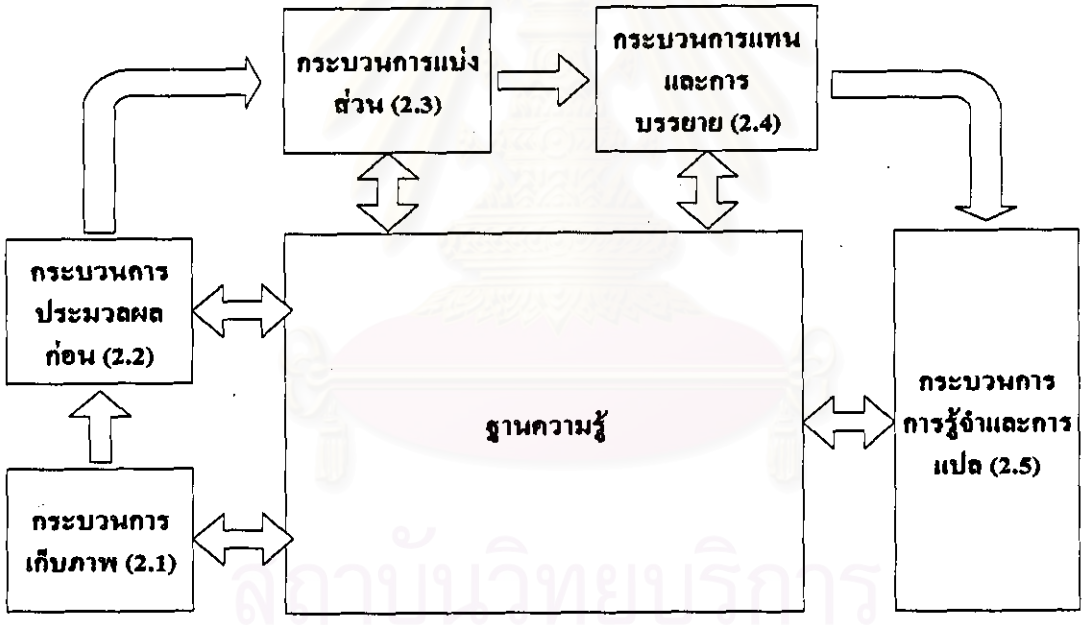
บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานของระบบการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพ (Image Processing) ประกอบด้วยกระบวนการต่างๆหลายกระบวนการรวมกันและทำงานต่อเนื่องกันอย่างเป็นระบบ โดยเริ่มตั้งแต่การเก็บภาพ,การลดสัญญาณรบกวน,การแบ่งส่วน,การแทน,และการรู้จำ กระบวนการประมวลผลทางภาพแม้จะมีลำดับขั้นตอนอยู่หลายขั้นตอนก็ตาม แต่ในบางครั้งก็สามารถที่จะเพิ่มบางกระบวนการเข้าไปได้อีกเพื่อประสิทธิภาพของการประมวลผลที่ดีขึ้น หรือต้องตัดบางกระบวนการออกไปได้เพื่อเพิ่มความเร็วให้แก่ระบบ ซึ่งแล้วแต่ความเหมาะสมของระบบที่นำไปใช้งาน โดยทั่วไประบบของการประมวลผลภาพมีดังแสดงในรูปที่ 2.1

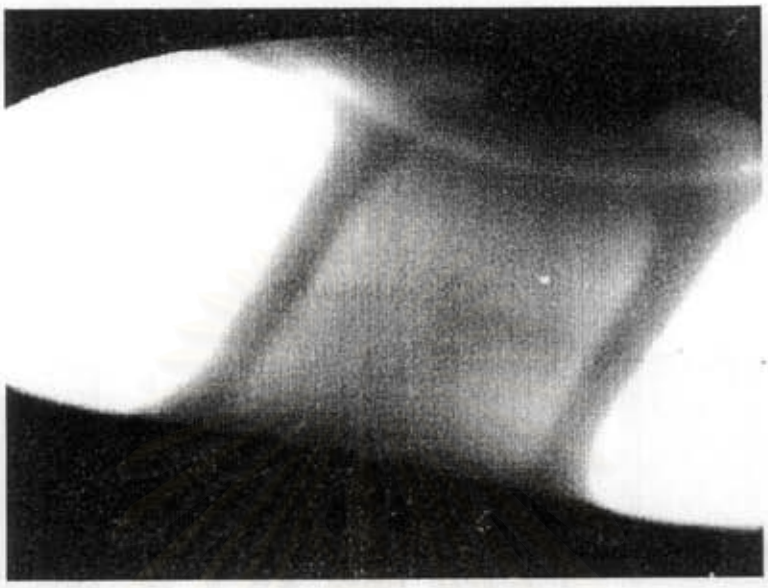


รูปที่2.1 ระบบการประมวลผลภาพ

2.1 กระบวนการเก็บภาพ (Image Acquisition)

กระบวนการเก็บภาพประกอบด้วยอุปกรณ์จับภาพที่อาจเป็นกล้องสี หรือกล้องขาวดำ หรือใช้เครื่องกวาดตรวจ(Scanner) ทำการกวาดตรวจเพื่อจับภาพ 2 มิติออกมา จากนั้นตัวแปลงสัญญาณอะแนล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Converter) จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ได้จากเครื่องจับ

ภาพให้เป็นสัญญาณดิจิทัล แล้วบันทึกข้อมูลดิจิทัลลงในแผ่นบันทึก(Diskette) เพื่อใช้ในกระบวนการถัดไป โดยแสดงตัวอย่างการเก็บภาพล้ออลูมินัมดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ภาพรังสีเอกซ์ของล้ออลูมินัม

2.2 กระบวนการประมวลผลก่อน (Preprocessing)

ภาพที่ได้จากกระบวนการเก็บภาพไม่ใช่ภาพที่เราต้องการเสียทั้งหมด เพราะมีสัญญาณบางส่วนที่ไม่พึงประสงค์รวมอยู่ด้วย การนำภาพที่ได้จากกระบวนการเก็บภาพไปใช้งานทันทีโดยไม่กำจัดสัญญาณที่ไม่พึงประสงค์นี้ออกไปเสียก่อน จะเป็นผลเสียให้กระบวนการตัดสินใจมีความผิดพลาดไม่มากก็น้อย ดังนั้นหน้าที่หลักของกระบวนการนี้คือการลดสัญญาณที่ไม่ต้องการ และการเพิ่มความคมชัดให้แก่ภาพที่เราสนใจ มีหลายวิธีที่จะทำได้ ไม่ว่าจะใช้ตัวกรองความถี่(Frequency Filter) หรือ ตัวกรองทางด้านเชิงปริภูมิ(Spatial Filter) เช่น การใช้ตัวกรองผ่านสูง (High Pass Filter) เพื่อกรองเอาเฉพาะข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเท่านั้น หรือการใช้ตัวกรองผ่านต่ำ (Low Pass Filter) เพื่อตัดข้อมูลภาพที่มีความแตกต่างของข้อมูลสูงออกไป เหลือไว้เพียงส่วนที่มีค่าความแตกต่างทางข้อมูลที่ใกล้เคียงกัน หรือการใช้ตัวกรองมัธยฐาน (Median Filter) ซึ่งใช้ค่ากลางของจุดเพื่อนบ้านเป็นตัวแทนของกลุ่ม เป็นต้น ดังตัวอย่างตัวกรองเชิงพื้นที่ในรูปที่ 2.3

(1/9) x

1	1	1
1	1	1
1	1	1

(ก)

(1/9) x

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

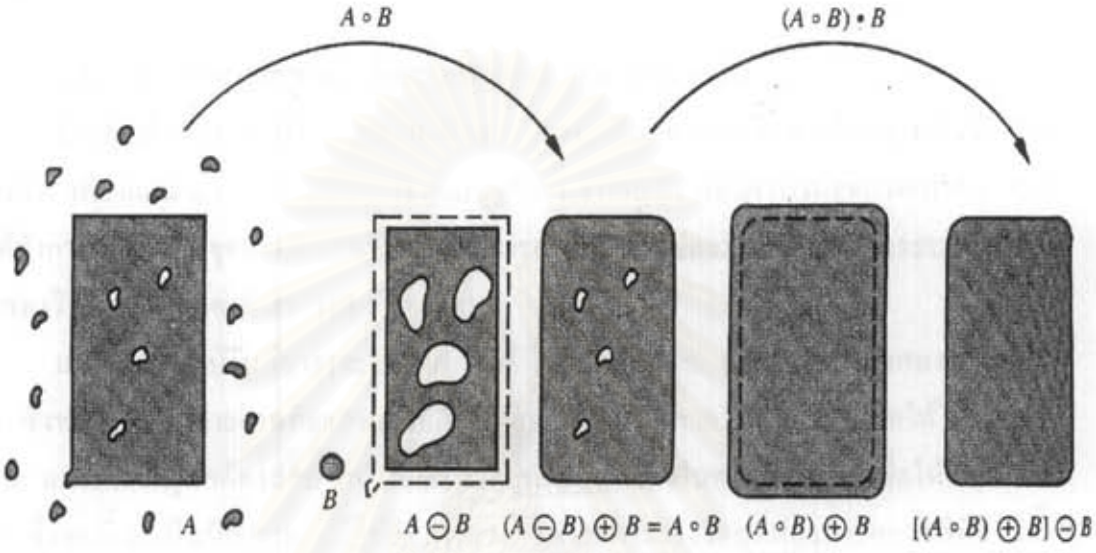
(ข)

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

(ค)

รูปที่ 2.3 ตัวกรองเชิงพื้นที่ (ก)ตัวกรองผ่านต่ำ (ข)ตัวกรองผ่านสูง (ค)ตัวกรองลาปลาเซียน

นอกจากตัวกรองที่กล่าวมาแล้วยังมีตัวกรองอีกประเภทหนึ่งซึ่งใช้เพื่อการหาส่วนต่างๆของภาพ เช่น ขอบภาพ(Boundary) , โครงร่างกระดูก (Skeleton) และยังเป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนวิธี (Algorithm)ทำให้บาง(Thinning)อีกด้วย ตัวกรองประเภทนี้คือตัวกรองสัณฐาน(Morphological Filter)ซึ่งสามารถใช้กำจัดสัญญาณรบกวนได้เช่นกันดังแสดงในรูป 2.4



รูปที่ 2.4 การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองสัณฐาน

2.3 กระบวนการแบ่งส่วน (Segmentation)

กระบวนการนี้เป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการประมวลผลภาพ โดยหน้าที่ของกระบวนการนี้คือการแยกข้อมูลออกเป็นส่วนๆ โดยการจัดข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันด้วยเงื่อนไขอย่างเดียวกันให้อยู่ในส่วนเดียวกัน และแยกข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันน้อยให้ออกจากกัน ความสำเร็จของการประมวลผลภาพส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการนี้อยู่ไม่น้อย เพราะความล้มเหลวเกือบทั้งหมดอาจเกิดจากการเลือกใช้ขั้นตอนวิธีที่ไม่ครอบคลุมเงื่อนไขทั้งหมด (Weak Segmentation) หรือหยาบเกินไป (Rugged Segmentation) ปัญหาใหญ่ของการแบ่งภาพออกเป็นส่วนอยู่ที่ว่าจะสามารถหาขั้นตอนวิธีที่เหมาะสมเพื่อรวมจุดภาพที่ต้องการให้เป็นกลุ่มเดียวกันได้อย่างไร ไม่จำเป็นต้องใช้ขั้นตอนวิธีเดียว แต่อาจนำหลายขั้นตอนวิธีมาใช้ร่วมกันก็ได้ ซึ่งไม่มีการจำกัดที่แน่นอน แต่สิ่งที่จำเป็นคือเมื่อนำเอาขั้นตอนวิธีเหล่านั้นมารวมกันผลลัพธ์ที่ได้ต้องสนับสนุนไปในทางที่จะบ่งบอกได้ว่าจุดภาพนี้จะเป็นกลุ่มเดียวกันหรือไม่ ขั้นตอนของการแบ่งเป็นส่วนประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

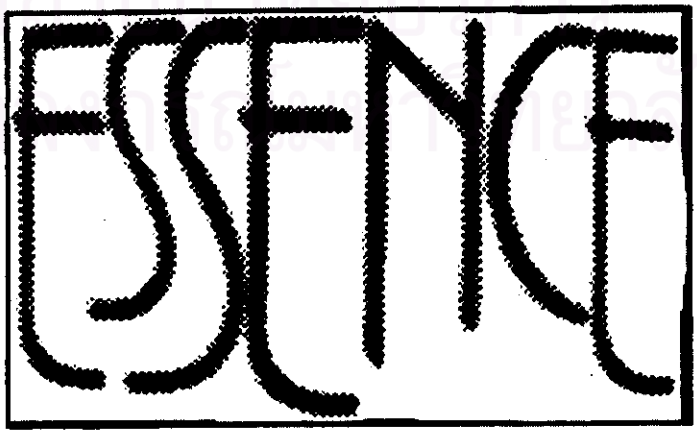
2.3.1 การกำหนดค่า (Labeling)

การกำหนดค่าให้กับจุดภาพจะมีค่าที่เท่าไหร่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่เราสนใจ เช่น ถ้าต้องการหาขอบภาพ คุณสมบัติที่ควรหาคือค่าความแตกต่างของระดับเทา(Gray Level) จะกำหนดค่าของขอบภาพได้โดยการนำภาพมาผ่านตัวกรองเกรเดียนต์ เป็นต้น ซึ่งแสดงดัง 2 ตัวอย่างของการกำหนดค่าให้แก่จุดภาพต่อไปนี้

2.3.1.1 การกำหนดค่าภาพหลังการลบ (Subtracting Images)[1]

ถ้ากล่าวถึงขั้นตอนวิธีการลบภาพแล้วดูเหมือนจะเป็นขั้นตอนวิธีที่ตรงไปตรงมาไม่มีความยากอะไร เพียงแต่นำภาพที่ต้องการตรวจสอบมาทับกับภาพแม่แบบที่มีจำนวนจุดภาพเท่ากัน จากนั้นให้ทำการลบกันด้วยจุดต่อจุด ภาพที่เหลือจากการลบกันคือสิ่งปลอมปนที่เข้ามาในระบบ ภาพที่ 2.5 แสดงวิธีการกำหนดค่าด้วยการลบกันของภาพ

แต่ในทางปฏิบัติแล้วการจะให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีเป็นเรื่องยาก ต้องวางภาพทั้งสองให้ทับกันสนิท ซึ่งหมายถึงการถ่ายภาพทั้งสองภาพนี้ต้องถ่ายจากระยะห่างจากวัตถุที่เท่ากันเพื่อให้ได้ขนาดที่เท่ากัน และที่สำคัญคือต้องถ่ายภาพในขณะที่วัตถุทั้งสองวางตัวในองศาที่เท่ากันเพื่อให้ทับกันได้สนิท ซึ่งจุดนี้เองเป็นปัญหาทางปฏิบัติอย่างมาก เพราะการวางวัตถุที่ต้องการตรวจพินิจไว้ซ้ำตำแหน่งเดิมได้ร้อยเปอร์เซ็นต์นั้นเกือบจะเป็นไปไม่ได้ กระนั้นยังมีขั้นตอนวิธีอื่นที่พัฒนามาเพื่อสนับสนุนการลบกันด้วยภาพอยู่บ้าง เช่น การปรับภาพให้ตรงกันกับภาพต้นแบบ (Model Fitting) [2] ซึ่งจะช่วยยืดและหดให้ภาพทั้งสองทับกันได้สนิทมากขึ้น อย่างไรก็ตามการกำหนดค่าด้วยวิธีนี้ไม่ค่อยประสบความสำเร็จถ้าจะนำมาใช้กับระบบที่วัตถุมีขนาดใหญ่กว่าฉากรับภาพมาก เพราะต้องเก็บภาพหลายครั้งเพื่อจะได้ข้อมูลครบทั้งวัตถุแล้วนำข้อมูลภาพในแต่ละครั้งมาต่อกัน ซึ่งรอยต่อของภาพนี้เองที่เป็นปัญหา หรือหากต้องการเก็บภาพของวัตถุทั้งหมดไว้ในภาพเดียวต้องทำการเก็บภาพย่อส่วนซึ่งสุดท้ายก็ไม่สามารถเก็บรายละเอียดของภาพได้



(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 2.5 การลบกันด้วยภาพ (ก)ภาพต้นแบบ (ข)ภาพที่ต้องการตรวจสอบ (ค)ผลของการลบกันของภาพ(ก)และ(ข)

2.3.1.2 การกำหนดค่าจากการใช้ตัวกรอง (Filtering Operation)

การเลือกใช้ตัวกรองแบบที่มีพฤติกรรมเน้นสัญญาณที่ต้องการให้เด่นชัด และลดสัญญาณที่ไม่ต้องการให้ต่ำลง ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งในการกำหนดค่าให้แก่จุดภาพ โดยมีขั้นตอนวิธีมากมายที่รองรับ เช่น การกำหนดค่าให้กับกลุ่มของขอบภาพสามารถทำได้จากการใช้ตัวกรองเกรเดียนต์ (Gradient Filter)[1],ตัวกรองลาปลาเชี่ยน (Laplacian Filter)[1] หรือ ตัวกรองความแตกต่างของเกาส์ (Difference of Gaussians)[1] เป็นต้น

2.3.2 การกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (Threshold)

หลังจากกำหนดค่าให้กับจุดภาพจุดต่างๆแล้ว ขั้นตอนต่อไปนี้คือการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่ใช้ในการตัดสินว่าจุดภาพใดจัดอยู่ในกลุ่มใด เพื่อความสะดวกโดยมากมักจะแบ่งกลุ่มออกเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มจุดภาพสีขาวและกลุ่มจุดภาพสีดำ เพราะมีหลายขั้นตอนวิธีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับภาพที่เป็นสองระดับนี้ได้ การกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนทำได้หลายแบบมีทั้งแบบที่เป็นค่าคงที่และที่เป็นแบบปรับตามสภาวะรอบข้างได้ โดยวิธีหลังน่าจะเหมาะสมกว่าเพราะสามารถใช้ได้กับทุกสถานการณ์ การหาขีดเริ่มเปลี่ยนเฉพาะจุดภาพด้วยวิธีการเลือกอัตโนมัติของจุดเมล็ด (Automatic Selection of Seed Points) [3] ก็เป็นขั้นตอนวิธีหนึ่งที่หาค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่สามารถปรับตามสภาวะรอบข้างได้

2.4 กระบวนการการแทนและการบรรยาย (Representation and Description)

กระบวนการข้างต้นที่กล่าวมาทั้งหมดในข้างต้นนั้น ล้วนแต่เป็นการประมวลผลกับข้อมูลดิบที่เป็นจุดภาพ (Raw Data Pixel) ข้อมูลดิบที่เป็นจุดภาพยังไม่สามารถนำมาใช้งานได้ เพราะข้อมูลดังกล่าวนี้มีจำนวนมากและยากแก่การหาความหมายจากข้อมูลเหล่านี้ ฉะนั้นวิธีการแทน (Representation) ข้อมูลดิบที่มีอยู่เดิมด้วยข้อมูลชนิดใหม่จึงเป็นทางออกที่ดี เช่น ชุดข้อมูลที่รวมกันเป็นกลุ่มพื้นที่สามารถแทนด้วยข้อมูลชนิดอื่นที่อยู่ในรูปของเส้นขอบภาพ (Boundary) หรือ โครงร่างกระดูก (Skeleton) ได้ เป็นต้น

ในบางครั้งการแทนข้อมูลที่เป็นจุดภาพด้วยข้อมูลแบบอื่นที่เราต้องการไม่สามารถทำได้โดยตรง จำเป็นต้องผ่านบางกระบวนการเสียก่อน เพื่อเตรียมข้อมูลให้พร้อมพอที่จะเปลี่ยนเป็นข้อมูลปลายทางที่เราต้องการได้ เช่น ต้องการเปลี่ยนจุดภาพที่เรียงกันให้เป็นข้อมูลเวคเตอร์ (Vector) แต่จะเปลี่ยนจุดภาพเป็นเวคเตอร์โดยทันทีไม่ได้ ต้องนำภาพมาเปลี่ยนเป็นภาพสองระดับเสียก่อน จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการทำให้บาง แล้วสุดท้ายจึงเปลี่ยนข้อมูลนั้นให้เป็นเวคเตอร์ได้

2.4.1 การทำให้บาง (Thinning)[4]

การทำให้บางคือ กระบวนการเซาะเอาจุดภาพที่อยู่ริมของวัตถุออกไปจนทำให้วัตถุมีขนาดเล็กลง ขั้นตอนวิธีลักษณะนี้มีหลายแบบ มีทั้งแบบที่ทำให้บางลงแล้วตรงบริเวณส่วนปลายสั้นลงด้วย หรือแบบที่ทำให้บางแล้วส่วนปลายยังคงยาวเท่าเดิม ซึ่งขั้นตอนวิธีของ Zhang และ Suen ก็เป็นตัวอย่างที่ดี ขั้นตอนวิธีนี้ใช้สำหรับภาพที่มีค่าของจุดภาพต่างกันสองระดับ(ขาวและดำ) คุณสมบัติที่ดีของการทำให้บางแบบนี้อยู่ที่สามารถรักษาความต่อเนื่องของจุดภาพได้ดีโดยไม่ขาดช่วง เนื่องจากขั้นตอนวิธีนี้ใช้วิธีกัดเซาะริมขอบของภาพเข้าไปทีละจุด จนกระทั่งเหลือแต่โครงร่างซึ่งหมายถึงหนึ่งจุดจะแทนความกว้างของลายเส้นได้ โดยมีขั้นตอนของการทำให้บางโดยดังนี้

1. กัดเซาะเข้าไปในขอบของภาพครั้งละหนึ่งจุดภาพ
2. ตรวจสอบว่าหลังจากการกัดเซาะแล้วภาพมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

3. ถ้าภาพมีการเปลี่ยนแปลงนั่นหมายความว่ายังสามารถกัดเซาะได้อีก ดังนั้นให้เริ่มทำจากข้อหนึ่งใหม่
4. ถ้าภาพที่ได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงให้จบกระบวนการได้

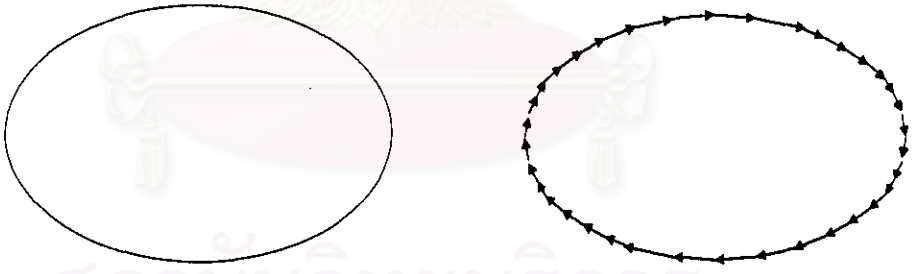
2.4.2 การทำให้เป็นเวคเตอร์ (Vectorization)[4]

จุดประสงค์หลักของการแปลงจุดภาพให้เป็นเวคเตอร์เพื่อให้สามารถเข้าถึงตำแหน่งได้รวดเร็ว ตรวจสอบส่วนต่างๆโดยง่ายลดจำนวนข้อมูลที่ต้องประมวลผลในขั้นตอนถัดไปและสามารถทำการจำแนกได้อย่างรวดเร็วขึ้น

ขั้นตอนการทำให้เป็นเวคเตอร์

1. หาทิศทางของจุดภาพที่เรียงต่อเนื่องกันไปโดยการเปลี่ยนจุดภาพให้เป็นรหัสเงื่อนไข (Condition Code)
2. เปลี่ยนรหัสเงื่อนไขที่มีความสัมพันธ์กันในแนวตรงให้เป็นเวคเตอร์เส้นตรง
3. เปลี่ยนรหัสเงื่อนไขที่เรียงกันเป็นเส้นโค้งให้เป็นเวคเตอร์เส้นตรงขนาดเล็กๆต่อกันจนเป็นรูปโค้งดังรูป 2.6
4. ทำซ้ำข้อหนึ่งถึงข้อสี่จนหมดทั้งภาพ

ข้อมูลที่เก็บในเวคเตอร์คือ เก็บตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้ายของเส้นตรง



(ก) (ข)

รูปที่ 2.6 การทำให้เป็นเวคเตอร์ (ก) รูปจุดภาพที่เรียงกันเป็นส่วนโค้ง(ข) รูปเวคเตอร์ขนาดเล็กใช้แทนจุดภาพในรูป (ก)

2.5 กระบวนการการรู้จำและการแปล(Recognition and Interpretation)

กระบวนการสุดท้ายของการประมวลผลทางภาพคือการรู้จำวัตถุที่ต้องการในภาพแยกออกจากวัตถุที่ไม่ต้องการ กระบวนการการรู้จำภาพสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนหลักได้คือ

ส่วนแรกเป็นการหาค่าตัวแปรที่ใช้เป็นเงื่อนไขในการตัดสินว่าวัตถุใดในภาพคือสิ่งที่ต้องการค้นหา การเลือกตัวแปรที่ใช้ในการจำแนกมีความสำคัญอย่างยิ่งยวด เพราะถือเป็นตัว

กำหนดแนวทางของกระบวนการอื่นเกือบทั้งหมด การเลือกตัวแปรที่ใช้ในการจำแนกแบบหนึ่งๆ จะมีลักษณะเฉพาะของตัวเองเพื่อหาค่าตัวแปรนั้น และจะกำหนดการทำงานของกระบวนการอื่นๆ ก่อนหน้านั้นให้กระทำเพื่อได้มาซึ่งค่าของตัวแปรที่ต้องการ โดยเงื่อนไขดังกล่าวสามารถหาได้จากความรู้พื้นฐานของลักษณะทั่วไปในโครงสร้างภาพที่เป็นปกติและพฤติกรรมของสิ่งปลอมปนที่ต้องการค้นหา

ส่วนที่สองเป็นกระบวนการที่ต้องตัดสินใจ ขั้นตอนการตัดสินใจนี้จำเป็นต้องมีข้อมูลมาตรฐานที่ใช้เป็นค่าอ้างอิงและค่าอ้างอิงนี้สามารถหาได้จากข้อมูลต้นแบบที่รู้แน่ชัดว่าส่วนใดเป็นโครงสร้างของภาพปกติและส่วนใดเป็นของสิ่งปลอมปนที่ต้องการค้นหา

ตัวอย่างวิธีที่ใช้ในการรู้จำ เช่น วิธีการทางสถิติ(Statistical)[5] วิธีการทางด้านโครงสร้าง (Structural [5]) และระบบโครงข่ายประสาท (Neural Networks)[5] เป็นต้น ซึ่งจะเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาและสภาวะแวดล้อมนั่นเอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย