

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านการประมวลผลภาพที่นำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบสภาพอะแดปเตอร์การ์ด ผู้วิจัยได้มีการศึกษาทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบความผิดปกติแบบอัตโนมัติหลายหัวข้อ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้ได้มีการศึกษาทฤษฎีและวิธีการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง อันได้แก่ การแปลงภาพสีให้เป็นภาพระดับเทา การหาค่าสหสัมพันธ์ การหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยน การแปลงภาพระดับเทาเป็นภาพขาวดำ การติดป้ายส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน การประมวลผลภาพด้วยองค์ประกอบโครงสร้าง (Morphology) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การแปลงภาพสีให้เป็นภาพระดับเทา

ระบบสี RGB (Red-green-blue color system) เกิดจากการรวมกันของแสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน โดยทั่วไป จะนำระบบสี RGB มาใช้ในจอภาพแบบ CRT (Cathode Ray Tube Monitor) และโมเดลสี (Color space) ประกอบด้วย 3 แม่สีหลัก ได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ถ้านำแต่ละแม่สีมาพล็อตกราฟในระดับพิกัดโมเดลสีโดยแต่ละสีมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 ("0" แสดงถึงค่าความมืด และ "1" แสดงถึง ค่าความสว่าง) จะได้ภาพการผสมสีทางแสงหรือการบวกแม่สีเข้าด้วยกัน (Additive Primary Color) ถ้าภาพสี ณ จุดพิกเซลหนึ่ง คือ (R,G,B) แล้วดำเนินการแปลงเป็นภาพระดับเทา ณ ตำแหน่งพิกเซลนั้นโดยมีค่าระดับเทา (Intensity value: I) คือ

$$I = (0.2989 \times R) + (0.5870 \times G) + (0.1140 \times B) \quad (1)$$

เมื่อ I	คือ ค่าระดับเทา ซึ่งเป็นเลขจำนวนเต็มอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255
R	คือ ค่าระดับแดง ซึ่งเป็นเลขจำนวนเต็มอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255
G	คือ ค่าระดับเขียว ซึ่งเป็นเลขจำนวนเต็มอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255
B	คือ ค่าระดับน้ำเงิน ซึ่งเป็นเลขจำนวนเต็มอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255

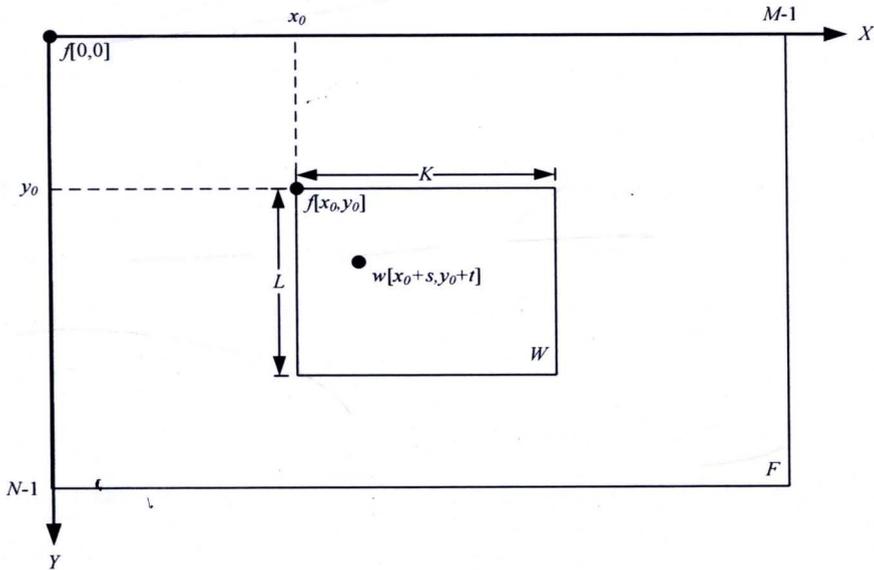
การหาค่าสหสัมพันธ์

สหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นค่าสถิติที่ใช้ในการวัดความสัมพันธ์ของตัวแปรสองตัว ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าสหสัมพันธ์ในการระบุตำแหน่งของเม็ดโคมที่เรารู้จากภาพอะแดปเตอร์การ์ด เพื่อนำมาวิเคราะห์และตรวจหาเม็ดโคมดังกล่าว สมมติว่า W ซึ่งเรียกว่าภาพต้นฉบับ คือ สัญลักษณ์ของภาพบริเวณที่มีเม็ดโคมที่มีขนาด $K \times L$ พิกเซล และ F ซึ่งเรียกว่าภาพทดสอบ คือ สัญลักษณ์ของภาพอะแดปเตอร์การ์ดที่มีขนาด $M \times N$ พิกเซล โดยปกติภาพบริเวณที่มีเม็ดโคมมีขนาดพื้นที่น้อยกว่าขนาดพื้นที่ของภาพอะแดปเตอร์การ์ด ดังนั้น เลขจำนวนเต็ม $K \leq M$ และเลขจำนวนเต็ม $L \leq N$ จากหลักการของสหสัมพันธ์ เราสามารถหาค่าสหสัมพันธ์ของค่าระดับเทา ระหว่างภาพต้นฉบับและภาพทดสอบ ณ ตำแหน่งพิกเซล $[x, y]$ ได้ว่า (Rafael Gonzalez and Richard Woods, 2002, pp.701-702)

$$c[x, y] = \sum_{s=0}^{L-1} \sum_{t=0}^{K-1} f[s, t]w[x+s, y+t] \quad (2)$$

โดยที่ $x=0,1,2,\dots,M-1$ และ $y=0,1,2,\dots,N-1$ เป็นเลขดัชนีที่ระบุตำแหน่งตามแนวนอนและตำแหน่งตามแนวตั้งของค่าสหสัมพันธ์ $c[x, y]$ ตามลำดับ

กระบวนการหาค่าสหสัมพันธ์ $c[x, y]$ ในสมการ (1) ซึ่งเป็นผลรวมของผลคูณค่าระดับเทาแต่ละพิกเซลในพื้นที่ที่ทับซ้อนกันระหว่างภาพต้นฉบับ W และภาพทดสอบ F เริ่มต้นด้วยนำตำแหน่งพิกเซลมุมบนซ้ายของภาพต้นฉบับ W วางทับตรงกับตำแหน่งพิกเซลมุมบนซ้ายของภาพทดสอบ F ต่อมาคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์ $c[0,0]$ ตามสมการ (1) จากนั้นเลื่อนภาพต้นฉบับ W ไปทางแนวแกน X อีกหนึ่งพิกเซลเพื่อคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์ $c[1,0]$ ทำการเลื่อนและคำนวณเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งครบหนึ่งแถว ซึ่งจะได้รับผลลัพธ์ของค่าสหสัมพันธ์ต่อมา ดังนี้ $c[2,0]$, $c[3,0]$, $c[4,0]$, ..., $c[M-1,0]$ จากนั้นคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์เหมือนกับแถวที่สองตามแนวทางที่กล่าวมาแล้ว จะได้ผลลัพธ์ของค่าสหสัมพันธ์สำหรับแถวที่สองจำนวนอีก $M-1$ ค่าคือ $c[0,1]$, $c[1,1]$, $c[2,1]$, ..., $c[M-1,1]$ สำหรับทุกตำแหน่งพิกเซลของขนาดภาพทดสอบ F ($x_0=0,1,2,\dots,M-1$ และ $y_0=0,1,2,\dots,N-1$) เมื่อทำการเลื่อนภาพต้นฉบับไปยังตำแหน่งพิกเซล $[x_0, y_0]$ ดังที่แสดงไว้ในภาพ 1 สามารถหาค่าสหสัมพันธ์ $c[x_0, y_0]$ ได้ทั้งหมดจำนวน MN ค่า หากตำแหน่งพิกเซลใดของภาพทดสอบ $[x_0, y_0]$ อยู่นอกกรอบภาพทดสอบขนาด $M \times N$ พิกเซล จะกำหนดให้ $f[x_0, y_0]=0$



ภาพ 1 กระบวนการการหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างภาพทดสอบ F กับภาพต้นฉบับ W

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบเฉพาะบริเวณเซลล์ของอะแดปเตอร์การ์ดจากภาพถ่ายอะแดปเตอร์การ์ดที่มีขนาด $1,536 \times 2,048$ พิกเซล โดยเลือกเฉพาะบริเวณภาพเซลล์ที่น่าสนใจของอะแดปเตอร์การ์ดเพื่อนำภาพดังกล่าวมาวิเคราะห์หาเม็ดโฟม ในงานวิจัยนี้ ได้ใช้วิธีการสหสัมพันธ์ข้ามนอร์มัลไลซ์มาระบุตำแหน่งของภาพที่เราสนใจจากภาพอะแดปเตอร์การ์ดด้วยการเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับที่มีขนาด 102×700 พิกเซล ซึ่งคัดเลือกมาจากภาพอะแดปเตอร์การ์ดที่ไม่มีเม็ดโฟมโดยผู้เชี่ยวชาญ

สามารถหาค่าสหสัมพันธ์ข้ามนอร์มัลไลซ์ (J. P. Lewis, 1995) ได้ว่า

$$\gamma(u, v) = \frac{\sum_{x,y} [f(x, y) - \mu_f] [t(x-u, y-v) - \mu_t]}{\left\{ \sum_{x,y} [f(x, y) - \mu_f]^2 \sum_{x,y} [t(x-u, y-v) - \mu_t]^2 \right\}^{0.5}} \quad (3)$$

เมื่อ $\gamma(u, v)$ คือ ค่าสหสัมพันธ์ข้ามนอร์มัลไลซ์ระหว่างภาพ f กับภาพ t ที่พิกัด (u, v)

$f(x, y)$ คือ ค่าระดับเทาของภาพ f ที่พิกัด (x, y)

$t(x, y)$ คือ ค่าระดับเทาของภาพ t ที่พิกัด (x, y)

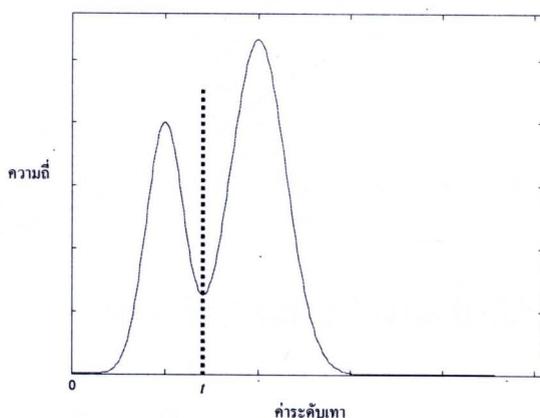
μ_f คือ ค่าเฉลี่ยระดับเทาของภาพที่สนใจ

μ_t คือ ค่าเฉลี่ยระดับเทาของภาพต้นฉบับ

การหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยน

การหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (Threshold) โดยปกติจะทำการกำหนดค่าคงที่ขึ้นมาหนึ่งค่าเพื่อนำมาใช้เป็นตัวตัดสินเริ่มเปลี่ยนจากค่าระดับเทาใดๆ เป็นขาวหรือดำ ซึ่งโอกาสที่จะได้ค่าคงที่ที่เหมาะสมเป็นไปได้น้อย ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนแบบอัตโนมัติที่เหมาะสม (Nobuyuki Otsu, 1979) จึงเป็นอีกวิธีที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เพื่อแปลงภาพระดับเทาของอะแดปเตอร์การ์ดเป็นภาพขาวดำ

สมมติว่า W คือ ภาพระดับเทาที่มีขนาด $K \times L$ พิกเซลและมีฮิสโตแกรมแบบสองยอด (Bimodal histogram) ดังที่แสดงไว้ในภาพ 2 ภาพระดับเทาที่มีคุณลักษณะสมบัติของฮิสโตแกรมที่มี 2 ยอดจะเป็นภาพวัตถุที่มีความแตกต่างกับฉากพื้นหลังอย่างเห็นเด่นชัด เมื่อเลือกค่าขีดเริ่มเปลี่ยน t ที่เหมาะสม ทำให้สามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลังได้อย่างง่ายหลังจากใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนนี้จากภาพระดับเทาเป็นภาพไบนารี (ภาพขาวดำ) แต่โดยทั่วไปภาพระดับเทาส่วนใหญ่ไม่มีคุณลักษณะสมบัติของฮิสโตแกรมแบบสองยอดเช่นนี้ จึงเป็นงานที่ทำทนายในการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยน t ที่เหมาะสม



ภาพ 2 ฮิสโตแกรมที่มีสองยอด

ในงานวิจัยนี้ หาค่าขีดเริ่มเปลี่ยนแบบอัตโนมัติที่เหมาะสม (Nobuyuki Otsu, 1979) ได้จากการเลือกค่าขีดเริ่มเปลี่ยน $t \in \{0, 1, 2, \dots, 255\}$ ที่ทำให้ค่าความแปรปรวนภายในกลุ่มรวมกัน (Within-class variance) น้อยที่สุด โดยทั่วไปนิยามค่าความแปรปรวนภายในกลุ่มรวมกัน (σ_w^2) มีค่าเท่ากับผลรวมของผลคูณค่าความแปรปรวนกับจำนวนพิกเซลของแต่ละกลุ่ม หรืออาจเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ว่า

$$\sigma_w^2[t] = \omega[t]\sigma_0^2[t] + (1 - \omega[t])\sigma_1^2[t] \quad (4)$$

โดยที่ $\omega[t]$ คือ ผลรวมของค่าความน่าจะเป็นที่เมื่อค่าระดับเทาน้อยกว่า t ในขณะที่ $\sigma_b^2[t]$ และ $\sigma_r^2[t]$ คือ ค่าความแปรปรวนของค่าระดับเทาในกรณีค่าระดับเทาน้อยกว่า t และค่าความแปรปรวนของค่าระดับเทาในกรณีค่าระดับเทามากกว่าหรือเท่ากับ t ตามลำดับ

นอกจากนี้ เนื่องจากความซับซ้อนและยุ่งยากในการหาคำตอบจากสมการ (4) เราสามารถเลือกค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม t ที่ทำให้ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มมากที่สุด โดยค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม $\sigma_b^2[t]$ มีนิยามว่า (Nobuyuki Otsu, 1979)

$$\sigma_b^2[t] = \frac{\{\mu_r \omega[t] - \mu[t]\}^2}{\omega[t](1 - \omega[t])} \quad (5)$$

โดยที่ μ_r และ $\mu[t]$ คือค่าเฉลี่ยของค่าระดับเทาของภาพและค่าโมเมนต์สะสมอันดับหนึ่งของฮิสโตแกรมตั้งแต่ค่าระดับเทา 0 จนถึง $t-1$

เพื่อให้ได้ภาพไบนารีของอะแดปเตอร์การ์ดที่นำมาตรวจสอบหาเม็ดโพลีมีความละเอียดและชัดเจนขึ้น สามารถแปลงภาพระดับเทาเป็นภาพไบนารีโดยการใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนหลายระดับ ซึ่งนิยามว่า

$$\{t_1, t_2, \dots, t_{M-1}\} = \text{Arg Max}_{1 \leq t_1 < \dots < t_{M-1} < L} \{\sigma_b^2(t_1, t_2, \dots, t_{M-1})\} \quad (6)$$

โดยที่ M คือ ค่าระดับของค่าขีดเริ่มเปลี่ยน ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ค่าของ M เท่ากับ 2 ระดับ หรือ 3 ระดับ

การแปลงภาพระดับเทาเป็นภาพขาวดำ

เมื่อได้รับค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม $t = t^*$ จากที่กล่าวมาข้างต้น นำค่าคงที่นี้มาใช้ในการแปลงภาพระดับเทาเป็นภาพขาวดำ (binary image) กำหนดให้ $w[x, y]$ และ $b[x, y]$ เป็นค่าระดับเทาของภาพระดับเทาและภาพขาวดำ ตามลำดับ โดยการใช้ตัวดำเนินการขีดเริ่มเปลี่ยนแบบแข็ง (Gonzalez and Woods, 2002, p.607) สามารถหาค่าระดับเทาของภาพขาวดำที่ตำแหน่ง $[x, y]$ ได้ว่า

$$b[x, y] = \begin{cases} 1 & \text{if } w[x, y] \geq t^* \\ 0 & \text{if } w[x, y] < t^* \end{cases} \quad (7)$$

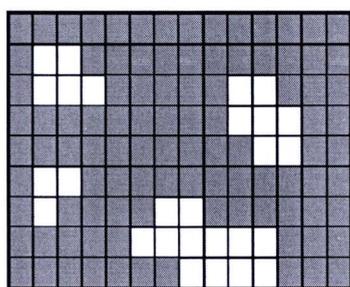
การติดป้ายส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน

เมื่อได้รับภาพขาวดำจากหัวข้อย่อยข้างต้น อาจมีพิกเซลของวัตถุขาดหายไป จึงมีความจำเป็นต้องมีการเติมเต็มพิกเซลของวัตถุที่ขาดหายไปด้วยวิธีการติดป้ายส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน ซึ่งเป็นการติดป้ายให้กับแต่ละส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันในภาพลักษณะฐานสอง โดยที่การติดป้ายคือ สัญลักษณ์ที่ตั้งชื่อให้กับแต่ละส่วนประกอบ สามารถใช้การติดป้ายในการหาจำนวนวัตถุในภาพได้ด้วยการกำหนดค่าให้กับพิกเซลต่างๆ พิกเซลในภาพที่มีสีขาวหรือมีค่าระดับเทาเป็น 1 ที่อยู่ติดกันจะมีป้ายชื่อเดียวกันเพื่อบอกว่าเป็นวัตถุชิ้นเดียวกัน

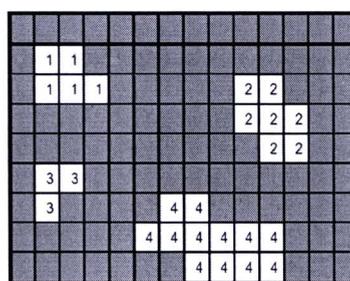
ภาพ 3(ก) เป็นตัวอย่างภาพไบนารีซึ่งมีค่าระดับเทา 0 คือสีดำและมีค่าระดับเทา 1 คือสีขาวซึ่งแสดงถึงวัตถุ จะเห็นได้ว่ามีวัตถุ 4 อัน

วิธีการติดป้ายให้กับภาพ 3(ก) มีขั้นตอน ดังนี้ ให้สแกนพิกเซลตั้งแต่มุมบนซ้ายสุดตามแนวแถวแบบซิกแซกไปเรื่อยๆ เมื่อยังไม่พบค่าระดับเทา 1 ถ้าพบตำแหน่งพิกเซลใดที่มีค่าระดับเทา 1 ให้หยุดแล้วตรวจสอบค่าระดับเทาของพิกเซลรอบข้างแบบ 8 ทิศทาง (Gonzalez and Woods, 2002, p.66) หาพิกเซลรอบข้างใดมีค่าระดับเทา 1 ด้วยให้เก็บค่าตำแหน่งของพิกเซลเหล่านั้นไว้ในคิว ต่อมาให้ตรวจสอบพิกเซลรอบข้างของกลุ่มพิกเซลรอบข้างเหล่านี้ว่ายังมีตำแหน่งรอบข้างใดมีค่าระดับเทา 1 ถ้ามีก็ให้ทำการเก็บตำแหน่งของพิกเซลไว้ในคิวอีก ทำการตรวจสอบไปเรื่อยๆ จนไม่พบค่าระดับเทา 1 ในพิกเซลข้างเคียงอีก ให้ระบุได้ว่าตำแหน่งกลุ่มพิกเซลทั้งหมดเหล่านี้เป็นวัตถุเดียวกับ ทำการ "ป้ายชื่อ 1" พร้อมกับเปลี่ยนค่าระดับเทาให้เป็น 0 เพื่อลบวัตถุนี้ออกจากภาพ แต่ยังคงเก็บตำแหน่งของกลุ่มพิกเซลป้ายชื่อ 1

ให้ดำเนินการหาวัตถุต่อไปตามขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นจนผลลัพธ์ดังภาพ 3(ข)



(ก)



(ข)

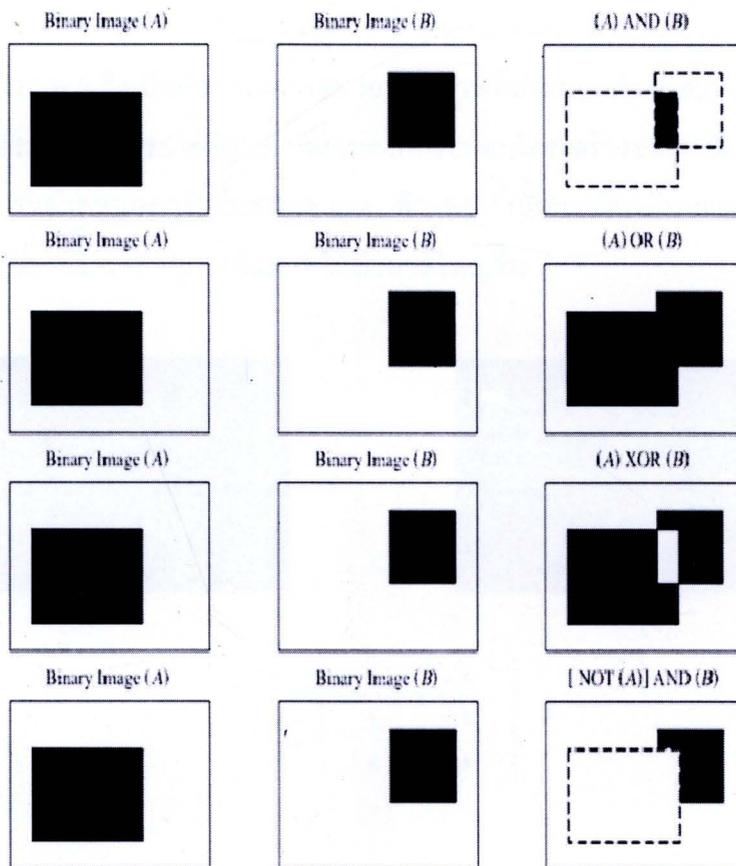
ภาพ 3 การติดป้ายส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน (ก) ภาพก่อนติดป้าย (ข) ภาพหลังติดป้าย

การประมวลผลภาพด้วยองค์ประกอบโครงสร้าง (Gonzalez and Woods, 2002, p.519)

การประมวลผลภาพด้วยองค์ประกอบโครงสร้าง เป็นกระบวนการพื้นฐานอย่างหนึ่งในการประมวลผลภาพ ซึ่งใช้ในการตัดต่อหรือแต่งเติมส่วนของรูปภาพ ในการประมวลผลภาพด้วยองค์ประกอบโครงสร้าง จะอาศัยหลักพื้นฐานทฤษฎีของเซต โดยเซตในทางรูปร่างและโครงร่างของภาพนั้น เป็นการแทนรูปร่างหรือรูปทรงของวัตถุในภาพ เช่นกลุ่มข้อมูลจุดภาพสีดำทั้งหมดในภาพขาวดำ เป็นต้น ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการดึงวัตถุที่ต้องการจากรูปภาพเพื่ออธิบายรูปร่างต่างๆของวัตถุ หรือใช้ในกระบวนการปรับปรุงรูปภาพเพื่อนำรูปภาพที่ได้ไปวิเคราะห์

กระบวนการทางตรรกพื้นฐานของภาพขาวดำ

กระบวนการทางตรรกพื้นฐานของภาพขาวดำสำหรับการประมวลผลภาพคือ AND, OR ซึ่งเป็นการทำงานที่พิกเซลต่อพิกเซลของภาพตั้งแต่สองภาพขึ้นไป ยกเว้นในกรณีของ NOT จะเป็นการกระทำต่อพิกเซลสำหรับภาพเดียว ผลของกระบวนการตรรกทางภาพขาวดำแสดงดังภาพ 4



ภาพ 4 กระบวนการทางตรรกของภาพขาวดำ

การขยายขอบภาพ (Dilation)

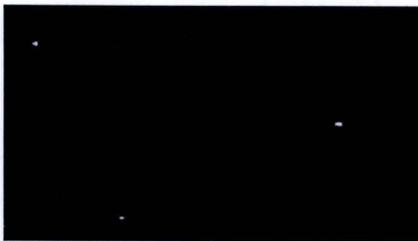
การขยายขอบภาพเป็นกระบวนการที่ใช้สำหรับเปลี่ยนพิกเซลที่มีค่าเป็น 0 ซึ่งติดอยู่กับพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 ให้มีค่าเป็น 1 ด้วย โดยกำหนดให้เซต A และ B เป็นเซตของ z^2 โดยที่ z^2 เป็นเซตของพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 ในภาพขาวดำ ซึ่งการดำเนินการขยายขอบภาพของ A โดย B เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $A \oplus B$ มีนิยามดังสมการ

$$A \oplus B = \{z | ((\hat{B})_z \cap A) \neq \emptyset\} \quad (8)$$

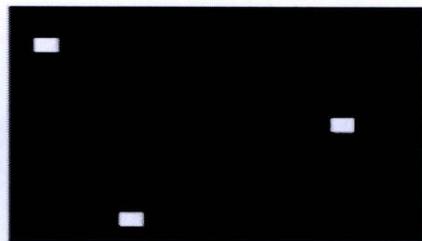
โดยที่ A = ภาพที่ต้องการขยายขอบภาพ

B = คือองค์ประกอบโครงสร้าง (structuring element); Z = เซตข้อมูลพิกเซล

จากนิยามหมายความว่า การขยายขอบภาพเป็นผลสะท้อนขององค์ประกอบโครงสร้าง และการเลื่อนองค์ประกอบโครงสร้างไปที่ละพิกเซล และเมื่อทำการเลื่อนองค์ประกอบโครงสร้างผ่านพิกเซลใดในภาพให้ทำการอินเตอร์เซกชันระหว่างภาพกับองค์ประกอบโครงสร้างว่าเท่ากับเซตว่างหรือไม่ ถ้าไม่เท่ากับเซตว่างให้เปลี่ยนจุดกึ่งกลางของภาพภายในองค์ประกอบโครงสร้างให้เป็น 1 ดังแสดงในภาพ 5 ซึ่งเป็นตัวอย่างการขยายขอบภาพที่ประกอบด้วยวัตถุสี่เหลี่ยมขนาด 2×2 พิกเซล เมื่อผ่านกระบวนการขยายขอบภาพด้วยองค์ประกอบโครงสร้างขนาด 3×3 พิกเซล ผลที่ได้ภาพต้นฉบับมีการขยายขอบภาพเป็นขนาด 4×4 พิกเซล ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการดำเนินการขยายขอบภาพเป็นการขยายวัตถุต่างๆภายในภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้น



(ก)



(ข)

1	1	1
1	1	1
1	1	1

(ค)

ภาพ 5 ตัวอย่างการขยายขอบภาพ (ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ผลการขยายขอบภาพ (ค) องค์ประกอบโครงสร้าง

การกัดกร่อนขอบภาพ (Erosion)

การกัดกร่อนขอบภาพเป็นกระบวนการที่ใช้สำหรับเปลี่ยนพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 ซึ่งติดอยู่กับพิกเซลที่มีค่าเป็น 0 ให้มีค่าเป็น 0 ด้วย โดยกำหนดให้เซต A และ B เป็นเซตของ z^2 โดยที่ z^2 เป็นเซตของพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 ในภาพขาวดำ ซึ่งการดำเนินการกัดกร่อนขอบภาพของ A โดย B เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $A \ominus B$ มีนิยามดังสมการ

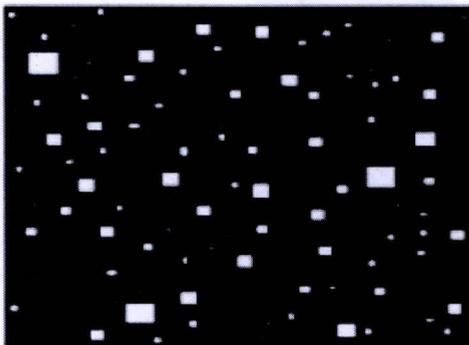
$$A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\} \quad (9)$$

โดยที่ A = ภาพที่ต้องการกัดกร่อนขอบภาพ

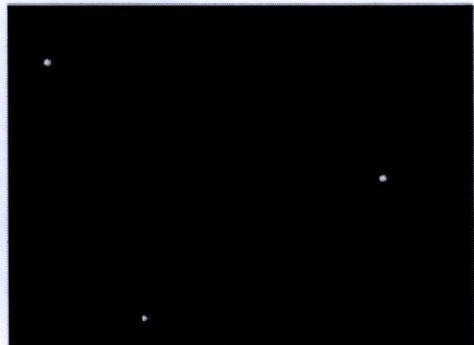
B = องค์ประกอบโครงสร้าง

Z = เซตข้อมูลพิกเซล

จากนิยามหมายความว่า การกัดกร่อนขอบภาพเป็นการเลื่อนองค์ประกอบโครงสร้าง B ไปที่ละพิกเซลพร้อมกับตรวจสอบว่าข้อมูลภายในองค์ประกอบโครงสร้างเป็นสับเซตของภาพภายในองค์ประกอบโครงสร้างหรือไม่ ถ้า B เป็นสับเซตตามเงื่อนไขของสมการ ให้กำหนดจุดกึ่งกลางของภาพให้มีค่าเป็น 1 ดังแสดงในภาพ 6 ซึ่งเป็นตัวอย่างการกัดกร่อนขอบภาพที่ประกอบด้วยวัตถุสี่เหลี่ยมขนาด 1,3,5,7,9 และ 15 พิกเซล เมื่อผ่านกระบวนการกัดกร่อนขอบภาพด้วยองค์ประกอบโครงสร้างขนาด 13×13 พิกเซล ผลที่ได้จะคงเหลือส่วนของวัตถุที่มีขนาด 15 พิกเซลของภาพต้นฉบับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการดำเนินการกัดกร่อนขอบภาพเป็นการกัดกร่อนวัตถุต่างๆ ภายในภาพให้มีขนาดเล็กลง



(ก)



(ข)

ภาพ 6 ตัวอย่างการกัดกร่อนขอบภาพ (ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ผลการกัดกร่อนขอบภาพ

การเปลี่ยนรูปแบบเปิด (Opening)

การเปลี่ยนรูปแบบเปิดเป็นกระบวนการที่ใช้สำหรับกำจัดรายละเอียดของวัตถุขนาดเล็กที่ยื่นออกมา เมื่อรายละเอียดของภาพที่สนใจยังคงไว้เหมือนเดิม ซึ่งการดำเนินการเปลี่ยนรูปแบบเปิดของภาพ A โดย B เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $A \circ B$ มีนิยามดังสมการ

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (10)$$

โดยที่ A = ภาพที่ต้องการเปลี่ยนรูปแบบเปิด

B = องค์ประกอบโครงสร้าง

การเปลี่ยนรูปแบบเปิดเป็นการกระทำระหว่างภาพกับองค์ประกอบโครงสร้าง ด้วยกระบวนการกัดกร่อนขอบภาพและการขยายขอบภาพตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 7



(ก)



(ข)

ภาพ 7 ตัวอย่างการเปลี่ยนรูปแบบเปิดของภาพ

(ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ผลการเปลี่ยนรูปแบบเปิด

การเปลี่ยนรูปแบบปิด (Closing)

การเปลี่ยนรูปแบบปิดเป็นกระบวนการที่ตรงกันข้ามกับกระบวนการเปลี่ยนรูปแบบเปิด กล่าวคือ กระบวนการเปลี่ยนรูปแบบปิดเป็นกระบวนการใช้สำหรับอุดร่องขนาดเล็กของวัตถุ ในขณะที่มุมของภาพยังคงเดิม ซึ่งการดำเนินการเปลี่ยนรูปแบบปิดของภาพ A โดย B เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $A \bullet B$ มีนิยามดังสมการ

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (11)$$

โดยที่ A = ภาพที่ต้องการเปลี่ยนรูปแบบปิด

B = องค์ประกอบโครงสร้าง



การเปลี่ยนรูปแบบปิดเป็นการกระทำระหว่างภาพกับองค์ประกอบโครงสร้าง ด้วยกระบวนการขยายขอบภาพและการกัดกร่อนขอบภาพตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 8



(ก)



(ข)



ภาพ 8 ตัวอย่างการเปลี่ยนรูปแบบปิดของภาพ
(ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ผลการเปลี่ยนรูปแบบปิด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบความผิดปกติแบบอัตโนมัติหลายเรื่อง แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มียงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการตรวจสอบสภาพอะแดพเตอร์การ์ด ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบความผิดปกติ มีดังต่อไปนี้

N. Otsu, (1979) นำเสนอวิธีการเลือกค่าขีดเริ่มเปลี่ยนแบบอัตโนมัติจากฮิสโตแกรมของภาพระดับสีเทา โดยเริ่มจากหาโมเมนต์สะสม (cumulative moments) อันดับทีศูนย์และอันดับหนึ่ง จากฮิสโตแกรมของภาพระดับเทา จากนั้นทำการขยายค่าขีดเริ่มเปลี่ยนหลายระดับตามวิธีพื้นฐานและหา ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมจะถูกเลือกโดยอัตโนมัติจากฮิสโตแกรมของภาพระดับเทา ผลลัพธ์ที่ได้สามารถเลือกค่าขีดเริ่มเปลี่ยนอัตโนมัติที่เหมาะสมในภาพระดับเทาและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ปัญหาอื่นได้ เช่น การจำแนกวัตถุ เป็นต้น

Liu Jianzhuang, et al. (1991) นำเสนอวิธีการเลือกค่าขีดเริ่มเปลี่ยนแบบอัตโนมัติด้วยวิธีโอตสุ (Otsu) แบบหนึ่งมิติและสองมิติ ในภาพที่ถูกรบกวนด้วยสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (Gaussian noise) จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างสองวิธี พบว่าวิธีโอตสุแบบสองมิติ มีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีโอตสุแบบหนึ่งมิติ

Feng Zhao, et al. (2006) นำเสนอวิธีการบรรทัดฐานสหสัมพันธ์แบบไขว้ (normalized cross correlation) เป็นการวัดความคล้ายคลึงกันระหว่างจุดสองจุดที่น่าสนใจ การคำนวณวิธีการบรรทัดฐานสหสัมพันธ์ไขว้จะปรับตามขนาดและทิศทางที่โดดเด่นของจุดที่น่าสนใจ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีสหสัมพันธ์ (correlation) เดิมที่ใช้เป็นการจับคู่ ผลที่ได้พบว่าวิธีการบรรทัดฐานสหสัมพันธ์แบบไขว้สามารถจับคู่ภาพถ่ายที่มีความซับซ้อน เช่น การหมุน และการเปลี่ยนแปลงขนาดได้ดีกว่า

Deepak Kumar Karna, et al. (2008) นำเสนอวิธีการจับคู่ลายนิ้วมือด้วยวิธีการบรรทัดฐานสหสัมพันธ์แบบไขว้ (normalized cross correlation) เปรียบเทียบกับวิธีจับคู่ส่วนย่อย (minutiae matching) เพื่อลดอัตราการผิดพลาดที่ใช้ในการคำนวณ ผลที่ได้พบว่าอัตราการผิดพลาดสมดุล (Equal Error Rate) ของวิธีการที่นำเสนอมีค่าน้อยกว่า

K. S. Sim, et al. (2008) นำเสนอวิธี Contrast Enhancement Bilateral Closing Top-hat Otsu Thresholding (CEBICTOT) ในการตรวจหารอยแตกในโครงสร้าง ซึ่งขั้นตอนของวิธีการ CEBICTOT สามารถสรุปได้ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 เพิ่มความคมชัดของภาพ แล้วทำการแปลงเป็นภาพระดับเทา ขั้นตอนที่ 2 นำภาพที่ได้ไปผ่านตัวกรองไบลาเทอรอล (bilateral) ขั้นตอนที่ 3 ทำการประมวลผลภาพด้วยองค์ประกอบโครงสร้าง ด้วยกระบวนการโคซซิงท็อปแฮท (closing top-hat)

เพื่อทำการลบพื้นหลังออกจากภาพ ขั้นตอนที่ 4 ประยุกต์ใช้วิธีโอซีทำการแยกพื้นหลัง ขั้นตอนสุดท้ายทำการลดสิ่งรบกวน ผลที่ได้ทำให้สามารถตรวจหารอยแตกจากภาพโครงสร้างได้ชัดเจน

Wei Wu, et al. (2009) นำเสนอวิธีการตรวจสอบถนนที่ไม่มีโครงสร้าง โดยเริ่มต้นด้วยการปรับภาพของภาพถนนด้วยตัวกรองมัธยฐาน จากนั้นแบ่งภาพด้วยวิธีสองจุดสูงสุด (Two-peak) และวิธีโอซีที่มีค่าขีดเริ่มเปลี่ยนหลายระดับ (Otsu Multi-Threshold) สุดท้ายทำการหาขอบและใช้การประมวลผลภาพด้วยองค์ประกอบโครงสร้าง ช่วยทำให้ขอบภาพชัดขึ้น ผลที่ได้รับสามารถตรวจสอบถนนที่ไม่มีโครงสร้างได้รวดเร็วและถูกต้อง

Ruihua Xia, et al. (2009) นำเสนอการวิธีการอธิบายปรากฏการณ์ที่ภาพเซลล์ซ้อนทับกันที่สามารถพบได้ในภาพเซลล์เม็ดเลือดขาวของหนูชนิด Macrophages โดยเริ่มต้นด้วยการแบ่งรูปภาพตามวิธีโอซี จากนั้นทำการประมวลผลภาพด้วยองค์ประกอบโครงสร้าง เพื่อใช้กำจัดสิ่งรบกวน ขั้นตอนสุดท้ายใช้วิธีวอเตอร์เชส (watershed) ตามระยะทางที่เปลี่ยนเป็นการดำเนินการเพื่อแบ่งส่วนภาพ ผลที่ได้สามารถแสดงการแบ่งกลุ่มภาพเซลล์เม็ดเลือดขาวของหนูชนิด Macrophages ได้

Aisha Ajmal, et al. (2010) นำเสนอการตรวจสอบและการจำแนกประเภทของยานพาหนะด้วยการประมวลผลภาพโดยใช้กล้องถ่ายภาพทางอากาศ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะทำการหาขอบและกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยน ร่วมกับการประมวลผลภาพด้วยองค์ประกอบโครงสร้าง ช่วยในการตรวจสอบยานพาหนะ ผลที่ได้สามารถแบ่งประเภทยานพาหนะได้เหมาะสมและมีอัตราความสำเร็จมากกว่า 85%

Liang Pei, et al. (2010) นำเสนอวิธีการจับคู่สหมัมพันธ์แบบไขว้อย่างรวดเร็ว โดยการพัฒนาลาปลาเซียนแบบพีระมิด (Laplacian pyramid) เป็นภาพต้นฉบับทำการจับคู่ แทนวิธีการเดิมที่ใช้พิกเซลทั้งหมดในการคำนวณการจับคู่ ผลที่ได้ช่วยเพิ่มความเร็วในการจับคู่สหมัมพันธ์แบบไขว้