) + (0.166 * B)$	3.827
MLR(เต็มใบ)	RG	$C = 71 + (0.0147 * R) - (0.351 * G)$	3.130
MLR(เต็มใบ)	RB	$C = 43.6 - (0.384 * R) + (0.179 * B)$	3.267
MLR(เต็มใบ)	GB	$C = 68.8 - (0.362 * G) + (0.0799 * B)$	3.114
MLR(เต็มใบ)	RGB	$C = 53.3 - (0.242 * R) - (0.138 * G) + (0.145 * B)$	2.925
MLR(Histogram)	RGB	$C = 49.7 - (0.335 * R) - (0.0582 * G) + (0.139 * B)$	3.21
SLM(นอมัลไลน์)	RB	$C = 31.9 - 51.1x$	8.06

- เมื่อ SLR คือ ตัวแบบที่สร้างด้วยวิธี Simple Linear Regression
 MLR คือ ตัวแบบที่สร้างด้วยวิธี Multiple Linear Regression
 C คือ ค่าคลอโรฟิลล์ที่พยากรณ์ได้
 R, G, B คือ ค่าสีแดง, สีเขียว, สีน้ำเงิน
 x คือ ค่าสีที่ผ่านการนอมัลไลน์ด้วยตัวแบบ $(R-B) / (R+B)$

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการพัฒนาวิธีการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายใบข้าวนั้น การออกแบบควรใช้ภาพถ่ายแบบเต็มใบและใช้กรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ ในการสร้างตัวแบบในการพยากรณ์และใช้ตัวแปรพยากรณ์ (ตัวแปรต้น) คือค่าเฉลี่ยสีทั้ง 3 คือ ค่าเฉลี่ยสี R, G, B ในการพยากรณ์

5.5 สรุป

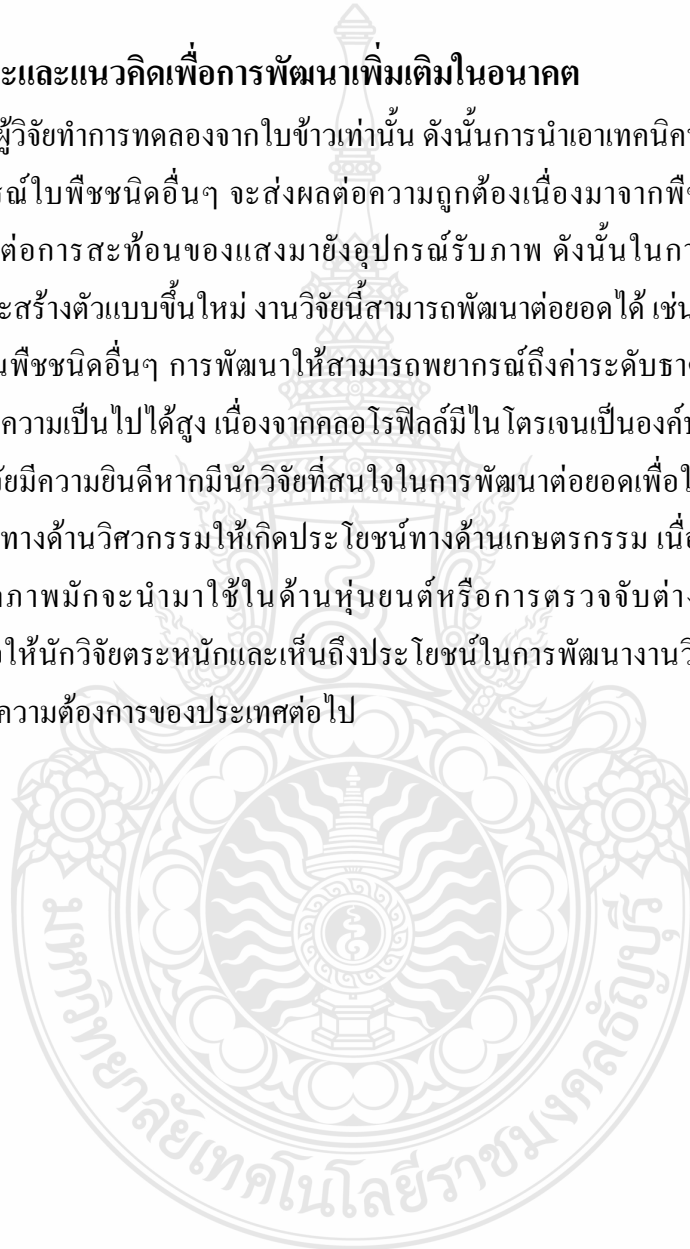
จากการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยพบว่าการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยค่าเฉลี่ยสีใบข้าว เมื่อทดลองกับตัวอย่างภาพถ่ายแบบเต็มใบ โดยพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน จะให้ค่าความถูกต้องมากที่สุด เมื่อเทียบกับการทดลองด้วยวิธีอื่นๆ

การวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่าการคลอโรฟิลล์มีความสัมพันธ์กับสีของใบข้าว ซึ่งสามารถนำเทคนิคด้านการประมวลผลภาพและหลักการวิเคราะห์ทางสถิติมาประยุกต์เพื่อสร้างเครื่องมือในการประเมินค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าวได้ จากการทดลองผู้อ่านจะเห็นว่าการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ ด้วยค่าเฉลี่ยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (RGB) มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ได้อย่างถูกต้องที่สุด โดยเฉลี่ย 97.07%

5.6 ข้อเสนอแนะและแนวคิดเพื่อการพัฒนาเพิ่มเติมในอนาคต

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการทดลองจากใบข้าวเท่านั้น ดังนั้นการนำเอาเทคนิคหรือตัวแบบที่สร้างไปใช้ในการพยากรณ์ใบพืชชนิดอื่นๆ จะส่งผลต่อความถูกต้องเนื่องจากพืชบางชนิดมีพื้นผิวใบมันวาวจะส่งผลต่อการสะท้อนของแสงมายังอุปกรณ์รับภาพ ดังนั้นในการนำไปประยุกต์เพื่อทำการทดลองและสร้างตัวแบบขึ้นใหม่ งานวิจัยนี้สามารถพัฒนาต่อยอดได้ เช่น การวิจัยเพื่อพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ในพืชชนิดอื่นๆ การพัฒนาให้สามารถพยากรณ์ถึงค่าระดับธาตุไนโตรเจนในใบพืช ซึ่งมีแนวทางและความเป็นไปได้สูง เนื่องจากคลอโรฟิลล์มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

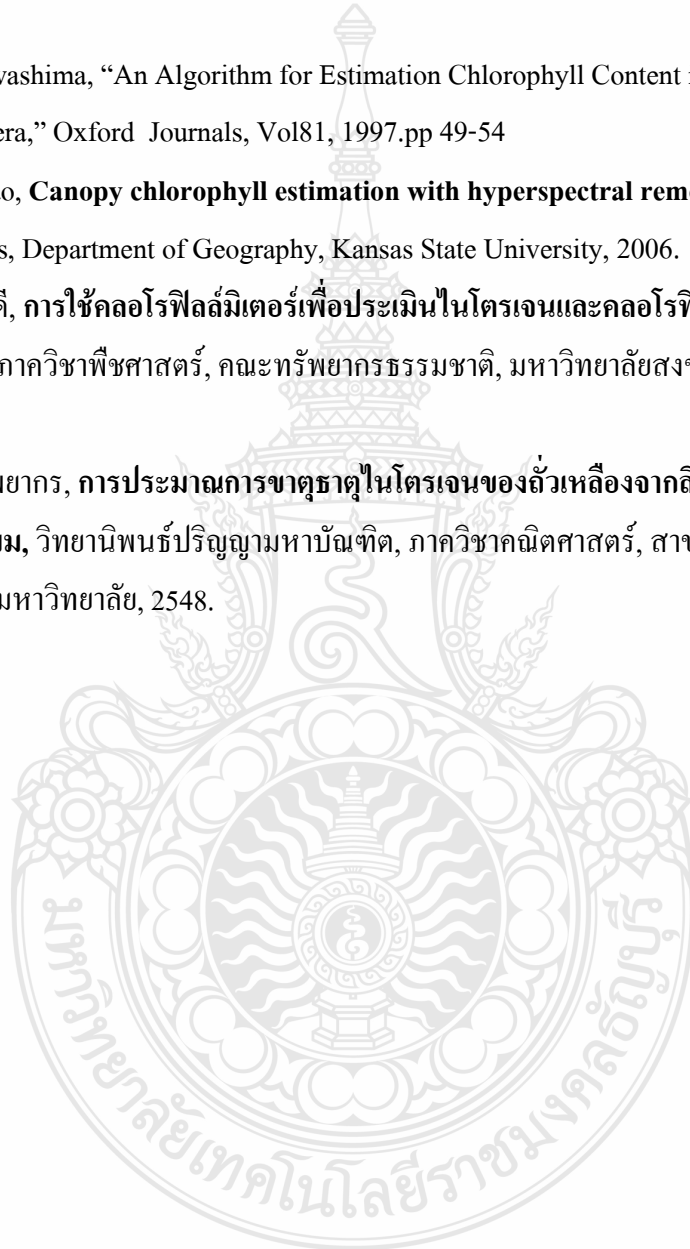
สุดท้ายนี้ผู้วิจัยมีความยินดีหากมีนักวิจัยที่สนใจในการพัฒนาต่อยอดเพื่อให้เกิดองค์ความรู้และการประยุกต์งานทางด้านวิศวกรรมให้เกิดประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรม เนื่องจากความรู้ทางด้านการประมวลผลภาพมักจะนำมาใช้ในด้านหุ่นยนต์หรือการตรวจจับต่างๆ งานวิจัยนี้จึงเป็นแนวความคิดเพื่อให้นักวิจัยตระหนักและเห็นถึงประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยทางด้านวิศวกรรมให้ตอบสนองต่อความต้องการของประเทศต่อไป



เอกสารอ้างอิง

- [1] Wikipedia ,**คลอโรฟิลล์**, Thailand (Online) Available: <http://th.wikipedia.org> (17 August 2010)
- [2] วงษ์จันทร์ วงษ์แก้ว, **หลักสูตรวิทยาของพืช**. กรุงเทพฯ: ฟีนีქซ์พับลิชชิ่ง, 2535.
- [3] ภาคภูมิ พระประเสริฐ, **สรีรวิทยาของพืช**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์, 2550
- [4] สายันท์ สดุดี, **การพัฒนาต้นแบบเครื่องมือวัดคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในใบข้าวแบบประเมินผลเร็ว**, ภาควิชาพืชศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2550.
- [5] พรทิพย์ แก้วคง, **การใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์เพื่อประเมินปริมาณไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์ของใบลองกองในช่วงสภาวะเครียดน้ำ**, ภาควิชาพืชศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2548.
- [6] Minolta, Chlorophyll Meter SPAD502, Japan (Online)
Available: http://www.konicaminolta.com/content/download/4305/30656/spad502_e12.pdf
- [7] Mr.Nattaphol Jasungnuen, “Digital Image Processing using Microsoft Visual C++”, King Mongkut’s University of Technology North Bangkok
- [8] วิชญ์ สัมกรมิ่ง, **การประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพสำหรับหุ่นยนต์คล้ายมนุษย์ขนาดเล็ก**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์-โทรคมนาคม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2552.
- [9] Image Processing Introduction(Online),2006.
Available <http://www.thaidev.com/index.php?cnd=listtitle&catid=41> (10 November 2007)
- [10] มนตรี กาญจนเดชะ, “การกรองข้อมูลภาพ”, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [11] นายฉลอง สีแก้วสัว, “Regression Analysis”,Thailand (Online)
Available: <http://www.statistics.ob.tc/reg1.htm>
- [12] นายฉลอง สีแก้วสัว, “หลักการพื้นฐานของ Simple Linear Regression Analysis”, Thailand (Online) Available: <http://www.statistics.ob.tc/reg2.htm>
- [13] การออกแบบและวิจัยทางการพยาบาลและการวิเคราะห์ข้อมูล, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,
Available http://km.nurse.cmu.ac.th/foffice/innovationoffice/DocLib1/lesson_11.doc
- [14] การประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย, Thailand(Online)
Available <http://www.oocities.com/goodyuta/regression.doc>

- [15] บุญใจ ศรีสถิตนรากร, **ระเบียบวิธีวิจัยแนวทางการสู่ความสำเร็จ**. กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์, 2550.
- [16] อภิชาติ สงวนนาม, **การประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อตรวจจับอาการเสียของ
ไอซีพีจีเอ**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า,
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์-โทรคมนาคม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี,
2552.
- [17] Shigeto Kawashima, “An Algorithm for Estimation Chlorophyll Content in Leaves Using a
Video Camera,” Oxford Journals, Vol81, 1997.pp 49-54
- [18] Jincheng Gao, **Canopy chlorophyll estimation with hyperspectral remote sensing**,
Ph.D. Thesis, Department of Geography, Kansas State University, 2006.
- [19] สายัณห์ สดุดี, **การใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์เพื่อประเมินไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์รวมในใบข้าวที่
มีการให้ปุ๋ย**, ภาควิชาพืชศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,
2550.
- [20] สุรศักดิ์ ทรัพย์ากร, **การประมาณการขาดธาตุไนโตรเจนของถั่วเหลืองจากสีใบโดยใช้โครงข่าย
ประสาทเทียม**, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาคณิตศาสตร์, สาขาวิชาการคณนา,
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.





ภาคผนวก

ก ชุดทดลองที่ใช้ในการวิจัย

ข ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่



ภาคผนวก ก

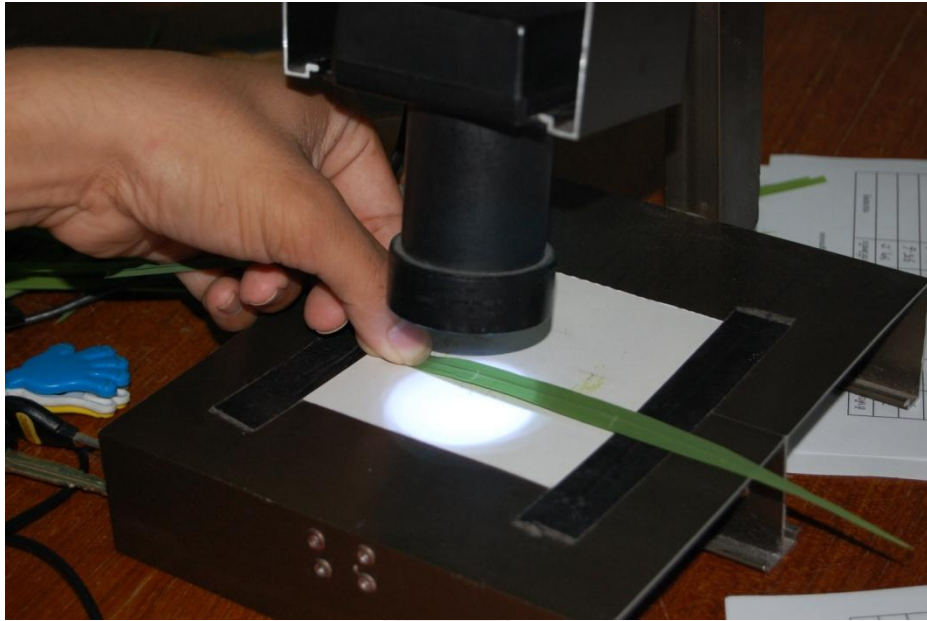
ชุดทดลองที่ใช้ในการวิจัย



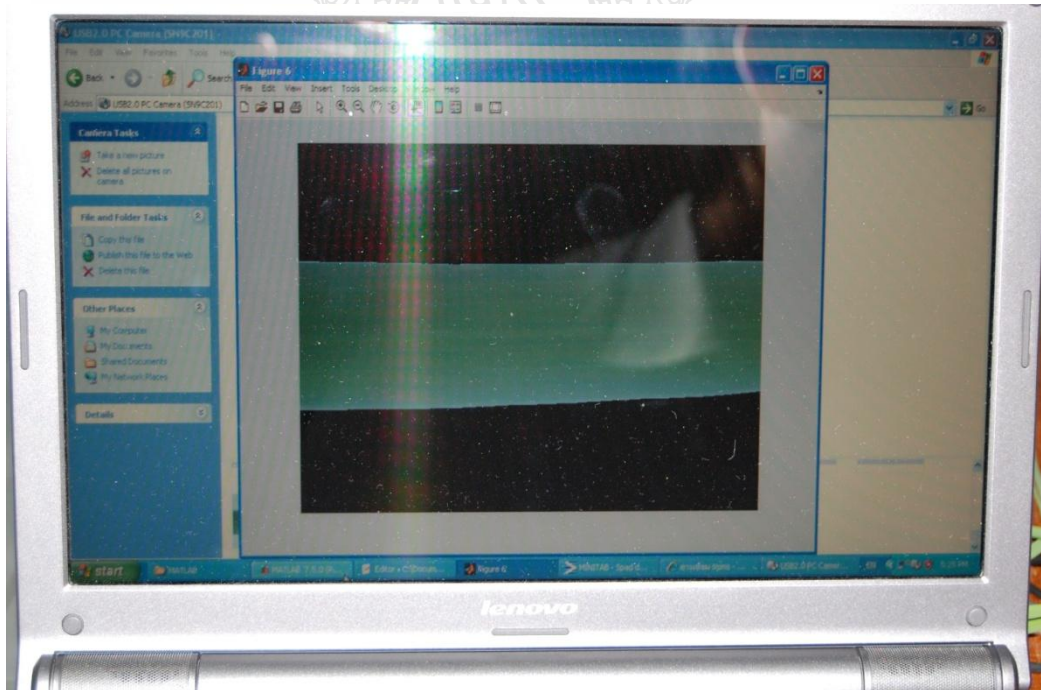
เตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



เครื่องมือที่ใช้วัดค่าคลอโรฟิลล์ (คลอโรฟิลล์มิเตอร์)



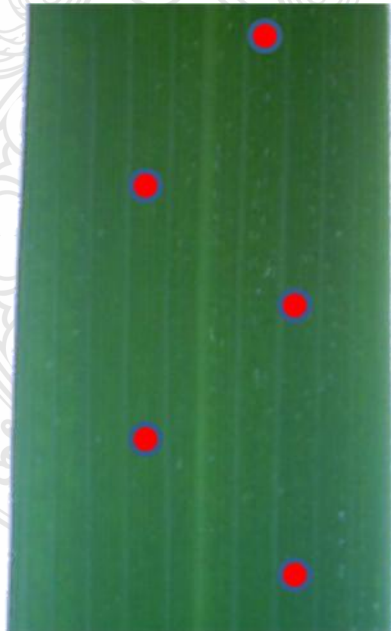
การถ่ายภาพใบข้าวเพื่อใช้ประมวลผล



การประมวลผลภาพใบข้าวด้วยโปรแกรม Matlab



การวัดค่าคลอโรฟิลล์จากใบข้าว



ตำแหน่งที่วัดคลอโรฟิลล์ด้วยคลอโรฟิลล์มิเตอร์



ค่าคลอโรฟิลล์เฉลี่ยของใบข้าวที่วัดได้



ภาคผนวก ข

ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่



2

2009 6th International Conference
on Electrical Engineering/Electronics,
Computer, Telecommunications,
and Information Technology

ECTI-CON 2009

May 6th - 9th, 2009

Ambassador City Jomtien
Pattaya, Chonburi, Thailand

ISBN 978-1-4244-3388-9
IEEE Catalog Number: CFP0906E
Library of Congress: 2008910219



NECTEC
a member of NSTDA

IEEE
THAILAND SECTION

Reviewers

ECTI-CON
2009

Aaron Solomon, National Chi-Nan, Taiwan
Adisorn Tuantranont, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Amorn Jiraseree-amornkun, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Amporn Poyai, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Anan Phonphoem, Kasetsart University, Thailand
Anantawat Kunakorn, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Andrew F Peterson, Georgia Institute of Technology, United States
Anucha Ruangphanit, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Anuwat Jangwanitert, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Apinunt Thanachayanont, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Apirat Siritaratiwat, Khon Kaen University, Thailand
Apisak Worapishet, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Arporn Teeramongkonrasmee, Chulalongkorn University, Thailand
Arthit Thongtak, Chulalongkorn University, Thailand
Atiwong Suchato, Chulalongkorn University, Thailand
Boonserm Kijirikul, Chulalongkorn University, Thailand
Boonying Charoen, Khon Kaen University, Thailand
Bundhit Bundhit Eua-Arporn, Chulalongkorn University, Thailand
Cattareeya Suwanasri, Naresuan University, Thailand
Chai Wutiwiwatchai, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Chaiyod Pirak, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Chakguy Prakasvudhisarn, Shinawatra University, Thailand
Chakphed Madtharad, Provincial Electricity Authority, Thailand
Chalermek Intanagonwiwat, Chulalongkorn University, Thailand
Chalernpol Charnsripinyo, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Chalie Charoenlarnopparut, Sirindhorn International Institute of Technology, Thailand
Chanchai Thongsopa, Suranaree University of Technology, Thailand
Charnchai Pluempitwiriyaewej, Chulalongkorn University, Thailand
Charturong Tantibundhit, Thammasat University, Thailand
Chatpol Lertsirimit, Asian University, Thailand
Chawalit Benjangkprasert, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Chawasak Rakpenthai, Naresuan University Phayao, Thailand
Ching Kuang C Tzuang, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan
Chiranut Sangiamsak, Khon Kaen University, Thailand
Chirasil Chayawan, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand

Chokchai Sangdao, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Choochart Haruechaiyasak, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Chumnarn Punyasai, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Chutima Prommak, Suranaree University of Technology, Thailand
Chuttchaval Jeraputra, Mahidol University, Thailand
Chuwong Phongcharoenpanich, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Chuwong Phongcharoenpanich, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
David Banjerdpongchai, Chulalongkorn University, Thailand
Denchai Worasawate, Kasetsart University, Thailand
Diew Kulpirak, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Dulpichet Rerkpreedapong, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Dusit Thanapatay, Kasetsart University, Thailand
Ekachai Phaisangittisagul, Kasetsart University, Thailand
Elias Kyriakides, University of Cyprus, Cyprus
Eyung Lim, Temasek Polytechnic, Singapore
Hideyuki Sawada, Kagawa University, Japan
Issarachai Ngamroo, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Itthisek Nilkhamhang, Sirindhorn International Institute of Technology, Thailand
Janejoab Virapanicharoen, Provincial Electricity Authority, Thailand
Jatuporn Chinrungrueng, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Jen Tsai Kuo, National Chiao Tung University, Taiwan
Jerapong Rojanarowan, Assumption University, Thailand
Jittat Fakcharoenphol, Kasetsart University, Thailand
Juggapong Natwichai, Chiang Mai University, Thailand
Junghoon Lee, Cheju National, Korea
K Guney, Erciyes University, Turkey
Kanokvate Tungpimolrut, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Kasin Vichienchom, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Kitsana Waiyamai, Kasetsart University, Thailand
Kohji Higuchi, The University of Electro-Communications, Japan
Koonlachai Meesublak, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Krerak Piromsopa, Chulalongkorn University, Thailand
Krittaya Chawanonphithak, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Kultida Rojviboonchai, Chulalongkorn University, Thailand
Lonnie Ludeman, New Mexico State University, United States
Lunchakorn Wuttisittikulij, Chulalongkorn University, Thailand
Mana Sriyudthsak, Chulalongkorn University, Thailand
Manop Wongsaisuwan, Chulalongkorn University, Thailand
Manos Tentzeris, Mahanakorn University of Technology, United States
Marong Phadoongsidhi, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand

Masaki Yamakita, Tokyo Institute of Technology, Japan
Matthew N. Dailey, Asian Institute of Technology, Thailand
Methee Srisupunditt, Asian Institute of Technology, Thailand
Mitchai Chongcheawchamnan, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Monai Krairiksh, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Mongkol Konghirun, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Montree Siripruchyanun, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Montri Karnjanadecha, Prince of Songkla University, Thailand
Naebboon Hoonchareon, Chulalongkorn University, Thailand
Naratip Wongkomet, "Silicon Craft Technology Co., Ltd", Thailand
Naruemon Wattanapongsakorn, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Natasha Dejrumrong, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Natawut Nupairoj, Chulalongkorn University, Thailand
Nattee Niparnan, Chulalongkorn University, Thailand
Nattha Jindapetch, Prince of Songkla University, Thailand
Nattaphob Nimpitiwan, Bangkok University, Thailand
Nimit Chomnawang, Suranaree University of Technology, Thailand
Nipapon Siripon, Chiang Mai University, Thailand
Nipon Theera-Umpon, Chiang Mai University, Thailand
Nisachon Tangsangiumvisai, Chulalongkorn University, Thailand
Nongluk Covavisaruch, Chulalongkorn University, Thailand
Noppadol Uchaipichat, Thammasat University, Thailand
Nuntiya Chaiyabut, Bangkok University, Thailand
Pakorn Kaewtrakulpong, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Panachit Kittipanya-ngam, Institute of Infocomm Research, Singapore
Panita Pongpaiboon, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Panrasee Ritthipravat, Mahidol University, Thailand
Pamjit Damrongkulkamjorn, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Pasin Israsena, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Pathomthat Chiradeja, Srinakharinwirot University, Thailand
Patrachart Komolkiti, Assumption University, Thailand
Peerapol Jirapong, Chiang Mai University, Thailand
Peerapol Yuvapoositanon, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Peerapon Siripongwutikorn, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Peerapong Uthansakul, Suranaree University of Technology, Thailand
Peerayot Sanposh, Kasetsart University, Thailand
Phakphoom Boonyanant, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Phanumas Khumsat, Prince of Songkla University, Thailand
Phoemphun Oothongsap, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Phongsak Keeratiwintakorn, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand

Phumin Kirawanich, Mahidol University, Thailand
Pichai Aree, Thammasat University, Thailand
Pichaya Tandayya, Prince of Songkla University, Thailand
Pisit Boonsrimuang, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Pongsatorn Sedtheetorn, Mahidol University, Thailand
Ponrudee Netisopakul, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Poompat Saengudomlert, Asian Institute of Technology, Thailand
Poonlap Lamsrichan, Kasetsart University, Thailand
Pornanong Pongpaibool, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Pornchai Phukpattaranont, Prince of Songkla University, Thailand
Pradit Fuangfoo, Provincial Electricity Authority, Thailand
Prayoot Akkaraekthalin, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Ruttikorn Varakulsiripunth, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Sabri Arik, Istanbul University, Turkey
Sakchai Thipchaksurat, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Samphan Prompichai, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Sanchai Dechanupaprittha, Kyushu Institute of Technology, Japan
SangHo Lee, Chungbuk National, Korea
Sanpachai Huvanandana, CRMA, Thailand
Sanparith Marukatat, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Sanpawat Kantabutra, Chiang Mai University, Thailand
Sansanee Auephanwiryakul, Chiang Mai University, Thailand
Sanya Mitaim, Thammasat University, Thailand
Saowapak Soththivirat, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Sarawan Wongsa, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Sarun Sumriddetchkajorn, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Sathaporn Promwong, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Satoru Ohta, Toyama Prefectural University, Japan
Sawasd Tantaratana, Sirindhorn International Institute of Technology, Thailand
Setha Pan-ngum, Chulalongkorn University, Thailand
Siddharth Suryanarayanan, Colorado School of Mines, United States
Sirichai Pornsarayouth, Chulalongkorn University, Thailand
Siroj Sirisukprasert, Kasetsart University, Thailand
Siwaruk Siwamogsatham, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Somboon Nuchprayoon, Chiang Mai University, Thailand
Somboon Sangwongwanich, Chulalongkorn University, Thailand
Somchart Chokchaitam, Thammasat University, Thailand
Somnuk Puangpronpitag, Mahasarakham University, Thailand
Somphop Limsoonthrakul, Asian Institute of Technology, Thailand
Sompob Polmai, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand

Somying Thainimit, Kasetsart University, Thailand
Songphol Kanjanachuchai, Chulalongkorn University, Thailand
Steve Gordon, Sirindhorn International Institute of Technology, Thailand
Suchin Arunsawatwong, Chulalongkorn University, Thailand
Sukree Sinthupinyo, Chulalongkorn University, Thailand
Sumate Naetiladdanon, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Suneat Pranonsatit, Kasetsart University, Thailand
Sungwan Boksuwan, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Supakorn Siddhichai, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Supat Kittiratsatcha, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Surachai Chaitusaney, Chulalongkorn University, Thailand
Surapong Suwankawin, Chulalongkorn University, Thailand
Suree Pumrin, Chulalongkorn University, Thailand
Surin Khomfoi, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Thailand
Taweesak Reungpeerakul, Prince of Songkla University, Thailand
Teerakiat Kerdcharoen, Mahidol University, Thailand
Teerasit Kasetkasem, Kasetsart University, Thailand
Teeravisit Laohapengsang, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Thanachayanont Chanchana, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Thanachai Leephakpreeda, Sirindhorn International Institute of Technology, Thailand
Thanapong Suwanasri, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Thavatchai Tayjasanant, Chulalongkorn University, Thailand
Thavida Maneewarn, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Theerachet Soorapanth, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Theerayod Wiangtong, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Thipwan Fangsuwannarak, Suranaree University of Technology, Thailand
Thitiwan Srinark, Kasetsart University, Thailand
Thumrongrat Amornraksa, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Titipong Lertwiryaprapa, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Toshiaki Kondo, Sirindhorn International Institute of Technology, Thailand
Trin Saengsuwan, Kasetsart University, Thailand
Twittie Senivongse, Chulalongkorn University, Thailand
Ukrit Watchareeruetai, Nagoya University, Japan
Urachada Ketprom, National Electronics and Computer Technology Center, Thailand
Usana Tuntoolavest, Kasetsart University, Thailand
Vara Varavithya, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Varakorn Kasemsuwan, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Vasaka Visoottiviseth, Mahidol University, Thailand
Veerachai Malyavaj, Mahanakorn University of Technology, Thailand
Viboon Chunkag, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand

Virasit Intawil, Khon Kaen University, Thailand
Viriya Pichetchumrun, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Vorapoj Patanavijit, Assumption University, Thailand
Wutipong Areekul, Kasetsart University, Thailand
Wachira Chongburee, Kasetsart University, Thailand
Wanchalem Pora, Chulalongkorn University, Thailand
Wannarat Suntiamorntut, Prince of Songkla University, Thailand
Waree Kongprawechnon, Sirindhorn International Institute of Technology, Thailand
Waroth Kuhirun, Kasetsart University, Thailand
Wathanyoo Khaisongkram, Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan
Widhyakorn Asdornwised, Chulalongkorn University, Thailand
Wiklom Teerapabkajornmet, Prince of Songkla University, Thailand
Wipawee Usaha, Suranaree University of Technology, Thailand
Wiroonsak Santipach, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Wutipong Areekul, Kasetsart University, Thailand
Wuttipong Kumwilaisak, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Xiulong Bao, Dublin Institute of Technology, Ireland
Yongyuth Permpoontanalarp, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Yuttana Kumsuwan, Rajamangala University of Technology Lanna Tak, Thailand



An Investigation of Robustness in Independent Component Analysis EMG	1102
<i>Direk Sueaseenak, Theerasak Chanwimalueang, Manas Sangworasil, and Chuchart Pintavirooj</i>	
3D Modeling of Detected Pleural Thickenings through Thin Plate Spline Interpolation	1106
<i>Nipaporn Saekor, Somchart Roongruangsorakam, Kraisorn Chaisaowong, Thomas Kraus, and Til Aach</i>	

Session FAM2-5 : Image Processing II

Image Denoising Employing a Bivariate Pearson distribution with Rayleigh density Prior for Statistical Parameter	1112
<i>P. Kittisuwan, W. Asdornwised, and S. Marukatat</i>	
Apply Image Processing Technique to Determine The Correlation of Chlorophyll	1116
<i>Sattarpoom Thaiparnit and Jakkree Srinonchat</i>	
An Image Registration Algorithm Using a Particle Filters	1120
<i>T. Kasetkasem, N. Homsup, and D. Meetit</i>	
Gaussian Curvature-Based Geometric Invariance	1124
<i>P. Tosranon, A. Sanpanich, C. Bunluechokchai, and C. Pintavirooj</i>	

Session FPM1-5 : Object Tracking

Multiple Object Tracking Using Improved GMM-Based Motion Segmentation	1130
<i>Saeid Fazli, Hamed Moradi Pour, and Hamed Bouzari</i>	
A Robust Hybrid Movement Detection Method in Complex Background	1134
<i>Saeid Fazli, Hamed Moradi Pour, and Hamed Bouzari</i>	
Practical Application for Vision-based Traffic Monitoring System	1138
<i>Kantip Kiratiratanapruk and Supakorn Siddhichai</i>	
A New Technique to Define the Overtake Distance Using Image Processing	1142
<i>Pairoj Saengpredeekorn and Jakkree Srinonchat</i>	

Session FAM2-3 : Adaptive Signal Processing

Affine Projection Algorithm with Coefficient Vector Reusing	1148
<i>Hyeonwoo Cho, Yong-ju Jeon, Doo-chul Choi, and Sang Woo Kim</i>	
Mixed-Tone Normalised Orthogonal Gradient Adaptive Per-Tone DMT Equalisation	1151
<i>Suchada Sitjongsataporn and Peerapol Yuvapoositanon</i>	
A Time-Reversal-Based Space-Time Block Coded Blind Adaptive MC-CDMA Receiver	1155
<i>Peerapol Yuvapoositanon and Sutat Suwannajan</i>	
A Study of Test Time Reduction Tap Optimization with LMS Algorithm in Recording Head Testing Process	1159
<i>Kitiyaporn Boonserm, Roong Sivaratana, Kridsada Pompitakpong, and Pomchai Supnithi</i>	
High-Quality Factor, Double Notch, IIR Digital Filter Design using Optimal Pole Re-position Technique with Controllable Passband Gains	1163
<i>C. Charoenlarnppopparut, P. Charoen, A. Thamrongmas, S. Samurpark, and P. Boonyanant</i>	
Author Index	1167

Apply Image Processing Technique to Determine The Correlation of Chlorophyll

Sattarpoom Thaiparnit and Jakkree Srinonchat
Signal Processing Research Laboratory
Department of Electronics and Telecommunication Engineering,
Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Pathumthani, Thailand, 12110
E-mail: sattarpoom@hotmail.com, jakkree.s@en.rmutt.ac.th

Abstract

This paper presents the achievement of determine the chlorophyll using image processing technique. The rice leaf is used to investigate in the experiment in order to chlorophyll directly affects to the rice product. The Linear Regression technique [1] in image processing technique is used to determine the chlorophyll and then compares with the chlorophyll meter. There are 45 rice leaves, which are selected to test in this experiment. The result shows that this technique can provide the average accuracy approximately 95% compared to SPAD measurement.

1. Introduction

Chlorophyll is the compound which can be found in a green color of plant specially in the leaves. Moreover, there still in a trunk of tree, flower, fruit, and root that have the green color. The chlorophyll function is molecule which gets power from light and takes this power to use in creating the chemistry power by synthetic light process for make an organic substance. Chlorophyll consists of nitrogen which is an element to help in growing of rice, make the rice crowd out very much, the rice's seed is the hugest, and number of seed per bunch has more and more. Therefore the nitrogen arrangement is an important process to make the product in quality and quantity condition.

There are some research works that concerns about arrangement the nitrogen in a field. For example, the research of V.Balasubramanian, A.C. Moreles [2] shows about guiding the chlorophyll meter to arrange the nitrogen. S.Sdoodee, B.Wongkittisuksa [3] shows about guiding the chlorophyll meter to estimate the quantity of chlorophyll and nitrogen of laung-gaung leaf and rambutan leaf.

This work investigates the chlorophyll on rice leaf image which use Web Camera, 640 x 480 Pixel. This experiment designs to control the outside light and determine the correlation with real chlorophyll that gets from sample group for take this information to determine

the chlorophyll. It will be also development the instruments which will use in determine the chlorophyll from rice leaf image.

2. The correlation of green color and chlorophyll

The process to identify the correlation of green color and chlorophyll is showed in Fig 1. Firstly, image processing is used to determine the average of green color of rice leaf image and the SPAD meter is then used to get the chlorophyll of rice leaf. Finally, the correlation of these techniques is identified.

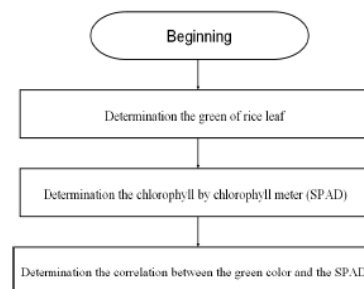


Figure1 process to identify the correlation of green color and chlorophyll

2.1 Chlorophyll of leaf image.

The chlorophyll identify process of leaf image is shown in Fig 2. Firstly, the rice leaf image have to separate the background from the major part of rice leaf image. The background is then adjusted to be black color in order to make the image to be digital form.



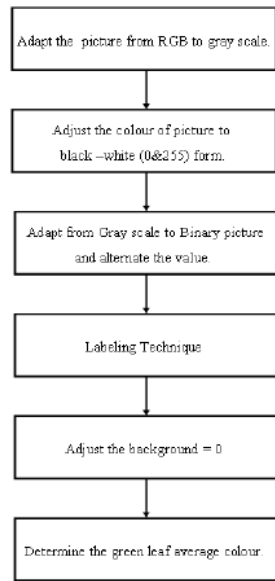


Figure 2 chlorophyll identify process

The rice leaf image is adjusted from RGB to gray scale format as shown in Fig 3.

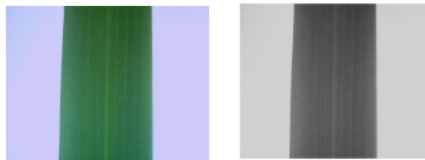


Figure3: (a) Rice leaf image input to RGB system
(b) Result that gets from adapting the picture to Gray scale.

The image is then changed to be black and white scale, which if the value of pixel of image is less than 190, it is fixed to be 0. While the values of pixel are more than 190, it is fixed to be 255.



Figure 4 Black and White Scale

The next step is to change the black and white image to be binary image. In the binary image, the leaf area is equal to 0, means white color. While the background is equal to 1, means black color. This process shows in Fig 5.

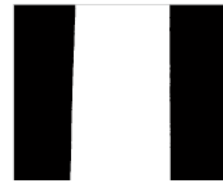


Figure 5 the binary image

The binary image is then multiply with the original as shows in Fig 6. It can be seen that the background is turned to be black color.



Figure 6 image with the black background

2.2 Chlorophyll meter

Chlorophyll meter is the instrument to measure the chlorophyll in plant leaf which provides the unit in gram per kilogram (g/kg). This research has been excellently supported from Research Rice Center, Phatumthani for the Chlorophyll meter SPAD (502) and also the 45 rice leaves to be input test.

2.3 Relation of green color and the chlorophyll

Linear Regression [1] which is an numerical methods for engineering, is used to determine the relation of green color and the chlorophyll values from chlorophyll meter as shown in the following equations.

$$a_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (1)$$

$$a_0 = \frac{\sum y_i}{n} - a_1 \left(\frac{\sum x_i}{n} \right) \quad (2)$$



y_i is the green average of rice leaf image or real chlorophyll that measured.
 x_i is an order of information 1 to 45

The correlation base line in linear regression equation of G and S thus:

$$G_i = a_{1g} + a_{0g}x_i \quad (3)$$

$$S_i = a_{1s} + a_{0s}x_i \quad (4)$$

G_i is the color average of each rice leaf image.

S_i is the chlorophyll of each rice leaf

x_i is order of information (1-45)

3. Experimental and Results

The 45 rice leaf images size 640x480 pixels are taken to be input of this research and the chlorophyll in these rice leaves are also recorded by chlorophyll meter (SPAD502).

The highest chlorophyll values from the SPAD is 45.0 and the lowest is 20.4. While the highest green average values of rice leaf is 167.80 and the lowest is 104.12. This correlation can be plot in Fig 7.

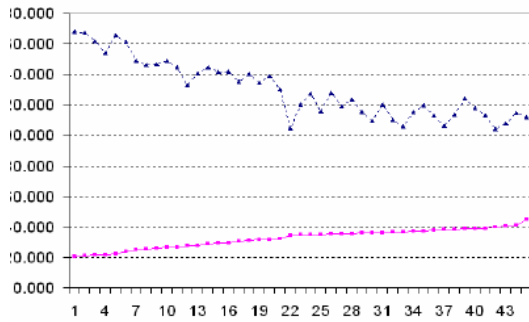


Figure 7 the correlation between the value of G and S

Fig 7 shows that the values of G are the diffusion of information more than the S values. Therefore to estimate the correlation of both data, the linear regression is used to decrease the diffusion data. From the equation 1 and 2 can determine the correlation of G and S in the form of the equation 3 and 4 by replacement this value of equation

$$G_i = 159.930 - 1.296x_i \quad (5)$$

$$S_i = 21.634 + 0.468x_i \quad (6)$$

Equation 5 - 8 show the correlation of G and S. The new data of linear regression can be shown in the Fig 8.

$$G_i = -2.83S_i + 220.58 \quad (7)$$

$$S_i = \frac{G - 220.58}{-2.83} \quad (8)$$

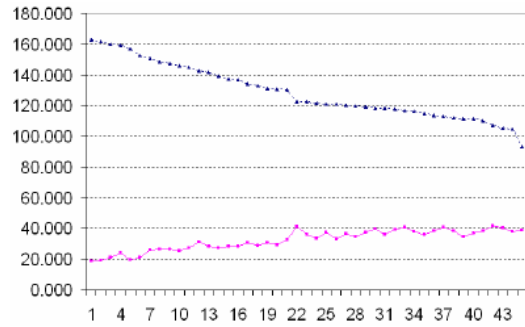


Figure 8 the correlation of G and S after decreases diffusion.

Table 1 shows the correlation between G and S which calculated from Eq. 7 and 8. The highest value of the average color of rice leaf is 162.845 and the lowest is 93.230. The chlorophyll value is also highest is 38.899 and the lowest is 18.850.

Order	Real Value		Value from Equation	
	Green	SPAD	Green	SPAD
1	167.80	20.4	162.845	18.850
2	167.12	20.8	161.761	19.091
3	161.97	21.4	160.018	20.933
4	154.16	21.6	159.452	23.722
.
45	111.66	45.0	93.230	38.899

Table 1 Correlation chlorophyll values of linear regression equation

4. Conclusion

This work has been presented the correlation between average value of green color from rice leaf image and the chlorophyll value from chlorophyll meter by using linear regression. The results show that the linear



regression can be used to decrease the diffusion of data. The new maximum average value from green color is 162.845 and minimum is 93.230. The average error of green color is approximately 4.175%. The new maximum value of chlorophyll which is recorded for SPAD502, is also 38.899 and minimum value is 18.850. The average error of chlorophyll is approximately 5.650%. All of this result is just the primary results of research. The new technique to development a chlorophyll meter by using image processing for agriculture application, nitrogen rice measurement, and nitrogen control application is still on the plan for future work.

5. References

- [1] S. C. Chapra, R. P. Canale, "Numerical Methods for Engineers", Fifth Edition, International edition 2006, pp. 440-471.
- [2] V. Balasubramanian, A.C. Morales, IIRI, "Adaptation of the Chlorophyll meter (SPAD) technology for real-time N management in rice", April, 2000, pp. 4-8.
- [3] S. Sdoodee, B. Wongkittisuksa, "Using a Chlorophyll Meter to Assess Nitrogen and Total Chlorophyll in the Leaf of Rice Under Fertilizer Application", 33rd Congress on Science and Technology of Thailand.
- [4] Apichart Sa-nguannam, Jakkree Srinonchat, "Applied Image Processing Technique for Detection the Defects of Ball Grid Array" Proceeding of the EECON31 conference, Thailand



Sattarpoom Thaiparnit.

Graduated in the Bachelor degree of Computer Engineering from Rajamangala University of Technology Suwanabhumi in 2005. Now studying in Master degree of Electronics and Telecommunication

Engineering at Rajamangala University of Technology Thanyaburi. The interest field of research is Signal and Image processing.



Jakkree Srinonchat.

Received the B.Eng degree of Electronics and Telecommunication Engineering from Rajamangala University of Technology Thanyaburi in 1995, master degree and Ph.D degrees in Electrical Engineering in 2005 from Northumbria University,

UK. He is presently a lecturer in department of Electronics and Telecommunication Engineering, faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi. The Interest field of research is Signal and Image processing, Speech and Image data compression and Artificial Neural Network system.





PROCEEDINGS VOL. 2

- CM - Communication
- EL - Electronics
- DS - Digital Signal Processing
- PH - Photonics
- GN - General Engineering and Science
- BE - Biomedical Engineering



การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๓๒
๒๘-๓๐ ตุลาคม ๒๕๕๒ โรงแรมทวารวดี รีสอร์ท จ.ปราจีนบุรี

32nd Electrical Engineering Conference
28-30 October 2009 Tawaravadee Resort Hotel, Prachinburi, Thailand



จัดการประชุมโดย ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา
เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ
และภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 32

Reviewers

Adisorn Leelasantitham
Akekachai Deesiri
Amnart Suksri
Amnoiy Ruengwaree
Anuchit Charean
Anuree Lorsawatsiri
Anuwat Jangwanitlert
Aphibal Pruksanubal
Apichai Bhatranand
Apirada Namsang
Apirat Siritaratiwat
Arkhom Mounghaodaeng
Arporn Teeramongkonrasmee
Arthit Sode-Yome
Athikom Roeksabutr
Benjamas Panomruttanarug
Boonchuay Supmonchai
Boonlert Suechoey
Boonruk Chipipop
Boonsri Kaewkham-ai
Boonyang Plangklang
Boonying Knobnob
Bundhit Eua-arporn
Bundit Thipakorn
Bunlung Neammanee
Chai Chompoo-inwai
Chainarong Buttapeng
Chainarong Klimanee
Chaiwut Chat-Uthai
Chaiyo Thammarat R.T.N.
Chakkaphong Suthaputchakun
Chanatip Tumrongwittayapak
Chanchai Thajiam
Chanchana Tangwongsan
Chanin Wissawinthanon
Chanuan Uakarn
Chaodit Aswakul
Charnchai Pluempitwiriyaewj
Chatchai Neatpisarnvanit
Chatchai Suppitaksakul
Chatchai U-thaiwasin
Chatree Mahatthnajatuphat
Cherdkul Sopavanit
Chiranut Sa-ngiamsak
Chirasak Sinsukudomchai
Chirasak Songboonkaew
Chokchai Sangdao

Organizations

University of the Thai Chamber of Commerce
Sripatum University
Khon Kaen University
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Kasem Bundit University
Mahanakorn University of Technology
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Khon Kaen University
Srinakharinwirot University
Chulalongkorn University
Siam University
Mahanakorn University of Technology
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Chulalongkorn university
South-East Asia University
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Chiang Mai University
Rajamagala University of Technology Thanyaburi
Rajamagala University of Technology Thanyaburi
Chulalongkorn University
King Mongkut's University of Technology Thonburi
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
University of the Thai Chamber of Commerce
Srinakharinwirot University
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
South-East Asia University
Bangkok University
Kasem Bundit University
Srinakharinwirot University
Chulalongkorn University
Chulalongkorn University
Kasem Bundit University
Chulalongkorn University
Chulalongkorn University
Mahidol University
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
South-East Asia University
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Chulalongkorn University
Khon Kaen University
South-East Asia University
Thonburi University
Mahanakorn University of Technology



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 32

Reviewers

Choompol Antarasena
Chuttchaval Jeraputra
Chuwong Phongcharoenpanich
Daranee Hormdee
Deacha Puangdownreong
Decha Wilairat
Diew Koolpiruck
Duang-arthit Srimoon
Dulpichet Rerkpreedapong
Ekachai Leelarasmee
Ekapon Siwapornsathain
Ekarin Vasansong
Issarachai Ngamroo
Ittipong Chaisayun
Jakkree Srinonchat
Jirasak Vilasdechanon
Jukkrit Tagapanij
Kamon Jirasereeamornkul
Kanat Poolsawasd
Kanjana Pattanaworapan
Keerati Chayakulkheeree
Khatathap Swatdipisal
Kitiphol Chitsakul
Kittiphong Meesawat
Kittisak Tripipatpornchai
Kobchai Dejhan
Kosin Chamnongthai
Kunnthphong Srisathit
Lunchakorn Wuttisittikulij
Manop Wongsaisuwan
Miti Ruchanurucks
Mongkol Konghirun
Montri Suwanapingkarl
Montri Karnjanadecha
Naebboon Hoonchareon
Narong Buabthong
Narong Yoothanom
Nattavut Chayavanich
Natthaphob Nimpitiwan
Nimit Boonpirom
Niruth Prombutr
Nisachon Tangsangiumvisai
Noppadol Wanichworanant
Nopporn Leeprechanon
Nuntiya Chaiyabut
Ouen Pinngern
Paisan Boonchiam

Organizations

Chulalongkorn University
Mahidol University
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Khon Kaen University
Faculty of Engineering, South-East Asia University
Mahidol University
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Rangsit University
Kasetsart University
Chulalongkorn University
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Mahanakorn University of Technology
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
South-East Asia University
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Chiang Mai University
Mahanakorn University of Technology
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Mahidol University
Bangkok University
Sripatum University
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Khon Kaen University
Rangsit University
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
King MONGkut's Uni of Tech Thonburi
Mahanakorn University of Technology
Chulalongkorn University
Chulalongkorn University
Kasetsart University
King Mongkut's University of Technology Thonburi
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Prince of Songkla University
Chulalongkorn University
Thammasat University
Sripatum University
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Bangkok University
Sripatum University
Mahidol University
Chulalongkorn University
Mahidol University
Thammasat University
Bangkok University
Ramkhamhaeng University
Rajamangala University of Technology Thanyaburi



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 32

Reviewer

Pakorn Kaewtrakulpong
Panhathai Buasri
Parnjit Damrongkulkamjorn
Pasawee Srimode
Pasu Kaewplung
Patamaporn Sripadungtham
Peerapol Jirapong
Peerapol Yuvapoositanon
Petch Nantivatana
Phai boon Booppha
Phichet Moungnoul
Phoemphun Oothongsap
Phongsuk Amphap
Phumin Kirawanich
Pichaya Tandayya
Pinit Jitjing
Pinit Kumhom
Pinit Thepsatorn
Pisit Wisitmeteeakorn
Pisit Phokharatkul
Piya Warabuntaweekorn
Pongsatorn Sedtheetorn
Poonlap Lamsrichan
Pornchai Supnithi
Pornchai Chanyagorn
Prajub Pawarangkoon
Pranchalee Rattanasakornchai
Prayoot Akkaraekthalin
Preecha Kocharoen
Punyaphat Phumiphak
Rangsipan Marukat
Ravee Phromloungsri
Rungsimant Sitdhikorn
Sakchai Thipchaksurat
Saliltip Sinthusonthishat
Samphan Phrompichai
Samroeng Hintamai
Sansanee Auephanwiryakul
Sanya Khunkhao
Sarawan Wongsak
Sarawuth Chaimool
Serm Sak Uatrongjit
Sirichai Dangeam
Siripong Chaysin

Organizations

King Mongkut's University of Technology Thonburi
Khon Kaen University
Kasetsart University
Sripatum University
Chulalongkorn University
Kasetsart university
Chiang Mai University
Mahanakorn University of Technology
Sripatum University
Kasem Bundit University
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Mahidol University
Prince of Songkla University
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Srinakharinwirot University
Mahanakorn University of Technology
Mahidol University
Bangkok University
Mahidol University
Kasetsart University
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Mahidol University
Mahanakorn University of Technology
King Mongkut's University of Technology Thonburi
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Sripatum University
Mahanakorn University of Technology
Mahidol University
Udon Thani Rajabhat University
Mahanakorn university of technology
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Mahanakorn University of Technology
Mahanakorn University of Technology
Sripatum University
Chiang Mai University
Sripatum University
King Mongkut's University of Technology Thonburi
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Chiang Mai University
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Srinakharinwirot University



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 32

Reviewers

Siroj Sirisukprasert
Sirivat Poonvasin
Sirivit Taechajedcadarungsri
Siriwich Tadsuan
Somboon Nuchprayoon
Somchai Biansoongnern
Somchai Hiranvarodom
Somchart Chokchaitam
Somchat Jiriwibhakorn
Soming Thainimi
Sommart Sang-Ngern
Somnida Ratanapanachote
Somporn Sirisumrannukul
Somsak Walairacht
Somyot Kaitwanidvilai
Songkran Kantawong
Songphol Kanjanachuchai
Suchada Tantisatirapong
Suksun Nungam
Sulee Bunjongjit
Sumate Naetiladdanon
Sumrit Hungsasutra
Suneat Pranonsatit
Suntorn Witosurapot
Supachai Vorapojpisut
Supakit Chotigo
Supaporn Kiattisin
Supatana Auethavekiat
Surachai Chaitusaney
Surakarn Duangphasuk
Surapan Airphaiboon
Surapol Jantorn
Suratose Tritilanunt
Suree Pumrin
Surin Khomfoi
Surin Ngaemngam
Suthee Rukkaphan
Suwat Pattaramalai
Tanin Duangjan
Tasanee Chayavanich
Tatcha Chulajata
Teera Rerkmaneeawan
Teeravisit Laohapensaeng
Teratam Bunyagul

Organizations

Kasetsart University
Kasetsart University
Khon Kaen University
South-East Asia University
Chiang Mai University
Rajamangala University of Technology Thayaburi
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Thammasat University
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Kasetsart University
Mahanakorn University of Technology
Mahidol University
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok University
Chulalongkorn University
Srinakharinwirot University
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Khon Kaen University
Kasetsart University
Prince of Songkla University
Thammasat University
King Mongkut's University of Technology Thonburi
University of the Thai Chamber of Commerce
Chulalongkorn University
Chulalongkorn University
Mahanakorn University of Technology
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Sripatum University
Mahidol University
Chulalongkorn University
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Kasem Bundit University
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Srinakharinwirot University
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Mahidol University
Kasem Bundit University
Mahanakorn University of Tecgnology
King Mongkut's University of Technology North Bangkok



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 32

Reviewers

Thanadol Pritranan
Thanapat Promwattanapakdee
Thanaphat Sittithumwat
Thavatchai Tayjasanant
Theerayod Wiangtong
Thumrongrat Amornraksa
Toempong Phetchakul
Umaporn Thongrak
Vech Vivek
Veerachai Malyavej
Viahai Surapatana
Viboon Chunkag
Vichai Saelee
Vijit Kinnares
Virote Pirajnanchai
Vorapong Silaphan
Wanchai Chanlaipol
Wanchai Chimchavee
Wanchai Pijitrojana
Wanchai Subsingha
Wanchak Lenwari
Watcharachai Wiriyasuttiwong
Weerachai Asawamethapant
Weerapun Rungseevijitprapa
Wekin Piyarat
Werapon Chiracharit
Werasak Kurutach
Wichit Krueasuk
Wijittra Petchakit
Wilaiporn Lee
Wipavan Narksarp
Wuthiporn loetwassana
Wutthichai Polwisate
Yongyuth Naras
Youthana Kulvitit

Organizations

Mahidol University
Sripatum University
Siam University
Chulalongkorn University
Mahanakorn University of Technology
King Mongkut's University of Technology Thonburi
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Sripatum University
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Mahanakorn University of Technology
Kasetsart University
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
South-East Asia University
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Mahanakorn University of Technology
Sripatum University
University of the Thai Chamber of Commerce
Thammasat University, Rangsit Campus
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Srinakharinwirot University
Thammasat University
Chulalongkorn University
Srinakharinwirot University
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Mahanakorn University of Technology
Sripatum University
Walailak University
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Siam University
Mahanakorn University of Technology
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Siam University
Chulalongkorn University



วันพุธที่ 28 ตุลาคม 2552 เวลา 15:20 น.–17:20 น.

ห้อง Sri Aiyara

ประธานกลุ่มย่อย ผศ.ดร.สุพจน์ สุขไพจิตร

มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

DS 007 เวลา 15:20 – 15:40 น.

การค้นหาน้ำหนักมนุษย์โดยใช้อาร์พีเออร์ที่คำนวณจากภาพที่ผ่านการกรองสีผิว

มานพ วรณัติ และ ยุทธพงษ์ รั้งสรศักดิ์ศรี

บทความนี้เสนอวิธีการค้นหาน้ำหนักมนุษย์ในภาพสี ชั้นคอนเทร็กการกรองสีผิว โดยใช้แบบจำลองสี HSV และ YCbCr เพื่อลดความซับซ้อนของภาพ แล้วจึงใช้วิธีการพีเออร์ ระบุตำแหน่งของใบหน้ามนุษย์ในภาพ จากการทดลองกับภาพจำนวน 1,227 ภาพ ได้อัตราความถูกต้องในการค้นหา 97.43 เปอร์เซ็นต์ และ อัตราความผิดพลาด 7.11 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีเดิมที่ใช้การค้นหาใบหน้ามนุษย์ด้วยวิธีการพีเออร์เพียงอย่างเดียว

DS 008 เวลา 15:40 – 16:00 น.

ขั้นตอนวิธีอย่างง่ายเพื่อออกแบบลายเส้นเครื่องประดับสองสี

ธีระวัฒน์ วัฒนพานิช และ วิจิตร เทชะภิก

บทความนี้เสนอขั้นตอนวิธีอย่างง่ายสำหรับออกแบบลายเส้นเครื่องประดับสองสี โดยการแปลงภาพต้นแบบเป็นภาพสีขาวดำ จากนั้นจึงแบ่งภาพเป็นช่องย่อยตามจำนวนดอก และกำหนดสีให้แก่ละช่องย่อย โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบจำนวนพิกเซล ที่มีสีขาวและสีดำจำนวนพิกเซลของสีใดมีมากกว่าจะกำหนดให้สีของพิกเซลในช่องย่อยเป็นสีนั้น สุดท้ายนำผลลัพธ์ที่ได้มาสร้างเป็นวิธีการสำหรับสามเหลี่ยมเครื่องประดับ พร้อมทั้งได้แสดงตัวอย่างการทดสอบ ขั้นตอนวิธีในการออกแบบลายไว้ประกอบด้วย

DS 009 เวลา 16:00 – 16:20 น.

การอ่านค่าอัตโนมัติจากมาตรวัดแบบเข็มโดยวิธีการประมวลผลภาพ

ธวัชชัย บุรณะวัฒนาศิลป์ และ ปริญญ์ รัตนสารชัย

บทความนี้นำเสนอการอ่านค่าอัตโนมัติจากมาตรวัดแบบเข็มโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ เพื่อใช้ร่วมในการสอบเทียบแบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถลดความผิดพลาดจากตัวบุคคลในการอ่านค่า และลดเวลาการทำงาน โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ 1.ขั้นตอนการเก็บค่าข้อมูลเริ่มต้น โดยการหาตำแหน่งเริ่มต้นของเข็ม ค่าแนวและองศาของสเกลแสดงค่าของตัวเลขทั้งหมดบนหน้าปัด และ 2.ขั้นตอนการอ่านค่าโดยหาค่าองศาของเข็มที่เคลื่อนที่เพื่อเปรียบเทียบกับองศาของสเกลแสดงค่าของตัวเลขเพื่อคำนวณค่าที่วัดได้ นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบตัวเลขที่ได้ว่ามีความถูกต้องและครบถ้วนหรือไม่ ผลที่ได้จากการทดสอบการอ่านค่าอัตโนมัติจากมาตรวัดแบบเข็ม โดยใช้วิธีการสอบเทียบ Pressure Gauge มีความถูกต้อง 100% เมื่อเปรียบเทียบกับการอ่านค่า

DS 010 เวลา 16:20 – 16:40 น.

การปรับปรุงการประมาณค่าความถี่คลื่นไซน์ดิจิทัลแบบใหม่

ศุภพล จันทร์ และ ราฐ พันธุ์ฉลาด

บทความนี้นำเสนอการปรับปรุงระบบตรวจวัดความถี่อย่างรวดเร็วแบบใหม่ให้สามารถทำงานได้แม้ไม่ทราบขนาดของสัญญาณรูปคลื่นไซน์ ระบบที่นำเสนอสามารถตรวจวัดความถี่ของสัญญาณรูปคลื่นไซน์ขนาดเท่าใดก็ได้ครบโดเมนที่สัญญาณรวมควรมีค่าไม่มากนัก ผลจากการทำงานสามารถยืนยันถึงสมรรถนะของระบบที่นำเสนอ

DS 011 เวลา 16:40 – 17:00 น.

การพัฒนาเทคนิคพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าวด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ

ศัดดาภูมิ ไทยพานิช อนุพล คำปัญญา และจักรี ศรีรัตนสิทธิ์

บทความนี้ นำเสนอการพัฒนากรรมวิธีพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าว เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรกรรม ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาให้มีความสามารถในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ได้ดียิ่งขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยเดิมที่ใช้กรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย (Simple Linear Regression) [1][2] ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้กรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ (Multiple Linear Regression) เพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ ผลปรากฏว่ากรรมวิธีถดถอยเชิงเส้นพหุ สามารถพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากใบข้าวได้อย่างถูกต้อง 96.12% ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่า การพยากรณ์ด้วยกรรมวิธีถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย (Simple Linear Regression) ซึ่งสามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องเพียง 86.43%

DS 012 เวลา 17:00 – 17:20 น.

การสร้างภาพโมเสกพื้นหลังสำหรับพาโนรามาเส้นทางโดยการแยกส่วนการเคลื่อนที่

ก้องเกียรติ เรืองไทย และ วีระ ชาติวีริยะ

การถ่ายภาพเพียงหนึ่งครั้งไม่สามารถเก็บเนื้อหาของฉากข้างทางได้ทั้งหมด และการใช้เลนส์มุมกว้างก่อให้เกิดการบิดในบริเวณขอบภาพพาโนรามาเส้นทาง คือ ภาพที่รวมฉากต่อเนื่องทั้งหมดไปตามแนวของถนน เป็นสื่อข้อมูลในการเก็บภาพของเมือง หรือนำไปใช้ประกอบการนำทางด้วยแผนที่ โดยให้มุมมองเสมือนมุมมองธรรมชาติของผู้สังเกตบทความนี้ นำเสนออัลกอริทึมการต่อภาพพื้นหลังสำหรับพาโนรามาเส้นทาง โดยใช้หลักการแยกส่วนการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นผลลัพธ์กับความถี่ของวัตถุในภาพในการแยกส่วนพื้นหลัง โดยใช้การลงคะแนนเทนเซอร์ (tensor voting) ในการปรับคุณภาพชิ้นการเคลื่อนที่



การพัฒนาเทคนิคพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าวด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ

Improvement of the Chlorophyll Prediction in Rice Leafs Technique by Multiple Linear Regressions

ศัดดาภูมิ ไทยพานิช¹ อนุพล คำปัญญา² และจักรี ศรีรินทร์จักร³

ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางด้านการประมวลผลสัญญาณ

¹ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 ถนนรังสิต-นครนายก ต. คลองหก อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12110

²สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี

450 ถนนสุพรรณบุรี-ชัยนาท หมู่ 6 ต. ย่นยาว อ.สามชุก จ.สุพรรณบุรี 72130

E-mail: sattarpoom@hotmail.com, kdanupon@yahoo.com, jakkree@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ นำเสนอการพัฒนากรรมวิธีพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าว เพื่อใช้ประโยชน์ในการเกษตรกรรม ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาให้มีความสามารถในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ได้ดียิ่งขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยเดิมที่ใช้กรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย (Simple Linear Regression) [1][2] ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้กรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ (Multiple Linear Regression) เพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ ผลปรากฏว่ากรรมวิธีถดถอยเชิงเส้นพหุ สามารถพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากใบข้าวได้อย่างถูกต้อง 96.12% ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่า การพยากรณ์ด้วยกรรมวิธีถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย (Simple Linear Regression) ซึ่งสามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องเพียง 86.43%

คำสำคัญ: การประมวลผลภาพ, คลอโรฟิลล์, Simple Linear Regression, Multiple Linear Regression, คลอโรฟิลล์มิเตอร์

Abstract

This article presents the Improvement of the Chlorophyll in Rice Leafs prediction Technique by Multiple Linear Regression compared with the former technique; Simple Linear Regression. It can predict the Chlorophyll in rice leaves only 86.43%. The result of the research revealed that this technique can predicted the Chlorophyll in Rice Leafs correctly 96.12% which it provides the more accuracy than the former technique.

Keywords: Chlorophyll, Simple Linear Regression, Multiple Linear Regression,

1. บทนำ

การประเมินค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าวนั้น นับว่าเป็นกระบวนการที่สำคัญในการบริหารจัดการธาตุไนโตรเจนของต้นข้าว เช่นในงานวิจัยของ V. Balasubramanian, A.C. Morales [3] ได้นำเสนอเกี่ยวกับการนำเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์มาจัดการธาตุไนโตรเจน และ

งานวิจัยของ S.Sdoodee, B.Wongkittisuksa [4] ได้นำเสนอเกี่ยวกับการนำเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์มาประเมิน ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมและไนโตรเจนของใบลองกองและเงาะ ซึ่งจะเห็นว่าเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการธาตุไนโตรเจน ผู้วิจัยจะใช้เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ในการวัดค่าดัชนีของคลอโรฟิลล์ที่อยู่ในใบพืช เพื่อนำค่าดัชนีที่วัดได้มาทำการประเมินค่าไนโตรเจนของพืช ซึ่งในงานวิจัยของ S. Thaipamit [4] ได้นำเสนอเกี่ยวกับการหาความสัมพันธ์ของค่าคลอโรฟิลล์และค่าเฉลี่ยสีเขียวจากภาพถ่ายใบข้าวโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ ซึ่งทำให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยสีของภาพถ่ายใบข้าว สามารถแสดงถึงความสัมพันธ์กับค่าคลอโรฟิลล์ที่วัดได้จากเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์

ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการพยากรณ์ค่าดัชนีคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายใบข้าว เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวัดประเมินค่าดัชนีของคลอโรฟิลล์ในใบข้าว แทนการใช้เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีราคาสูงจึงไม่สามารถนำไปใช้งานจริงในทางการเกษตรกรรม

2. การพยากรณ์ค่าดัชนีของคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายใบข้าว

ในงานวิจัยนี้ สามารถแบ่งกระบวนการทำงานหลักๆ ออกได้สองกระบวนการ คือ การหาค่าเฉลี่ยสีจากภาพถ่ายใบข้าว และการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายใบ

2.1 กระบวนการหาค่าเฉลี่ยสีจากภาพถ่ายใบข้าว

ในขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการเริ่มต้นของการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากใบข้าว โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพมาทำการประมวลผลหาค่าเฉลี่ยสีในส่วนเขตพื้นที่ใบข้าว เพื่อนำค่าเฉลี่ยสีที่ได้มาใช้ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ โดยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบกล้องที่ใช้สำหรับถ่ายภาพใบข้าว ซึ่งประยุกต์จากกล้อง Web camera ออกแบบโครงสร้างครอบคลุมกล้องเพื่อป้องกันแสงจากสภาพแวดล้อมเข้ามารบกวนการถ่ายภาพ ภายในกล้องติดตั้งหลอด LED สีขาวเพื่อใช้เป็นแสงสำหรับถ่ายภาพ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงกล้องที่ทำการออกแบบ

ขั้นตอนต่อไปทำการนำภาพถ่ายขาวดำค่าเฉลี่ยสีของภาพในส่วนพื้นที่ใบด้วยการแยกพื้นหลังออกจากพื้นที่ใบ ผู้วิจัยใช้เทคนิคพื้นฐานทางการประมวลผลภาพ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- แปลงภาพจาก RGB เป็น Gray scale ในขั้นตอนนี้ภาพถ่ายจะถูกเปลี่ยนจากภาพสีเป็นภาพระดับเทา
- แปลงภาพจากระดับเทาเป็นภาพขาวดำ โดยใช้ค่า Threshold เป็นเงื่อนไขในการปรับค่าสี [5] ซึ่งค่า Threshold สามารถหาได้ดังสมการที่ (1)

$$T = \bar{F} + C \quad (1)$$

เมื่อ C เป็นค่าคงที่โดยกำหนดค่าเท่ากับ 5

\bar{F} ค่าเฉลี่ยสีของภาพ

$$\bar{F} = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N F(x, y) \quad (2)$$

เงื่อนไขในการปรับค่าสีจะมีการปรับค่าในแต่ละจุดสีโดยกำหนดให้จุดสีมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อจุดสีนั้นมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่า Threshold และปรับค่าจุดสีให้มีค่าเท่ากับ 255 เมื่อจุดสีนั้นมีค่ามากกว่าค่า Threshold ดังสมการที่ 3 ซึ่งแสดงรูปภาพใบข้าวในระบบสี RGB ดังรูปที่ 2(a) และแสดงรูปภาพที่แปลงเป็นภาพขาวดำด้วยค่า Threshold ดังรูปที่ 2(b)

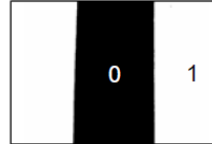
$$F(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{if } F(x, y) \leq T \\ 255 & \text{if } F(x, y) > T \end{cases} \quad (3)$$



รูปที่ 2 (a) ภาพใบข้าวระบบสี RGB
(b) ภาพใบข้าวที่แปลงค่าสีด้วย Threshold

- ทำการปรับภาพขาวดำ 0-255 ให้เป็นภาพขาวดำแบบ Binary ด้วยสมการที่ (4) แสดงได้ดังรูปที่ 3

$$F(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{if } F(x, y) = 0 \\ 1 & \text{if } F(x, y) = 255 \end{cases} \quad (4)$$



รูปที่ 3 ภาพใบข้าวที่ปรับเป็นรูปแบบ Binary

- ทำการกลับค่าสีจากภาพแบบ Binary ด้วยสมการที่ (5) แสดงดังภาพที่ 4 เพื่อนำภาพที่กลับค่าสีมาใช้ในการแยกส่วนของพื้นที่ใบในภาพต้นฉบับด้วยกรรมวิธีการคูณค่าสีในจุดเดียวกัน

$$F(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{if } F(x, y) = 1 \\ 1 & \text{if } F(x, y) = 0 \end{cases} \quad (5)$$



รูปที่ 4 ภาพ Binary ที่ทำการกลับค่าสี

- นำภาพต้นฉบับในรูปแบบสี RGB ปรับค่าพื้นหลังเพื่อแยกความแตกต่างระหว่างพื้นหลังภาพและพื้นที่ของใบข้าว ดังรูปที่ 5 และนำภาพที่ได้มาทำการหาค่าเฉลี่ยสี



รูปที่ 5 การปรับค่าสีพื้นหลังด้วยวิธีการคูณค่าสี

จากกระบวนการหาค่าเฉลี่ยสีของภาพใบข้าว ที่นำเสนอในข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลด้วยการถ่ายภาพจากใบข้าวจริงด้วยกล้องที่ออกแบบจำนวนทั้งสิ้น 43 ใบ โดยวัดค่าคลอโรฟิลล์จากใบข้าวด้วย

เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ (SPAD502) ดังรูปที่ 6 และแสดงค่าเฉลี่ยที่ได้จากกรรมวิธีประมวลผลภาพและค่าคลอโรฟิลล์ที่วัดได้ ในตารางที่ 1



รูปที่ 6 การวัดค่าคลอโรฟิลล์จากใบข้าวด้วยเครื่อง (SPAD502)

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยสีและค่าคลอโรฟิลล์

ลำดับ	ค่าเฉลี่ย สีแดง	ค่าเฉลี่ย สีเขียว	ค่าเฉลี่ย สีน้ำเงิน	ค่าคลอโรฟิลล์ (SPAD)
1	60.171	114.197	83.229	40.7
2	49.984	103.908	70.446	40.2
3	59.996	118.822	60.366	34.7
..
42	58.045	112.175	79.503	40.3
43	48.554	107.387	59.567	40.5

2.2 การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์

ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ ผู้วิจัยได้สร้างโมเดลเพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่า โดยเลือกใช้กรรมวิธีถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย (Simple Linear Regression) และกรรมวิธีถดถอยเชิงเส้นพหุ (Multiple Linear Regression) และสร้างสมการเพื่อนำมาใช้ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ จากค่าเฉลี่ยสีใบข้าว ในเบื้องต้น ผู้วิจัยเลือกใช้กรรมวิธีถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) เพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ และเลือกใช้ค่าเฉลี่ยสีเขียวเป็นตัวแปรต้นที่ใช้ในการพยากรณ์ค่า แสดงในสมการที่ (6)

$$Y = 7.22 - 0.308x \quad (6)$$

เมื่อ Y คือ ค่าคลอโรฟิลล์ที่พยากรณ์

x คือ ค่าเฉลี่ยสีเขียวจากภาพถ่ายที่ใช้ในการพยากรณ์

สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่า Chlorophyll ผู้วิจัยเลือกใช้ Multiple Linear Regression ดังสมการที่ (7)

$$Y = 59.3 - 0.0871x_1 - 0.251x_2 + 0.166x_3 \quad (7)$$

เมื่อ Y คือ ค่าคลอโรฟิลล์ที่พยากรณ์

x_1 คือ ค่าเฉลี่ยสีแดงที่ใช้ในการพยากรณ์

x_2 คือ ค่าเฉลี่ยสีเขียวที่ใช้ในการพยากรณ์

x_3 คือ ค่าเฉลี่ยสีน้ำเงินที่ใช้ในการพยากรณ์

ในการวิจัยนี้แสดงผลการทดลอง โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Simple และ Multiple Regression จากสมการที่ (6) และ (7) ซึ่งได้แสดงในหัวข้อผลการทดลอง

3. ผลการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายใบข้าว

จากโมเดลที่สร้างในสมการที่ (6) และสมการที่ (7) ผู้วิจัยได้นำสมการทั้งสองมาทดสอบโดยใช้พยากรณ์จากใบข้าวจริงจำนวน 50 ใบ ผู้วิจัยจึงแยกผลการทดลองออกเป็นสองส่วนคือการพยากรณ์คลอโรฟิลล์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นแบบง่ายและสมการถดถอยเชิงเส้นพหุ

3.1 การพยากรณ์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย

การพยากรณ์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย ผู้วิจัยได้เลือกใช้ค่าเฉลี่ยสีเขียวเป็นตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์ เนื่องจากตัวแปรดังกล่าวสามารถอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ได้สูงที่สุดคือ 90.8% โดยผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับใบข้าวจริงจำนวน 50 ใบซึ่งแสดงผลการทดลองในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบสมการที่ (6) และค่าความผิดพลาด

ลำดับ	ค่าเฉลี่ย สีเขียว	ค่าคลอโรฟิลล์ (SPAD)	ค่าคลอโรฟิลล์ พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด (%)
1	127.57	34.4	32.98	4.31%
2	132.1	34.7	31.55	9.98%
3	142.82	32.2	28.16	14.35%
..
49	132.69	35.6	31.36	13.52%
50	143.42	31.9	27.97	14.05%

3.2 การพยากรณ์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ

การพยากรณ์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear Regression) จะใช้ตัวแปรในการอธิบายคลอโรฟิลล์มากกว่า 1 ตัวแปร ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดสอบหาประสิทธิภาพในการอธิบายค่า

คลอโรฟิลล์ที่ดีที่สุด ผลปรากฏว่าการจับคู่ตัวแปรค่าสี แดง,เขียว และน้ำเงิน สามารถอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ได้ดีที่สุด คือ 95.8% จึงเลือกใช้กลุ่มตัวแปรดังกล่าวในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ ดังแสดงในตารางที่ 3 และผลการทดลองจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 ใบ แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ความสามารถในการอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ของคู่ตัวแปร

ลำดับ	ตัวแปรต้นที่เลือกใช้	ความสามารถในการอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ (%)
1	ค่าสีแดง,ค่าสีเขียว	90.9%
2	ค่าสีแดง,ค่าสีน้ำเงิน	92.2%
3	ค่าสีน้ำเงิน,ค่าสีเขียว	95.5%
4	ค่าสีแดง,ค่าสีเขียว,ค่าสีน้ำเงิน	95.8%
5	ค่าสีเขียว	90.2%

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบสมการที่ (7) และค่าความผิดพลาด

ลำดับ	ค่าคลอโรฟิลล์จริง (SPAD)	ค่าคลอโรฟิลล์พยากรณ์	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด (%)
1	34.4	34.6804	0.81%
2	34.7	32.6336	6.33%
3	32.2	29.1098	10.62%
..
49	35.6	35.5942	0.02%
50	31.9	32.5309	1.94%

4. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ จากภาพถ่ายใบข้าวโดยเลือกใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) และแบบพหุ (Multiple Linear Regression) เมื่อพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากตัวแปรค่าเฉลี่ยสีเขียวด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นแบบง่ายสามารถอธิบายค่าคลอโรฟิลล์ได้ 90.2% และมีความถูกต้องเฉลี่ยในการพยากรณ์จากใบข้าวจำนวน 50 ใบ อยู่ที่ 86.43% การเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ ผลปรากฏว่าสามารถพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ได้แม่นยำมากขึ้น โดยมีค่าความถูกต้องเฉลี่ย 96.12% และเป็นแนวการในการพัฒนาต่อยอดเพื่อสร้างเครื่องมือในการหาค่าคลอโรฟิลล์ได้ในอนาคต

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. C. Chapra, R. P. Canale, "Numerical Methods for Engineers", Fifth Edition, International edition 2006, pp. 440-471.
- [2] S.Thaiparnit, J. Srinonchat, "Apply Image Processing Technique to Determine The Correlation of Chlorophyll " 6th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications, and Information Technology, May 6-9, 2009
- [3] V. Balasubramanian, A.C. Morales, IRRI, "Adaptation of the Chlorophyll meter (SPAD) technology for real-time N management in rice", April, 2000, pp. 4-8.
- [4] S. Sdoodee, B. Wongkittisuksa, "Using a Chlorophyll Meter to Assess Nitrogen and Total Chlorophyll in the Leaf of Rice Under Fertilizer Application", 33rd Congress on Science and Technology of Thailand.
- [5] Apichart Sa-nguannam , Jakkree Srinonchat, "Applied Image Processing Technique for Detection the Defects of Ball Grid Array" Proceeding of the EECON31 conference, Thailand



นายศักดิ์ภูมิ ไทยพามิช กำลังศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี งานวิจัยที่สนใจคือการประมวลผลภาพดิจิทัล



นายคุณพล คำปัญญา จบปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2545 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี



จักรี ศรีนันทน์ดร จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2538 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และจบการศึกษาระดับปริญญาโทและเอก จาก Northumbria University,

UK ในปี พ.ศ. 2544 และ พ.ศ. 2548 ตามลำดับ ในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาเอกวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ผู้สอน ที่ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี งานวิจัยที่สนใจคือการประมวลผลสัญญาณ การบีบอัดสัญญาณเสียง และภาพโครงสร้างจำลองระบบประสาทเทียม

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นายสัตตภาภูมิ ไทยพานิช
วัน เดือน ปีเกิด	8 พฤษภาคม 2524
ที่อยู่	98 ถ.ประชาอุทิศ ตำบลบ้านหมี่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี 15110
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ เมื่อ พ.ศ.2548
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2548 - 2550	ตำแหน่งอาจารย์ สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
พ.ศ. 2550 - ปัจจุบัน	ตำแหน่งอาจารย์ สาขาวิชาระบบสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผลงานวิจัย	

Sattarpoom Thaiparnit, Jakkree Srinonchat, "Apply Image Processing Technique to Determine The Correlation of Chlorophyll," The 6th International Conference on Electrical Engineering Electronic Computer Telecommunication and Information Technology, May 6-9 2009, Ambassador City Jomtien Chonburi Thailand, 2009. pp. 1116-1119.

สัตตภาภูมิ ไทยพานิช ดนุพล คำปัญญา และจักรี ศรีนนท์ฉัตร, "การพัฒนาเทคนิคพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าวด้วยกรรมวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ," การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า, ครั้งที่ 32, 28-30 ตุลาคม 2552, โรงแรมทราวดี รีสอร์ท จ.ปราจีนบุรี, 2552. หน้า 1031-1034.