หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

สหสัมพันธ์บริเวณสี

จากวิธีการสร้างดัชนีภาพและวิธีการเปรียบเทียบดัชนีในการค้นคืนภาพโดยใช้บางส่วนของภาพเป็นภาพสอบถามดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 นั้น พบว่าการออกแบบดัชนีภาพส่วนใหญ่รองรับการค้นคืนภาพที่มีขนาดของบางส่วนของภาพในภาพที่ต้องการมีขนาดเท่ากับภาพที่ใช้สอบถาม งานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาวิธีการสร้างดัชนีภาพให้สามารถค้นคืนภาพเมื่อบางส่วนของภาพในภาพที่ต้องการมีขนาดไม่เท่ากับภาพที่ใช้สอบถาม และเสนอวิธีการสร้างดัชนีภาพโดยใช้ลักษณะสำคัญที่เรียกว่า *สหสัมพันธ์บริเวณสี* (Color Region Correlation: CRC) โดยจะกล่าวถึงปัญหาของดัชนีภาพแบบที่มีใช้กันอยู่และแนวคิดในการแก้ปัญหา นำเสนอวิธีการสร้างดัชนีภาพโดยใช้สหสัมพันธ์บริเวณสีเพื่อใช้ในการค้นคืนภาพเมื่อภาพสอบถามมีขนาดไม่เท่ากับบางส่วนของภาพในภาพที่ต้องการ รวมถึงได้วิเคราะห์ถึงสาเหตุและปัจจัยที่อาจทำให้ลักษณะสำคัญนี้ผิดเพี้ยนได้

4.1 ปัญหาที่พบจากดัชนีภาพที่มีใช้กันอยู่และแนวคิดในการแก้ปัญหา

จากวิธีการสร้างดัชนีภาพที่ใช้การอินเตอร์เซกต์ของดัชนีภาพในการค้นคืนภาพ ดังเช่นวิธีการสร้างดัชนีภาพจากฮิสโทแกรมและคอร์รีโลแกรม พบว่าดัชนีดังกล่าวไม่เหมาะกับการค้นคืนภาพเมื่อขนาดของบางส่วนของภาพในภาพผลลัพธ์ที่ต้องการไม่เท่ากับขนาดของภาพสอบถาม จากการวิเคราะห์วิธีการพบว่าอาจเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

1) การสร้างดัชนีภาพโดยใช้ฮิสโทแกรมนั้นเก็บเพียงการแจกแจงของสีของทั้งภาพ *ไม่มีการเก็บความสัมพันธ์เชิงพื้นที่* ทำให้ขาดข้อสนเทศเชิงพื้นที่ที่ใช้บ่งบอกถึงลักษณะความสัมพันธ์ของส่วนต่าง ๆ ภายในภาพ

2) ในการสร้างดัชนีภาพแบบคอร์รีโลแกรมของสีนั้น ถึงแม้ว่าจะมีการเก็บความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ไว้ด้วย แต่เป็นการเก็บจำนวนคู่สีที่*ระยะห่างคงที่*หนึ่ง ๆ เมื่อมีการย่อหรือขยายภาพ จำนวนความสัมพันธ์ที่ได้จากระยะห่างเดิมของภาพก็จะเปลี่ยนแปลงไป

3) โดยปกติแล้วภาพที่เหมือนกันแต่ขนาดต่างกันจะมีจำนวนจุดภาพสีในภาพไม่เท่ากัน แต่การสร้างดัชนีภาพของทั้งสองวิธีนั้นเก็บความสัมพันธ์จากจุดภาพสี กล่าวคือวิธีการสร้างดัชนีภาพแบบฮิสโทแกรมเก็บความสัมพันธ์จากจำนวนจุดภาพสี ส่วนวิธีการสร้างดัชนีภาพแบบคอร์รีโลแกรมเก็บความสัมพันธ์จากจำนวนคู่สีที่ระยะห่างหนึ่ง ๆ ดังนั้นทำให้*จำนวนความสัมพันธ์ของดัชนีภาพที่มีการย่อหรือขยายแตกต่างไป*จากภาพเดิมก่อนการย่อหรือขยาย

จากสาเหตุข้างต้น งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาลักษณะสำคัญที่ใช้ในการสร้างดัชนีภาพโดยมีการเก็บความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และสร้างดัชนีภาพให้มีจำนวนความสัมพันธ์เท่าเดิมเมื่อภาพเป็นภาพเดียวกันแต่ขนาดของภาพไม่เท่ากัน กล่าวคือดัชนีภาพที่เสนอขึ้นนี้เป็นดัชนีภาพที่ทนทานต่อการย่อหรือขยายภาพ โดยมีแนวคิดหลัก ๆ ในการสร้างดัชนีภาพดังต่อไปนี้

1) *ใช้ความสัมพันธ์ทอพอโลยีแทนความสัมพันธ์ระยะทาง* เนื่องจากความสัมพันธ์ระยะทางนั้นพิจารณาจากระยะห่างระหว่างสองสิ่งที่กำลังพิจารณา ดังนั้นเมื่อมีการย่อหรือขยายภาพ ความสัมพันธ์ที่ระยะห่างเดิมของวัตถุที่พิจารณาก็จะเปลี่ยนไปทันที ซึ่งต่างจากความสัมพันธ์ทอพอโลยีที่ความสัมพันธ์จะไม่เปลี่ยนแม้จะมีการย่อหรือขยายภาพ

2) *เก็บการแจกแจงระดับท้องถิ่น (local distribution) โดยการกำหนดขอบเขตที่มีขนาดไม่คงที่* เนื่องจากคอร์รีโลแกรมสีมีการกำหนดขอบเขตที่พิจารณาความสัมพันธ์จากระยะห่างซึ่งมีขนาดคงที่กับทุกภาพ ดังนั้นจึงควรใช้วิธีการกำหนดขอบเขตโดยคงลักษณะความสัมพันธ์ไว้เมื่อภาพมีการปรับเปลี่ยนขนาด

3) *เก็บความสัมพันธ์ในระดับกลุ่มของจุดภาพ (หรือบริเวณ) แทนความสัมพันธ์ระดับจุดภาพ* เนื่องจากโดยทั่วไปภาพประกอบด้วยกลุ่มสีเดียวกันหรือสีคล้ายคลึงกันอยู่ติดกันเป็นส่วนใหญ่ เมื่อมีการเปลี่ยนขนาดของภาพ จุดภาพสีจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นหรือลดลง แต่จำนวนกลุ่มของจุดภาพมักจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มากนัก ดังนั้นความสัมพันธ์ที่ได้จากกลุ่มของจุดภาพจึงมีจำนวนคงที่กว่าการใช้ความสัมพันธ์ของจุดภาพโดยตรง

จากการแนวคิดดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้เสนอลักษณะสำคัญของภาพเพื่อใช้เป็นดัชนีภาพแบบใหม่ขึ้นเรียกว่า "**สหสัมพันธ์บริเวณสี**" ซึ่งแสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของบริเวณสีที่อยู่ภายในภาพโดยการกำหนดขอบเขตของการพิจารณาความสัมพันธ์ให้มีขนาดไม่คงที่ โดยมีรายละเอียดและวิธีการคำนวณดังจะอธิบายในหัวข้อถัดไป

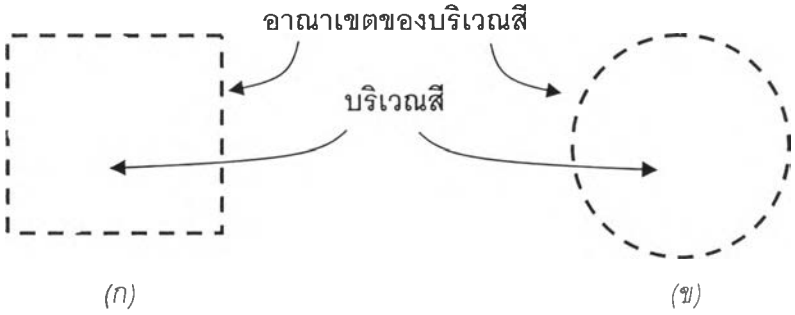
4.2 ลักษณะสำคัญของภาพแบบสหสัมพันธ์บริเวณสี

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงความหมายของลักษณะสำคัญของภาพที่เรียกว่าสหสัมพันธ์บริเวณสี (*Color Region Correlation: CRC*) และวิธีการคำนวณสหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นดัชนีของภาพในการค้นคืนภาพ

4.2.1 ความหมายของสหสัมพันธ์บริเวณสี

*สหสัมพันธ์บริเวณสี*ของภาพเป็นการแสดงความสัมพันธ์ของคู่สีในภาพโดยแสดงถึงจำนวนของบริเวณสีที่สามารถพบได้ในอาณาเขตของบริเวณสีอีกสีหนึ่ง ค่าสหสัมพันธ์บริเวณสีนี้จะมีค่าคงที่เมื่อมีการย่อและขยายภาพที่ไม่ทำให้จำนวนหรือรูปร่างของบริเวณสีในภาพเปลี่ยนไป *อาณาเขตของบริเวณสี* เป็นตัวกำหนดขอบเขตในการพิจารณาความสัมพันธ์ของคู่สีให้กับบริเวณสี โดยในงานวิจัยนี้กำหนดให้อาณาเขตของแต่ละบริเวณสีต้องมีขนาดเล็กที่สุดที่สามารถคลุมบริเวณสีได้และมีรูปร่างเดียวกันทั้งภาพ

ดังนั้นอาณาเขตของแต่ละบริเวณสีจึงมีขนาดแตกต่างกันได้ตามขนาดและรูปร่างของบริเวณสีที่พิจารณา โดยรูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างอาณาเขตของบริเวณสีโดยใช้เส้นประแทนอาณาเขต รูปที่ 4.1(ก) แสดงอาณาเขตของบริเวณสีที่มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุดที่สามารถคลุมบริเวณได้ หรือเรียกว่า Minimum Bounding Rectangle: MBR และรูปที่ 4.1(ข) อาณาเขตของบริเวณสีที่มีรูปร่างเป็นวงกลมที่เล็กที่สุดที่สามารถคลุมบริเวณได้ หรือเรียกว่า Minimum Bounding Circle: MBC



รูปที่ 4.1 การกำหนดอาณาเขตให้กับบริเวณสี

(ก) อาณาเขตของบริเวณสีที่มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุดที่ครอบคลุมบริเวณที่พิจารณา

(ข) อาณาเขตของบริเวณสีที่มีรูปร่างเป็นวงกลมที่เล็กที่สุดที่ครอบคลุมบริเวณที่พิจารณา

ในการพิจารณาว่าบริเวณสีบริเวณอื่นใดที่สามารถพบได้ในอาณาเขตของบริเวณสีหรือมีความเกี่ยวข้องกับอาณาเขตนั้นสามารถหาได้จากผลของการอินเตอร์เซกต์กันระหว่างบริเวณสีบริเวณอื่นที่กำลังพิจารณากับอาณาเขตของบริเวณสี หากผลของการอินเตอร์เซกต์ดังกล่าวไม่เป็นเซตว่าง แสดงว่าบริเวณที่พิจารณามีความเกี่ยวข้องกับอาณาเขตและหากผลของการอินเตอร์เซกต์เป็นเซตว่างแสดงว่าบริเวณที่พิจารณาไม่มีความเกี่ยวข้องกับอาณาเขต นอกจากนี้การพิจารณาความเกี่ยวข้องของบริเวณสีสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ทอพอโลยีของบริเวณที่พิจารณากับอาณาเขตได้ดังตารางที่ 4.1 โดย

1) บริเวณที่มีความสัมพันธ์ทอพอโลยีแบบภายใน (คลุมโดย) หรือล้ำกันกับอาณาเขตถือว่ามีความเกี่ยวข้องกับอาณาเขต

2) บริเวณที่มีความสัมพันธ์ทอพอโลยีแบบติดกันหรือไม่มีส่วนร่วมกับอาณาเขตจะไม่ถูกนับว่าความเกี่ยวข้องกับอาณาเขต

3) บริเวณที่มีความสัมพันธ์ทอพอโลยีแบบคลุม (บรรจุ) กับอาณาเขตนั้น บริเวณดังกล่าวจะถือว่ามีความสัมพันธ์กับอาณาเขตก็ต่อเมื่อบริเวณของอาณาเขตมีรูปร่างต่างจากอาณาเขต และในทางตรงกันข้ามหากบริเวณของอาณาเขตมีรูปร่างเหมือนกับอาณาเขตแล้วบริเวณที่คลุมอาณาเขตนี้จะไม่ถูกนับว่ามีความเกี่ยวข้อง ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.2 ที่มีเส้นประสี่เหลี่ยมแทนอาณาเขตของบริเวณ A และมีบริเวณ B คลุมอยู่ โดยรูปที่ 4.2(ก) นับว่าบริเวณ B เกี่ยวข้องกับอาณาเขตของบริเวณ A และรูปที่ 4.2(ข) ไม่นับว่าบริเวณ B เกี่ยวข้องกับอาณาเขตของบริเวณ A

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ทอพอโลยีของบริเวณแบบต่าง ๆ ที่กำหนดในการทดลอง

บริเวณ /	ภายใน /คลุมโดย	ล้ำกัน	เท่ากัน	บรรจุ/คลุม	ไม่มีส่วนร่วม / ติดกัน
อาณาเขตพอดีกับบริเวณสี	✔	✔	✔	✘	✘
อาณาเขตใหญ่กว่าบริเวณสี	✔	✔	ไม่เกิดขึ้น	✔	✘

✔ *หมายถึง นับว่ามีความสัมพันธ์* ✘ *หมายถึง ไม่นับว่ามีความสัมพันธ์*

(ก) *(ข)*

รูปที่ 4.2 ภาพที่บริเวณ B คลุมอาณาเขตของบริเวณ A

(ก) อาณาเขตของบริเวณที่มีรูปร่างต่างจากบริเวณ

(ข) อาณาเขตของบริเวณที่มีรูปร่างเหมือนกับบริเวณ

4.2.2 การคำนวณค่าสหสัมพันธ์บริเวณสี

ก่อนที่จะคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์บริเวณสีของภาพ I ใด ๆ นั้น จะต้องนำภาพ I มาทำการควอนไทซ์สีตามจำนวนสีที่ได้กำหนดไว้เป็น m สี คือสี $c_1,...,c_m$ และกำหนดให้แบ่งส่วนภาพเป็นบริเวณสีโดยที่แต่ละบริเวณสีจะเป็นกลุ่มของจุดภาพสีที่มีสีเดียวกันและติดกัน ให้ r แทนบริเวณสีในภาพ I ซึ่ง $I(r)$ แทนสีของบริเวณสีนั้น และ $R_{c_i}(I)$ เป็นเซตของบริเวณสีในภาพ I ที่มีสี c_i เขียนแทนได้เป็น $R_{c_i}(I) \stackrel{\Delta}{=} \{r | I(r) = c_i\}$ และให้ $B(r)$ หมายถึง อาณาเขตของบริเวณสี r

ค่าสหสัมพันธ์บริเวณสีของคู่สี i, j ในภาพ I ได้จากนับจำนวนของบริเวณสี j ที่เกี่ยวข้องกับอาณาเขตของบริเวณสี i ตามที่ได้กล่าวไว้ใน 4.2.1 ซึ่งเขียนแทนได้ด้วย Ψ_{c_i,c_j} ดังแสดงในสมการที่ 4.1

$$\Psi_{c_i,c_j}(I) \stackrel{\Delta}{=} \left| \{ r_1 \in R_{c_i}(I), r_2 \in R_{c_j}(I), r_2 \cap B(r_1) \neq \phi \} \right| \quad ...(4.1)$$

ในงานวิจัยนี้การวัดความคล้ายคลึงของภาพจะเปรียบเทียบจากค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์บริเวณสี โดยค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์บริเวณสีของคู่สี i, j ในภาพ I ซึ่งเขียนแทนได้ด้วย ψ_{c_i,c_j} เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนบริเวณสี j ที่สามารถพบได้ในอาณาเขตของบริเวณสี i ดังแสดงในสมการที่ 4.2

$$\psi_{c_i,c_j}(I) \stackrel{\Delta}{=} Avg\left[r_2 \in R_{c_j}(I), r_2 \cap B(r_1) \neq \phi \middle| r_1 = R_{c_i}(I)\right] \quad \ldots(4.2)$$

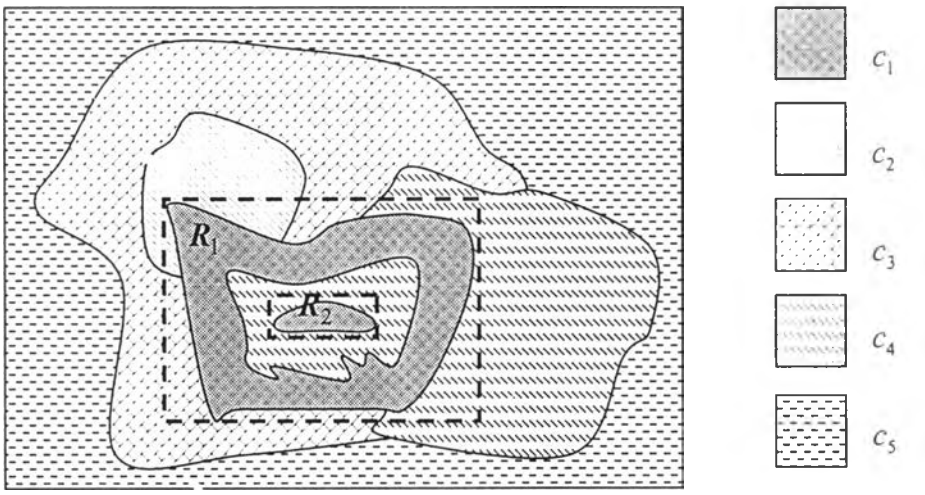
ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์บริเวณสีของคู่สี i , j ในภาพ I สามารถคำนวณได้โดยนำจำนวนบริเวณสีที่ได้จากสมการที่ 4.1 มาหารด้วยจำนวนของบริเวณสี i ในภาพ ดังแสดงในสมการที่ 4.3

$$\psi_{c_i,c_j}(I) = \frac{\Psi_{c_i,c_j}(I)}{\left|R_{c_i}(I)\right|} \quad \ldots(4.3)$$

เนื่องจากสหสัมพันธ์บริเวณสีเป็นการเก็บลักษณะสำคัญของภาพจากคู่สี ดังนั้นในภาพหนึ่งภาพจะใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลเป็น $O(m^2)$

<u>ตัวอย่างการคำนวณหาค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์บริเวณสี</u>

รูปที่ 4.3 เป็นรูปตัวอย่างที่นำมาหาค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์บริเวณสี โดยในตัวอย่างนี้มีสีที่ถูกควอนไทซ์แล้วเหลืออยู่ 5 สี และใช้อาณาเขตแบบ MBR ในการกำหนดขอบเขตความสำคัญของแต่ละบริเวณสี ซึ่งจากภาพตัวอย่าง เส้นประแทนในภาพแทน MBR ของบริเวณสี R_1 และ R_2



รูปที่ 4.3 ภาพตัวอย่างที่ใช้ในแสดงการคำนวณหาค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์บริเวณสี

ในการหาค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์บริเวณสีของสี c_1 เริ่มจากการนับจำนวนของบริเวณสีที่เกี่ยวข้องกับแต่ละอาณาเขตที่มีสี c_1 ซึ่งมี 2 บริเวณสีคือ R_1 และ R_2 โดยจำนวนบริเวณสี j ที่เกี่ยวข้องกับบริเวณ R_1 แทนด้วย $\Psi_{c_1,c_j}(R_1)$ ได้แก่

$\Psi_{c_1,c_1}(R_1) = 1$, $\Psi_{c_1,c_2}(R_1) = 1$, $\Psi_{c_1,c_3}(R_1) = 1$, $\Psi_{c_1,c_4}(R_1) = 2$ และ $\Psi_{c_1,c_5}(R_1) = 0$

และจำนวนบริเวณสีที่เกี่ยวข้องกับบริเวณ R_2 แทนด้วย $\Psi_{c_1,c_j}(R_2)$ ได้แก่

$\Psi_{c_1,c_1}(R_2)=0$, $\Psi_{c_1,c_2}(R_2)=0$, $\Psi_{c_1,c_3}(R_2)=0$, $\Psi_{c_1,c_4}(R_2)=1$ และ $\Psi_{c_1,c_5}(R_2)=0$

ดังนั้นจากรูปตัวอย่างสามารถหาจำนวนบริเวณสีที่เกี่ยวข้องกับสี c_1 ได้แก่

$\Psi_{c_1,c_1}(I)=1$, $\Psi_{c_1,c_2}(I)=1$, $\Psi_{c_1,c_3}(I)=1$, $\Psi_{c_1,c_4}(I)=3$ และ $\Psi_{c_1,c_5}(I)=0$

ซึ่งสามารถหาค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์บริเวณสีได้ดังนี้

$\psi_{c_1,c_1}(I)=1/2=0.5$, $\psi_{c_1,c_2}(I)=1/2=0.5$, $\psi_{c_1,c_3}(I)=1/2=0.5$,

$\psi_{c_1,c_4}(I)=3/2=1.5$ และ $\psi_{c_1,c_5}(I)=0/2=0$

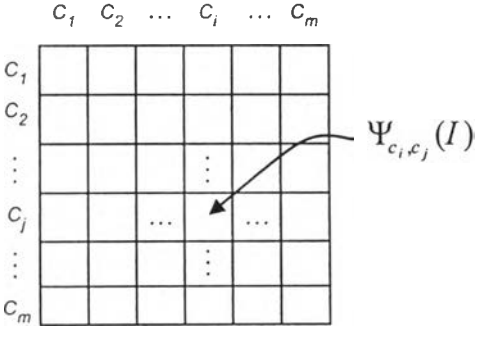
ตัวอย่างข้างต้นนี้แสดงการคำนวณหาเฉลี่ยสหสัมพันธ์บริเวณสีจากบริเวณสี c_1 เท่านั้น จะเห็นได้ว่าในการเก็บลักษณะสำคัญของภาพจะต้องเก็บทุก ๆ ความสัมพันธ์ของทุกคู่สี ซึ่งสามารถคำนวณได้ในทำนองเดียวกับตัวข้างต้น

4.3 การค้นคืนภาพจากบางส่วนของภาพโดยใช้สหสัมพันธ์บริเวณสี

โดยทั่วไปขั้นตอนของการค้นคืนภาพจากบางส่วนของภาพประกอบด้วยสองขั้นตอนคือขั้นตอนการสร้างดัชนีภาพและขั้นตอนการเปรียบเทียบดัชนี การนำสหสัมพันธ์บริเวณสีมาใช้ในการค้นคืนภาพมีลักษณะคล้ายคลึงกับการใช้ฮิสโทแกรมสีและการใช้คอร์รีโลแกรมสี โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3.1 การสร้างดัชนีภาพโดยใช้สหสัมพันธ์บริเวณสี

การสร้างดัชนีภาพโดยใช้สหสัมพันธ์บริเวณสีนั้น ดัชนีภาพจะถูกเก็บเป็นตารางความสัมพันธ์ของคู่สีที่ได้จากการควอนไทซ์สี ซึ่งจะมีจำนวนสมาชิกเป็น $m \times m$ ตัว (เมื่อ m เป็นจำนวนสีที่ได้จากการควอนไทซ์สี) โดยที่สมาชิกในตารางที่ตำแหน่ง i, j หมายถึงผลรวมของจำนวนบริเวณสี j ที่สามารถพบในแต่ละอาณาเขตของบริเวณสี i ในทุกบริเวณสี i ซึ่งมีค่าเป็น $\Psi_{c_i,c_j}(I)$ ที่ได้หาจากสมการที่ 4.2



รูปที่ 4.4 ตารางดัชนีภาพแบบสหสัมพันธ์บริเวณสี

รูปที่ 4.4 แสดงตัวอย่างของตารางดัชนีภาพแบบสหสัมพันธ์บริเวณสีโดยมีขนาดเป็น $O(m^2)$ ลักษณะของการเก็บข้อมูลจะคล้ายกับการเก็บดัชนีภาพโดยใช้คอร์รีโลแกรมแต่จะมีขนาดเล็กกว่าเพราะคอร์รีโลแกรมจะต้องใช้ตารางลักษณะเดียวกันนี้หลายตารางตามจำนวนระยะห่างที่ต้องการจัดเก็บ โดยคอร์รีโลแกรมจะมีขนาดเป็น $O(m^2 d)$ โดย d หมายถึง จำนวนระยะห่างที่ใช้

ในดัชนีภาพของสหสัมพันธ์บริเวณสีนี้ นอกจากจะเก็บจำนวนความสัมพันธ์ของบริเวณสีที่เกี่ยวข้องกับอาณาเขตดังที่กล่าวไว้ จะต้องเก็บจำนวนของบริเวณสีของแต่ละสีเพื่อใช้ในการคำนวณหาลักษณะของสีในภาพด้วย

4.3.2 การเปรียบเทียบดัชนีภาพที่ใช้สหสัมพันธ์บริเวณสี

ในการเปรียบเทียบว่าภาพสอบถาม Q มีอยู่ภายในภาพ I หรือไม่นั้น สามารถวัดได้จากความแตกต่างระหว่างลักษณะสำคัญที่เป็นผลลัพธ์จากการอินเตอร์เซกต์ของดัชนีภาพที่ได้จากภาพ Q กับภาพ I เทียบกับลักษณะสำคัญของภาพ Q

ขั้นแรกของการคำนวณหาค่าการอินเตอร์เซกต์ของดัชนีภาพสหสัมพันธ์บริเวณสีระหว่างภาพ Q กับภาพ I โดยทำการอินเตอร์เซกต์ค่าสหสัมพันธ์บริเวณสีและอินเตอร์เซกต์จำนวนบริเวณระหว่างทั้งสองภาพ ดังแสดงในสมการที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ

$$\Psi_{c_i,c_j}(Q \cap I) \stackrel{\Delta}{=} \min(\Psi_{c_i,c_j}(Q), \Psi_{c_i,c_j}(I)) \quad \ldots(4.4)$$

$$R_{c_i}(Q \cap I) \stackrel{\Delta}{=} \min(R_{c_i}(Q), R_{c_i}(I)) \quad \ldots(4.5)$$

หลังจากได้ผลการอินเตอร์เซกต์แล้วจึงคำนวณหาค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์บริเวณสีของผลลัพธ์ที่ได้จากการอินเตอร์เซกต์เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ โดยใช้สมการที่ 4.6

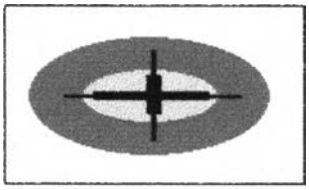
$$\psi_{c_i,c_j}(Q \cap I) = \frac{\Psi_{c_i,c_j}(Q \cap I)}{R_{c_i}(Q \cap I)} \quad \ldots(4.6)$$

การวัดโอกาสที่จะพบภาพ Q ในภาพ I คำนวณได้จากการเปรียบเทียบลักษณะสำคัญของผลลัพธ์จากการอินเตอร์เซกต์นี้กับลักษณะสำคัญของภาพสอบถาม โดยใช้ฟังก์ชันระยะห่าง เพื่อบอกความแตกต่างระหว่างลักษณะสำคัญทั้งสอง ถ้าค่าแตกต่างมากขึ้นแสดงถึงโอกาสที่จะพบภาพ Q ในภาพ I น้อยลง ในการเปรียบเทียบฟังก์ชันระยะห่าง L_1 เป็นฟังก์ชันหนึ่งที่นิยมใช้ความแตกต่างระหว่าง 2 ภาพ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.7

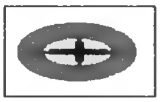
$$\left|Q - (Q \cap I)\right|_{\psi,L_1} \stackrel{\Delta}{=} \sum_{i,j \in [m]} \left|\psi_{c_i,c_j}(Q) - \psi_{c_i,c_j}(Q \cap I)\right| \quad \ldots(4.7)$$

4.4 ปัจจัยที่มีผลทำให้การค้นคืนภาพโดยใช้สหสัมพันธ์บริเวณสีผิดพลาดได้

คุณสมบัติสำคัญที่ทำให้สหสัมพันธ์บริเวณสีน่าจะถูกนำมาใช้เป็นดัชนีให้กับภาพเพื่อการค้นคืนภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดได้นั้นคือดัชนีภาพแบบสหสัมพันธ์บริเวณสีมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงเมื่อภาพมีการย่อหรือการขยาย ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.5 เป็นภาพเดียวกัน 2 ภาพที่มีขนาดของรูปที่ 4.5(ก) ใหญ่กว่ารูปที่ 4.5(ข) แต่มีจำนวนบริเวณสีในแต่ละอาณาเขตสีเท่ากันและมีจำนวนอาณาเขตเท่ากันดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 4.2 อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติดัชนีภาพแบบสหสัมพันธ์บริเวณสีที่ได้จากภาพที่มีขนาดต่างกันก็ไม่เท่ากันเสมอไป ทั้งนี้เพราะดัชนีภาพอาจเปลี่ยนแปลงไปได้เนื่องจากสาเหตุหลัก ๆ 2 ประการคือ ความผิดพลาดเนื่องจากการย่อและขยายภาพและความผิดพลาดเนื่องจากการตัดภาพที่ใช้สอบถามได้ไม่เหมาะสม ดังนี้



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.5 ภาพตัวอย่างภาพเดียวกันที่มีขนาดไม่เท่ากัน

(ก) ภาพที่มีขนาดใหญ่กว่า

(ข) ภาพที่มีขนาดเล็กกว่า

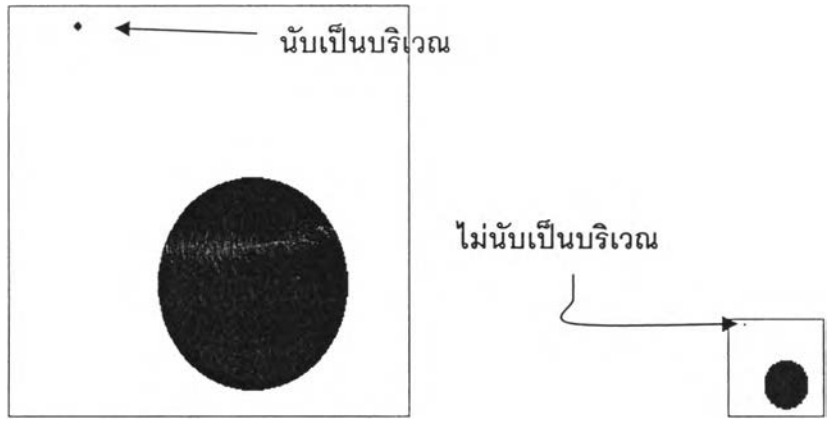
ตารางที่ 4.2 จำนวนบริเวณสีที่อยู่ภายในอาณาเขตและจำนวนอาณาเขตต่าง ๆ ของรูปที่ 4.5

อาณาเขตของบริเวณสี	จำนวนบริเวณสีในอาณาเขตสี				จำนวนอาณาเขต
	ดำ	เขียว	ส้ม	ขาว	
ดำ	0	1	4	1	1
เขียว	1	0	4	1	1
ส้ม	4	4	0	0	4
ขาว	1	1	4	0	1

1) **ความผิดพลาดเนื่องจากการย่อและขยายภาพ** เมื่อมีการย่อหรือขยายภาพเกิดขึ้นย่อมทำให้จำนวนของจุดภาพสีในภาพเปลี่ยนแปลง กล่าวคือ เมื่อย่อภาพ จำนวนจุดภาพสีจะลดลงและในทางตรงข้ามเมื่อขยายภาพจำนวนจุดภาพสีจะเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงของจุดภาพเหล่านี้สามารถทำให้สหสัมพันธ์บริเวณสีเปลี่ยนไปได้หากเกิดกรณีดังต่อไปนี้

- ***จำนวนบริเวณในภาพเปลี่ยนแปลง*** เนื่องจากการคำนวณสหสัมพันธ์บริเวณสีในทางปฏิบัติแล้วมีการกำหนดขนาดของบริเวณสีที่จะพิจารณา โดยไม่พิจารณาบริเวณสีที่เล็กเกินไปเพราะ

บริเวณที่เล็กเกินไปอาจเป็นสัญญาณรบกวนในภาพได้ การไม่พิจารณาบริเวณที่เล็กเกินไปนี้ยังมีผลทำให้การสร้างดัชนีรวดเร็วขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม เมื่อภาพมีการย่อขยาย การที่ไม่พิจารณาบริเวณสีที่เล็กเกินไปนี้อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อจำนวนของบริเวณสีได้ เช่น เมื่อมีการย่อขนาดภาพทำให้จำนวนจุดภาพในภาพลดลง ซึ่งมีผลทำให้บางบริเวณที่เคยนับได้ว่าเป็นบริเวณสีกลับไม่ถูกนับว่าเป็นบริเวณสี เพราะบริเวณดังกล่าวมีจำนวนจุดภาพน้อยกว่าจำนวนจุดภาพที่น้อยที่สุดที่จะนับได้ว่าเป็นบริเวณสี ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.6 แสดงภาพที่มีขนาดต่างกันและมีจำนวนบริเวณสีไม่เท่ากัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจำนวนของบริเวณสีในภาพมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีภาพในภาพได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งเป็นดัชนีภาพของรูปที่ 4.6(ก) และ 4.6(ข) ที่เป็นภาพเดียวกันแต่มีจำนวนบริเวณไม่เท่ากันเนื่องจากการย่อของภาพ



(ก) (ข)

รูปที่ 4.6 ภาพเดียวกันที่มีขนาดต่างกันและทำให้จำนวนบริเวณสีไม่เท่ากัน
(ก) ภาพที่มีขนาดใหญ่กว่า
(ข) ภาพที่มีขนาดเล็กกว่า

ตารางที่ 4.3 จำนวนบริเวณสีที่อยู่ภายในอาณาเขตต่าง ๆ ของรูปที่ 4.6

อาณาเขตของบริเวณสี	จำนวนบริเวณสีในอาณาเขตสี				จำนวนอาณาเขต	
	รูปที่ 4.6(ก)		รูปที่ 4.6 (ข)		รูปที่ 4.6(ก)	รูปที่ 4.6 (ข)
	ดำ	ขาว	ดำ	ขาว		
ดำ	0	2	0	(1)	2	(1)
ขาว	2	0	(1)	0	1	1

- *รูปร่างของบริเวณมีการเปลี่ยนแปลง* ในบางกรณีจุดภาพสีที่หายไปเนื่องจากการย่อหรือขยายภาพนั้นทำให้รูปร่างของบริเวณสีเปลี่ยนไปด้วย ส่งผลให้จำนวนบริเวณสีที่อยู่ในอาณาเขตของบริเวณสีดังกล่าวจากทั้งสองภาพมีจำนวนไม่เท่ากันดังตัวอย่างในรูปที่ 4.7 โดยรูปที่ 4.7(ข) เป็นรูปที่ได้

จากการย่อขนาดจากรูปที่ 4.7(ก) ซึ่งจะเห็นได้ว่าส่วนปลายของบริเวณกากบาทสีดำตรงกลางภาพมีลักษณะที่ต่างกัน ทำให้ดัชนีของภาพทั้งสองได้ไม่เท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ที่แสดงดัชนีของทั้งสองภาพ โดยค่าในวงกลมเป็นค่าที่เปลี่ยนไปเนื่องจากการย่อขนาดของภาพ

(ก) (ข)

รูปที่ 4.7 ภาพที่ถูกย่อและทำให้รูปร่างของบริเวณสีเปลี่ยนไป

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข)ภาพที่ถูกทำการย่อขนาด

ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนบริเวณสีที่อยู่ภายในอาณาเขตต่าง ๆ ของรูปที่ 4.7

อาณาเขตของบริเวณสี	จำนวนบริเวณสีในอาณาเขตสี								จำนวนอาณาเขต	
	รูปที่ 4.7(ก)				รูปที่ 4.7(ข)					
	ดำ	เขียว	เหลือง	ขาว	ดำ	เขียว	เหลือง	ขาว	รูปที่ 4.7(ก)	รูปที่ 4.7(ข)
ดำ	0	1	4	1	0	1	(0)	(0)	1	1
เขียว	1	0	4	1	1	0	(1)	(0)	1	1
ส้ม	4	4	0	0	(1)	(1)	0	0	4	(1)
ขาว	1	1	4	0	1	1	(1)	0	1	1

2) ความผิดพลาดจากการตัดบริเวณ ในการสอบถามโดยใช้บางส่วนของภาพ ภาพที่ใช้สอบถามนั้นมักได้มาจากการตัดบริเวณบางส่วนของภาพออกมาสอบถาม ซึ่งประกอบด้วยพื้นหน้าที่เป็นรูปวัตถุที่ต้องการและพื้นหลังที่เป็นส่วนที่ไม่สำคัญแต่ติดมาด้วยกับภาพที่ใช้สอบถาม ในบางกรณีการตัดบริเวณเช่นนี้อาจทำให้ส่วนของพื้นหลังเกิดบริเวณเพิ่มขึ้นจากเดิม ทำให้ภาพสอบถามมีจำนวนบริเวณมากขึ้นและทำให้เกิดจำนวนบริเวณสีในอาณาเขตมากขึ้นด้วย ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.8 โดยรูปที่ 4.8(ข) เป็นบางส่วนของรูปที่ 4.8(ก) สามารถหาดัชนีภาพแบบสหสัมพันธ์บริเวณสีของภาพได้ดังในตาราง 4.5 จะเห็นว่าบริเวณสีขาวรอบนอกของรูปที่ 4.8(ข) นั้นถูกแบ่งเป็นสี่ส่วน ทำให้ได้ดัชนีภาพที่มีจำนวนบริเวณสีในอาณาเขตมากขึ้น

(ก) (ข)

รูปที่ 4.8 ภาพสอบถามที่เป็นบางส่วนของภาพ

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข)บางส่วนของภาพจากภาพต้นฉบับ

ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนบริเวณสีที่อยู่ภายในอาณาเขตต่าง ๆ ของรูปที่ 4.8

อาณาเขตของบริเวณสี	จำนวนบริเวณสีในอาณาเขตสี								จำนวนอาณาเขต	
	รูปที่ 4.8(ก)				รูปที่ 4.8 (ข)				รูปที่ 4.8 (ก)	รูปที่ 4.8 (ข)
	ดำ	เขียว	ส้ม	ขาว	ดำ	เขียว	ส้ม	ขาว		
ดำ	0	1	4	1	0	1	4	(4)	1	1
เขียว	1	0	4	1	1	0	4	(4)	1	1
ส้ม	4	4	0	0	4	4	0	0	4	4
ขาว	1	0	4	0	(0)	4	4	0	1	(4)

จากสาเหตุที่ได้ยกขึ้นมาจะเห็นว่าการใช้สหสัมพันธ์บริเวณสีของภาพเป็นดัชนีของภาพนั้น ในทางปฏิบัติแล้วการเปลี่ยนแปลงของบริเวณสีมากมีผลกระทบอย่างมาก กล่าวคือเมื่อบริเวณสีบริเวณหนึ่งเปลี่ยนไป ก็จะทำให้จำนวนบริเวณสีในอาณาเขตและจำนวนอาณาเขตสีต่าง ๆ ในภาพเปลี่ยนแปลงไปด้วย ส่งผลให้ค่าสหสัมพันธ์บริเวณที่ใช้เป็นดัชนีของภาพเปลี่ยนไป