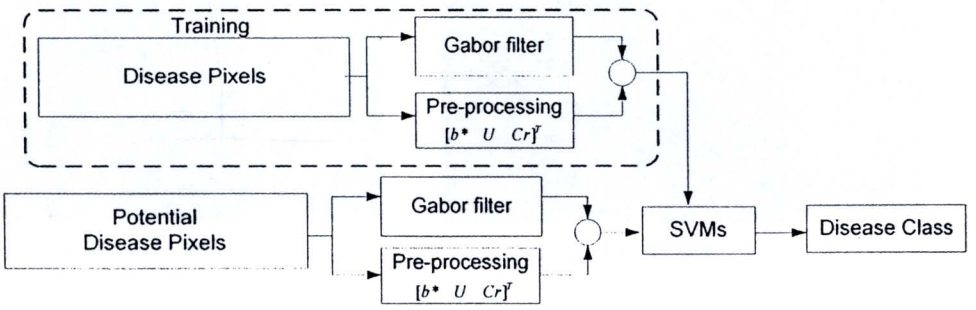
# บทที่ 5
# การจำแนกประเภทของโรคใบอุ่น

## 5.1 กล่าวนำ

สำหรับบทนี้ได้นำเสนอกระบวนการจำแนกประเภทของโรคใบอุ่น โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลสีซึ่งสามารถสร้างความแตกต่างระหว่างสีโรคแต่ละประเภทได้และข้อมูลเนื้อองค์ประกอบในการดึงคุณลักษณะเด่นของโรคด้วยตัวกรองกาบอร์เวฟเลทเนื่องจากตัวกรองกาบอร์สามารถดึงคุณลักษณะเด่นของโรคในย่านความถี่และทิศทางที่แตกต่างกันได้อย่างชัดเจนอีกทั้งเป็นการเตรียมข้อมูลเนื้อองค์ประกอบที่มีความคล้ายคลึงหรือแตกต่างกันได้ นอกจากนี้ยังได้นำเสนอการปรับปรุงคุณลักษณะของเนื้อองค์ประกอบที่ได้จากตัวกรองกาบอร์และข้อมูลสีให้มีคุณลักษณะของข้อมูลเนื้อองค์ประกอบและข้อมูลสีสำหรับการวิเคราะห์จำแนกประเภทของโรคได้ดียิ่งขึ้นด้วยการแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้นและการคำนวณพลังงานที่แวดล้อมโดยรอบจุดภาพและพิจารณาการจำแนกประเภทของโรคด้วยเครื่องเวกเตอร์เกื้อหนุน (Support Vector Machines หรือ SVMs) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

## 5.2 โครงสร้างการจำแนกประเภทของโรคใบอุ่น




**รูปที่ 5.1** โครงสร้างการจำแนกประเภทของโรคใบอุ่น

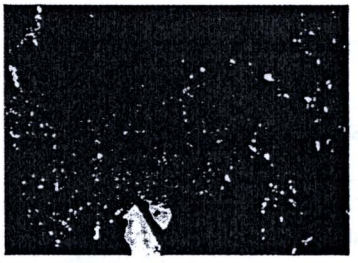
การทำงานหลักของระบบแบ่งเป็นสองส่วนหลัก คือการดึงคุณลักษณะเด่นเฉพาะของโรคด้วยวิธีการกาบอร์เวฟเลทร่วมกับกระบวนการดึงคุณลักษณะเด่นทางสีของโรคและการจำแนก

ประเภทของโรคด้วยเครื่องเวกเตอร์เกื้อหนุน ซึ่งผ่านการฝึกสอนของแต่ละกลุ่มจุดภาพที่เป็นโรคในแต่ละประเภทและแต่ละกลุ่มจุดภาพที่ไม่เป็นโรค ดังแสดงในรูปที่ 5.1

**5.3 กระบวนการประมวลผลก่อน**

เนื่องจากภาพที่ผ่านการคัดแยกสีโรคของใบอ่อน ยังคงมีส่วนของข้อมูลที่ไม่ต้องการอยู่ ได้แก่ ก้านใบ ส่วนที่เป็นใบอ่อน ซึ่งเป็นบริเวณที่มีพื้นที่มากกว่าจุดโรค ดังนั้นเพื่อให้การวิเคราะห์มีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงจำเป็นต้องทำการลบบริเวณที่มีพื้นที่ใหญ่มากเกินไปออก โดยนำภาพที่ผ่านกระบวนการคัดแยกสีโรคมาทำการแปลงเป็นภาพขาว-ดำและทำการสังวัตนาการ (convolution) กับหน้าต่างขนาด 8 x 8 จุดภาพ ซึ่งมีผลทำให้บริเวณที่มีจุดภาพติดกันมากมีค่ามาก จากนั้นจึงทำการพิจารณาบริเวณที่มีจำนวนจุดภาพมากโดยการทำป้าย (BWlabel) จากภาพขาว-ดำที่ผ่านการคัดแยกสีโรค แล้วจึงทำการพิจารณาลบบริเวณที่มีจำนวนจุดภาพมากกับขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold) ที่กำหนดไว้สำหรับแต่ละป้ายซึ่งพิจารณาจากภาพที่ผ่านการสังวัตนาการ หากมีค่ามากกว่าขีดเริ่มเปลี่ยนจะตัดสินว่าเป็นบริเวณที่มีจำนวนจุดภาพมากแล้วทำการลบออกจากภาพ ดังแสดงในรูปที่ 5.2

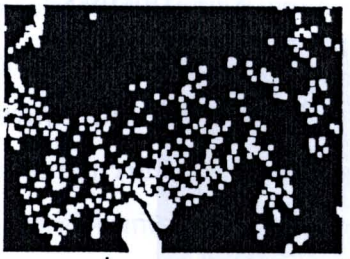
และเพื่อเพิ่มความแตกต่างระหว่างข้อมูลโรค จึงทำการพิจารณาเพิ่มขอบของจุดภาพที่ได้จากการคัดแยกสีโรคทำให้เกิดระดับสีขอบจุดโรคทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างจุดโรคมากขึ้น ซึ่งช่วยให้การวิเคราะห์มีความเที่ยงตรงยิ่งขึ้น โดยเริ่มจากนำภาพที่ได้จากการคัดแยกสีโรคมาทำการแปลงเป็นภาพขาว-ดำ จากนั้นจึงทำการขยายขอบภาพและทำการคูณกับภาพที่ผ่านการคัดแยกสีใบอ่อนออกจากภาพพื้นหลัง ดังแสดงในรูปที่ 5.3



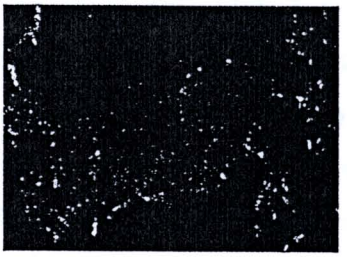
(ก) ภาพต้นแบบ

(ข) การแปลงภาพขาว-ดำ

**รูปที่ 5.2** การลบบริเวณที่มีจำนวนจุดภาพมากออกจากภาพ



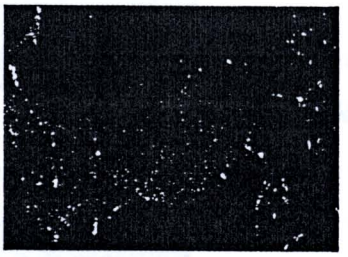
(ค) ภาพที่ผ่านการสังวัตนาการ



(ง) ผลการลบบริเวณที่มีจำนวนจุดภาพมากออกจากภาพ

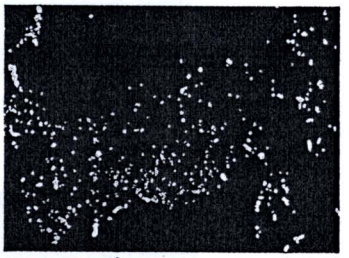
**รูปที่ 5.2** การลบบริเวณที่มีจำนวนจุดภาพมากออกจากภาพ (ต่อ)

(ก) ภาพต้นแบบ



(ข) การแปลงภาพขาว-ดำ

(ค) การขยายขอบภาพ



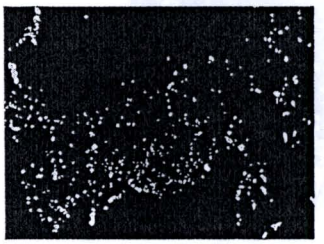
(ง) ผลเพิ่มขอบของจุดโรค

**รูปที่ 5.3** การเพิ่มขอบของจุดโรค

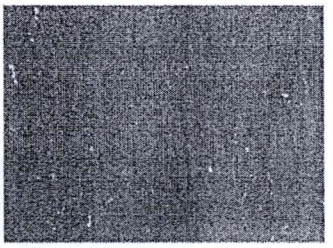
ในงานวิจัยนี้ต้องการคัดแยกส่วนที่เป็นสีโรค โดยลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแสงในการพิจารณาการคัดแยกสีโรค ดังนั้นจึงพิจารณาใช้แปลงปริภูมิสี CIE L*a*b YCbCr และ YUV เพื่อดึงความแตกต่างลักษณะเด่นทางสีของโรคให้มากที่สุด โดยเลือกค่า b* Cb และ U

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

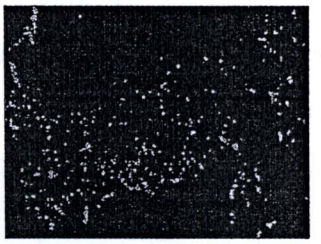
ซึ่งสามารถให้ลักษณะความแตกต่างของโรคแต่ละประเภทและการกระจายตัวของสีโรคที่แตกต่างกันทำให้การจำแนกกลุ่มสีโรคมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5.4



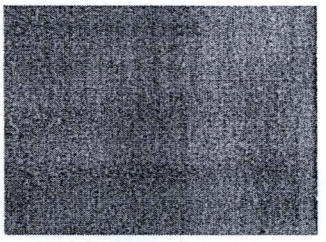
(ก) ภาพต้นแบบ



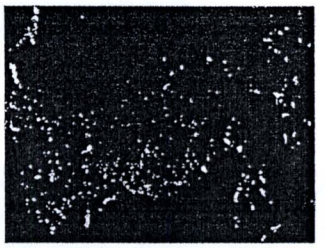
(ข) แปลงปริภูมิสีจาก RGB เป็น CIE L*a*b



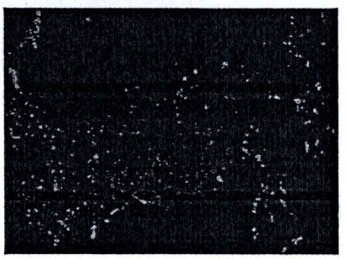
(ค) ช่อง b* ของปริภูมิสี CIE L*a*b



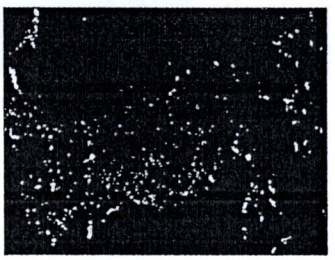
(ง) แปลงปริภูมิสีจาก RGB เป็น YCbCr



(จ) ช่อง Cr ของปริภูมิสี YCbCr



(ช) แปลงปริภูมิสีจาก RGB เป็น YUV



(ซ) ช่อง U ของปริภูมิสี YUV

**Error! Reference source not found.** การแปลงปริภูมิสีสำหรับการจำแนกประเภทของโรคใบองุ่น (ต่อ)

**5.4 กระบวนการดึงคุณลักษณะเด่นเฉพาะของโรค**

กระบวนการดึงคุณลักษณะเด่นสำหรับงานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลสีและข้อมูลเนื้อองค์ประกอบด้วยตัวกรองกาบอร์เวฟเลทเนื่องจากตัวกรองกาบอร์สามารถดึงคุณลักษณะเด่นของโรคในย่านความถี่และทิศทางที่แตกต่างกันได้อย่างชัดเจนอีกทั้งเป็นการเตรียมข้อมูลเนื้อองค์ประกอบที่มีความคล้ายคลึงหรือแตกต่างกันได้ รวมทั้งได้ทำการปรับปรุงคุณลักษณะของเนื้อองค์ประกอบที่ได้จากตัวกรองกาบอร์และข้อมูลสีให้มีคุณลักษณะของข้อมูลเนื้อองค์ประกอบและข้อมูลสีสำหรับการวิเคราะห์จำแนกประเภทของโรคได้ดียิ่งขึ้นด้วยการแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้นและการคำนวณพลังงานที่แวดล้อมโดยรอบจุดภาพนอกจากนี้ยังพิจารณาลักษณะการกระจายของจุดโรคด้วยค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลสีและข้อมูลเนื้อประกอบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกประเภทของโรคให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำภาพที่ผ่านการคัดแยกสีใบอุ่นออกจากภาพพื้นหลังมาทำการแปลงเป็นภาพระดับเทา

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อได้ข้อมูลของภาพระดับเทาแล้ว จากนั้นจึงทำการพิจารณาหาความสัมพันธ์เนื้อองค์ประกอบด้วยตัวกรองกาบอร์ ดังสมการที่ 5.1 ซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนจริงหรือฟังก์ชันคู่ (even function) และส่วนจินตภาพหรือฟังก์ชันคี่ (odd function) ของตัวกรองกาบอร์เวฟเลท สำหรับงานวิจัยนี้พิจารณาส่วนจริงของตัวกรองกาบอร์เนื่องจากในส่วนนี้จะปรากฏคุณลักษณะของเนื้อองค์ประกอบที่เด่นชัด

$$\psi_{u,v} = \frac{\left\|k_{u,v}\right\|^2}{\sigma^2} e^{(-\|k_{u,v}\|^2 \|z\|^2 / 2\sigma^2)} \left[ e^{ik_{u,v}z} - e^{-\sigma^2/2} \right] \tag{5.1}$$

$$k_{\mu,v} = k_v e^{i\phi_\mu} \qquad \text{โดยที่ } k_v = \frac{k_{\max}}{f^v} \text{ และ } \phi_\mu = \frac{\pi\mu}{8} \tag{5.2}$$

โดยที่ $u, v$ คือ มุมและขนาดของตัวกรองกาบอร์

$z$ คือ คู่พิกัด x, y ของภาพ

$k_{\mu,v}$ คือ เวกเตอร์คลื่น

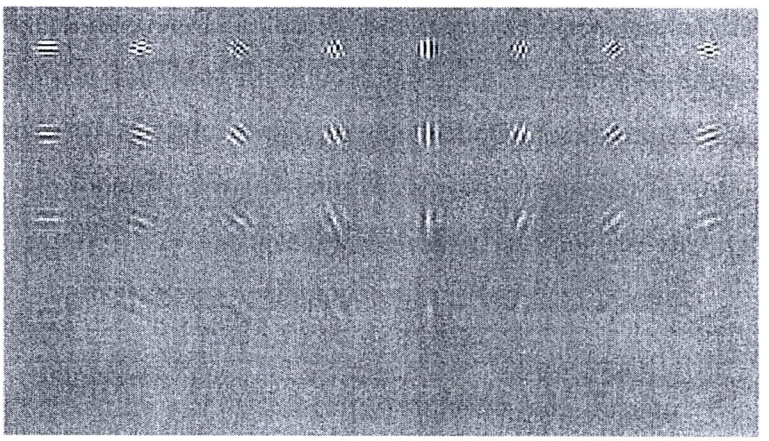
$k_{\max}$ คือ ค่าความถี่สูงสุด

$f$ คือ ปัจจัยระหว่างแก่นกลาง (kernels) ในโดเมนความถี่

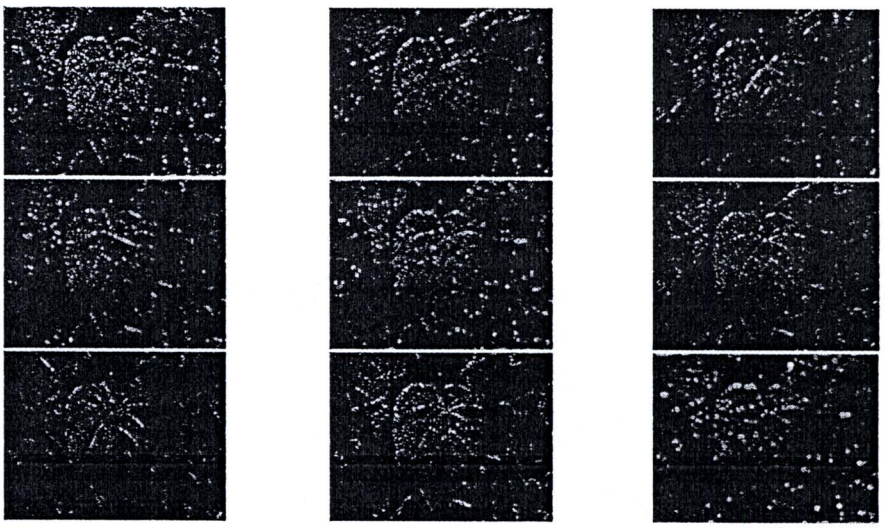
$\sigma$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของขนาดเกาส์เซียน

$k_v$ คือ ความถี่เชิงมุม

โดยพิจารณากำหนดให้ตัวกรองกาบอร์มีขนาด ($\nu$) เท่ากับ $\{0,...,4\}$ และมีการปรับทิศทาง ($\mu$) เท่ากับ $\{0,...,7\}$ สามารถพิจารณาแบงก์ของตัวกรองกาบอร์เวฟเลท (gabor filter bank) ที่มีองค์ประกอบเป็นส่วนจริงได้ตามรูปที่ 5.5 โดยมีจำนวนฟิลเตอร์แบงก์ทั้งหมด (filter banks) เท่ากับ $\nu \times \mu$ โดยกำหนดให้ $\sigma = 2\pi$ $k_{max} = \pi/2$ และ $f = \sqrt{2}$ ตามลำดับ



**รูปที่ 5.4** รูปร่างที่เป็นองค์ประกอบของส่วนจริงของตัวกรองกาบอร์ในโดเมนเวลา



**รูปที่ 5.5** ตัวอย่างการดึงคุณลักษณะเด่นเฉพาะของโรคด้วยส่วนจริงของตัวกรองกาบอร์เวฟเลทแบบ 3 ขนาด 3 มุม

ขั้นตอนที่ 3 จากนั้นจึงทำการพิจารณาข้อมูลจุดโรคภาพย่อยของภาพที่ผ่านการคัดแยกสีโรคออกจากใบอุ่นด้วยการตีกรอบหน้าต่างและนำข้อมูลของสีที่ได้จากหัวข้อที่ 5.3 และข้อมูลเนื้อองค์ประกอบที่ได้จากตัวกรองกาบอร์ซึ่งมีจำนวนเท่ากับจำนวนช่องสัญญาณของตัวกรองกาบอร์ที่ใช้มาทำการปรับปรุงคุณลักษณะของข้อมูลสีและเนื้อองค์ประกอบด้วยการแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดึงคุณลักษณะเด่นให้ดียิ่งขึ้น โดยนำข้อมูลสีและเนื้อองค์ประกอบเป็นอินพุทให้กระบวนการแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Mittal., Mital, and Chan, 1999) ดังสมการที่ 5.3 เป็นการเพิ่มการกระจายข้อมูลสีเป็นผลให้เกิดความแตกต่างระหว่างข้อมูลสีเพิ่มขึ้น

$$\psi(I_{f_k}(x,y)) = \tanh(\alpha I_{f_k}(x,y)) = \frac{1-e^{-2\alpha I_{f_k}(x,y)}}{1+e^{-2\alpha I_{f_k}(x,y)}} \tag{5.3}$$

โดยที่ $I_{f_k}(x,y)$ คือ ภาพที่ผ่านตัวกรองลำดับที่ $k$ ด้วยคู่พิกัด $(x,y)$

$\alpha$ คือ ค่าคงที่เท่ากับ 0.25

ขั้นตอนที่ 4 นำภาพที่ได้จากกระบวนการแปลงไม่เป็นเชิงเส้นมาพิจารณาหาความสัมพันธ์ของพลังงานที่แวดล้อมโดยรอบจุดภาพซึ่งเป็นการหาค่าพลังงานเฉลี่ยของจุดภาพ (Mittal., Mital, and Chan, 1999) ดังสมการที่ 5.4

$$e_k(x,y) = \frac{1}{M} \sum_{(x',y')\in L_{xy}} \left|\psi(I_{f_k}(x',y'))\right| \tag{5.4}$$

โดยที่ $e_k(x,y)$ คือ ภาพคุณลักษณะเนื้อองค์ประกอบและสีลำดับที่ $k$

$L_{xy}$ คือ ป้ายองค์ประกอบใด ๆ ของจุดโรคมีจำนวนจุดภาพทั้งหมด $M$ จุด

ขั้นตอนที่ 5 พิจารณาลักษณะการกระจายของจุดโรคด้วยค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลสีและเนื้อประกอบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกโรค ดังสมการที่ 5.5 และ 5.6

$$\mu_i = \frac{1}{N_p} \sum_{j=1}^{N_p} p_{ij} \tag{5.5}$$

$$\sigma_i = \sqrt{(\frac{1}{N_p}\sum_{j=1}^{N_p}(p_{ij} - \mu_i)^2)} \quad (5.6)$$

โดยที่ $\mu_i$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sigma_i$ คือ ค่าความแปรปรวน

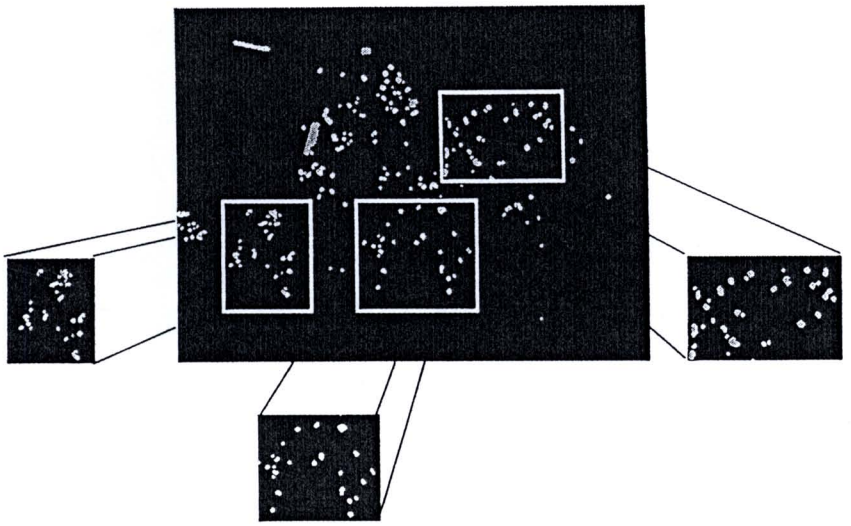
$p_{ij}$ คือ ค่าช่องปริภูมิสีที่ $i$ ของ $j$ จุดภาพ

$N_p$ คือ ผลรวมของจุดภาพทั้งหมด

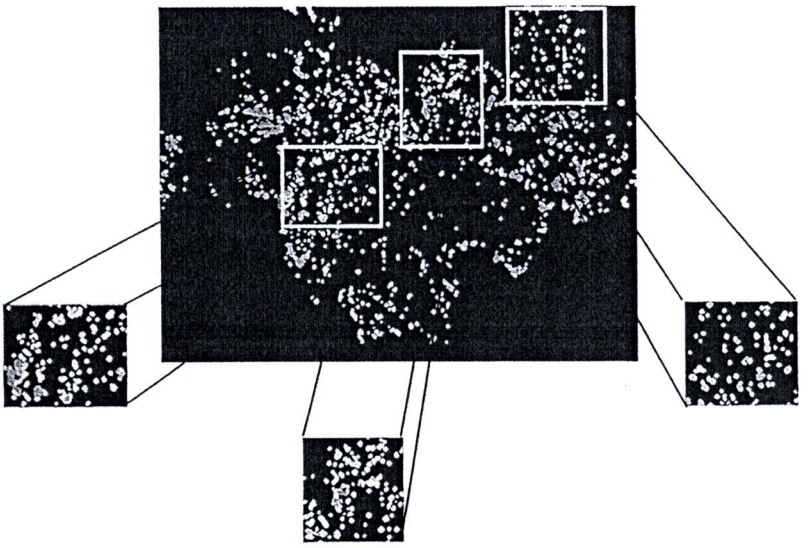
**5.5 กระบวนการจำแนกประเภทของโรค**

การจำแนกประเภทของโรคในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องเวกเตอร์เกื้อหนุนในการรู้จำ และระบุประเภทของโรค ซึ่งเป็นระบบที่ต้องมีผู้ฝึกสอนและหาสัมประสิทธิ์ของสมการ เพื่อสร้างเส้นแบ่งระนาบเกินที่ดีที่สุด สำหรับแยกกลุ่มข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่การเรียนรู้ของระบบ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดประเภทของกลุ่มข้อมูลอินพุตให้กับระบบ ซึ่งเป็นกระบวนการจำแนกชนิดกลุ่มข้อมูลแบบหลายกลุ่ม (multi-class support vector classifier) โดย Mayoraz and Alpaydm. (1998) สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลอินพุตในแต่ละกลุ่มจุดภาพของค่าพลังงานที่แวดล้อมโดยรอบจุดภาพ ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลเนื้อองค์ประกอบและข้อมูลแต่ละช่องปริภูมิสี b* Cb U โดยกำหนดให้ข้อมูลโรคสแคป ระบุกลุ่มเป้าหมายเป็นกลุ่ม 1 ข้อมูลโรคราสนิม ระบุกลุ่มเป้าหมายเป็นกลุ่ม 2 และข้อมูลที่ไม่เป็นโรค ระบุกลุ่มเป้าหมายเป็นกลุ่ม 3 ดังสมการที่ 5.7

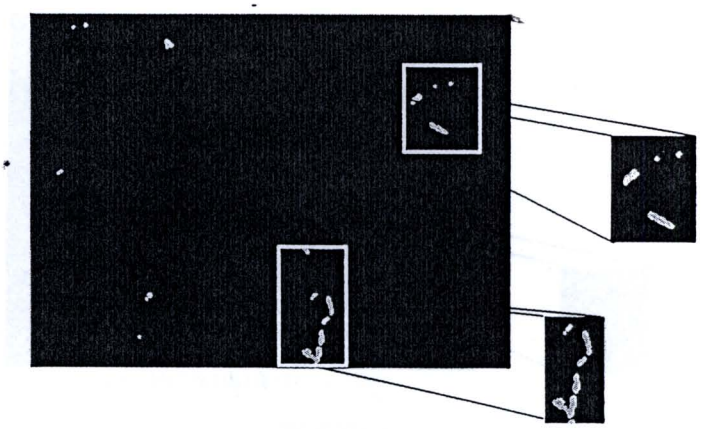


(ก) ข้อมูลโรคสแคป



(ข) ข้อมูลโรคราสนิม

**รูปที่ 5.6** ตัวอย่างข้อมูลโรคที่ใช้ฝึกสอน



(ค) ข้อมูลที่ไม่เป็นโรค

**รูปที่ 5.6** ตัวอย่างข้อมูลโรคที่ใช้ฝึกสอน (ต่อ)

$$\left\{ x_{scab} = \begin{bmatrix} e_{color\&gabor}(x,y) \\ \mu_{color\&gabor} \\ \sigma_{color\&gabor} \end{bmatrix}, y_{scab} = 1 \right\}$$
$$\left\{ x_{rust} = \begin{bmatrix} e_{color\&gabor}(x,y) \\ \mu_{color\&gabor} \\ \sigma_{color\&gabor} \end{bmatrix}, y_{rust} = 2 \right\} \quad (5.7)$$
$$\left\{ x_{Notdisease} = \begin{bmatrix} e_{color\&gabor}(x,y) \\ \mu_{color\&gabor} \\ \sigma_{color\&gabor} \end{bmatrix}, y_{Notdisease} = 3 \right\}$$

ซึ่งทำการฝึกสอนด้วยจำนวนตัวอย่างจุดโรคสแคปทั้งหมด 497 จุดโรคจากภาพโรคสแคปทั้งหมด 22 ภาพ จำนวนตัวอย่างจุดโรคราสนิมทั้งหมด 489 จุดโรคจากภาพโรคราสนิมทั้งหมด 21 ภาพและจำนวนตัวอย่างจุดที่ไม่เป็นโรคทั้งหมด 492 จุดที่ไม่เป็นโรคจากภาพที่ไม่เป็นโรคทั้งหมด 22 ภาพ (ภาคผนวก ค.) ดังแสดงในรูปที่ 5.7 เป็นตัวอย่างการเลือกข้อมูลจุดโรคแต่ละประเภทที่ได้จากการคัดแยกสีโรคออกจากใบองุ่นมาพิจารณาแบบป้ายองค์ประกอบสำหรับเป็นข้อมูลทางสีร่วมกับข้อมูลเนื้อองค์ประกอบของตัวกรองกาบอร์เวฟเลทที่ได้จากการคัดแยกผ่านพื้นหลังที่ใช้ในการฝึกสอนเครื่องเวกเตอร์เกื้อหนุน

ขั้นตอนที่ 2 ทำการกำหนดฟังก์ชันแก่นกลาง เนื่องจากพื้นฐานหลักการทำงานของเครื่องเวกเตอร์เกื้อหนุนนั้นมีรากฐานสำหรับการแก้ปัญหาแบบเชิงเส้น สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ฟังก์ชันแก่นกลางฐานหลักรัศมี เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการจำแนกประเภทของโรคใบอุ่นที่เหมาะสมกับภาพในงานวิจัยดังสมการที่ 5.9

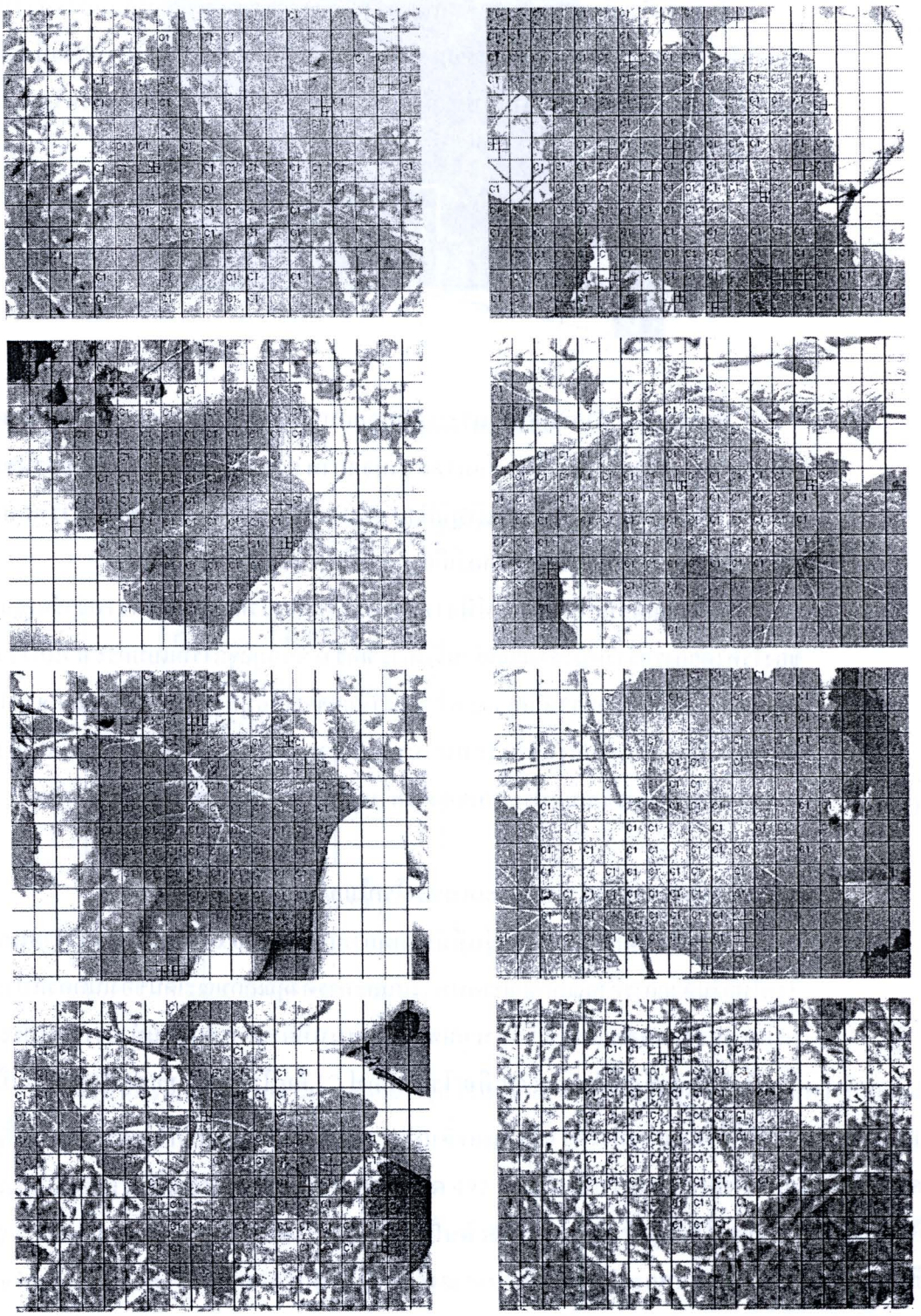
$$K(x_i, x_j) = \exp\left(-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{2\sigma^2}\right) \tag{5.8}$$

ขั้นตอนที่ 3 ทำการฝึกสอนระบบที่ออกแบบไว้และนำข้อมูลภาพที่ต้องการทดสอบโดยใช้กลุ่มจุดภาพของค่าพลังงานที่แวดล้อมโดยรอบจุดภาพ ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลเนื้อองค์ประกอบและข้อมูลแต่ละช่องปริภูมิสี b* Cb U เป็นข้อมูลของระบบที่ต้องการทดสอบมาทำการจำลอง (simulation) กับเครื่องเวกเตอร์เกื้อหนุนที่ได้ทำการฝึกสอนไว้แล้ว

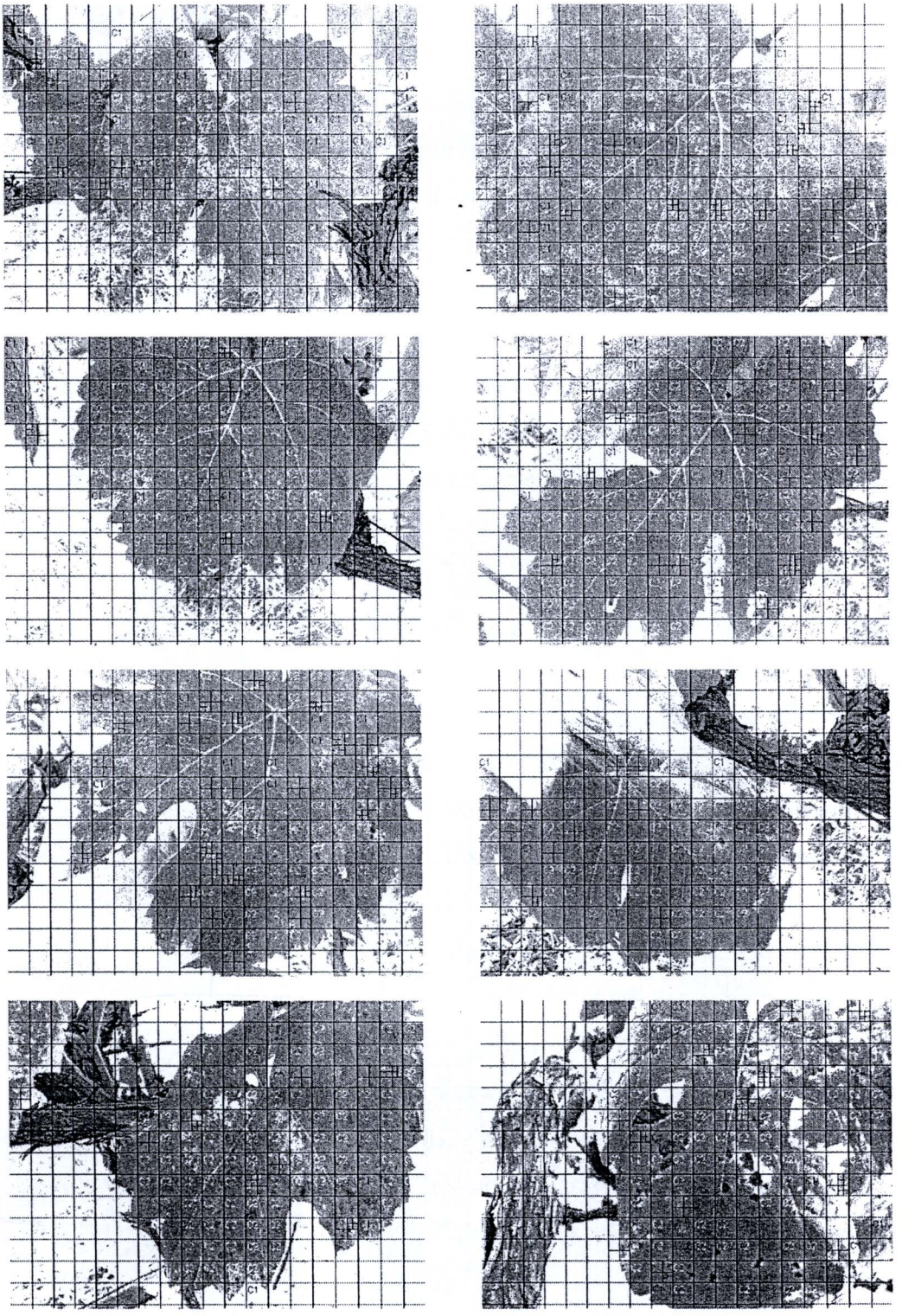
ซึ่งในขั้นตอนการวิเคราะห์พิจารณาประเภทของโรคจะทำการพิจารณาข้อมูลแต่ละจุดภาพของโรคโดยการสร้างหน้าต่างย่อยสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจุดโรคแบบกระบวนการวงแคบ (local processing) เพื่อให้สามารถวิเคราะห์รายละเอียดของข้อมูลจุดโรคได้ดียิ่งขึ้น จากนั้นจึงทำการพิจารณาวินิจฉัยโรคใบอุ่นของระบบแบบกระบวนการวงกว้าง (global processing) เพื่อพิจารณาความสามารถในการจำแนกประเภทของโรคใบอุ่นภายในภาพรวมทั้งหมดของภาพ

## 5.6 ผลการทดสอบการจำแนกประเภทของโรคใบอุ่น

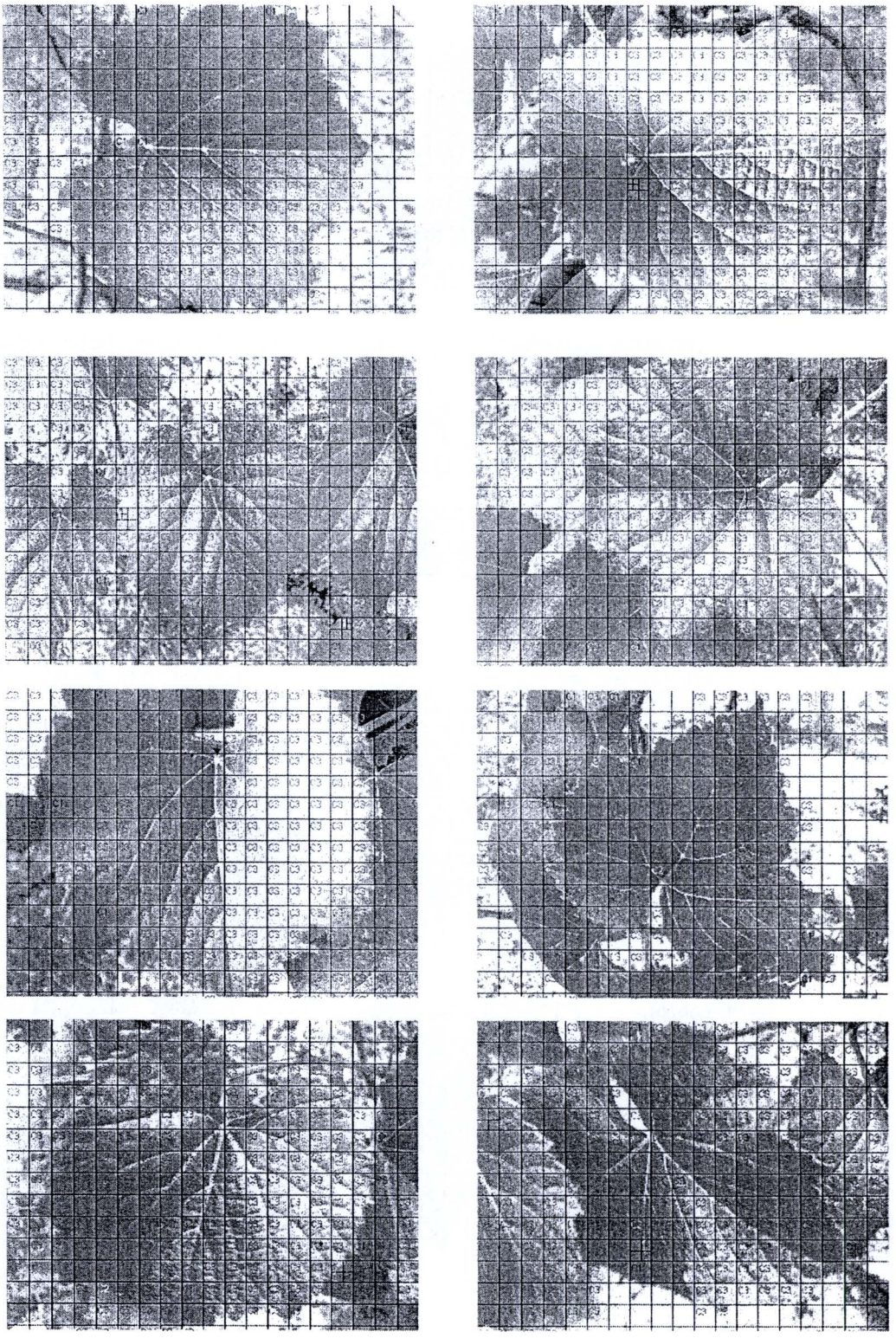
ด้วยการทดสอบภาพใบอุ่นที่มีขนาดภาพเท่ากับ 426 x 568 จุดภาพการจำแนกประเภทของโรคใบอุ่นด้วยการดึงคุณลักษณะเด่นทางสีและการดึงคุณลักษณะเด่นของเนื้อองค์ประกอบด้วยตัวกรองกาบอร์เวฟเลทและใช้เครื่องเวกเตอร์เกื้อหนุนที่ผ่านการฝึกสอนทำการระบุประเภทของโรคโดยที่สัญลักษณ์ภายในภาพ C1 คือ โรคสแคป C2 คือ โรคราสนิมและ C3 คือ ไม่เป็นโรคได้ผลดังต่อไปนี้



**รูปที่ 5.7** ตัวอย่างการวินิจฉัยใบองุ่นที่เป็นโรคสแคป



**รูปที่ 5.8** ตัวอย่างการวินิจฉัยใบองุ่นที่เป็นโรคราสนิม



**รูปที่ 5.9** ตัวอย่างการวินิจฉัยใบองุ่นที่ไม่เป็นโรค

เมื่อพิจารณารูปที่ 5.8-5.10 เป็นการวินิจฉัยโรคใบอุ่นในกรณีที่เป็นโรคสแคป ราสนิมและไม่เป็นโรคที่มีรูปร่างลักษณะของใบอุ่นในรูปแบบต่าง ๆ อีกทั้งยังมีลักษณะการวางตัว ขนาดและจำนวนของใบอุ่นที่หลากหลายพบว่าระบบยังสามารถทำการวิจิยฉัยใบอุ่นในกรณีต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังคงมีข้อจำกัดจากการเตรียมข้อมูลในการคัดแยกสีใบอุ่น และการคัดแยกสีโรคดังรายละเอียดที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 และ 4 ตามลำดับเป็นผลให้ระบบสามารถวินิจฉัยโรคผิดพลาดได้

## 5.7 สรุป

การจำแนกประเภทของโรคใบอุ่น โดยทำการปรับปรุงภาพด้วยการลบส่วนของข้อมูลที่ไม่ต้องการที่ได้จากการคัดแยกสีโรคของใบอุ่นได้แก่ ก้านใบ ส่วนที่เป็นใบอุ่น เป็นต้นเพื่อกำจัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องให้ได้ข้อมูลส่วนของโรคให้มากที่สุด อีกทั้งได้ทำการเพิ่มความแตกต่างระหว่างข้อมูลโรคด้วยการเพิ่มขอบของจุดภาพที่ได้จากการคัดแยกสีโรคเพื่อให้เกิดระดับสีขอบจุดโรคเป็นผลให้เกิดความแตกต่างระหว่างจุดโรคมากขึ้น ซึ่งช่วยให้การวิเคราะห์มีความเที่ยงตรงยิ่งขึ้นและเมื่อพิจารณาดึงคุณลักษณะเด่นโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลสีที่ได้จากการแปลงปริภูมิสีจาก RGB เป็นปริภูมิสี CIE L*a*b YCbCr และ YUV โดยพิจารณาช่องปริภูมิสี b* Cb และ U เนื่องจากสามารถให้ลักษณะความแตกต่างของจุดโรคแต่ละประเภทและการกระจายตัวของข้อมูลสีโรคได้แตกต่างกันอย่างชัดเจนร่วมกับการพิจารณาข้อมูลเนื้อองค์ประกอบด้วยตัวกรองกาบอร์เวฟเลท ซึ่งสามารถดึงคุณลักษณะเด่นของโรคในแต่ละย่านความถี่และทิศทางได้อย่างชัดเจนและเป็นการเตรียมข้อมูลเนื้อองค์ประกอบที่มีความคล้ายคลึงหรือแตกต่างกันได้พร้อมทั้งได้ทำการปรับปรุงคุณลักษณะของเนื้อองค์ประกอบที่ได้จากตัวกรองกาบอร์และข้อมูลสีให้มีคุณลักษณะของข้อมูลเนื้อองค์ประกอบและข้อมูลสีสำหรับการวิเคราะห์จำแนกประเภทของโรคได้ดียิ่งขึ้นด้วยการแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้นและการคำนวณพลังงานที่แวดล้อมโดยรอบจุดภาพและพิจารณาลักษณะการกระจายของจุดโรคด้วยค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลสีและเนื้อประกอบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกประเภทของโรคให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจากการดึงคุณลักษณะเด่นดังกล่าวพบว่าระบบสามารถดึงคุณลักษณะเด่นของโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นผลให้เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการดึงคุณลักษะเด่นมาทำการฝึกสอนให้ SVMs เป็นตัวจำแนกประเภทของโรคใบอุ่นพบว่าระบบสามารถจำแนกประเภทของโรคใบอุ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถพิจารณาได้จากผลการทดสอบการจำแนกประเภทของโรคใบอุ่นที่เป็นโรคสแคป ราสนิมและไม่เป็นโรคพบว่าระบบสามารถจำแนกชนิดของโรคใบอุ่นได้เป็นอย่างดี แต่ยังคงมีข้อจำกัดจากการเตรียมข้อมูลการคัดแยกสีใบอุ่นออกจากภาพพื้นหลังและการคัดแยกสีโรคออกจากใบอุ่นดังรายละเอียดที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 และ 4 ตามลำดับเป็นผลให้ระบบสามารถวินิจฉัยโรคผิดพลาดได้