บทที่ 4

การประมาณพื้นที่ผลลำไยในทรงพุ่มด้วยภาพถ่ายเชิงตัวเลข

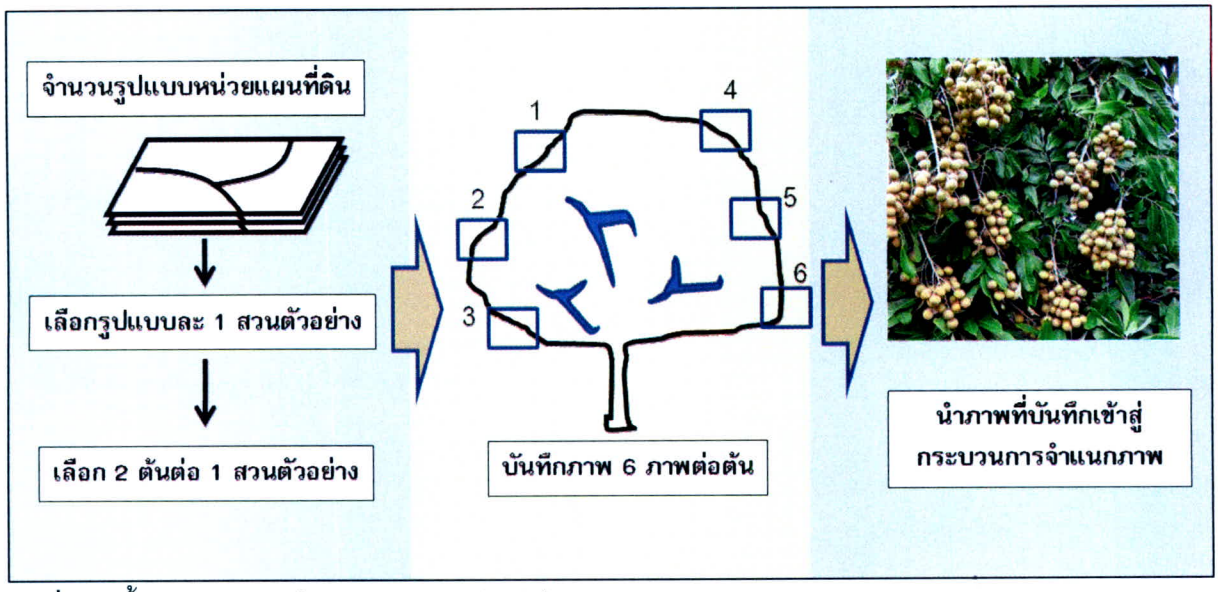
4.1 ภาพถ่ายเชิงตัวเลข

งานวิจัยในส่วนนี้เป็นขั้นตอนการสำรวจข้อมูลภาคสนามเพื่อประมาณค่าผลผลิตลำไยเชิงพื้นที่ โดยวิธีถ่ายภาพและวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากช่วงคลื่นที่ตาเห็น (visible light) ที่ถ่ายจากกรอบพื้นที่ถ่ายภาพที่กำหนด (Region of interest, ROI) ทาบบนทรงพุ่มของต้นลำไยที่สุ่มตัวอย่างได้ในสวนตัวอย่างของแต่ละ LMU หลักๆ ซึ่งวิธีการประมาณผลผลิตไม้ผลที่อาศัยประโยชน์จากข้อมูลภาพในช่วงคลื่นตาเห็นมาวิเคราะห์ด้วยกระบวนการทางการวิเคราะห์ระยะไกล (remote sensing) ได้ผลลัพธ์ที่ดีในหลาย ๆ งานวิจัย เช่นการจำแนกผลส้มด้วยภาพ RGB (Bulanon et al., 2009; Okamoto and Lee, 2009) การจำแนกผลแอบเปิลสำหรับการประมาณการผลผลิตก็สามารถได้ผลลัพธ์ที่ดี (Stajnko et al., 2004) หรืองานวิจัยในการประมาณการคลุมดินของพืชด้วยภาพถ่าย RGB (Pan et al., 2007) ผลของการวิเคราะห์ภาพถ่ายที่บันทึกได้จะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อเทียบเป็นผลผลิตลำไยประมาณการของทั้งสวน และนำเข้าสู่การทดสอบแบบจำลองการผลิตลำไยที่ได้จากงานวิจัยในส่วนแรก

4.2 การบันทึกภาพจากต้นตัวอย่าง

จากข้อมูลตำแหน่งของสวนตัวอย่างที่ได้จากงานวิจัยในส่วนแรก เมื่อออกสำรวจภาคสนามจะทำการคัดเลือกสวนตัวอย่างสำหรับการทำงานในส่วนของการบันทึกปริมาณผลผลิต ซึ่งการคัดเลือกจะทำด้วยวิธีการสุ่มตามความเหมาะสม ทั้งในด้านของลักษณะทรงพุ่มที่ต้องสามารถทำการบันทึกภาพได้ การเลือกตำแหน่งที่ต้องครอบคลุมพื้นที่โดยภาพรวม รวมถึงความสมัครใจของเจ้าของต้นตัวอย่างที่จะให้สามารถใช้ต้นลำไยในการบันทึกภาพได้ เมื่อสุ่มเลือกสวนตัวอย่างแล้วจึงทำการสุ่มเลือกต้นตัวอย่างภายในสวนตัวอย่าง โดยสุ่มเลือกมา 2 ต้น เพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูลภาพซึ่งในการบันทึกภาพจะกำหนดไว้ที่ 6-12 ภาพต่อ 1 ต้นตัวอย่าง บันทึก 2-4 ด้านจาก 3 ส่วนของต้น คือ ส่วนล่าง ส่วนกลาง และส่วนบน ขึ้นอยู่กับขนาดของทรงพุ่มและลักษณะการชิดกันของทรงพุ่มแต่ละต้น เนื่องจากต้นลำไยที่มีอายุมากโดยส่วนใหญ่จะมีทรงพุ่มที่ชิดกัน โอกาสที่จะทำการบันทึกภาพได้ทั้งสี่ด้านจึงมีน้อย ในขั้นตอนของการบันทึกข้อมูลภาพทำโดยการใช้กล้องดิจิตอล (Digital camera) ที่หาได้โดยทั่วไป บันทึกภาพ RGB ในรูปแบบ

JPG ด้วย เพื่อนำภาพที่บันทึกได้เข้าสู่กระบวนการจำแนกภาพถ่ายด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลภาพต่อไป รายละเอียดของขั้นตอนการวิจัยในส่วนนี้แสดงดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 ขั้นตอนการบันทึกข้อมูลภาพในต้นลำไยตัวอย่าง

จากสวนตัวอย่างของเกษตรกรที่ขอความร่วมมือได้ทั้งหมด 30 สวน เพื่อให้ครอบคลุมกับประเภทของหน่วยแผนที่ที่กำหนดไว้ในขั้นตอนแรก ได้คัดเลือกตำแหน่งของสวนโดยการสุ่มในเชิงพื้นที่และสุ่มจากความเต็มใจร่วมมือของเกษตรกรในการให้ข้อมูล ซึ่งจะส่งผลอย่างมากต่อการเก็บรวบรวมตัวเลขผลผลิตที่งานวิจัยต้องการอย่างละเอียดในช่วงเวลาของการเก็บเกี่ยว ผลของการสุ่มสวนตกอยู่ในหน่วยแผนที่ดิน 18 ประเภท แต่ละประเภทมีจำนวนตัวอย่างเท่าๆ กัน จำนวนตัวอย่างสูงสุดคือ 4 ตัวอย่างในประเภท 2_2_2 2_4_1 และ 3_2_1 ซึ่งเป็นประเภทที่มีพื้นที่ค่อนข้างมาก นอกจากนั้นมีจำนวนตัวอย่างหนึ่งสวนต่อหนึ่งประเภทหน่วยแผนที่ดิน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4-1

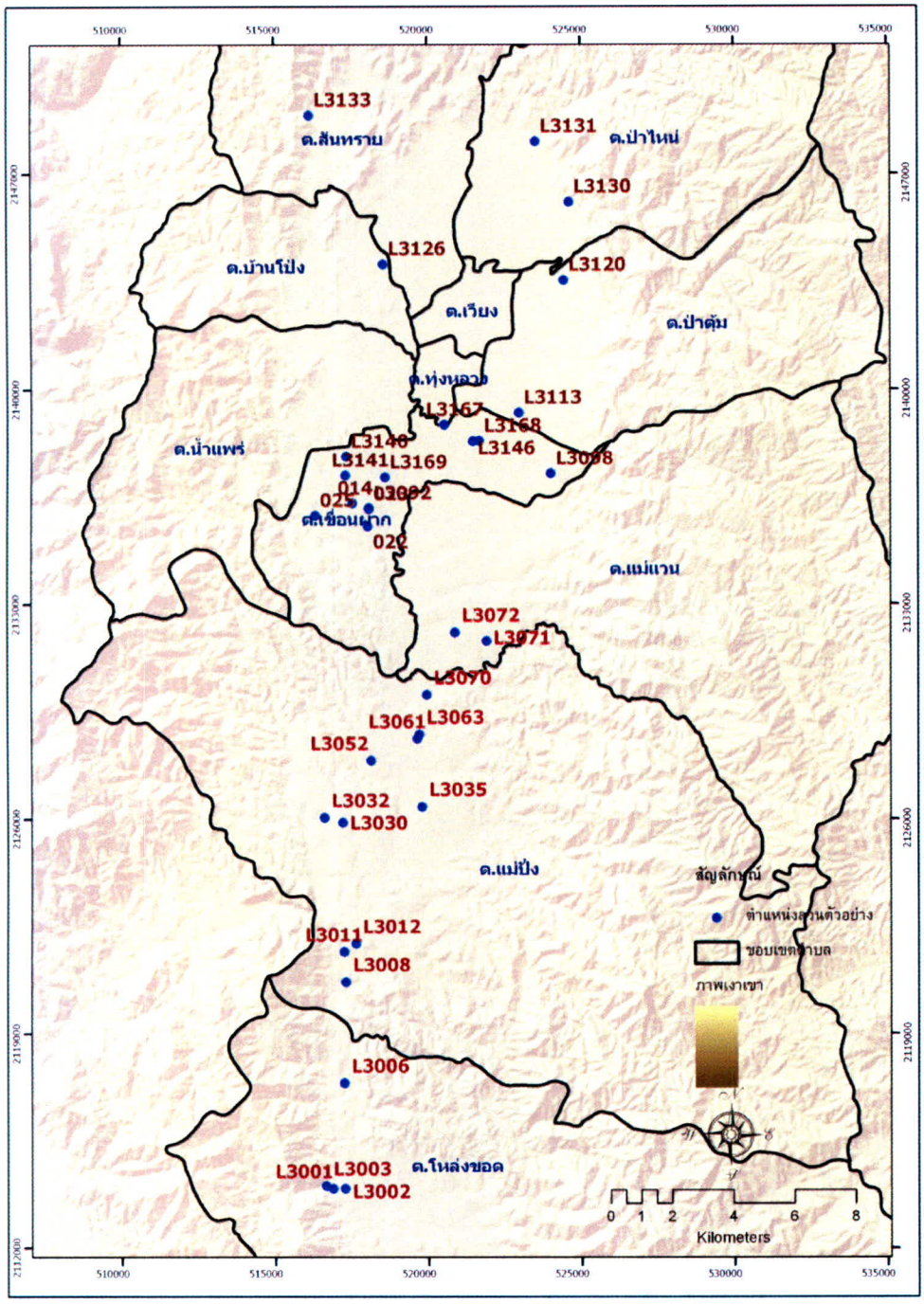
ตารางที่ 4-1 จำนวนตัวอย่างของสวนที่บันทึกภาพในแต่ละหน่วยแผนที่ดิน

ลำดับ	Zone	รายละเอียดหน่วยแผนที่ดิน	จำนวนสวนตัวอย่าง
1	1_2_1	0 - 5 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,0 - 5%	2
2	1_2_2	0 - 5 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,5 - 20%	1
3	1_4_1	0 - 5 ปี,อาศัยน้ำฝน,0 - 5%	1
4	1_4_2	0 - 5 ปี,อาศัยน้ำฝน,5 - 20%	1
5	2_2_1	6 - 12 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,0 - 5%	2

ตารางที่ 4-1(ต่อ) จำนวนตัวอย่างของสวนที่บันทึกภาพในแต่ละหน่วยแผนที่ดิน

ลำดับ	Zone	รายละเอียดหน่วยแผนที่ดิน	จำนวนสวนตัวอย่าง
6	2_2_2	6 - 12 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,5 - 20%	4
7	2_2_3	6 - 12 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,มากกว่า 20%	1
8	2_3_1	6 - 12 ปี,แหล่งน้ำใต้ดิน,0 - 5%	1
9	2_3_2	6 - 12 ปี,แหล่งน้ำใต้ดิน,5 - 20%	1
10	2_4_1	6 - 12 ปี,อาศัยน้ำฝน,0 - 5%	4
11	2_4_2	6 - 12 ปี,อาศัยน้ำฝน,5 - 20%	1
12	2_4_3	6 - 12 ปี,อาศัยน้ำฝน,มากกว่า 20%	1
13	3_2_1	13 - 20 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,0 - 5%	4
14	3_2_2	13 - 20 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,5 - 20%	2
15	3_1_2	13 - 20 ปี,ระบบชลประทาน,5 - 20%	1
16	3_3_3	13 - 20 ปี,แหล่งน้ำใต้ดิน,มากกว่า 20%	1
17	3_4_1	13 - 20 ปี,อาศัยน้ำฝน,0 - 5%	1
18	3_4_2	13 - 20 ปี,อาศัยน้ำฝน,5 - 20%	1

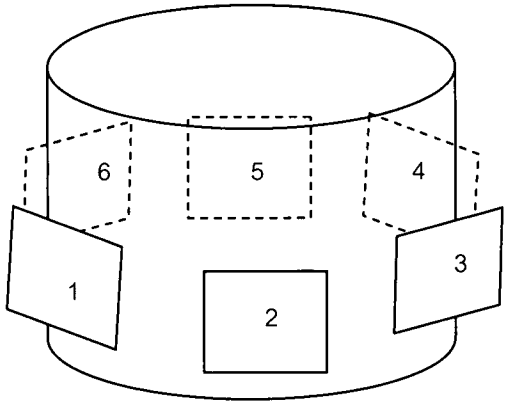
เมื่อทำการสุ่มจำนวนสวนตัวอย่างตามประเภทของหน่วยแผนที่ดินที่ได้มาจากตารางข้างต้น จากนั้นได้ทำการสุ่มตำแหน่งของสวนลำไยที่ต้องการเพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูลรวมทั้งสัมภาษณ์เกษตรกรเจ้าของสวนนั้นๆ ผลของการสุ่มกระจายอยู่ทั่วทั้งพื้นที่อำเภอพร้าว โดยเฉพาะตำบลที่มีพื้นที่ปลูกมากในตอนกลางของอำเภอ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้พยายามให้มีการกระจายให้มาก เพื่อให้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมานั้นสามารถเป็นตัวแทนของการผลิตลำไยทั้งพื้นที่ได้ ตำแหน่งที่สุ่มได้แสดงในแผนที่ดังรูปที่ 4-2



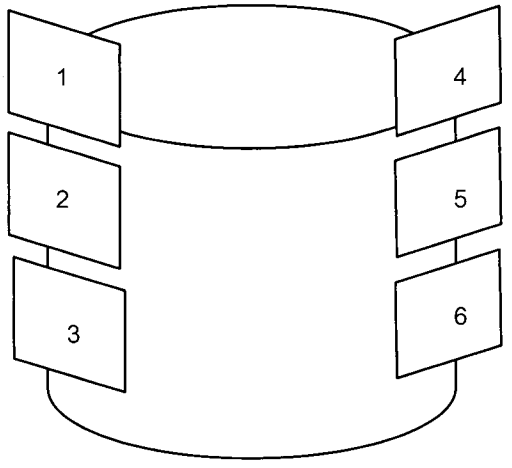
รูปที่ 4-2 ตำแหน่งสวนตัวอย่างสำหรับการบันทึกภาพทรงพุ่ม

ในแต่ละสวนตัวอย่างทำการคัดเลือกต้นลำไยตัวอย่างที่ต้องการบันทึกภาพ 2 ต้น ด้วยการสุ่มเลือกโดยพิจารณาจากตำแหน่งของต้นในสวนที่สามารถบันทึกภาพทั้ง 6 ด้านได้และลักษณะของต้นที่สามารถเป็นตัวแทนของต้นลำไยทั้งสวนได้ นำท่อพลาสติกกลมขนาด 1 นิ้ว ที่ประกอบเป็นช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1 x 1 เมตร เพื่อสร้างพื้นที่ที่สนใจ (AOI) ในการบันทึกภาพ ไปทาบกับทรงพุ่มของต้นลำไยในตำแหน่งที่เหมาะสมกับสภาพทรงพุ่ม ซึ่งแบ่งเป็นสองแบบ ได้แก่ แบบแรกเป็นกรณีที่ต้นลำไยมีความสูงไม่

เกิน 4 เมตร ซึ่งถือว่าเป็นต้นลำไยขนาดเล็กจะทำการบันทึกภาพโดยวางช่องกริดในระดับเดียวตรงกลางตามรัศมีของทรงพุ่ม แล้วบันทึกในทิศทางตามเข็มนาฬิกาโดยการขยับช่องกริด 6 ครั้ง ห่างกันในระยะที่เหมาะสมให้รอบทรงพุ่ม ดังรูปที่ 4-3 และในแบบที่สอง กรณีที่ต้นลำไยมีความสูงมากกว่า 4 เมตร ซึ่งเป็นต้นลำไยขนาดใหญ่จะทำการบันทึกภาพในตำแหน่งทรงพุ่มของต้นลำไยเพียง 2 ด้าน เนื่องจากลำไยที่มีทรงพุ่มขนาดใหญ่มักมีทรงพุ่มที่ชิดกันระหว่างแต่ละต้นในแถวปลูกเดียวกัน แต่จะมีพื้นที่ว่างในระหว่างต้นของแต่ละแถวเท่านั้น ดังนั้นในแต่ละด้านที่มีพื้นที่จะว่างจะทำการทาบช่องกริดกับทรงพุ่มใน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับบน ระดับกลาง และระดับล่าง โดยให้ผู้บันทึกพิจารณาตามความเหมาะสม ดังรูปที่ 4-4 จากนั้นทำการบันทึกภาพด้วยกล้องดิจิตอลโดยบันทึกในขนาดความละเอียดของภาพขั้นต่ำที่ 1600x1200 พิกเซล โดยตั้งค่าพื้นฐานของการบันทึกให้เป็นแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 4-3 ตำแหน่งบันทึกภาพลำไยในทรงพุ่มที่มีขนาดเล็กกว่า 4 เมตร

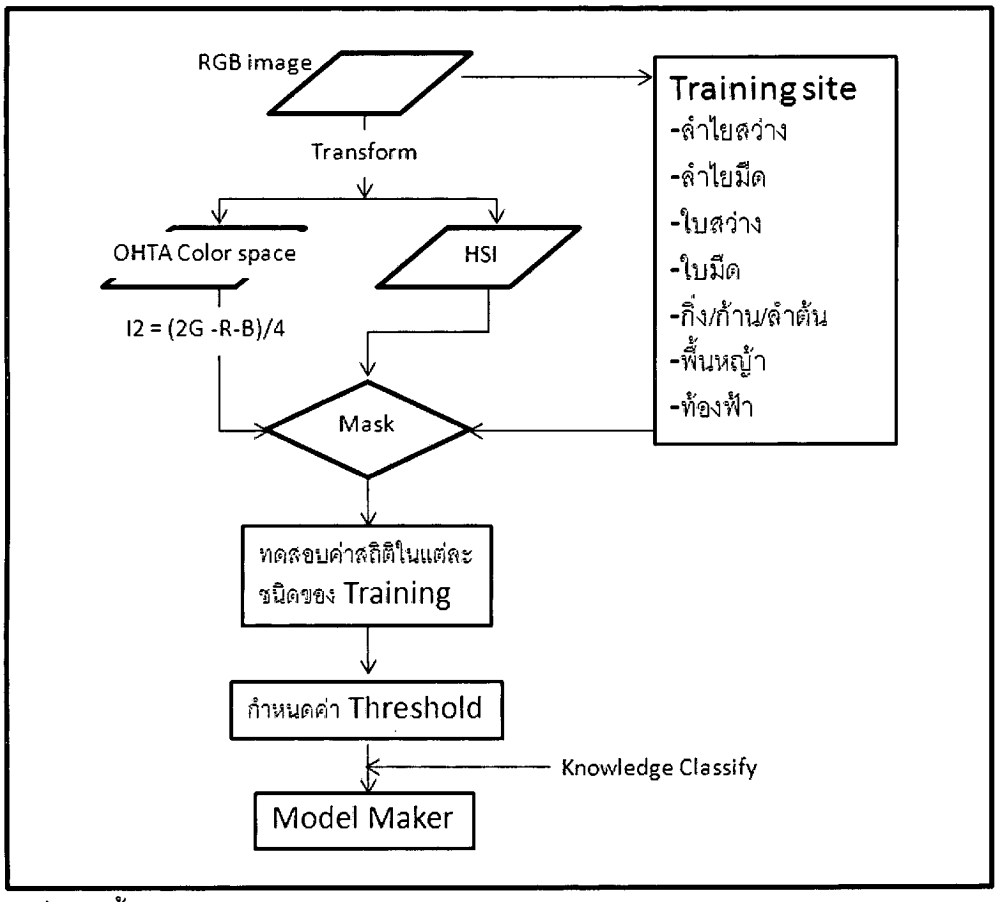


รูปที่ 4-4 ตำแหน่งบันทึกภาพลำไยในทรงพุ่มที่มีขนาดใหญ่กว่า 4 เมตร

ผลของการบันทึกภาพจากสวนทั้งหมด 30 สวน 60 ต้น ต้นละ 6 ภาพ ทำให้ได้ภาพตัวอย่างทั้งหมดเป็นจำนวน 360 ภาพ ในขั้นตอนของการบันทึกภาพทั้งหมดใช้เวลาหลายวัน ซึ่งในแต่ละวันมีสภาพทางกายภาพที่แตกต่างกันไป เช่น วันที่แดดออก วันที่มีเมฆมาก รวมถึงช่วงเวลาของการบันทึกภาพต่างๆ เช่น ช่วงเช้า ช่วงกลางวัน หรือช่วงเย็น ซึ่งส่งผลให้ภาพที่บันทึกได้มีค่าการบันทึกภาพแตกต่างกัน สภาพทางกายภาพที่แตกต่างกันนี้เรียกว่าสภาวะของการบันทึกภาพ (Condition of image) ซึ่งเป็นสภาวะแวดล้อมในระหว่างการบันทึกภาพที่สำคัญในการที่จะส่งผลต่อผลลัพธ์ของขนวนการการจำแนกพื้นที่ผลลำไยออกจากพื้นที่ทรงพุ่มโดยใช้ภาพถ่ายต่อไป

4.3 การวิเคราะห์ภาพถ่ายเชิงตัวเลข

ขั้นตอนของการจำแนกผลลำไยให้แยกออกจากทรงพุ่มอาศัยกระบวนการการวิเคราะห์ภาพระยะไกล ในการศึกษานี้ใช้วิธีแยกองค์ประกอบของวัตถุภาพ (image segmentation) ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถแยกความแตกต่างของสิ่งที่ปรากฏในภาพได้ด้วยลักษณะของวัตถุ (Cheng et al., 2001) และวิธีวิเคราะห์การจำแนกภาพ (Classification Analysis) ร่วมกัน ภาพที่บันทึกได้ในรูปแบบ JPG ถูกนำเข้าสู่โปรแกรม ERDAS ให้อยู่ในรูปแบบ IMG เพื่อทำการวิเคราะห์เชิงคลื่นด้วยค่าการสะท้อนด้วยชั้น Red Green และ Blue ซึ่งเป็นค่าการบันทึกในระบบทั่วไปของกล้องดิจิตอล จากนั้นเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ภาพโดยอาศัยค่าการสะท้อน RGB และการ Normalize ค่า RGB ให้อยู่ในรูปแบบของ OHTA color space (Ohta Yu-Ichi & Kanade Takeo,1980) ซึ่งเป็นระบบข้อมูลภาพที่มีรายละเอียดมากกว่าค่าในระดับสีเทา หรือการแปลงให้อยู่ในระบบ IHS จะทำให้ได้ข้อมูลภาพที่มีรายละเอียดที่หลากหลายมากขึ้น ภาพที่ได้ทำการ Normalize จะเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรม ERDAS ด้วยวิธีการ Knowledge Classification จากค่า Threshold ของกลุ่มวัตถุที่ปรากฏในภาพ ใช้เป็นเงื่อนไขของการจำแนกโดยอาศัยเครื่องมือ Model Maker ในการสร้างขั้นตอนของการจำแนกภาพในแต่ละภาพ ผลจากการจำแนกจะเป็นพื้นที่ของผลลำไยที่ปรากฏในภาพนั้นๆ ภาพใต้พื้นที่ตัวอย่างของ ROI ที่มีขนาด 1x1 เมตร (1 ตารางเมตร) ผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละภาพจะนำไปรวมกับผลของการจำแนกในภาพอื่นๆ ของต้นเดียวกันเพื่อใช้เป็นค่าปัจจัยนำเข้าปัจจัยหนึ่งในการสร้างแบบจำลองเชิงเส้นแบบถดถอย (regression model) ที่ใช้ในการคำนวณเพื่อหาจำนวนผลผลิตประมาณการของลำไยเพื่อประมาณการณ์ผลผลิตลำไยของพื้นที่ต่อไป ขั้นตอนสรุปได้ดังรูปที่ 4-5



รูปที่ 4-5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเชิงตัวเลข

4.3.1 สภาวะของการบันทึกภาพ

จากภาพทั้งหมด 360 ภาพได้ทำการบันทึกสภาพแวดล้อมในระหว่างการบันทึกภาพไว้ด้วย ซึ่งจะนำมาใช้ประโยชน์ในการจัดกลุ่มของข้อมูลภาพตามสภาวะต่างๆ เพื่อกำหนดค่าในการสร้างเครื่องมือการจำแนกที่แตกต่างกัน โดยสามารถจัดกลุ่มได้ทั้งหมด 5 กลุ่ม ได้แก่ 1) มีแดด/สว่างน้อย 2) มีแดด/สว่างปานกลาง 3) มีแดด/สว่างมาก 4) ไม่มีแดด/สว่างน้อย และ 5) ไม่มีแดด/สว่างปานกลาง ดังตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 4-6 ก-จ

ก) มีแดด/สว่างน้อย

ข) มีแดด/สว่างปานกลาง

ค) มีแดด/สว่างมาก

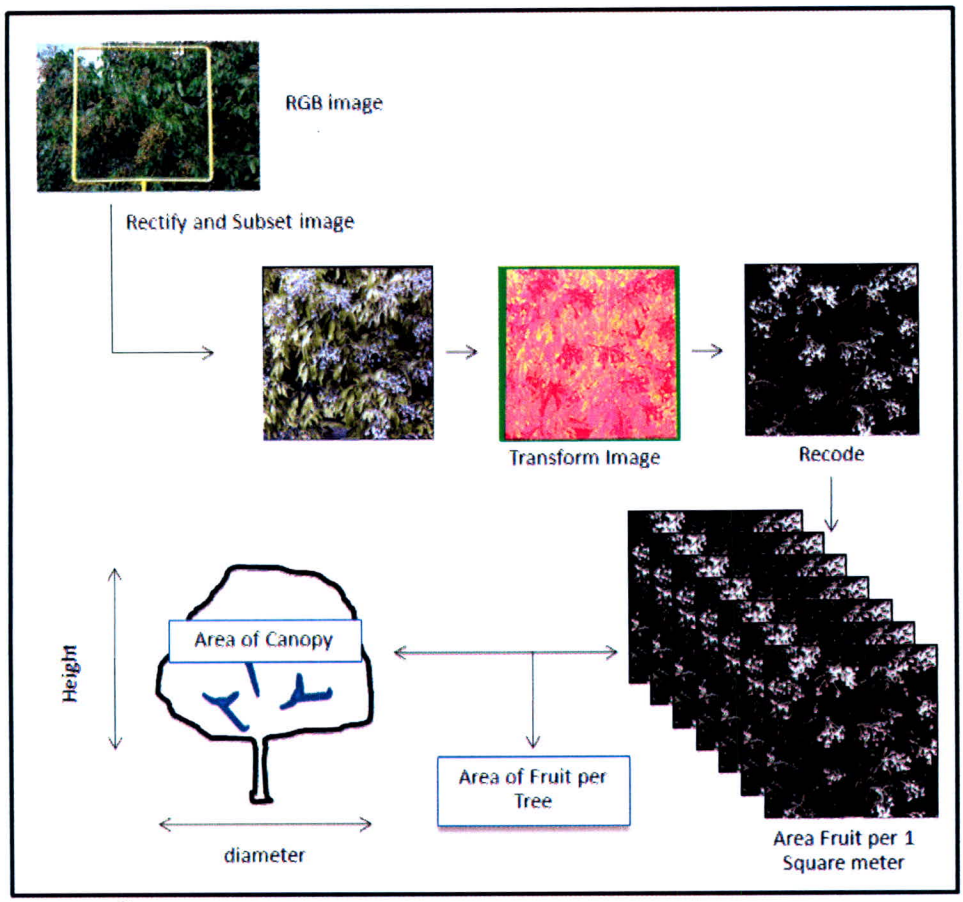
ง) ไม่มีแดด/สว่างน้อย

จ) ไม่มีแดด/สว่างน้อย

รูปที่ 4-6 สภาวะของการบันทึกภาพ

4.3.2 การจำแนกข้อมูลภาพ

ขั้นตอนของการจำแนกข้อมูลภาพนั้นเริ่มต้นจากการเตรียมข้อมูลภาพให้พร้อมสำหรับโปรแกรม จากนั้นแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบต่างๆ เพื่อสร้างค่าที่สามารถกำหนดความแตกต่างของพื้นที่ผลลำไยกับพื้นที่อื่นๆ ในภาพได้ จากนั้นจำแนกเพื่อหาพื้นที่ในแต่ละภาพ ก่อนที่จะรวมจากภาพตัวอย่างทั้งหมดเป็นตัวเลขของต้นตัวอย่างในแต่ละต้น ดังรูปที่ 4-7



รูปที่ 4-7 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเชิงตัวเลข

4.3.3 การเตรียมข้อมูลภาพถ่าย

ขั้นตอนของการวิเคราะห์ภาพเพื่อจำแนกส่วนที่เป็นผลลำไยออกจากจากส่วนอื่นๆ ที่บันทึกได้ในภาพแต่ละภาพนั้นอาศัยเทคนิคของการวิเคราะห์ทาง Remote sensing เป็นพื้นฐาน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม ERDAS Imagine 9.0 (Leica Geosystems Geospatial Imaging, 2008) เป็นโปรแกรมหลักในการทำงาน โดยตลอดทั้งขั้นตอนของการจำแนกจะอาศัยค่าของการบันทึกที่เก็บไว้เป็นค่าของช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (visible wavelength) ใน 3 ชั้นข้อมูลบันทึกที่อยู่ในรูปแบบ Red Green Blue ซึ่งภาพที่บันทึกได้จะเป็นภาพที่ขนาดใหญ่กว่าขอบเขตที่เราสนใจ ดังนั้นในขั้นตอนแรกจึงต้องมีการเตรียมความพร้อมของข้อมูลภาพด้วยการมีการตัดภาพส่วนอื่นๆ ที่ไม่ต้องการออกเพื่อให้มีข้อมูลภายใต้กรอบของ ROI เท่านั้น ในขณะเดียวกันภาพที่บันทึกได้มาหลายๆ ภาพมักจะเกิดการบิดเบี้ยวอันเกิดจากตำแหน่งที่ยืนถ่ายของผู้บันทึกภาพไม่มีความเหมาะสม โดยเฉพาะภาพที่ถ่ายจากต้นลำไยที่มีขนาดใหญ่ซึ่งมีความลำบากในการบันทึกภาพแต่ละตำแหน่งเป็นอย่างมาก ในบางภาพจึงมีความจำเป็นต้องเข้าสู่ขั้นตอนของการปรับแก้ความบิดเบี้ยวของภาพให้อยู่ในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด ผลของการปรับแก้ขึ้นอยู่กับ

ระดับความบิดของภาพ หากมีการบิดเพียงเล็กน้อยก็จะสามารถปรับแก้ได้ผลลัพธ์ที่ดี แต่หากมีความบิดค่อนข้างมาก การปรับแก้ภาพให้ตรงจะให้ผลได้ไม่ดีมากนัก ดังรูปที่ 4-8 นอกจากนั้นในขั้นตอนการเตรียมความพร้อมของข้อมูลภาพยังได้ทำการปรับแก้ขนาดความละเอียดของภาพด้วยการแก้ไขความกว้างของพิกเซล (Pixel size) ให้มีขนาดตามต้องการด้วยวิธีการ Resample ในงานวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดให้รายละเอียดภาพให้มีขนาดความกว้างของแต่ละช่องของพิกเซลเท่ากับ 0.5 เซนติเมตร ทั้งนี้โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ภาพทุกภาพที่เตรียมมีขนาดของพิกเซลเท่ากันในขณะที่ภาพที่ได้ยังสามารถรักษาความคมชัดของภาพต้นฉบับไว้ได้มากที่สุดซึ่งจะส่งผลต่อผลการจำแนกในภายหลังได้

ก)ภาพต้นฉบับ ข)ภาพที่ปรับแก้ความบิด

รูปที่ 4-8 การปรับแก้ความเบี้ยวของภาพที่บันทึกได้

4.3.4 การแปลงค่าชั้นข้อมูลภาพ

ข้อมูลภาพที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมความพร้อมของข้อมูลภาพจะเข้าสู่ขั้นตอนของการแปรงค่าของการบันทึกให้อยู่ในรูปแบบอื่นๆ ที่สามารถปรับค่าให้มีความหลากหลาย และกระจายค่าการสะท้อนให้มีรายละเอียดมากยิ่งขึ้น การปรับค่าให้เป็นค่าต่างๆ จะทำให้ภาพที่ได้มีความชัดเจนของวัตถุต่างๆ ในแต่ละภาพ ซึ่งช่วยให้สามารถจำแนกข้อมูลภาพได้เป็นอย่างดี การแปลงค่าข้อมูลบันทึกภาพในระบบ RGB ไปสู่ระบบ IHS เป็นเทคนิคที่สำคัญในการปรับค่าไปสู่ระบบที่อาศัยความเข้มของแสงเป็นตัวกำหนดระดับของสีที่ปรากฏ โดย I: Intensity เป็นความเข้มของสี ซึ่งกำหนดความเข้มข้นของสีที่เป็นอยู่ H : Hue เป็นประเภทของสี หรือเฉดสีกำหนดค่าของสีต่างๆ และ S: Saturation เป็นความอิ่มตัวของสี เป็นค่าในการกำหนดความมากน้อยของระดับความเข้มข้นของสีที่มีอยู่ ซึ่งระบบของ IHS จะแตกต่างจากระบบ RGB ที่ใช้หลักการผสมระหว่างแม่สี 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เข้าด้วยกันเป็นสีต่างๆ ดังนั้นจึงอาศัยประโยชน์จากความแตกต่างของทั้งสองระบบมาใช้ร่วมกันในการวิเคราะห์ภาพ

นอกเหนือจากยังได้ทำการแปลงค่าของข้อมูลภาพให้อยู่เป็นค่าอื่นๆ โดยอาศัยความสัมพันธ์ของค่าระหว่าง Red Green และ Blue ที่บันทึกได้ เช่น การใช้รูปแบบความสัมพันธ์ตามการทดสอบของ Ohta yu-ichi ที่เรียกว่า OHTA color space ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ในลักษณะเส้นตรง (linear) และสามารถทำได้ในเวลาอันรวดเร็ว (Guo Feng et al., 2008) โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้ความสัมพันธ์ตามสมการ (2R-G-B)/4 และ (2G-R-B)/4 เนื่องจากสามารถเน้นภาพในส่วนที่เป็นลูกลำไยได้อย่างชัดเจน นอกเหนือจากนี้ยังใช้การแปลงค่าให้เป็นค่า Redness โดยใช้สมการ 3R-G+B และความสัมพันธ์อื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4-3

ชั้นข้อมูลที่เกิดจากความสัมพันธ์หลายรูปแบบ จะถูกนำไปเป็นชั้นข้อมูลในการกำหนดค่า Threshold ของการจำแนกในรูปแบบต่างๆ เพื่อแยกพื้นที่ที่เป็นผลลำไยออกจากพื้นที่อื่นๆ ในภาพ จากนั้นคำนวณหาพื้นที่เป็นตัวเลขเพื่อนำไปหาพื้นที่ของผลลำไยต่อต้นลำไยตัวอย่าง โดยเทียบจากพื้นที่ของลูกลำไยในภาพตัวอย่าง 6 ภาพกับพื้นที่ทรงพุ่มของต้นนั้นๆ ได้ผลลัพธ์เป็นพื้นที่ของลูกลำไยต่อพื้นที่ทรงพุ่มดังสมการที่ 4.1 เพื่อใช้เป็นตัวเลขสำหรับขั้นตอนต่อไป

$$\frac{\text{พื้นที่ผลลำไยรวม 6 ภาพตัวอย่างของต้น A} \times \text{พื้นที่ทรงพุ่มต้นตัวอย่าง A}}{\text{พื้นที่รวมของ 6 ภาพตัวอย่างของต้น A}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.1)$$

4.3.5 **พื้นที่ทรงพุ่ม**

ทรงพุ่มของต้นลำไยที่พบในพื้นที่ศึกษาสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบหลักๆ ได้แก่ ทรงครึ่งวงกลม และทรงรี ซึ่งรูปทรงของต้นลำไยจะเห็นได้อย่างชัดเจนในกรณีที่ต้นลำไยมีการจัดการที่ดี มีการตัดแต่งกิ่งอย่างสม่ำเสมอ ทำให้ในฤดูให้ผลผลิตต้นลำไยมีความสมบูรณ์ทั้งด้านของใบ ดอก และลำต้น จะมีเพียงบางส่วนซึ่งเป็นส่วนน้อยที่มีความสมบูรณ์ต่ำเนื่องจากไม่ได้รับการดูแลที่เพียงพอส่งผลให้ทรงพุ่มของต้นลำไยเป็นลักษณะอื่นๆ ที่แตกต่างกันออกไป ดังรูปที่ 4-9

ลำไยที่มีทรงพุ่มแบบครึ่งทรงกลม

ลำไยที่มีทรงพุ่มแบบทรงรีหรือทรงคล้ายทรงกลม

รูปที่ 4-9 ลักษณะทรงพุ่มของต้นลำไย

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ลักษณะทรงพุ่มที่เป็นทรงรีหรือทรงคล้ายทรงกลมและรูปร่างครึ่งทรงกลมเป็นหลักในการหาพื้นที่ทรงพุ่มของต้นตัวอย่าง โดยได้ทำการบันทึกในการสำรวจภาคสนามเพื่อใช้เป็นข้อมูลบ่งบอกลักษณะทรงพุ่มสำหรับในแต่ละต้น โดยพื้นที่ทรงพุ่มในรูปแบบทรงรีหรือทรงคล้ายทรงกลม ซึ่งต้นตัวอย่างที่เป็นรูปร่างกรณีนี้ทั้งหมดเป็นทรงคล้ายทรงกลมแบบแบนขั้ว คำนวณได้จากสมการที่ 4.2

$$\text{พื้นที่ผิวทรงรี} = \pi(2a^2 + \frac{b^2}{e}\log(\frac{1+e}{1-e}) \quad \text{.....(4.2)}$$

โดย $e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$, ค่าความเบี้ยวของทรงรี

a = ความสูงของต้น

b = ความกว้างของต้น

และกรณีต้นรูปร่างครึ่งทรงกลมพื้นที่คำนวณได้จากสูตรในสมการที่ 4.3

$$\text{พื้นที่ผิวครึ่งทรงกลม} = 2\pi r^2 \quad \text{.....(4.3)}$$

r = รัศมีของทรงพุ่ม

จากการคำนวณพื้นที่สามารถหาพื้นที่ทรงพุ่มในแต่ละต้นได้ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 พื้นที่ทรงพุ่มของต้นตัวอย่าง

รหัส	หน่วยแผนที่ดิน	รหัส	ผลผลิต (กก)	พื้นที่ทรงพุ่มรี (cm2)	ครึ่งทรงกลม (cm2)
L3140	0 - 5 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,0 - 5%	314001	97.40	3,240,565.70	769,690.20
		314002	67.90	1,678,148.61	565,486.68
L3141	0 - 5 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,0 - 5%	314101	68.50	2,380,823.78	565,486.68
		314102	22.40	1,678,148.61	565,486.68
L3130	0 - 5 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,5 - 20%	L31301	76.70	2,778,740.02	565,486.68
		L31302	82.80	3,207,764.28	565,486.68
L3126	0 - 5 ปี,อาศัยน้ำฝน,0 - 5%	L31261	54.3	1,653,349.84	392,699.08
		L31262	78.4	2,352,841.58	392,699.08
L3006	0 - 5 ปี,อาศัยน้ำฝน,5 - 20%	L30061	121.80	2,380,823.78	565,486.68
		L30062	122.50	1,099,311.09	565,486.68
L3146	6 - 12 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,0 - 5%	L31461	103.00	1,639,229.46	304,106.17
		L31462	80.50	689,995.97	251,327.41
L022	6 - 12 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,0 - 5%	L0221	94.10	1,408,370.72	392,699.08
		L0222	75.40	1,408,370.72	392,699.08
L3035	6 - 12 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,5 - 20%	L30351	55.70	4,312,474.81	1,570,796.33
		L30352	34.10	3,240,565.70	769,690.20
L3092	6 - 12 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,5 - 20%	309201	43.40	2,380,823.78	565,486.68
		309202	21.50	1,678,148.61	565,486.68
L025	6 - 12 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,5 - 20%	L0251	100.2	1,658,191.55	424,743.33
		L0252	98.3	1,653,349.84	392,699.08
L3133	6 - 12 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,มากกว่า 20%	L31331	28.90	4,159,265.20	565,486.68
		L31332	22.80	4,125,874.80	392,699.08
L3120	6 - 12 ปี,แหล่งน้ำใต้ดิน,0 - 5%	L31201	161.2	1,653,349.84	392,699.08
		L31202	248	1,653,349.84	392,699.08
L3012	6 - 12 ปี,แหล่งน้ำใต้ดิน,5 - 20%	301201	31.80	1,316,020.74	565,486.68
		301202	25.30	1,562,492.14	643,398.18

ตารางที่ 4-2 (ต่อ) พื้นที่ทรงพุ่มของต้นตัวอย่าง

รหัส	หน่วยแผนที่ดิน	รหัส	ผลผลิต (กก)	พื้นที่ทรงพุ่มรี (cm2)	ทรงพุ่มทรงกลม(cm2)
L3030	6 - 12 ปี,อาศัยน้ำฝน,0 - 5%	L30301	143.30	5,314,420.33	1,005,309.65
		L30301	153.40	6,613,399.38	1,570,796.33
L3032	6 - 12 ปี,อาศัยน้ำฝน,0 - 5%	L30321	35.90	2,380,823.78	565,486.68
		L30322	41.90	3,207,764.28	565,486.68
L3061	6 - 12 ปี,อาศัยน้ำฝน,0 - 5%	L30611	27.30	2,352,841.58	392,699.08
		L30612	27.80	2,352,841.58	392,699.08
L3071	6 - 12 ปี,อาศัยน้ำฝน,0 - 5%	L30711	92.10	2,058,108.39	392,699.08
		L30712	88.90	2,058,108.39	392,699.08
L3072	6 - 12 ปี,อาศัยน้ำฝน,5 - 20%	307201	28.80	2,441,393.97	1,005,309.65
		307202	26.40	616,739.90	304,106.17
L3003	6 - 12 ปี,อาศัยน้ำฝน,มากกว่า 20%	L30031	45.10	1,373,284.11	565,486.68
		L30032	50.90	1,373,284.11	565,486.68
L3052	13 - 20 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,0 - 5%	L30521	17.20	1,078,118.70	392,699.08
		L30522	14.50	1,058,143.90	251,327.41
L3113	13 - 20 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,0 - 5%	L31131	92.60	4,232,575.60	1,005,309.65
		L31132	97.20	4,232,575.60	1,005,309.65
L3168	13 - 20 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,0 - 5%	316801	9.10	2,380,823.78	565,486.68
		316802	40.70	1,653,349.84	392,699.08
L3169	13 - 20 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,0 - 5%	L31691	223.20	3,207,764.28	565,486.68
		L31692	148.80	4,232,575.60	1,005,309.65
L3098	13 - 20 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,5 - 20%	L30981	61.6	4,232,575.60	1,005,309.65
		L30982	51.85	3,275,000.89	1,005,309.65
L014	13 - 20 ปี,ประปาภูเขาและแหล่งน้ำผิวดิน,5 - 20%	1401	33.30	4,159,265.20	565,486.68
		1402	32.60	4,159,265.20	565,486.68
L3131	13 - 20 ปี,ระบบชลประทาน,5 - 20%	L31311	339.00	4,159,265.20	565,486.68
		L31312	332.00	5,235,538.27	565,486.68

ตารางที่ 4-2 (ต่อ) พื้นที่ทรงพุ่มของต้นตัวอย่าง

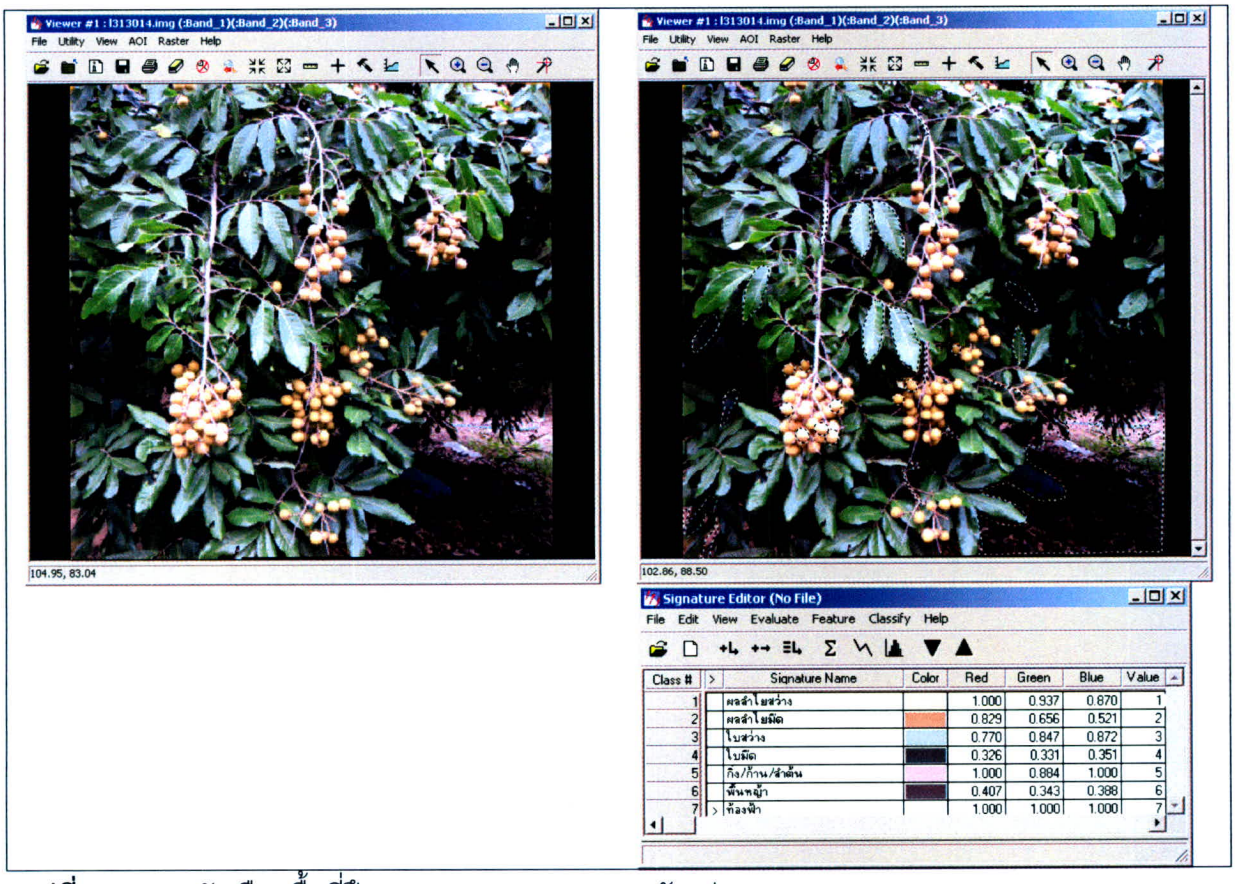
รหัส	หน่วยแผนที่ดิน	รหัส	ผลผลิต (กก)	พื้นที่ทรงพุ่มรี (cm2)	ทรงพุ่มทรงกลม(cm2)
L3011	13 - 20 ปี,แหล่งน้ำใต้ดิน,มากกว่า 20%	301101	574.00	6,613,399.38	1,570,796.33
		301102	11.10	1,316,020.74	565,486.68
L3063	13 - 20 ปี,อาศัยน้ำฝน,0 - 5%	L30631	61.2	1,653,349.84	392,699.08
		L30632	78.8	1,678,148.61	565,486.68
L3070	13 - 20 ปี,อาศัยน้ำฝน,5 - 20%	307001	112.70	2,759,983.88	1,005,309.65
		307002	123.30	3,240,565.70	769,690.20

4.4 แบบจำลองการวิเคราะห์พื้นที่ผลลำไยจากภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ภาพสำหรับงานวิจัยนี้ได้แก่การหาพื้นที่ของส่วนที่เป็นผลลำไยในแต่ละภาพที่บันทึกได้ ซึ่งโดยทั่วไปการบันทึกภาพทรงพุ่มลำไยนั้น นอกเหนือจากส่วนที่เป็นผลลำไยแล้ว ส่วนที่เป็นใบ กิ่ง ก้าน ลำต้น พื้นดิน พื้นหญ้า และท้องฟ้าก็ถูกบันทึกอยู่ในแต่ละภาพด้วยเช่นกัน ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงเป็นขั้นตอนของการจำแนก (Classification) ส่วนที่เป็นผลลำไยให้แยกออกจากส่วนอื่นๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็น พื้นที่ผล (fruit area) กับ พื้นหลัง (Background) โดยใช้การจำแนกแบบใช้พื้นฐานองค์ความรู้ (knowledge base classify) นั่นคือการวิเคราะห์เพื่อหาค่า Threshold ที่เหมาะสมสำหรับการแบ่งค่าการสะท้อนของชั้นข้อมูลภาพ RGB ระหว่างส่วนที่เป็นผลลำไยกับส่วนอื่นๆ ที่ไม่ใช่ผลลำไย ซึ่งในที่นี้จะวิเคราะห์ค่า Threshold โดยการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานในแต่ละชั้นข้อมูลด้วยพื้นที่ฝึก (Training site) ของแต่ละชนิดของสิ่งที่ปรากฏอยู่ในแต่ละภาพ ด้วยโปรแกรมการวิเคราะห์ทางด้านรีโมทเซนซิ่งได้แก่ ERDAS 9.0 ค่าการแบ่งที่เหมาะสมจะถูกนำมาเป็นองค์ความรู้สำหรับการสร้างแบบจำลอง (model) ในการวิเคราะห์ภาพด้วยเครื่องมือ Model maker ของโปรแกรม ผลลัพธ์ของการ model จะเป็นภาพ พื้นที่ผลลำไยกับพื้นที่อื่นๆ รวมถึงตารางพื้นที่ผลลำไย (ตารางเซนติเมตร) ของแต่ละภาพด้วย

ในขั้นตอนแรกได้ทำการคัดเลือกภาพตัวอย่าง ตามกลุ่มของสภาวะการถ่ายภาพที่ได้กำหนดไว้ข้างต้น 5 กลุ่มสภาวะการบันทึกภาพ ในแต่ละสภาวะทำการคัดเลือกภาพตัวอย่างสภาวะละ 5 ภาพ เพื่อใช้เป็นภาพสำหรับทดสอบค่าสถิติต่างๆ จากนั้นทำการตรวจสอบประเภทของวัตถุที่ปรากฏในแต่ละภาพ

อย่างละเอียด จากการตรวจสอบพบว่ามี 7 ประเภทที่แตกต่างกัน ได้แก่ ส่วนที่เป็นผลลำไยที่มีความสว่างของแสงมาก (ผลลำไยสว่าง) ส่วนที่เป็นผลลำไยที่มีความสว่างของแสงน้อย (ผลลำไยมืด) ส่วนที่เป็นใบลำไยที่มีความสว่างของแสงมาก (ใบสว่าง) ส่วนที่เป็นใบของลำไยที่มีความสว่างของแสงน้อย (ลำไยมืด) ส่วนที่เป็นกิ่ง ก้าน และลำต้น (กิ่ง/ก้าน/ลำต้น) ส่วนของภาพที่เป็นพื้นดินและหญ้ารวมทั้งพื้นหลังที่เป็นต้นไม้ชนิดอื่นๆ (พื้นหญ้า) และส่วนที่เป็นท้องฟ้า (ท้องฟ้า) ในแต่ละประเภทของวัตถุที่ปรากฏในภาพจะถูกกำหนดให้เป็นประเภทของการคัดเลือกพื้นที่ฝึก (Training site) โดยใช้เครื่องมือ AOI (Area of interest) ของโปรแกรมในการเลือกพื้นที่ของแต่ละประเภท ประเภทละ 5 พื้นที่ฝึก ดังนั้นในแต่ละภาพจะมีพื้นที่ฝึกมากที่สุดที่ 35 พื้นที่ฝึก ซึ่งพบในกรณีที่ภาพนั้นบันทึกในต้นลำไยที่มีขนาดเล็กและมีความโปร่งของลำต้นค่อนข้างมาก แต่หากต้นมีความโปร่งน้อยและเป็นต้นลำไยที่มีขนาดใหญ่ จะพบกว่ามีพื้นที่ฝึกที่คัดเลือกได้ตั้งแต่ 20-30 พื้นที่ฝึกเท่านั้น ซึ่งพื้นที่ฝึกของแต่ละภาพจะถูกบันทึกเก็บไว้เพื่อใช้ในการคำนวณค่าสถิติพื้นฐานของแต่ละชั้นข้อมูลภาพเพื่อนำไปใช้เป็นค่าสำหรับหารูปแบบของความสัมพันธ์ต่อไป ตัวอย่างการคัดเลือกพื้นที่ฝึกดังรูปที่ 4-10



รูปที่ 4-10 การคัดเลือกพื้นที่ฝึก (training site) ของภาพตัวอย่าง

พื้นที่ฝึกของแต่ละภาพที่ได้จะเป็นกรอบในการคำนวณค่าสถิติของภาพในทุกชั้นข้อมูลของภาพ ได้แก่ค่า Red Green Blue ค่าของชั้น redness ค่าของชั้น IHS ค่าของชั้น OHTA color space ต่างๆ ซึ่งได้กล่าวถึงในข้างต้นแล้ว ตามกลุ่มสภาวะของภาพที่เลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 กลุ่ม โดยค่าสถิติที่คำนวณจากโปรแกรมได้แก่ ค่าต่ำสุด (Min) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าความแปรปรวน (Standard deviation) ผลของค่าสถิติที่ได้แสดงดังตารางที่ ซึ่งเพื่อพิจารณาค่าสถิติจากตารางพบว่าในชั้นข้อมูล Red Green Blue ที่บันทึกตั้งต้น ส่วนที่เป็นท้องฟ้าจะเป็นส่วนที่มีค่าการสะท้อนสูงซึ่งในภาพจะมองเห็นเป็นสีขาว แตกต่างจากส่วนที่อื่นๆ ในภาพ รวมทั้งพื้นที่ส่วนที่เป็นใบที่มืดจะมีค่าการสะท้อนค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 40-60 ทำให้ทั้งสองส่วนดังกล่าวสามารถจำแนกออกจากส่วนอื่นๆ ในภาพได้ในขั้นต้น เมื่อพิจารณาในส่วนที่เป็นลำไยทั้งส่วนที่มีความสว่างมากกับส่วนที่มีความสว่างน้อย จะมีค่าแตกต่างกัน โดยที่ส่วนของลำไยสว่างมีค่าการสะท้อนเฉลี่ยของทั้ง 3 ชั้นข้อมูลในช่วงค่า 139-169 ซึ่งช่วงค่าดังกล่าวจะไปทับซ้อนหรือใกล้เคียงกับส่วนของบริเวณใบที่มีความสว่างมาก รวมทั้งในส่วนของลำไยที่มีความสว่างน้อยซึ่งมีค่าสะท้อนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 71-93 จะพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับพื้นที่ส่วนที่เป็นพื้นหญ้า ดังนั้นในการจัดกลุ่มด้วยค่า Red Green Blue ตั้งต้นจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่สามารถแยกส่วนได้ทั้งหมด 4 กลุ่มใหญ่ๆ ด้วยกัน ได้แก่ ท้องฟ้า ใบมืด ลำไยสว่าง/ใบสว่าง ลำไยมืด/พื้นหญ้า/กิ่งก้าน ดังนั้นจึงได้ทำการพิจารณาค่าของชั้นข้อมูลที่ได้ Transform เป็นรูปแบบอื่นๆ จากตาราง ค่า Hue ของภาพส่วนที่เป็นลำไยสว่างกับส่วนที่เป็นใบสว่างจะมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน โดยส่วนที่เป็นผลลำไยจะมีค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่า และในส่วนที่เป็นผลลำไยที่มีคามสว่างน้อยจะมีค่า Hue ที่ต่ำกว่าส่วนที่เป็นกิ่งก้านและพื้นหญ้า ดังนั้นจึงสามารถนำไปเป็นส่วนร่วมในการจำแนกได้ นอกเหนือจากนี้ยังได้พิจารณาค่าเฉลี่ยของชั้นข้อมูลอื่นๆ ที่ทำการแปลงค่าข้างต้น พบว่าในแต่ละชนิดของพื้นที่ฝึกที่ค่าเฉลี่ยทั้งที่มีความแตกต่างกันและใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่า OHTA color space ที่ใช้ช่วงคลื่นสีแดง (Red) เป็นหลัก ((2R-G-B)/4) จะมีค่าเฉลี่ยที่สูงในส่วนของผลลำไยทั้งที่มีความสว่างมากและมีความสว่างน้อย ซึ่งมีความแตกต่างกันกับส่วนอื่นๆ ของภาพที่มีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ รวมถึงค่าของ 3R-G+B และ 3G-R+B ที่เป็นค่ามาตรฐานสีแดงและสีเขียวตามลำดับ ก็เป็นชั้นข้อมูลที่มีประโยชน์ในการใช้เป็นองค์ความรู้ร่วมกับชั้นข้อมูลอื่นๆ ในการสร้างค่า Threshold สำหรับการวิเคราะห์ภาพถ่ายผลผลิตลำไยได้เป็นอย่างดี จากค่าสถิติทั้งหมดทำให้สามารถเห็นถึงแนวโน้มของความแตกต่างในแต่ละส่วนที่ปรากฏภายในภาพ เพื่อใช้เป็นแนวทางกำหนดค่าเงื่อนไขสำหรับการจำแนกพื้นที่ผลลำไยต่อไปได้

ตารางที่ 4-3 ค่าสถิติพื้นฐานเปรียบเทียบระหว่างประเภทที่ปรากฏในภาพ

	Red	Green	Blue	Hue	(2G-R-B)/4	(2R-G-B)/4	3R-G+B	3G-R+B
ลำไยสว่าง	169	164	139	119	5	8	204	183
ลำไยมืด	93	91	71	125	4	6	119	107
ใบสว่าง	166	197	136	144	23	0	165	289
ใบมืด	41	61	50	186	7	-7	13	90
กิ่ง/ก้าน	104	109	97	146	4	0	106	125
พื้นหญ้า	76	84	66	160	6	1	78	110
ท้องฟ้า	254	255	254	41	0	0	252	255

อย่างไรก็ตาม จากค่าสถิติพื้นฐานของแต่ละชั้นข้อมูลจากตารางที่ ยังไม่สามารถบ่งบอกถึงความแตกต่างระหว่างพื้นที่ฝึกในแต่ประเภทได้อย่างชัดเจน จึงได้อาศัยรูปแบบของความสัมพันธ์ในลักษณะของความแตกต่างกันของค่าสะท้อนระหว่างชั้นข้อมูลเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ เนื่องจากในแต่ละชั้นข้อมูลที่ได้บันทึกมานั้นต่างก็ให้สารสนเทศ (Information) ที่แตกต่างกัน เนื่องจากในการบันทึกข้อมูลภาพ 3 ชั้นข้อมูลดังกล่าวในรูปแบบ RGB ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่ตามองเห็นนั้นจะมีการบันทึกวัตถุตามค่าการสะท้อนในระยะของความยาวช่วงคลื่น (wavelength) ที่แตกต่างกัน โดยชั้นสีแดงมีความยาวช่วงคลื่นมากกว่าสีเขียวและสีน้ำเงิน ตามลำดับ โดยค่าการบันทึกที่ได้มาพบว่าชั้นข้อมูลช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (Blue) มีค่าสะท้อนในส่วนของผลลำไยที่ต่ำกว่าชั้นข้อมูลสีแดงและสีเขียว ความแตกต่างของค่าการสะท้อนระหว่างชั้นข้อมูลจะถูกนำมาเป็นรายละเอียดของปัจจัยสำหรับการกำหนดค่าในการจำแนก ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้พบว่าการใช้ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละรูปแบบของความสัมพันธ์กันระหว่างชั้นข้อมูล จะมีชัดเจนในการกำหนดค่า Threshold สำหรับการจำแนกได้มากกว่าการใช้ค่าตั้งต้นเพียงอย่างเดียว ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดสอบถึงความสัมพันธ์ในหลายรูปแบบ จนกระทั่งพบว่ารูปแบบของความสัมพันธ์ที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกในงานวิจัยครั้งนี้มีทั้งสิ้น 7 รูปแบบ ได้แก่ (R-G) - (G-R), (R-B) - (G-R), (2R-G-B)4 – (2G-R-B)/4, (3R-G+B), R – G, R – B และ Hue ดังนั้นจึงได้ใช้รูปแบบความสัมพันธ์ดังกล่าวในการหาค่า Threshold เพื่อหาเงื่อนไขต่างๆ สำหรับการจำแนก

4.4.1 ค่า Threshold สำหรับเงื่อนไขของการจำแนก

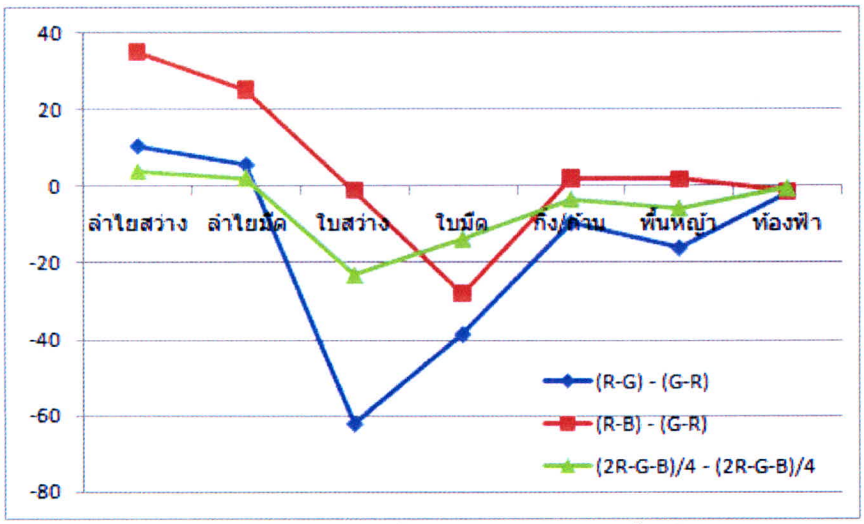
ค่าความแตกต่างของความสัมพันธ์ในแต่ละชั้นข้อมูลของสภาวะนี้แสดงดังตารางที่ โดยพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างช่วงคลื่นสีแดงกับสีเขียวในรูปแบบ (R-G) - (G-R) มีค่าเฉลี่ยที่ของพื้นที่ส่วนที่เป็นผลลำไยในค่ามากกว่า 0 ในขณะที่ส่วนอื่นๆ มีค่าติดลบ และเมื่อใช้ช่วงคลื่นสีน้ำเงินเข้ามาร่วมในรูปแบบ (R-

B) - (G-R) จะพบว่าส่วนที่เป็นผลลำไยมีค่าค่อนข้างสูง ในขณะที่ส่วนอื่นๆ มีค่าน้อย ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับความสัมพันธ์ในรูปแบบ (2R-G-B)/4 – (2G-R-B)/4 ค่าสถิติของความสัมพันธ์ในแต่ละรูปแบบของแต่ละสภาวะแสดงดังตารางที่ 4-4 ถึง 4-9 และรูปที่ 4-11 ถึง 4-16

1.สภาวะของภาพที่มีแดด/สว่างน้อย

ตารางที่ 4-4 ค่าสถิติของพื้นที่ฝึกในกลุ่มสภาวะภาพมีแดด/สว่างน้อย (กลุ่มภาพที่ 1)

	(R-G) - (G-R)	(R-B) - (G-R)	(2R-G-B)/4 - (2R-G-B)/4
ลำไยสว่าง	10.56	35.12	3.95
ลำไยมืด	5.65	25.28	2.17
ใบสว่าง	-62.10	-1.11	-22.97
ใบมืด	-38.56	-27.92	-13.68
กิ่ง/ก้าน	-9.60	2.10	-3.33
พื้นหญ้า	-16.17	1.95	-5.66
ท้องฟ้า	-1.45	-1.35	-0.47

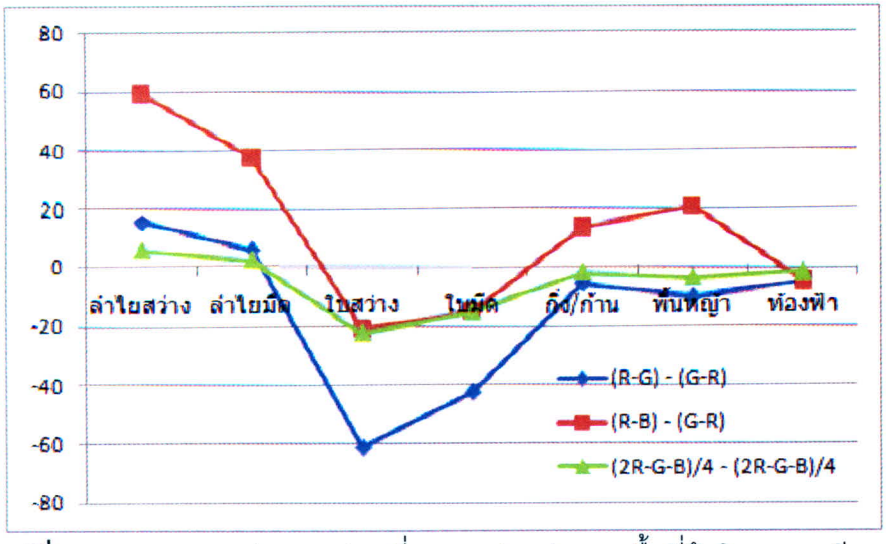


รูปที่ 4-11 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละประเภทพื้นที่ฝึกในสภาวะมีแดด/สว่างน้อย

2.สภาวะของภาพที่มีแดด/สว่างปานกลาง

ตารางที่ 4-5 ค่าสถิติของพื้นที่ฝึกในกลุ่มสภาวะภาพมีแดด/สว่างปานกลาง (กลุ่มภาพที่ 2)

	(R-G) - (G-R)	(R-B) - (G-R)	(2R-G-B)/4 - (2R-G-B)/4
ลำไยสว่าง	15.51	59.46	5.81
ลำไยมืด	6.13	37.46	2.31
ใบสว่าง	-61.30	-20.71	-22.45
ใบมืด	-42.46	-14.90	-15.35
กิ่ง/ก้าน	-5.60	13.61	-1.96
พื้นหญ้า	-10.28	20.66	-3.80
ท้องฟ้า	-5.00	-4.61	-1.73

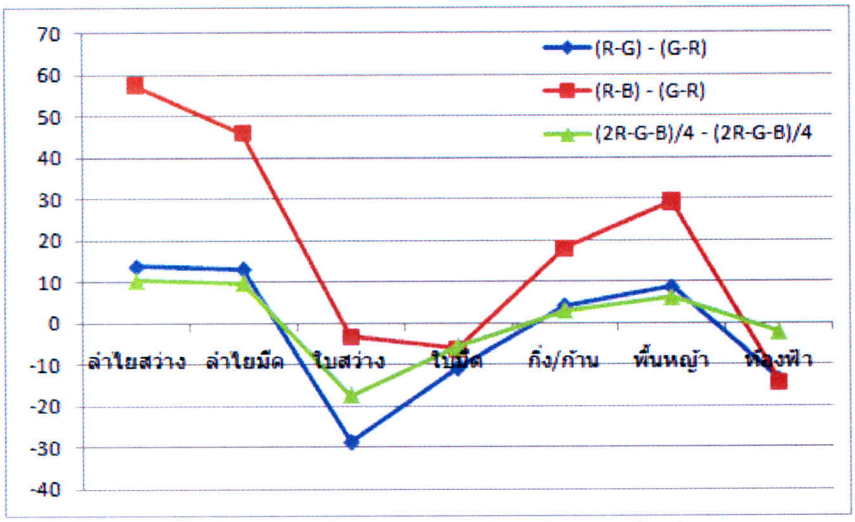


รูปที่ 4-12 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละประเภทพื้นที่ฝึกในสภาวะมีแดด/สว่างปานกลาง

3.สภาวะของภาพที่มีแดด/สว่างมาก

ตารางที่ 4-6 ค่าสถิติของพื้นที่ฝึกในกลุ่มสภาวะภาพมีแดด/สว่างมาก (กลุ่มภาพที่ 3)

	(R-G) - (G-R)	(R-B) - (G-R)	(2R-G-B)/4 - (2R-G-B)/4
ลำไยสว่าง	13.83	57.49	10.34
ลำไยมืด	13.19	46.06	9.88
ใบสว่าง	-28.80	-3.21	-17.47
ใบมืด	-10.83	-6.27	-5.71
กิ่ง/ก้าน	4.24	18.06	2.95
พื้นหญ้า	8.72	29.27	6.06
ท้องฟ้า	-13.64	-14.28	-2.23

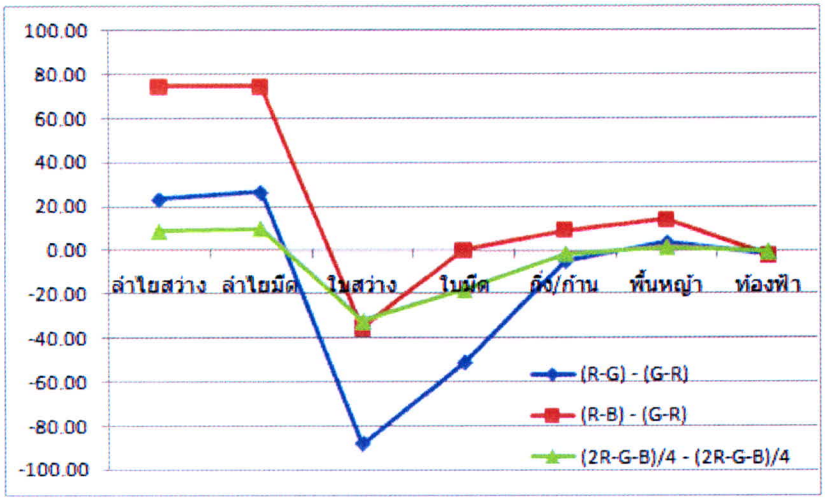


รูปที่ 4-13 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละประเภทพื้นที่ฝึกในสภาวะมีแดด/สว่างมาก

4.สภาวะของภาพที่ไม่มีแดด/สว่างน้อย

ตารางที่ 4-7 ค่าสถิติของพื้นที่ฝึกในกลุ่มสภาวะภาพไม่มีแดด/สว่างน้อย (กลุ่มภาพที่ 4)

	(R-G) - (G-R)	(R-B) - (G-R)	(2R-G-B)/4 - (2R-G-B)/4
ลำไยสว่าง	23.32	74.36	8.75
ลำไยมืด	26.54	74.49	9.97
ใบสว่าง	-88.30	-35.18	-32.40
ใบมืด	-51.30	0.19	-18.31
กิ่ง/ก้าน	-5.10	9.22	-1.67
พื้นหญ้า	3.34	14.17	1.14
ท้องฟ้า	-1.78	-2.27	-0.55

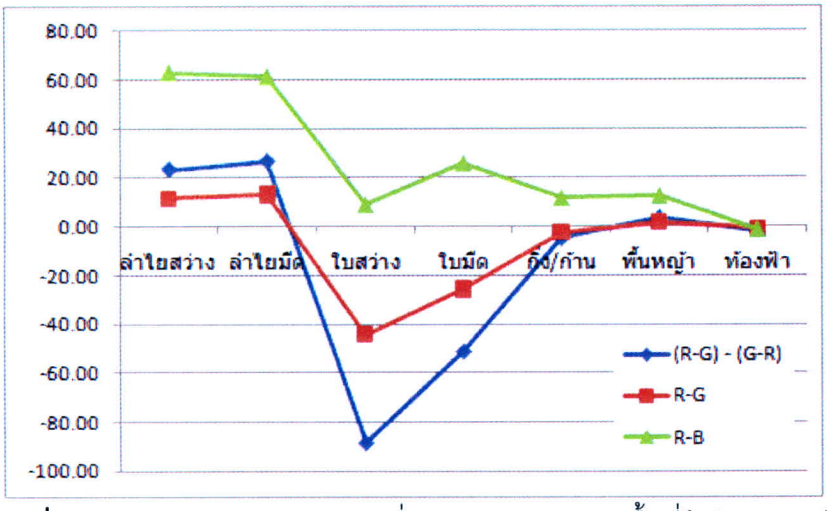


รูปที่ 4-14 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละประเภทพื้นที่ฝึกในสภาวะไม่มีแดด/สว่างน้อย

5.สภาวะของภาพที่ไม่มีแดด/สว่างปานกลาง

ตารางที่ 4-8 ค่าสถิติของพื้นที่ฝึกในกลุ่มสภาวะภาพไม่มีแดด/สว่างปานกลาง (กลุ่มภาพที่ 5)

	(R-G) - (G-R)	R-G	R-B
ลำไยสว่าง	23.32	11.66	62.70
ลำไยมืด	26.54	13.27	61.21
ใบสว่าง	-88.30	-44.15	8.97
ใบมืด	-51.30	-25.65	25.84
กิ่ง/ก้าน	-5.10	-2.55	11.77
พื้นหญ้า	3.34	1.67	12.50
ท้องฟ้า	-1.78	-0.89	-1.38

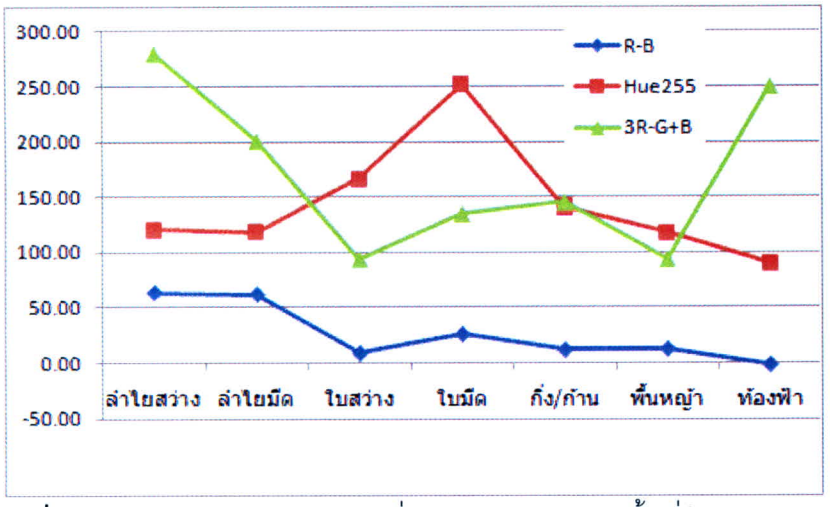


รูปที่ 4-15 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละประเภทพื้นที่ฝึกในสภาวะไม่มีแดด/สว่างปานกลาง

6.สภาวะของภาพเฉลี่ยทั่วไป

ตารางที่ 4-9 ค่าสถิติของพื้นที่ฝึกในกลุ่มสภาวะภาพทั่วไป (กลุ่มภาพที่ 6)

	R-B	Hue255	3R-G+B
ลำไยสว่าง	62.70	120.56	279.80
ลำไยมืด	61.21	118.74	200.82
ใบสว่าง	8.97	166.43	94.20
ใบมืด	25.84	252.13	134.71
กิ่ง/ก้าน	11.77	140.94	145.38
พื้นหญ้า	12.50	117.49	93.70
ท้องฟ้า	-1.38	90.12	249.95



รูปที่ 4-16 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละประเภทพื้นที่ฝึกในสภาวะทั่วไป

จากการวิเคราะห์ค่าสถิติของความสำพันธ์ระหว่างชั้นข้อมูลในทั้ง 6 กลุ่มข้างต้นสามารถกำหนดค่า Threshold สรุปได้ดังตารางที่ 4-10 ค่า Threshold ดังกล่าวจะถูกนำไปใช้สำหรับเป็นเงื่อนไขในการสร้างขั้นตอนเพื่อกำหนดค่าของการจำแนกระหว่างพื้นที่ส่วนของผลลำไยกับส่วนอื่นๆ ด้วยภาพถ่ายในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4-10 ค่าเงื่อนไขสำหรับการแยกพื้นที่ผลลำไยออกจากพื้นที่อื่นๆ ในแต่ละกลุ่มสภาวะภาพ

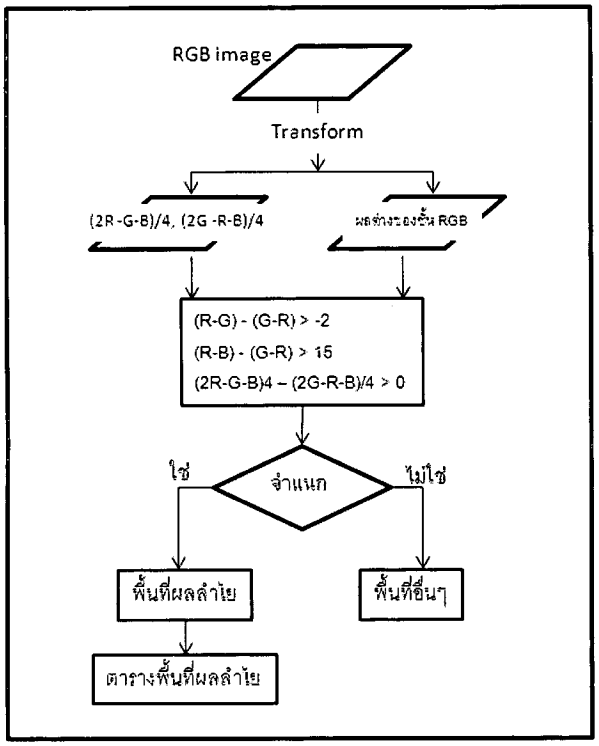
	(R-G) - (G-R)	(R-B) - (G-R)	(2R-G-B)/4 - (2G-R-B)/4	R-G	R-B	HUE	3R-G+B
กลุ่มภาพที่ 1	> -2	> 15	> 0	-	-	-	-
กลุ่มภาพที่ 2	> 0	> 15	> 0	-	-	-	-
กลุ่มภาพที่ 3	> 15	> 40	> 5	-	-	-	-
กลุ่มภาพที่ 4	> 20	> 20	> 5	-	-	-	-
กลุ่มภาพที่ 5	> 0	-	-	> 0	> 30	-	-
กลุ่มภาพที่ 6	-	-	-	-	> 30	< 145	> 140

4.5 แบบจำลองกระบวนการจำแนกพื้นที่ผลลำไย

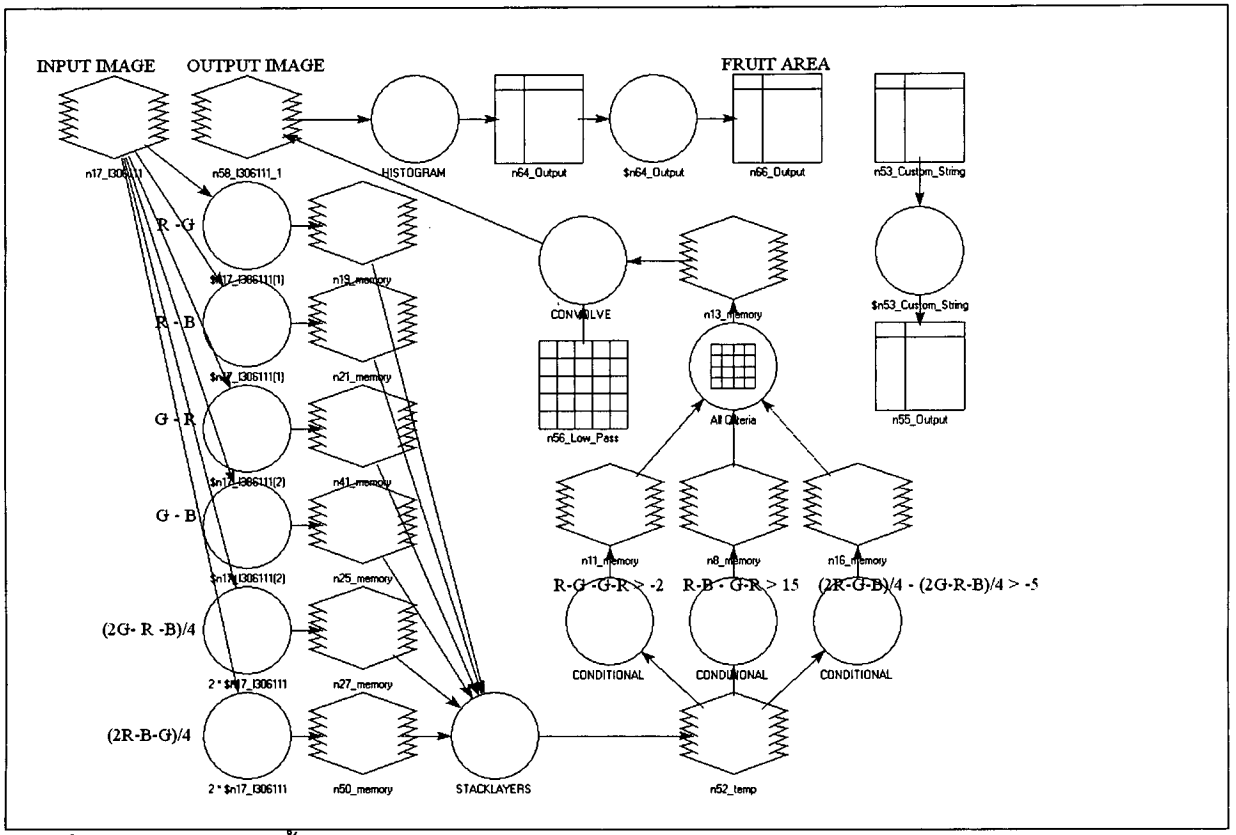
ในโปรแกรม ERDAS Imagine 9.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมทางด้านการวิเคราะห์ข้อมูลภาพที่อยู่ในรูปแบบดิจิตอล ภายในโปรแกรมมีเครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งานในการกำหนดขั้นตอนของการทำงานต่างๆ เพื่อให้สามารถจัดทำระบบการทำงานต่างๆ รวมถึงกำหนดเทคนิควิธีการทำงานแต่ละขั้นตอน รวมถึงการกำหนดค่าเงื่อนไขในการทำงานต่างๆ สามารถทำงานในกระบวนการเดียวกันได้โดยอัตโนมัติ และบันทึกระบบที่สร้างขึ้นเป็น Model เพื่อนำกลับไปใช้ในการทำงานครั้งต่อๆ ไปได้ เครื่องมือนี้เรียกว่า Model maker (Leica Geosystems Geospatial Imaging, LLC, 2008) ในงานวิจัยนี้ได้ใช้สำหรับการสร้าง Model ที่ได้กำหนดค่าเงื่อนไขที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าสถิติของชั้นข้อมูลต่างๆ ตามกลุ่มของสภาวะของภาพข้างต้น

ในขั้นตอนของการจำแนกจะเริ่มจากข้อมูลภาพตั้งต้น (Input image) ซึ่งได้ผ่านกระบวนการเตรียมความพร้อมของข้อมูลแล้ว ข้อมูลภาพตั้งต้นจะเข้าสู่กระบวนการของการแปลง (Transform) และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างชั้นข้อมูลบันทึกให้เป็นชั้นข้อมูลใหม่ที่เป็นผลลัพธ์จากความสัมพันธ์ตามที่ได้กำหนดไว้ คุณสมบัติของชั้นข้อมูลใหม่ที่ได้กำหนดให้ชนิดของข้อมูล (Data type) เป็นชั้นข้อมูลแบบ ค่าต่อเนื่อง (float single) เนื่องจากผลลัพธ์จากการหาความสัมพันธ์ต่างๆ สามารถมีค่าที่เป็นทั้งค่าบวกและค่าลบได้ จากนั้นทำการรวมชั้นข้อมูลใหม่ที่ได้มารวมกัน (Stack layers) เพื่อสร้างเป็นข้อมูลภาพที่มีหลายชั้นข้อมูล ชั้นข้อมูลที่ได้มาจะเข้าสู่ขั้นตอนของการกำหนดเงื่อนไข (ค่า Threshold) สำหรับการจำแนกพื้นที่

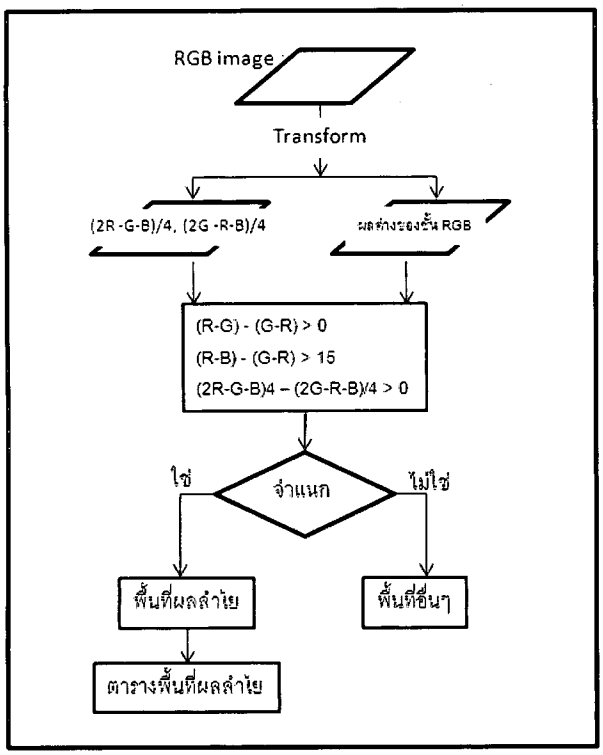
ผลลำไยในภาพ โดยกำหนดให้จุดภาพ (pixel) ที่มีค่าของชั้นข้อมูลที่ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ให้เป็นค่า 1 เพื่อแทนพื้นที่ที่เป็นส่วนของผลลำไย ส่วนจุดภาพที่ไม่ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด ให้เป็นค่า 0 เพื่อแทนพื้นที่ส่วนอื่นๆ ที่ไม่ใช่พื้นที่ผลลำไยที่ปรากฏ ผลลัพธ์ที่ได้มาทำการกรอง (Filler) แบบ Low pass filter ขนาด 3*3 pixel เพื่อขจัดจุดภาพที่อยู่เดี่ยวๆ และกระจายรวมถึงเติมเต็ม(Filling gaps)ในส่วนของกลุ่มที่มีจุดโหว่ของจุดภาพ ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีการเกาะกลุ่มกันมากขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นภาพพื้นที่ผลลำไย (Output image) โดยภาพดังกล่าวจะนำไปคำนวณค่าความถี่ (Histogram) เพื่อให้ได้พื้นที่ของพื้นที่ผลลำไยในแต่ละภาพ ผลลัพธ์ที่ได้เป็นตารางแสดงพื้นที่ผลลำไยกับพื้นที่อื่นๆ ในหน่วยตารางเซนติเมตร (Fruit area table) ตารางดังกล่าวจะถูกเก็บไว้เพื่อนำไปรวมกับตารางของภาพอื่นๆ ของต้นตัวอย่างเพื่อคำนวณเป็นพื้นที่ผลลำไยต่อพื้นที่ต้นต่อไป โดยขั้นตอนของการสร้างแบบจำลองและผลของการสร้างแบบจำลองด้วยเครื่องมือในโปรแกรมของแต่ละกลุ่มสภาวะการบันทึกภาพแสดงดังรูปที่ 4-17 ถึง 4-28



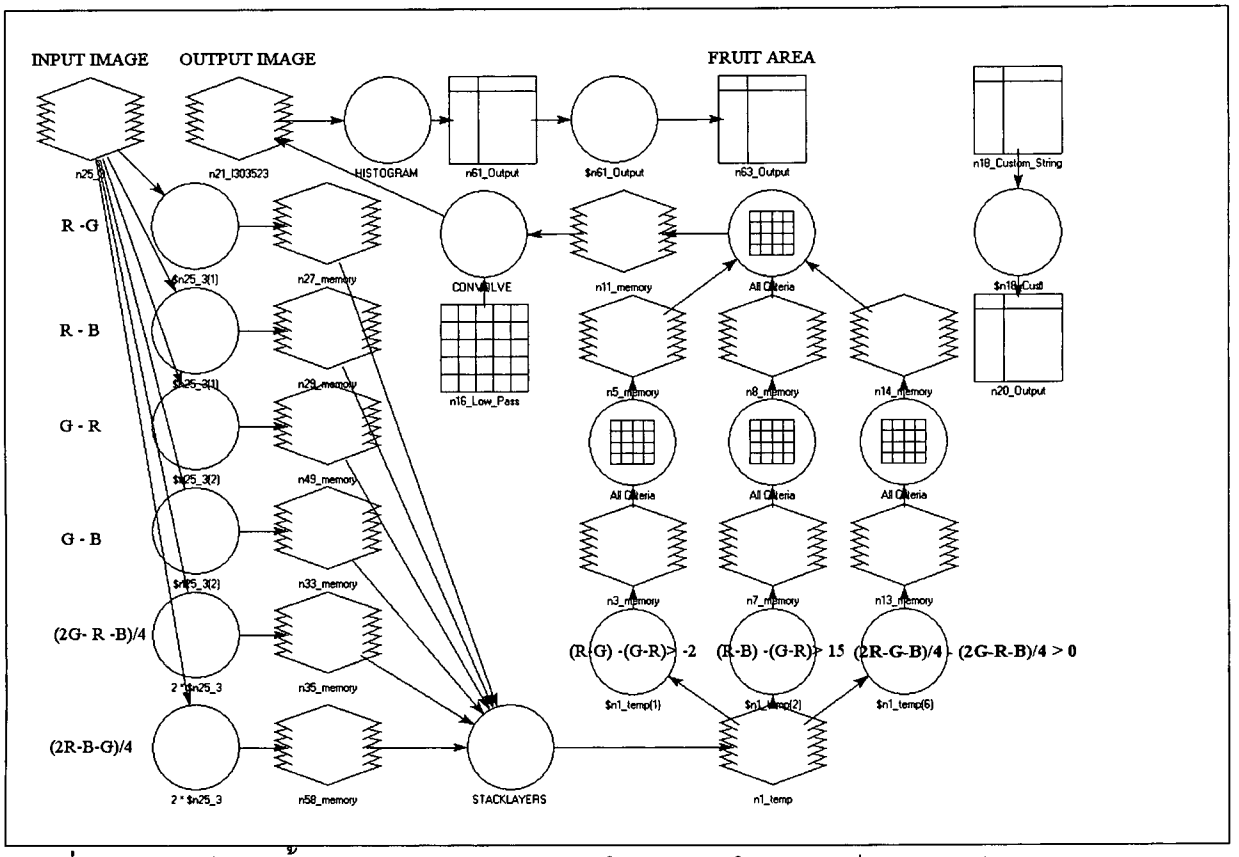
รูปที่ 4-17 ขั้นตอนการจำแนกพื้นที่ผลลำไยในภาพที่มีสภาวะมีแดด/แสงน้อย



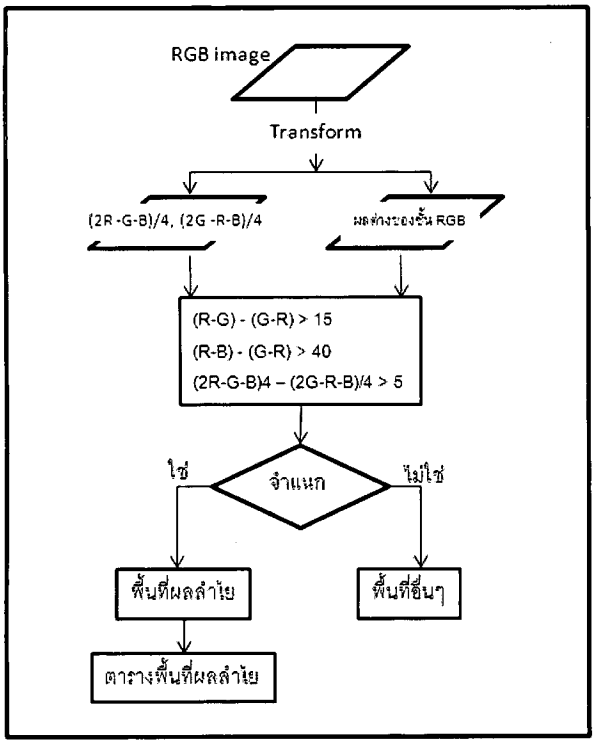
รูปที่ 4-18 แบบจำลองขั้นตอนของกระบวนการการจำแนกภาพในสภาวะมีแดด/แสงน้อย



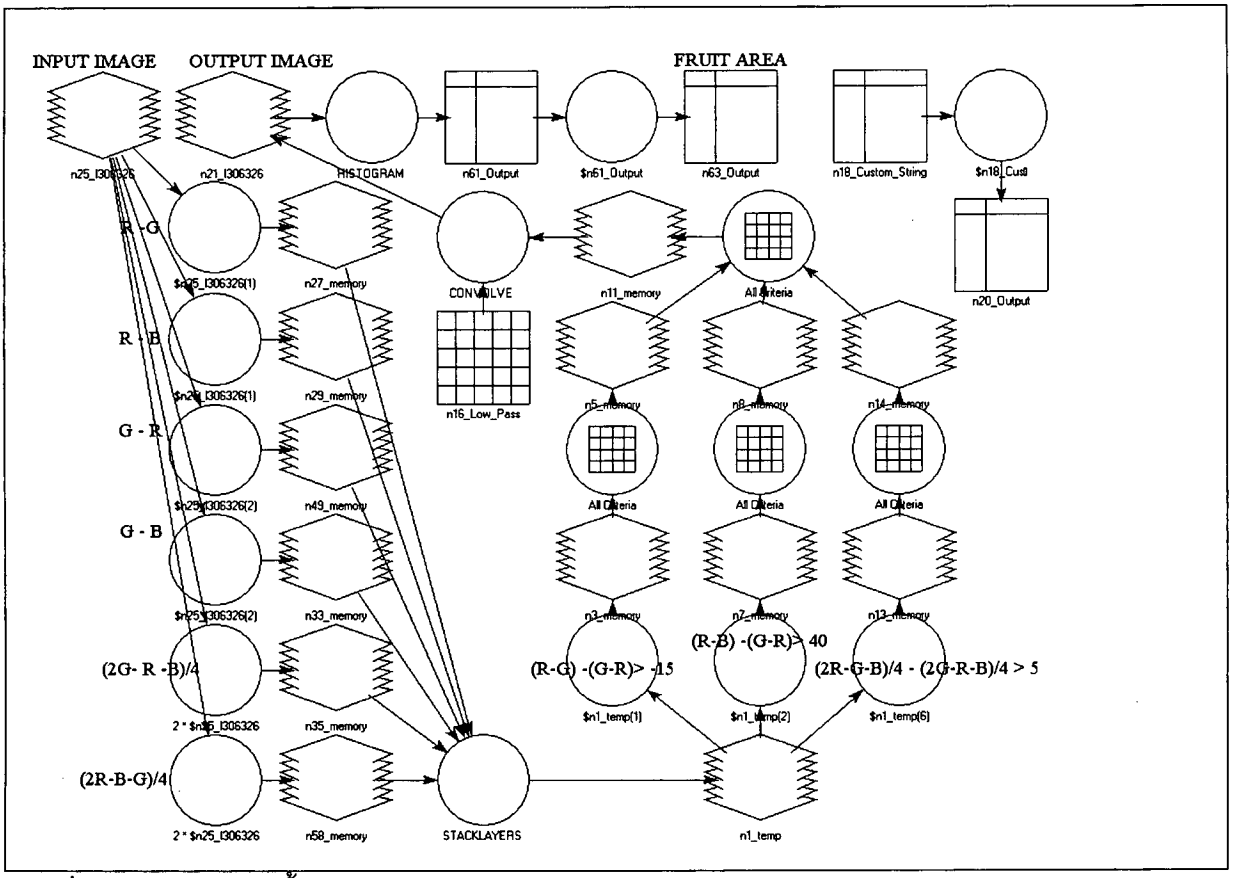
รูปที่ 4-19 ขั้นตอนการจำแนกพื้นที่ผลลำไยในภาพที่มีสภาวะมีแดด/แสงปานกลาง



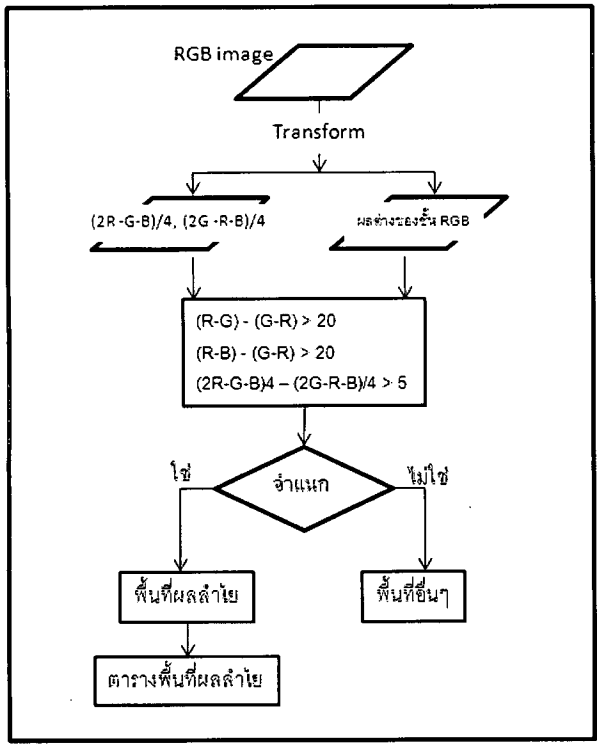
รูปที่ 4-20 แบบจำลองขั้นตอนของกระบวนการการจำแนกภาพในสภาวะมีแดด/แสงปานกลาง



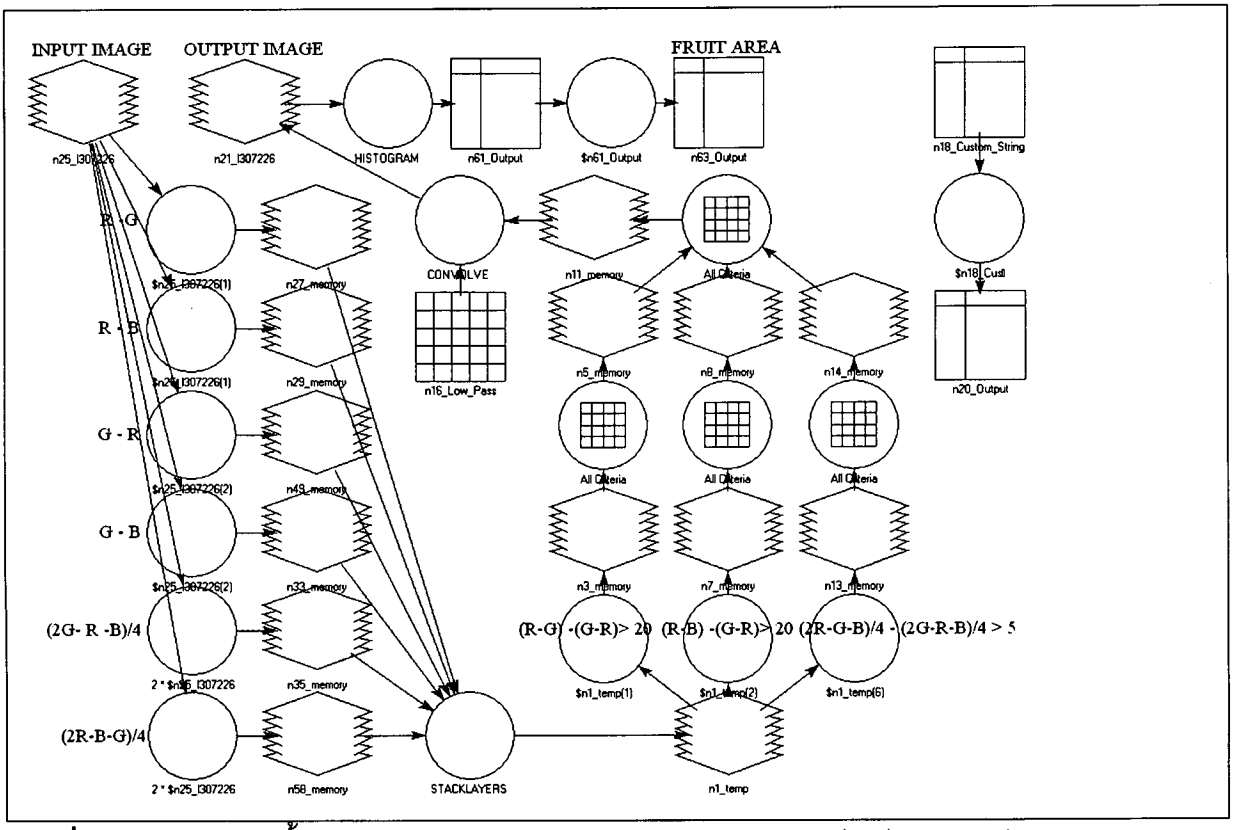
รูปที่ 4-21 ขั้นตอนการจำแนกพื้นที่ผลลำไยในภาพที่มีสภาวะมีแดด/แสงมาก



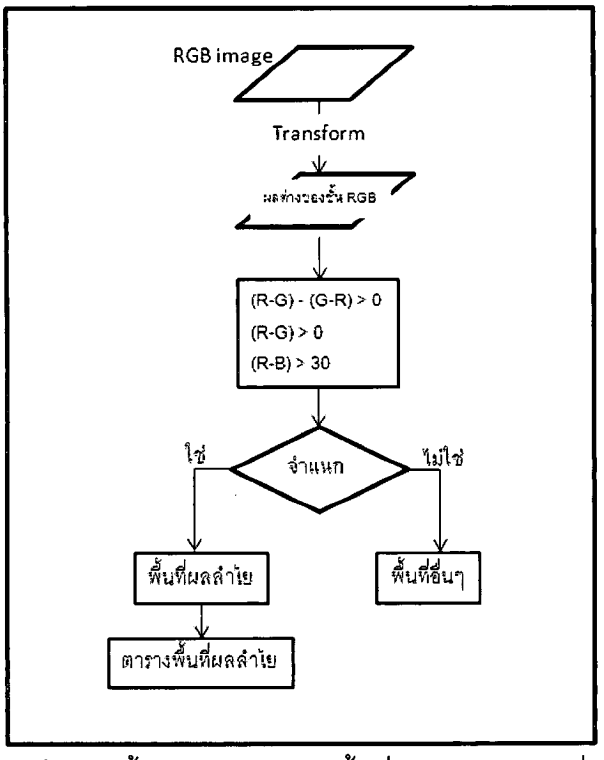
รูปที่ 4-22 แบบจำลองขั้นตอนของกระบวนการการจำแนกภาพในสภาวะมีแดด/แสงมาก



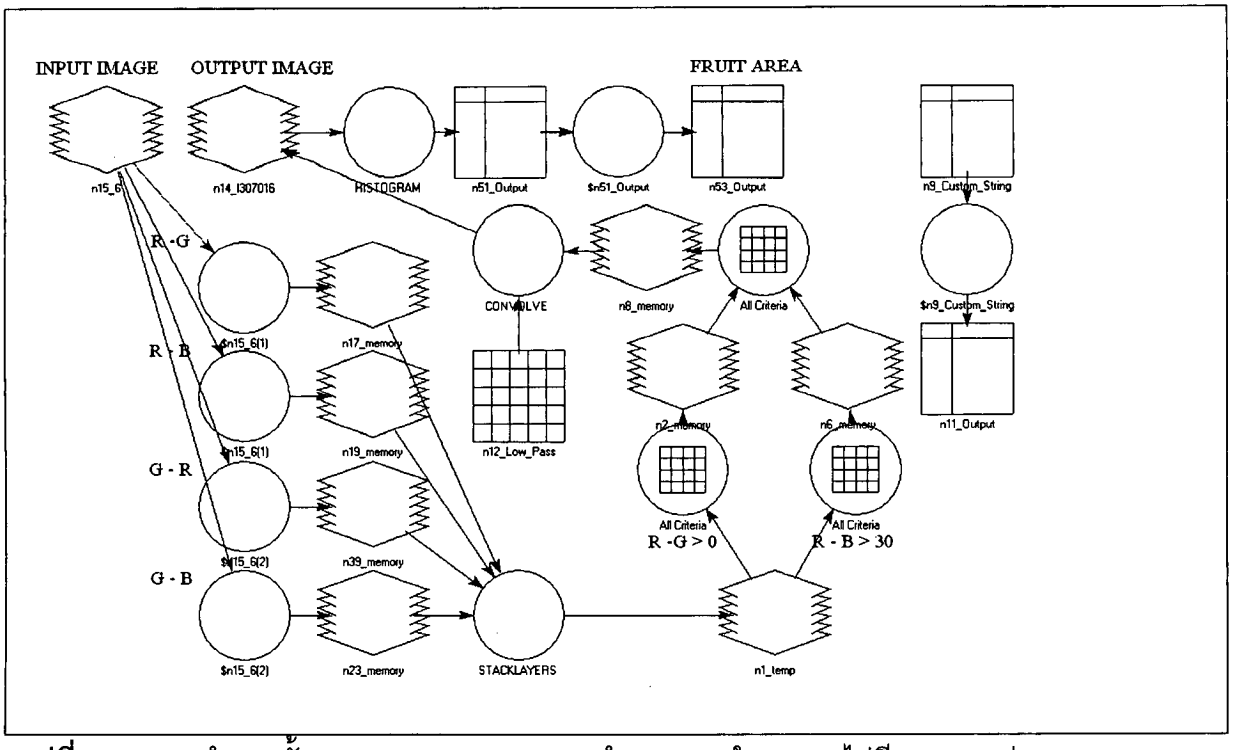
รูปที่ 4-23 ขั้นตอนการจำแนกพื้นที่ผลลำไยในภาพที่มีสภาวะไม่มีแดด/แสงน้อย



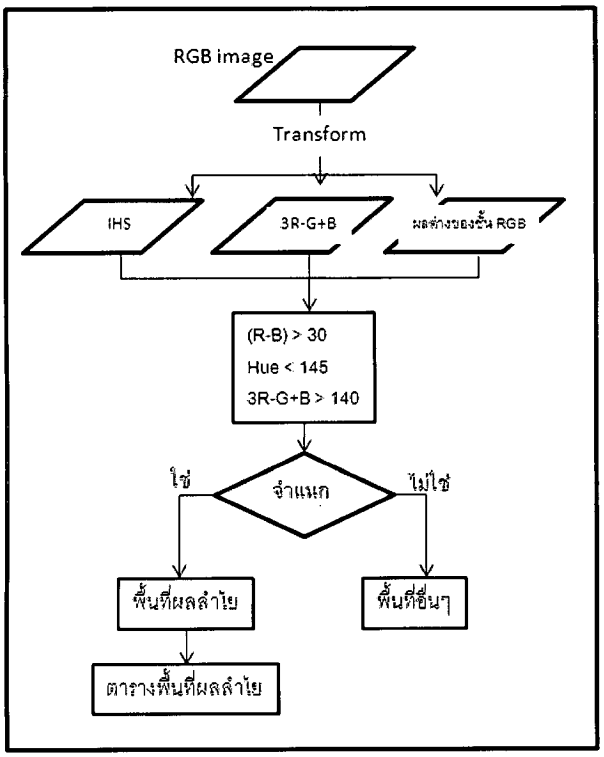
รูปที่ 4-24 แบบจำลองขั้นตอนของกระบวนการการจำแนกภาพในสภาวะไม่มีแดด/แสงน้อย



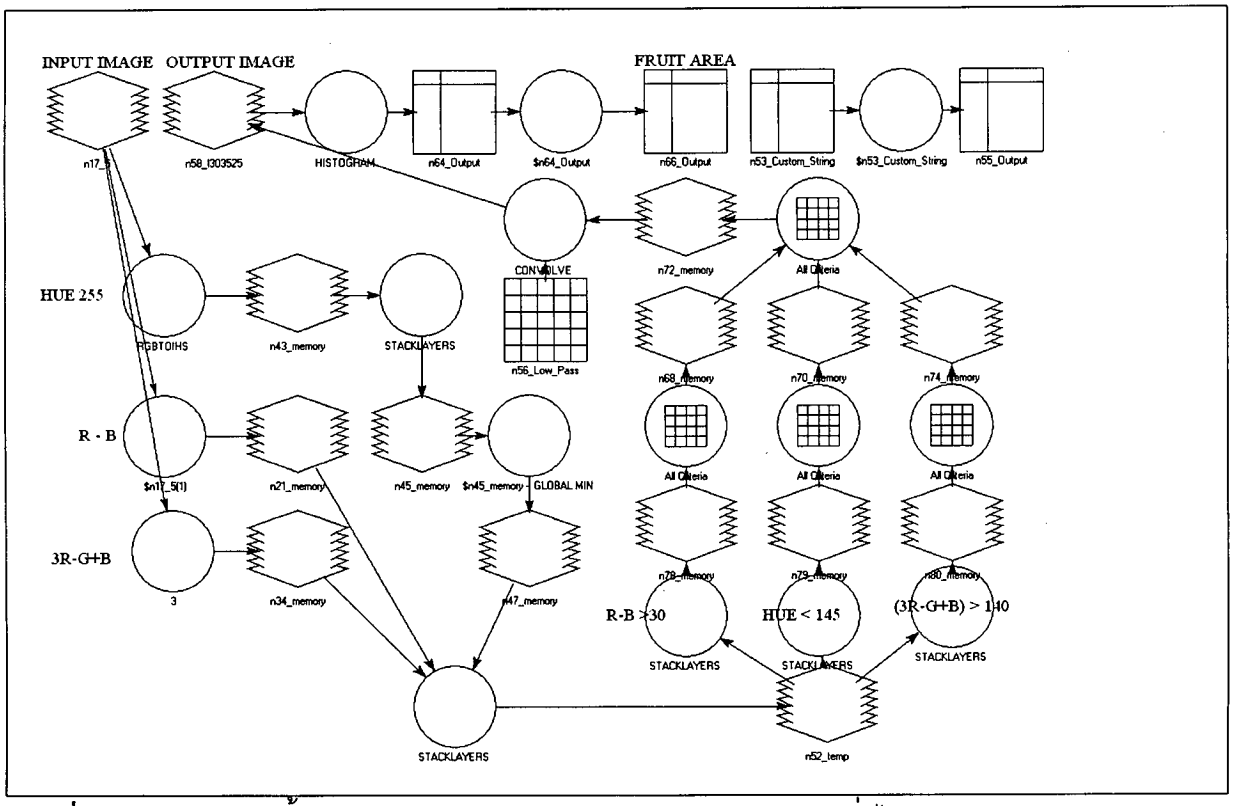
รูปที่ 4-25 ขั้นตอนการจำแนกพื้นที่ผลลำไยในภาพที่มีสภาวะไม่มีแดด/แสงปานกลาง



รูปที่ 4-26 แบบจำลองขั้นตอนของกระบวนการการจำแนกภาพในสภาวะไม่มีแดด/แสงปานกลาง

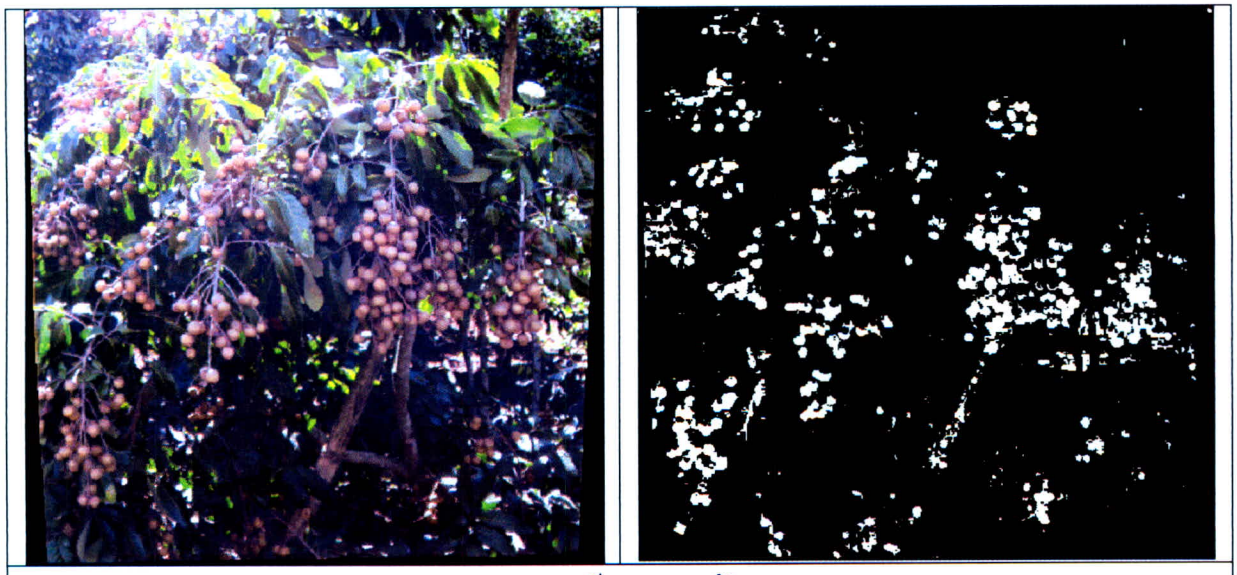


รูปที่ 4-27 ขั้นตอนการจำแนกพื้นที่ผลลำไยในภาพที่มีสภาวะทั่วไป



รูปที่ 4-28 แบบจำลองขั้นตอนของกระบวนการการจำแนกภาพในสภาวะทั่วไป

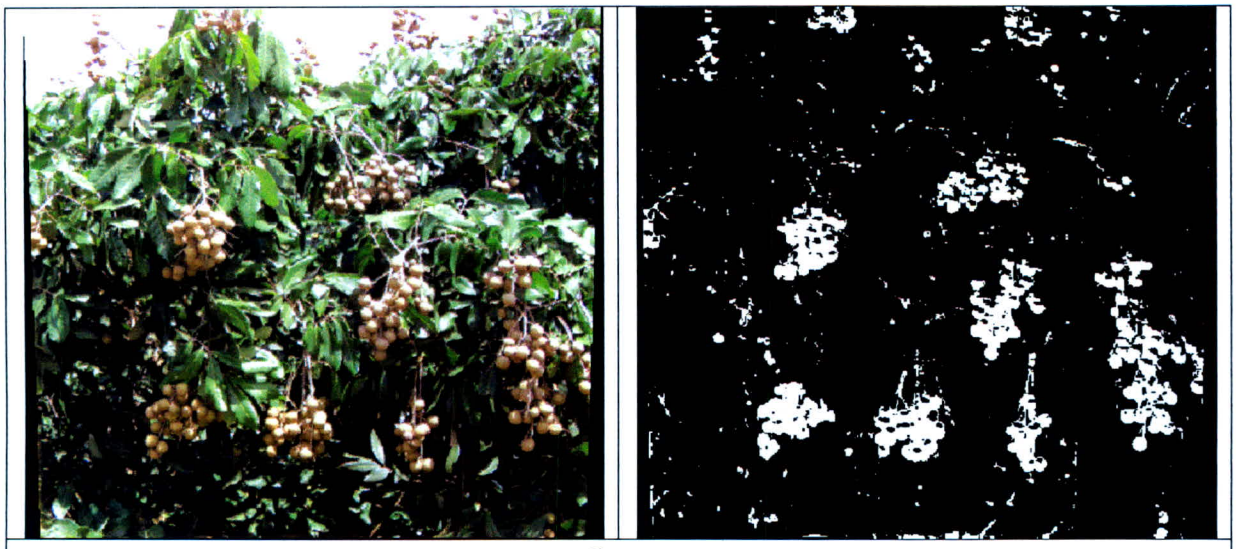
ผลการจำแนกด้วยการใช้ขั้นตอนต่างๆ ในโมเดลที่สร้างขึ้น พบว่ากระบวนการทำงานมีความรวดเร็วและได้ผลลัพธ์ของการจำแนกที่ดี ตัวอย่างผลของการจำแนกด้วยเครื่องมือดังกล่าวในแต่ละสภาวะของการบันทึกภาพแสดงดังรูปที่ 4-29 ก-จ



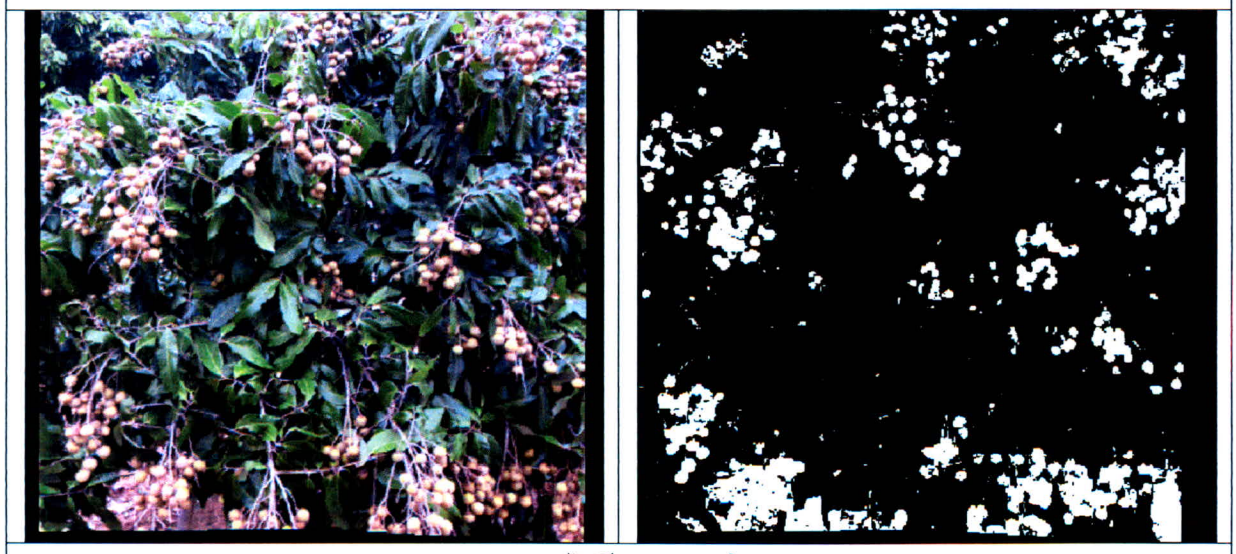
ก)สภาวะมีแดด/แสงน้อย

ข)สภาวะมีแดด/แสงปานกลาง

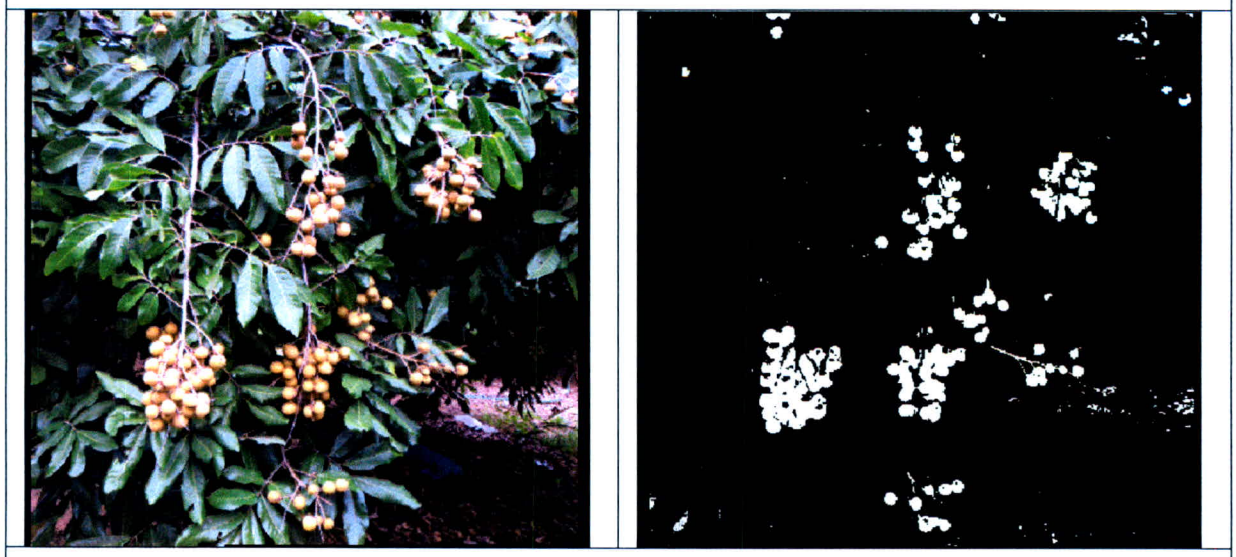
รูปที่ 4-29 ผลของการจำแนกด้วยขั้นตอนของการกำหนดเงื่อนไข



ค)สภาวะมีแดด/แสงมาก



ง)สภาวะไม่มีแดด/แสงน้อย



จ)สภาวะไม่มีแดด/แสงปานกลาง

รูปที่ 4-29 **(ต่อ)** ผลของการจำแนกด้วยขั้นตอนของการกำหนดเงื่อนไข

4.6 การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก

ในการตรวจสอบความถูกต้อง (accuracy assessment) ของการจำแนกนั้นสามารถทดสอบได้หลายวิธี ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้วิธี Error matrix โดยอาศัยตำแหน่งของพื้นที่ฝึก (Training area) และพื้นที่ทดสอบ (Teat area) ซึ่งเป็นการทดสอบผลของการจำแนกกับการตรวจสอบด้วยสายตาจากตำแหน่งตัวอย่างของภาพที่บันทึกได้ โดยใช้วิธีการสร้างตารางขนาด 100x100 ช่องครอบพื้นที่ภาพถ่ายและภาพผลลัพธ์ของการจำแนก จากนั้นทำการสุ่ม (random) ในตาราง 30 ช่องเพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องด้วยสายตา ดังรูปที่ 4-30

รูปที่ 4-30 ขั้นตอนของการตรวจสอบความถูกต้อง

ในการศึกษานี้ได้ทำการเลือกสุ่มภาพสำหรับในขั้นตอนของการการตรวจสอบความถูกต้องทั้งสิ้น 5 ภาพ ได้ผลลัพธ์ของความถูกต้องค่อนข้างสูง โดยมีความถูกต้องรวมสูงสุดเท่ากับร้อยละ 92.3 และค่า Kappa เท่ากับ 0.935 ในขณะที่ภาพอื่นๆ มีผลของการจำแนกอยู่ที่ความถูกต้องที่สูงกว่าร้อยละ 80 และค่า Kappa 0.765 แสดงดังรูปที่ 4-31

ภาพที่ 1	ลำไย	อื่นๆ	รวม
ลำไย	12	3	15
อื่นๆ	1	14	15
รวม	13	17	30

AA= 0.800 Kappa= 0.765

ภาพที่ 2	ลำไย	อื่นๆ	รวม
ลำไย	12	2	14
อื่นๆ	1	15	16
รวม	13	17	30

AA= 0.857 Kappa= 0.818

ภาพที่ 3	ลำไย	อื่นๆ	รวม
ลำไย	14	1	15
อื่นๆ	3	12	15
รวม	17	13	30

AA= 0.933 Kappa= 0.765

ภาพที่ 4	ลำไย	อื่นๆ	รวม
ลำไย	11	2	13
อื่นๆ	0	17	17
รวม	11	19	30

AA= 0.846 Kappa= 0.875

ภาพที่ 5	ลำไย	อื่นๆ	รวม
ลำไย	12	1	13
อื่นๆ	0	17	17
รวม	12	18	30

AA= 0.923 Kappa= 0.935

AA: Overall Accuracy

Kappa: Kappa index

รูปที่ 4-31 ผลของการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก

หลังจากเข้าสู่ขั้นตอนของการตรวจสอบความถูกต้องแล้วพบว่ามีความถูกต้องของการจำแนกอยู่ในระดับที่ดี ดังนั้นพื้นที่ของผลลำไยที่จำแนกได้ในแต่ละภาพสามารถนำมาใช้ในการรวมเพื่อหาพื้นที่ผลต่อต้นได้ โดยจากการรวบรวมตารางพื้นที่ผลลำไยในแต่ละภาพที่บันทึกได้ทั้งหมด 6 ภาพต่อต้นนั้นได้ตัวเลขของการจำแนกดังตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 พื้นที่ผลลำไยในแต่ละรูปของแต่ละต้นตัวอย่างทั้ง 60 ต้น (หน่วยเป็นตารางเซนติเมตร)

รหัสสวน	รหัสต้นลำไย	พื้นที่ผลรูป 1	พื้นที่ผลรูป 2	พื้นที่ผลรูป 3	พื้นที่ผลรูป 4	พื้นที่ผลรูป 5	พื้นที่ผลรูป 6	พื้นที่ผลรวม
L3140	314001	999.40	557.70	1,105.30	441.80	632.30	1,008.50	4,745.00
	314002	1,272.10	541.50	511.90	588.40	951.50	813.00	4,678.40
L3141	314101	674.90	728.00	352.00	387.70	582.20	513.70	3,238.50
	314102	546.21	178.80	199.70	208.80	604.90	256.40	1,994.81

ตารางที่ 4-11 (ต่อ) พื้นที่ผลลำไยในแต่ละรูปของแต่ละต้นตัวอย่างทั้ง 60 ต้น (ตารางเซนติเมตร)

รหัสสวน	รหัสต้นลำไย	พื้นที่ผลรูป 1	พื้นที่ผลรูป 2	พื้นที่ผลรูป 3	พื้นที่ผลรูป 4	พื้นที่ผลรูป 5	พื้นที่ผลรูป 6	พื้นที่ผลรวม
L3130	L31301	752.10	657.40	769.30	555.40	432.60	379.61	3,546.41
	L31302	651.40	627.10	832.40	669.90	611.20	709.28	4,101.28
L3126	L31261	409.70	441.80	428.70	449.60	1,115.10	638.90	3,483.80
	L31262	531.50	581.10	1,053.30	641.90	516.70	447.80	3,772.30
L3006	L30061	695.63	731.25	429.31	454.65	469.65	450.69	3,231.18
	L30062	762.99	625.14	485.63	380.76	762.36	594.31	3,611.18
L3146	L31461	453.90	680.00	635.70	735.10	771.50	869.50	4,145.70
	L31462	398.00	354.80	763.60	362.20	317.70	363.90	2,560.20
L022	L0221	419.72	620.49	373.26	530.56	275.49	465.90	2,685.42
	L0222	561.20	452.30	765.50	810.80	242.60	154.50	2,986.90
L3035	L30351	804.38	866.18	1,388.40	984.86	500.28	137.29	4,681.39
	L30352	242.00	765.00	631.00	430.00	755.00	222.00	3,045.00
L3092	309201	953.60	560.00	809.70	392.50	1,018.80	544.80	4,279.40
	309202	889.50	1,194.10	466.00	363.50	406.20	887.00	4,206.30
L025	L0251	840.80	707.30	533.80	358.90	459.10	459.10	3,359.00
	L0252	917.00	759.90	561.50	471.90	400.90	1,322.00	4,433.20
L3133	L31331	832.70	184.00	352.40	777.00	1,064.30	2,084.20	5,294.60
	L31332	982.90	832.20	743.80	500.60	594.90	407.40	4,061.80
L3120	L31201	1,478.60	781.70	820.90	1,066.60	1,340.40	1,183.00	6,671.20
	L31202	858.90	1,089.60	893.90	1,065.30	1,166.30	1,041.90	6,115.90
L3012	301201	1,165.56	975.49	827.57	709.65	541.25	537.01	4,756.53
	301202	872.92	620.42	582.15	1,224.86	590.49	673.61	4,564.44
L3030	L30301	471.50	601.60	491.90	635.10	451.40	314.80	2,966.30
	L30301	798.80	1,243.60	1,048.00	1,075.80	465.40	603.90	5,235.50
L3032	L30321	463.54	356.60	467.22	394.24	442.78	410.00	2,534.38
	L30322	618.82	219.38	180.56	311.94	237.57	477.29	2,045.56

ตารางที่ 4-11 (ต่อ) พื้นที่ผลลำไยในแต่ละรูปของแต่ละต้นตัวอย่างทั้ง 60 ต้น (ตารางเซนติเมตร)

รหัสสวน	รหัสต้นลำไย	พื้นที่ผลรูป 1	พื้นที่ผลรูป 2	พื้นที่ผลรูป 3	พื้นที่ผลรูป 4	พื้นที่ผลรูป 5	พื้นที่ผลรูป 6	พื้นที่ผลรวม
L3061	L30611	400.50	401.20	445.70	429.90	496.80	268.70	2,442.80
	L30612	386.60	240.60	451.20	543.60	556.60	262.60	2,441.20
L3071	L30711	630.30	1,036.60	752.50	603.00	518.40	802.00	4,342.80
	L30712	786.60	851.30	892.10	622.70	818.20	871.40	4,842.30
L3072	307201	604.50	639.20	378.70	473.20	286.80	429.50	2,811.90
	307202	638.60	494.70	547.20	713.10	1,225.20	1,315.50	4,934.30
L3003	L30031	462.01	769.17	575.49	425.69	322.71	533.61	3,088.68
	L30032	965.76	809.17	791.74	934.17	1,097.22	812.29	5,410.35
L3052	L30521	331.50	90.10	208.70	199.80	232.70	425.30	1,488.10
	L30522	504.40	493.40	403.70	336.10	421.80	473.80	2,633.20
L3113	L31131	311.10	368.70	230.80	371.60	409.10	997.80	2,689.10
	L31132	283.90	91.00	238.40	407.40	382.40	218.60	1,621.70
L3168	316801	307.70	463.10	487.90	498.30	581.40	326.60	2,665.00
	316802	1,442.00	213.50	354.00	372.70	647.80	646.10	3,676.10
L3169	L31691	1,589.30	554.90	1,024.10	762.80	1,045.10	784.90	5,761.10
	L31692	730.50	841.60	973.40	833.70	1,504.40	1,454.30	6,337.90
L3098	L30981	494.30	894.50	413.90	784.10	494.00	580.00	3,660.80
	L30982	494.30	1,087.80	404.90	382.50	664.40	1,283.30	4,317.20
L014	1401	82.48	368.18	543.49	242.80	212.50	202.67	1,652.13
	1402	200.60	377.80	370.70	644.50	62.75	160.50	1,816.85
L3131	L31311	593.44	732.30	739.10	939.40	813.81	549.70	4,367.75
	L31312	859.00	1,259.90	790.70	746.50	901.00	1,064.93	5,622.03
L3011	301101	899.17	734.24	879.17	636.04	1,318.33	1,077.01	5,543.96
	301102	399.10	265.14	433.61	453.19	376.18	519.17	2,446.39
L3063	L30631	375.00	850.40	767.10	246.50	407.90	379.40	3,026.30
	L30632	374.20	364.00	542.70	267.70	368.00	329.00	2,245.60
L3070	307001	757.00	926.00	391.00	819.00	503.00	385.00	3,781.00
	307002	892.10	870.90	1,004.20	890.40	1,062.30	759.60	5,479.50

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายเพื่อจำแนกผลลำไยออกจากทรงพุ่มจะเป็นตัวเลขพื้นที่ของผลลำไย โดยผลที่ได้จะนำไปเป็นตัวแปร (Variable) หนึ่งของสมการสหสัมพันธ์ (Regression model) ร่วมกับตัวแปรด้านอื่นๆ ที่ได้จากการสอบถามเกษตรกรเจ้าของต้นลำไยตัวอย่างที่มีส่วนกระทบต่อผลผลิตลำไยในแต่ละปี สมการสหถอถอยที่ได้จะถูกใช้เป็นแบบจำลองสำหรับใช้ประมาณการผลผลิตลำไยล่วงหน้าของพื้นที่ปลูกลำไยในอำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งจะได้กล่าวถึงขั้นตอนและวิธีการในบทต่อไป