บทที่ 3
การออกแบบขั้นตอนวิธีสำหรับภาพหลัก และภาพอินเตอร์เฟรม

3.1 การจัดการภาพหลัก

3.1.1 การกำหนดโครงร่างจุด ในการวิจัยนี้ กำหนดให้ภาพที่ผู้เขียนภาพหลักสร้างขึ้นเป็นภาพลายเส้นที่ประกอบด้วยเส้นตรง วงกลม และเส้นโค้ง ผู้ทำการวิจัยได้ออกแบบให้สามารถกำหนดเส้นดังกล่าวได้โดยใช้วิธีกำหนดโครงร่างจุด ดังนี้

เส้นตรง สามารถกำหนดโดยจุดปลายของเส้นตรงจำนวน 2 จุด

วงกลม สามารถกำหนดโดยจุดศูนย์กลางของวงกลมและจุดบนเส้นรอบวงอีกจุดหนึ่ง

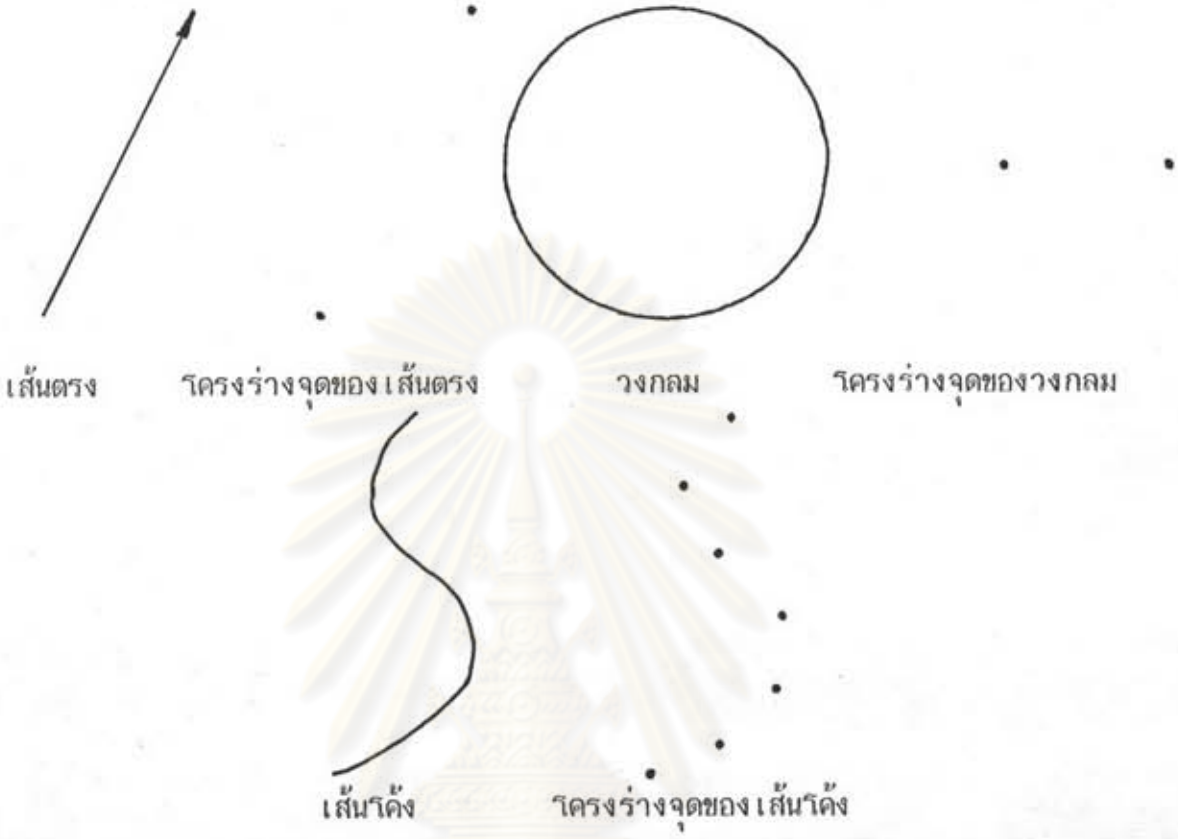
เส้นโค้ง สามารถกำหนดโดยจุดบนเส้นโค้ง จำนวนไม่น้อยกว่า4 จุด ดังรูปที่ 3.1

นอกจากเส้นดังกล่าวแล้ว ยังสามารถใช้โครงร่างจุดเพื่อกำหนดภาพเรขาคณิตพื้นฐานอื่น ๆ ได้อีก ดังนี้

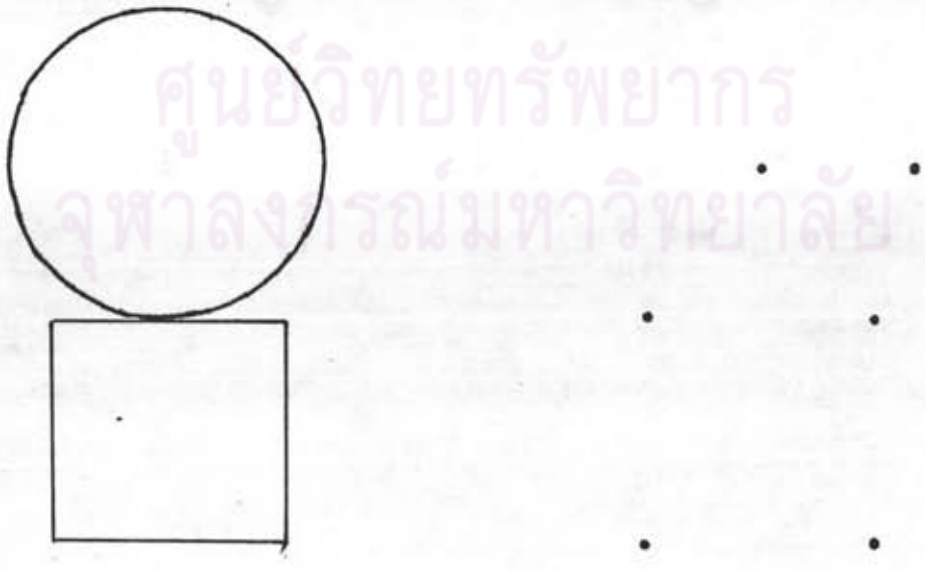
รูปสามเหลี่ยม สามารถกำหนดโดยจุดยอดของรูปสามเหลี่ยม จำนวน 3 จุด

รูปสี่เหลี่ยม สามารถกำหนดโดยจุดยอดของมุมที่อยู่ตรงกันข้ามของรูปสี่เหลี่ยม จำนวน 2 จุด

รูปหลายเหลี่ยม สามารถกำหนดโดยลำดับของจุดยอดของมุมทุกมุมของรูปหลายเหลี่ยมที่ต้องการ โดยจุดแรก และจุดสุดท้าย เป็นจุดเดียวกันมิฉะนั้นจะไม่สามารถสร้างด้านสุดท้ายของรูปเหลี่ยมได้



รูปที่ 3.1 แสดงการกำหนดโครงร่างจุดสำหรับเส้นตรง วงกลม และเส้นโค้ง



รูปที่ 3.2 แสดงการกำหนดภาพและโครงร่างจุดของภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2 การสร้างภาพลายเส้น จากหลักการกำหนดโครงร่างจุดที่ได้ออกแบบขึ้นในการวิจัยนี้ การสร้างภาพลายเส้นใด ๆ สามารถทำได้โดยการเชื่อมโยงจุดได้แก่ เส้นตรง สี่เหลี่ยม เป็นต้น หรือสร้างภาพเรขาคณิตพื้นฐานต่าง ๆ ด้วยเส้นที่เหมาะสม ซึ่งได้แก่ วงกลม หรือเส้นโค้ง แล้วแต่กรณี

เส้นตรง มีโครงร่างจุดที่ประกอบด้วยจุด 2 จุด การสร้างภาพทำได้โดยการเชื่อมโยงจุดทั้งสองนี้ ด้วยเส้นตรง โดยอาศัยขั้นตอนวิธีดังรายละเอียดในหัวข้อ 2.1 ดังรูปที่ 3.3

สามเหลี่ยม มีโครงร่างจุดที่ประกอบด้วยจุด 3 จุด การสร้างภาพทำได้โดยการเชื่อมโยงจุดที่ 1 เข้ากับจุดที่ 2 จุดที่ 2 เข้ากับจุดที่ 3 และจุดที่ 3 เข้ากับจุดที่ 1 ด้วยเส้นตรง ดังรูปที่ 3.4

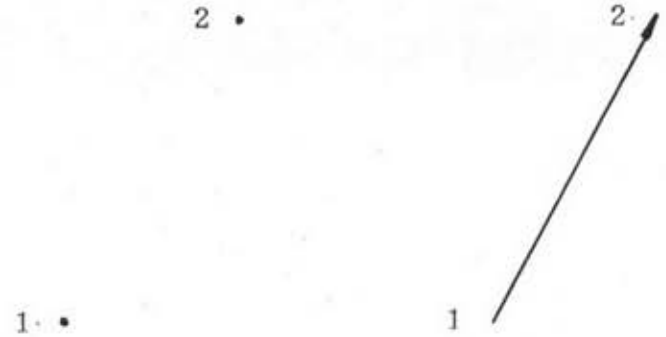
สี่เหลี่ยม มีโครงร่างจุดที่ประกอบด้วยจุด 2 จุด ซึ่งเป็นจุดยอดของมุมที่อยู่ตรงกันข้ามของรูปสี่เหลี่ยม สามารถหาจุดยอดอีก 2 จุดได้ด้วยการคำนวณ การสร้างภาพทำได้โดยการเชื่อมโยงจุดยอดที่อยู่ติดกัน ด้วยเส้นตรง ดังรูปที่ 3.5

รูปหลายเหลี่ยม มีโครงร่างจุดที่ประกอบด้วยจุดที่มีจำนวนไม่แน่นอน การสร้างภาพทำได้โดยการเชื่อมโยงจุดทีละคู่ จากจุดแรกไปจนถึงจุดสุดท้าย ด้วยเส้นตรงดังรูปที่ 3.6

วงกลม มีโครงร่างจุดที่ประกอบด้วยจุด 2 จุด การสร้างภาพทำได้โดยการเชื่อมโยงจุดดังกล่าว ด้วยวงกลม ที่มีจุดศูนย์กลาง และรัศมีตามที่จุดทั้งสองกำหนดโดยนัยโดยอาศัยขั้นตอนวิธีดังรายละเอียดในหัวข้อ 2.2 ดังรูปที่ 3.7

เส้นโค้ง มีโครงร่างจุดที่ประกอบด้วยจุดอย่างน้อย 4 จุด การสร้างภาพทำได้โดยการเชื่อมโยงจุดเหล่านี้ ด้วยเส้นโค้ง โดยอาศัยขั้นตอนวิธีดังรายละเอียดในหัวข้อ 2.3 ดังรูปที่ 3.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



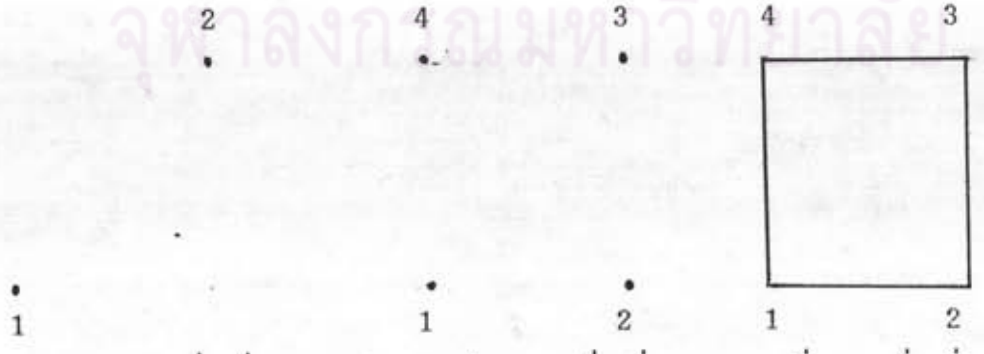
โครงร่างจุดรูปเส้นตรง การเชื่อมโยงเส้นตรง

รูปที่ 3.3 แสดงการเชื่อมโยงเส้นตรง

โครงร่างจุดรูปสามเหลี่ยม การเชื่อมโยงสามเหลี่ยม

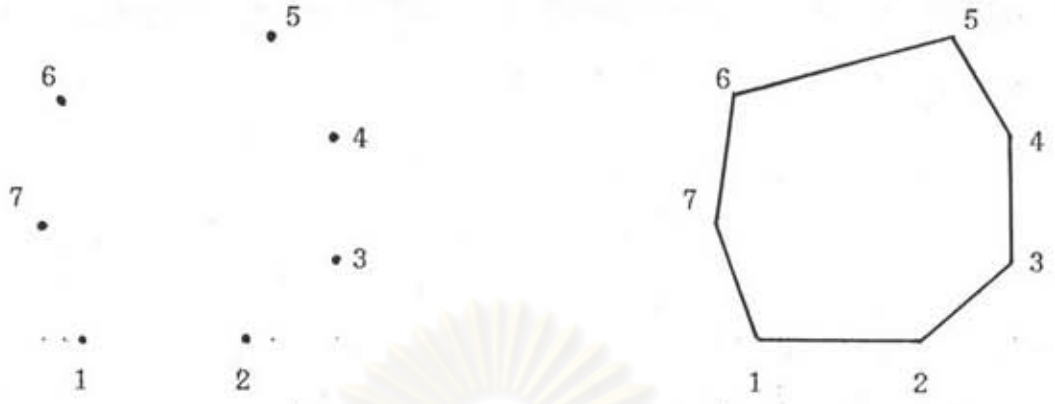
รูปที่ 3.4 แสดงการเชื่อมโยงสามเหลี่ยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



โครงร่างจุดรูปสี่เหลี่ยม แปลงโครงร่างจุดรูปสี่เหลี่ยม การเชื่อมโยงสี่เหลี่ยม

รูปที่ 3.5 แสดงการเชื่อมโยงสี่เหลี่ยม



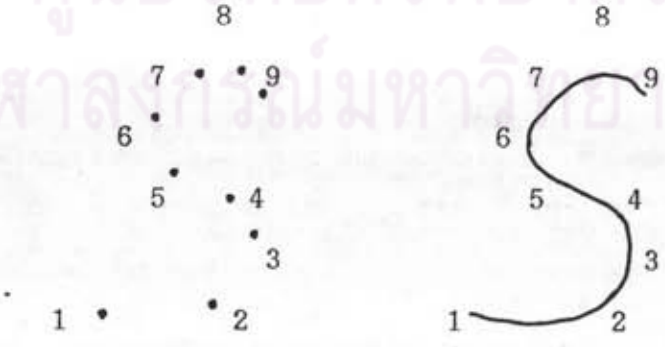
โครงร่างจุดรูปหลายเหลี่ยม การเชื่อมโยงรูปหลายเหลี่ยม

รูปที่ 3.6 แสดงการเชื่อมโยงรูปหลายเหลี่ยม

โครงร่างจุดรูปวงกลม แปลงโครงร่างจุดรูปวงกลม การเชื่อมโยงรูปวงกลม

รูปที่ 3.7 แสดงการเชื่อมโยงรูปวงกลม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



โครงร่างจุดรูปเส้นโค้ง การเชื่อมโยงรูปเส้นโค้ง

รูปที่ 3.8 แสดงการเชื่อมโยงรูปเส้นโค้ง

3.1.3 การสร้างภาพหลัก และโครงสร้างข้อมูลของภาพหลัก ภาพหลักภาพหนึ่ง ๆ อาจมองการสร้างภาพเกิดขึ้นจากส่วนต่าง ๆ ของภาพมาประกอบกัน เช่น ภาพผีเสื้อ สามารถแยกภาพผีเสื้อออกเป็นส่วนของภาพ ได้แก่ ส่วนหนวด ส่วนลำตัว ส่วนปีก ซึ่งส่วนของภาพแต่ละส่วนเกิดจากการใช้คุณสมบัติพื้นฐานทางด้านกราฟิก เช่น ส่วนหนวดเกิดจากการใช้เส้นตรง ส่วนของลำตัวเกิดจากการใช้สี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วนของปีกเกิดจากการใช้รูปหลายเหลี่ยม

เนื่องจากรูปสี่เหลี่ยม หรือ รูปหลายเหลี่ยม เกิดจากการใช้เส้นตรงมาประกอบ ดังนั้นการสร้างส่วนของลำตัว หรือ การสร้างส่วนของปีก อาจเกิดจากการใช้เส้นตรงสร้างส่วนของภาพก็ได้ ทำให้สามารถพิจารณาภาพผีเสื้อทั้งภาพเป็นส่วนเดียวที่เกิดจากการใช้เส้นตรงประกอบ

การพิจารณาภาพเป็นส่วนเดียวไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นจากการใช้เส้นตรงมาประกอบเพียงลักษณะเดียวอาจเกิดขึ้นจากรูปพื้นฐานทางด้านกราฟิกอื่น ๆ มาประกอบก็ได้ คืออาจมองภาพผีเสื้อทั้งภาพที่กล่าวมาข้างต้นเป็นส่วนเดียวที่เกิดขึ้นจาก เส้นตรง สี่เหลี่ยม รูปหลายเหลี่ยมมาประกอบ ดังรูป 3.9

มองภาพผีเสื้อออกเป็นหลายส่วน มองภาพผีเสื้อเป็นส่วนเดียว

รูปที่ 3.9 แสดงภาพหลักที่เป็นภาพผีเสื้อ และการสร้างภาพโดยประกอบด้วยส่วนของภาพที่ต่างกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื่องจากภาพเกิดขึ้นจากรูปพื้นฐานทางด้านกราฟิก และสามารถกำหนดให้อยู่ในลักษณะโครงร่างจุดได้ ตามหัวข้อ 3.1.1 และประกอบจุดให้เกิดเป็นภาพลายเส้น ตามหัวข้อ 3.1.2 ดังนั้นการกำหนดภาพหลักภาพหนึ่ง ๆ ทำได้โดยการกำหนดภาพเป็นโครงร่างจุดของภาพ

การสร้างภาพหลักดังกล่าวข้างต้น สามารถพิจารณาภาพออกเป็นส่วนของภาพหลายส่วน หรือมองภาพเป็นส่วนเดียว ซึ่งส่วนของภาพแต่ละส่วนนั้นเกิดขึ้นจากใช้คำสั่งพื้นฐานทางด้านกราฟิกมาประกอบ

ดังนั้นการกำหนดโครงสร้างข้อมูลของภาพหลัก จะพิจารณาแบ่งแยกโครงสร้างข้อมูลของภาพหลักออกเป็น ข้อมูลส่วนของภาพ ข้อมูลส่วนของคำสั่งพื้นฐาน ข้อมูลพิกัดจุดของคำสั่งพื้นฐาน นอกจากนี้ได้นำหลักการโครงสร้างข้อมูลแบบรายการโยง (Linked list) มาใช้เป็นแนวทางสำหรับการกำหนดโครงสร้างข้อมูลของภาพด้วย

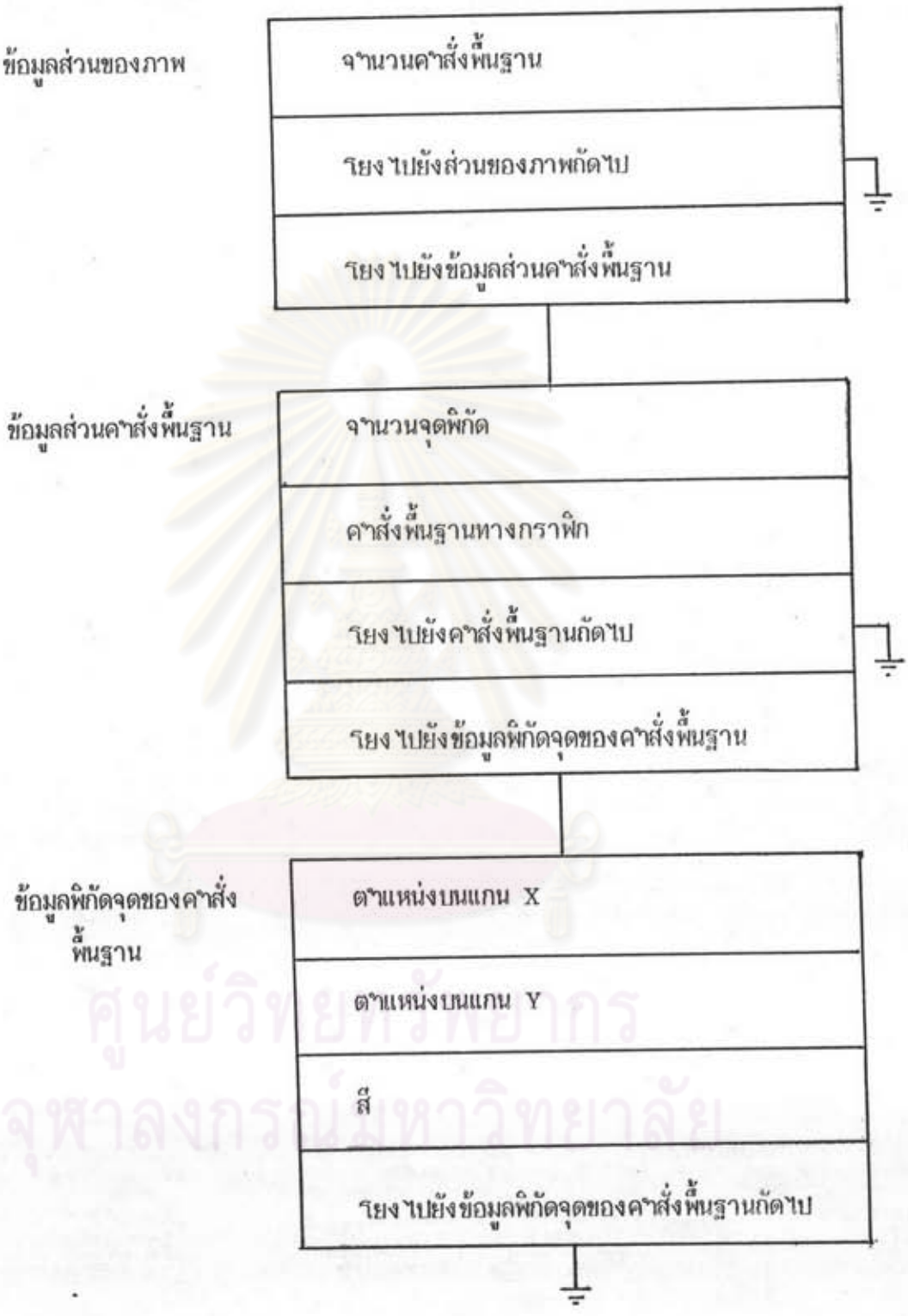
โครงสร้างข้อมูลของภาพหลัก ประกอบด้วย

3.1.3.1 ข้อมูลส่วนของภาพ เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการมองภาพทั้งภาพเป็นส่วนหนึ่งของภาพ หรือ หลายส่วน ถ้ามีหลายส่วนจะเชื่อมโยงกับส่วนของภาพถัดไปตามคุณสมบัติของโครงสร้างข้อมูลแบบรายการโยง ภายใต้ข้อมูลส่วนของภาพจะประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับรูปพื้นฐานทางด้านกราฟิกที่มาประกอบเป็นส่วนของภาพ

3.1.3.2 ข้อมูลส่วนคำสั่งพื้นฐาน ข้อมูลในส่วนนี้มีความสำคัญที่สุดของภาพหลัก เนื่องจากเป็นข้อมูลของรูปพื้นฐานทางกราฟิกที่มาประกอบเป็นภาพ ภายใต้ข้อมูลส่วนคำสั่งพื้นฐานจะประกอบด้วยตำแหน่งของจุดที่ประกอบเป็นโครงร่างจุดของภาพ ถ้ามีรูปหลายรูปที่ประกอบกันภายใต้ส่วนของภาพจะเชื่อมโยงกับคำสั่งพื้นฐานถัดไปตามคุณสมบัติของโครงสร้างข้อมูลแบบรายการโยง

3.1.3.3 ข้อมูลพิกัดจุดของคำสั่งพื้นฐาน เป็นข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของโครงร่างจุดของภาพ ข้อมูลตำแหน่งจุดแต่ละจุด เชื่อมโยงกันตามคุณสมบัติของโครงสร้างข้อมูลแบบรายการโยง

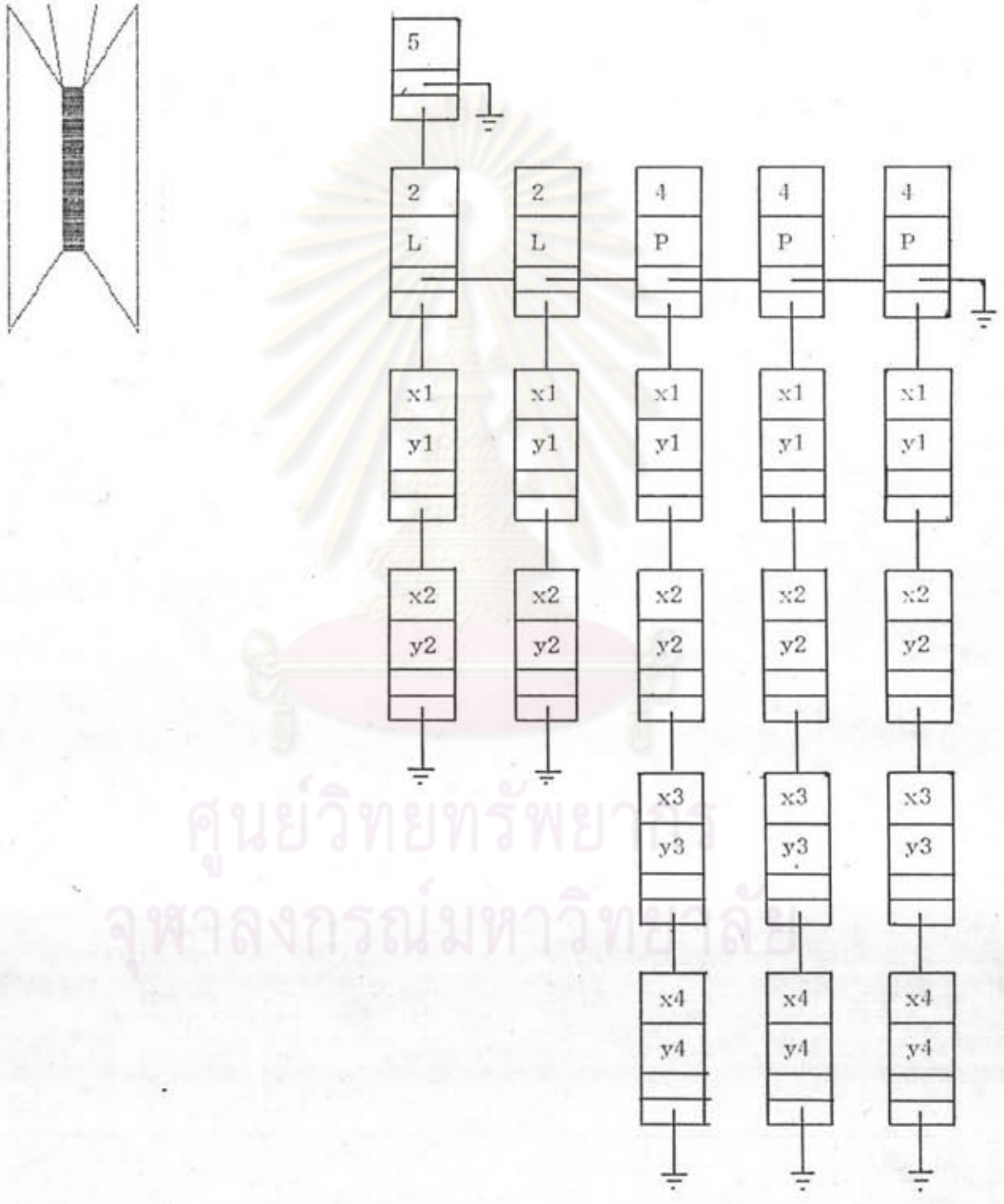
โครงสร้างข้อมูลภาพหลัก แสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 โครงสร้างของข้อมูลภาพหลัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

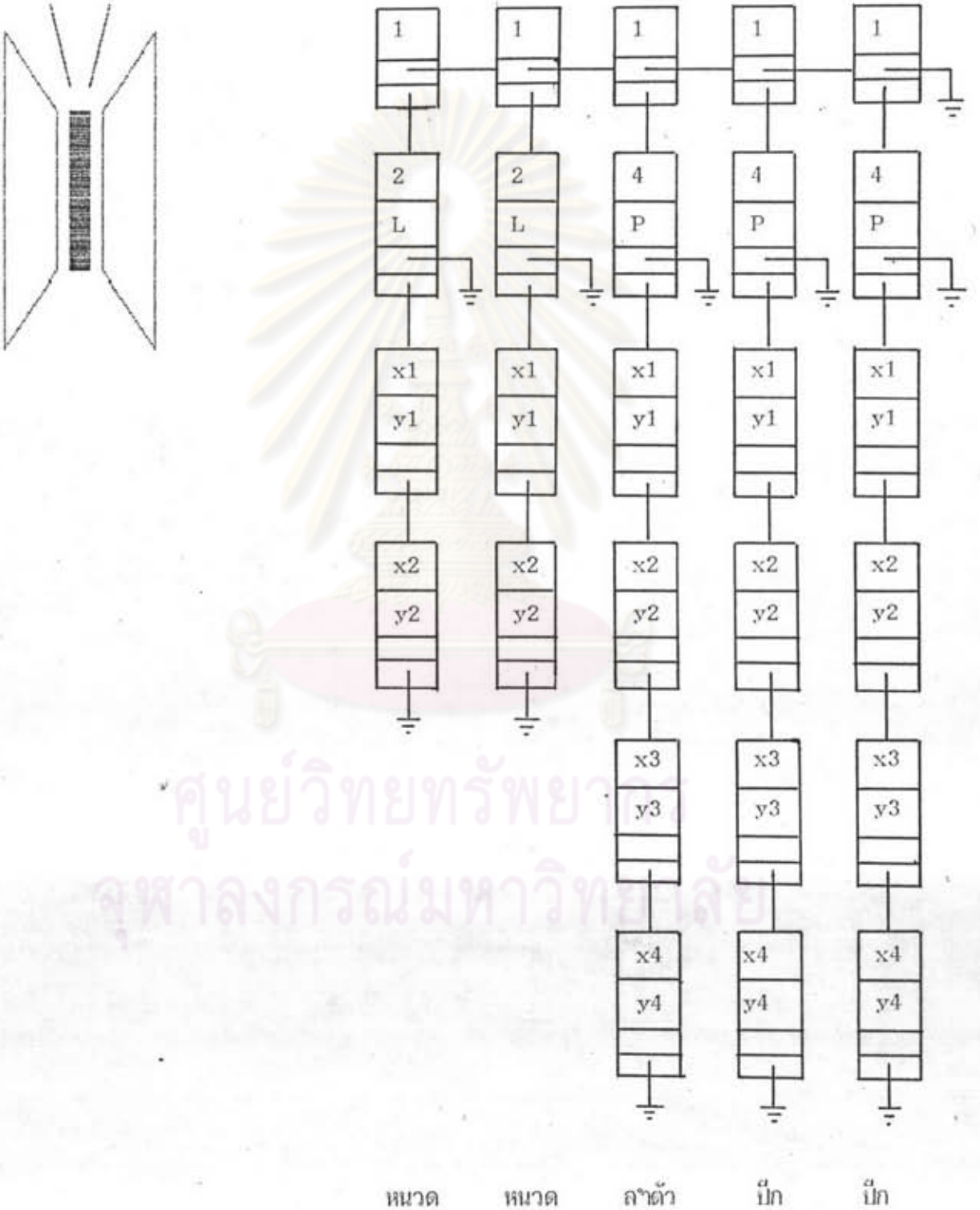
จากโครงสร้างข้อมูลของภาพหลัก สามารถแสดงภาพเสื้อที่มองภาพเป็นส่วนหนึ่งของภาพที่ประกอบ ด้วยคำสั่งพื้นฐานต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงโครงสร้างข้อมูลภาพของเสื้อที่มองภาพเป็นส่วนเดียว

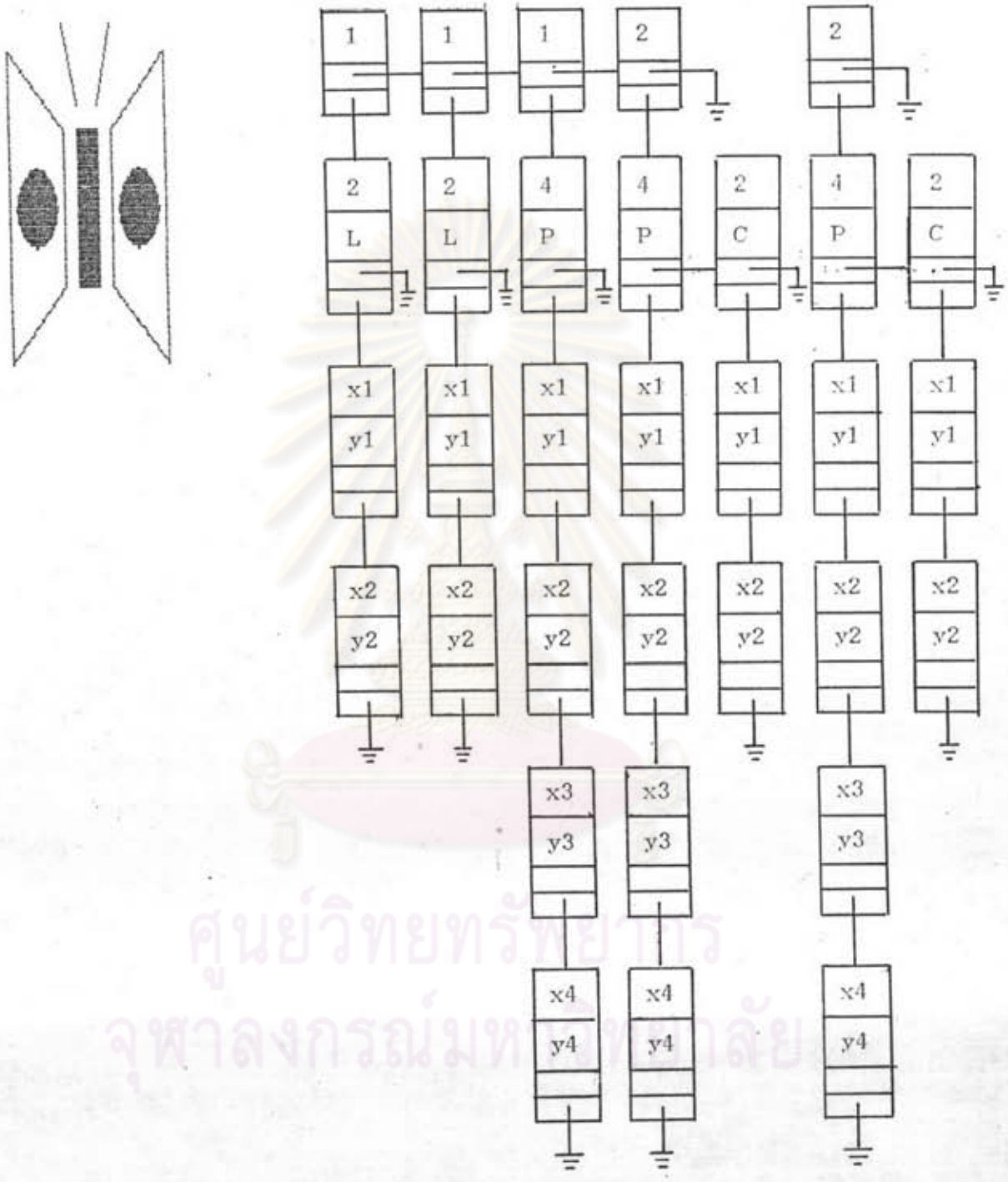
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงโครงสร้างข้อมูลของภาพหลัก ของภาพผลิตหมองภาพออกเป็นส่วนของภาพหลาย ๆ ส่วน ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงโครงสร้างข้อมูลภาพของผลิตหมองภาพออกเป็นหลาย ๆ ส่วน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

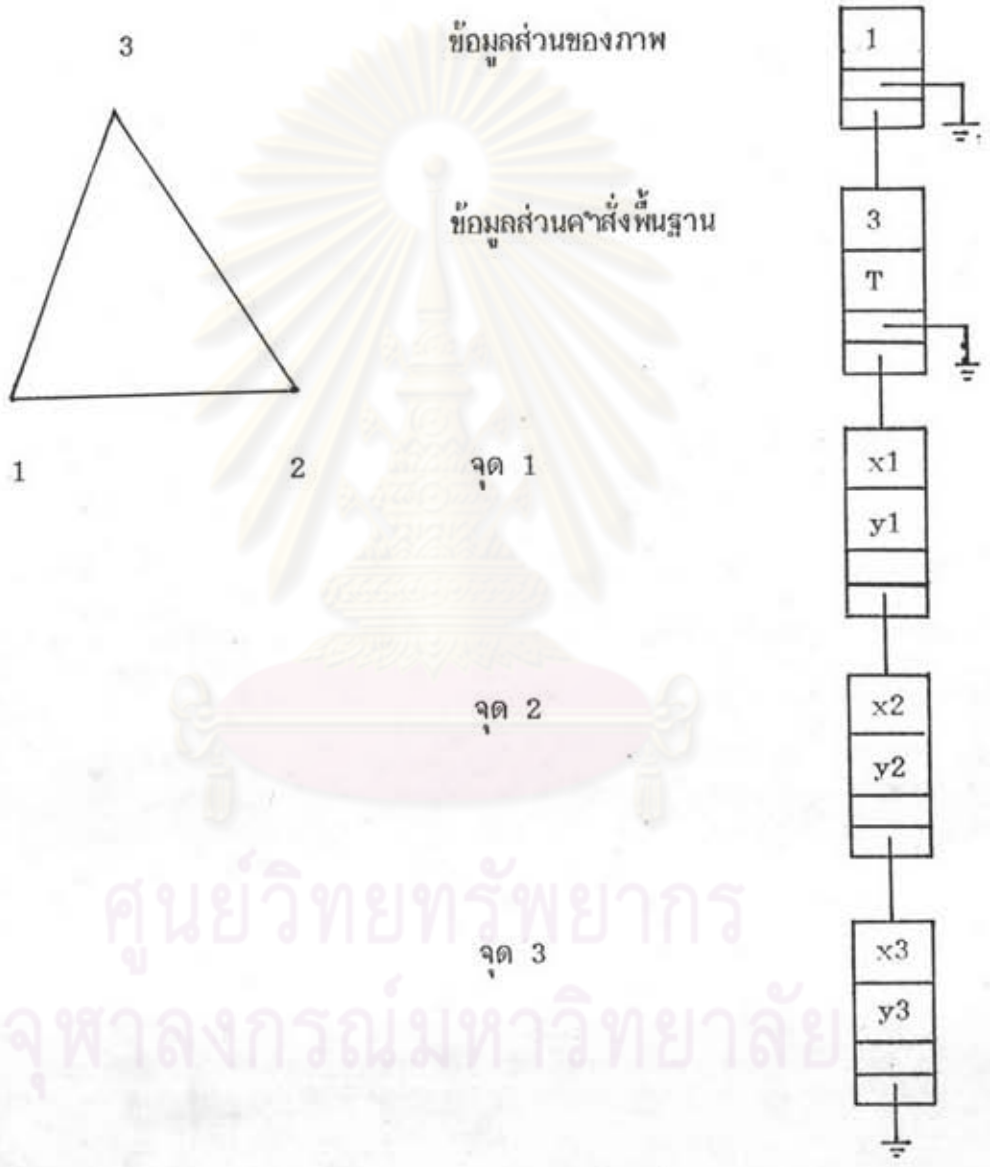


หนวด หนวด ลำตัว ปีก จุด ปีก จุด

รูปที่ 3.13 แสดงโครงสร้างข้อมูลภาพของผีเสื้อที่แบ่งภาพออกเป็นหลายส่วนและภายใต้ส่วนหนึ่งประกอบด้วยหลายคำสั่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

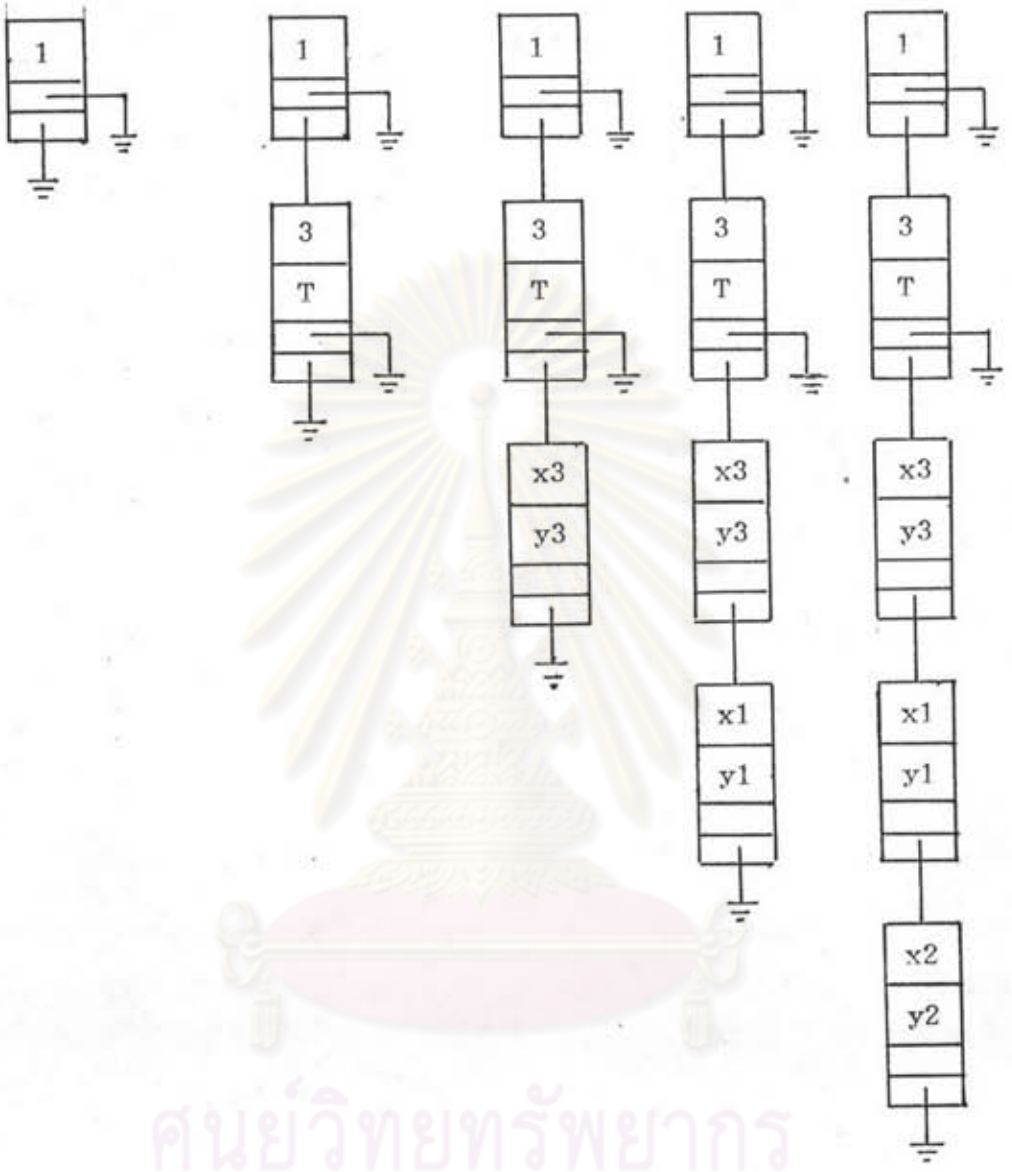
โครงสร้างข้อมูลของภาพหลักสามารถสลับตำแหน่งของจุดภายใต้ข้อมูลคำสั่งพื้นฐานให้มีการจัดเรียงลำดับตำแหน่งของจุดของรูปที่ต้องการได้ การสลับตำแหน่งของจุดสามารถทำได้โดยการสร้างโครงสร้างข้อมูลของภาพหลักชุดใหม่ขึ้นแทนข้อมูลชุดเดิม เช่น รูปสามเหลี่ยมประกอบด้วยจุด 3 จุด ดังรูปที่ 3.14 ถ้าต้องการให้จุดที่ 3 เป็นจุดแรกและตามด้วยจุด 1 และจุด 2 จะมีขั้นตอนการปรับดังรูปที่ 3.15



รูปสามเหลี่ยม โครงสร้างข้อมูลของรูปสามเหลี่ยม

รูปที่ 3.14 แสดงรูปสามเหลี่ยมและโครงสร้างข้อมูลของรูปสามเหลี่ยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.15 แสดงการปรับตำแหน่งของจุดของโครงสร้างข้อมูลภาพหลัก

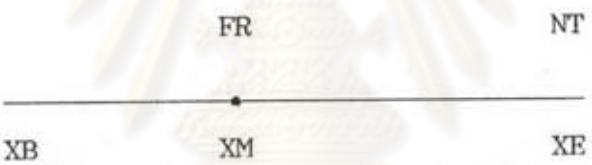
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 หลักการการสร้างภาพอินเตอร์เฟรม

ภาพอินเตอร์เฟรมเกิดขึ้นจากภาพหลักสองภาพ โดยกำหนดภาพหลักภาพหนึ่งเป็นภาพแรก อีกภาพหนึ่งเป็นภาพสุดท้าย และกำหนดจำนวนภาพตามต้องการ การสร้างภาพอินเตอร์เฟรมจะต้องกำหนดลำดับความสัมพันธ์ของจุดภายใต้คำสั่งพื้นฐานของภาพหลักทั้งสอง เมื่อคีย์แอนนิเมเตอร์กำหนดลำดับความสัมพันธ์ของจุดขึ้นใหม่ จะมีการจัดโครงร่างจุดของภาพหลักทั้งสองใหม่ตามหัวข้อ 3.1.3

การสร้างภาพอินเตอร์เฟรมเกิดจากการเปลี่ยนของภาพหลัก แบ่งออกเป็น

3.2.1 การเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรง ภาพอินเตอร์เฟรมจะเกิดขึ้นจากสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของความสัมพันธ์ของจุดของภาพหลักภาพแรกกับภาพสุดท้าย ตามจำนวนภาพอินเตอร์เฟรมที่กำหนดไว้ระหว่างจุดทั้งสองตำแหน่งของจุดของภาพอินเตอร์เฟรมแสดงไว้ดังรูปที่ 3.16 และคำนวณตำแหน่งได้ตามสมการ 3-1



รูปที่ 3.16 แสดงตำแหน่งของจุดของภาพอินเตอร์เฟรม

$$XM = XB + (XE - XB)\frac{FR}{NT} \qquad 3\text{-}1$$

XB = จุดของภาพหลักภาพแรก

XE = จุดของภาพหลักภาพสุดท้าย

XM = จุดของภาพอินเตอร์เฟรม

FR = ลำดับที่ของภาพอินเตอร์เฟรม

NT = จำนวนภาพอินเตอร์เฟรมทั้งหมด

ลำดับของความสัมพันธ์ของจุดภายใต้คำสั่งพื้นฐาน ระหว่างภาพทั้งสองมีความสำคัญต่อภาพอินเตอร์เฟรมที่ได้เป็นอย่างมาก เพราะลำดับของความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันไปจะทำให้ภาพอินเตอร์เฟรมที่ได้แตกต่างกัน ดังรูปที่ 3.17

รูปที่ 3.17 แสดงภาพอินเตอร์เฟรมกรณีจัดลำดับความสัมพันธ์แตกต่างกัน

เนื่องจากจุดของภาพอินเตอร์เฟรมเกิดขึ้นจากสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของความสัมพันธ์ของจุดระหว่างภาพหลักทั้งสอง ในบางกรณีคำสั่งพื้นฐานภายใต้ข้อมูลส่วนของภาพไม่เท่ากัน และ/หรือ จำนวนจุดภายใต้ข้อมูลส่วนของคำสั่งพื้นฐานมีจำนวนจุดไม่เท่ากัน ซึ่งการกำหนดความสัมพันธ์ของจุดระหว่างภาพหลักทั้งสองจะไม่เท่ากัน ทำให้ไม่สามารถหาจุดของภาพอินเตอร์เฟรมได้ ดังนั้นจะต้องกำหนดจำนวนจุดของภาพทั้งสองให้เท่ากัน โดยการกำหนดซ้ำจุดใดก็ได้ของภาพหลักที่มีจำนวนโครงร่างจุดของภาพน้อยกว่าโดยไม่จำเป็นต้องคำนึงว่าคำสั่งพื้นฐานทางด้านกราฟิกระหว่างภาพหลักทั้งสอง ดังรูปที่ 3.18

รูปที่ 3.18 แสดงความสัมพันธ์ของจุดระหว่างภาพหลัก 2 ภาพที่มีจำนวนจุดไม่เท่ากัน

การกำหนดลำดับความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันของจุดระหว่างภาพหลักทั้ง 2 จะทำให้ได้ภาพอินเตอร์เฟรมที่แตกต่างกัน เช่น ลำดับความสัมพันธ์ จากรูป 3.18

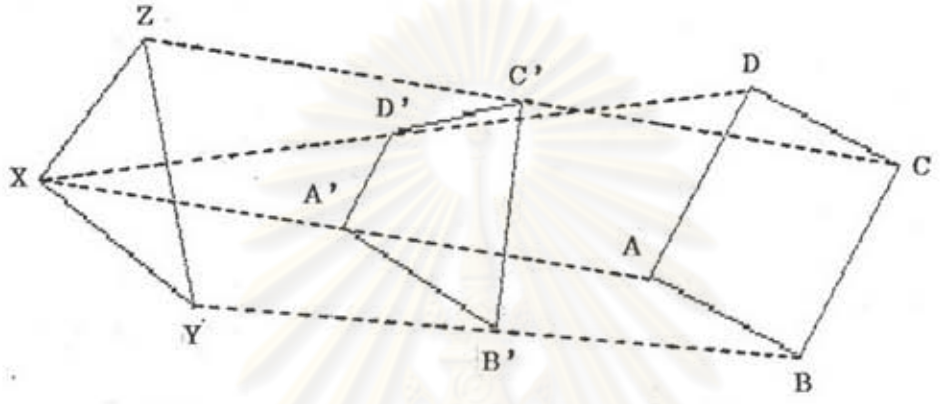
X ---> A, Y ---> B, Z ---> C, X ---> D

กับ

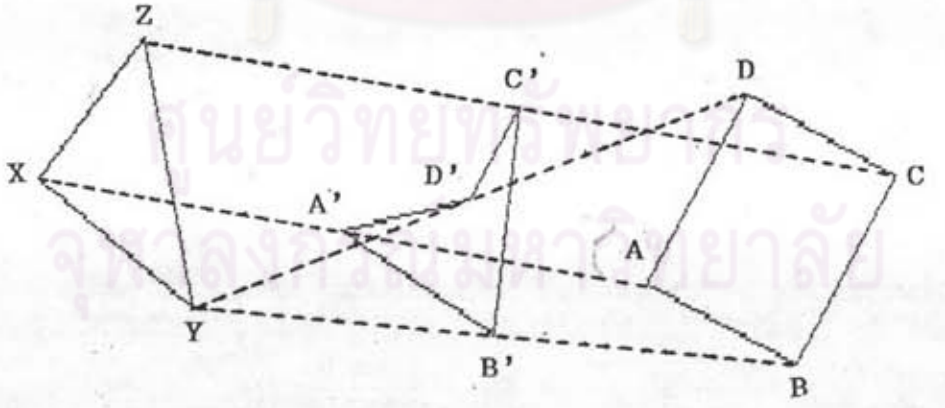
X ---> A, Y ---> B, Z ---> C, Y ---> D

จะได้ภาพดังรูป 3.19 ก และ ข ตามลำดับ

กรณีที่ภาพเป็นเส้นโค้ง จุดของภาพอินเตอร์เฟรมของเส้นโค้ง เกิดขึ้นจากการคำนวณตามหลักการการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรงของจุดทุกจุดที่ประกอบเป็นเส้นโค้งนั้น เมื่อได้โครงร่างจุดของภาพอินเตอร์เฟรมของเส้นโค้งครบทุกจุดจะเชื่อมโยงจุดโดยใช้การสร้างเส้นโค้งโดยอาศัยฟังก์ชั่นกระดูกงู ดังรูปที่ 3.20

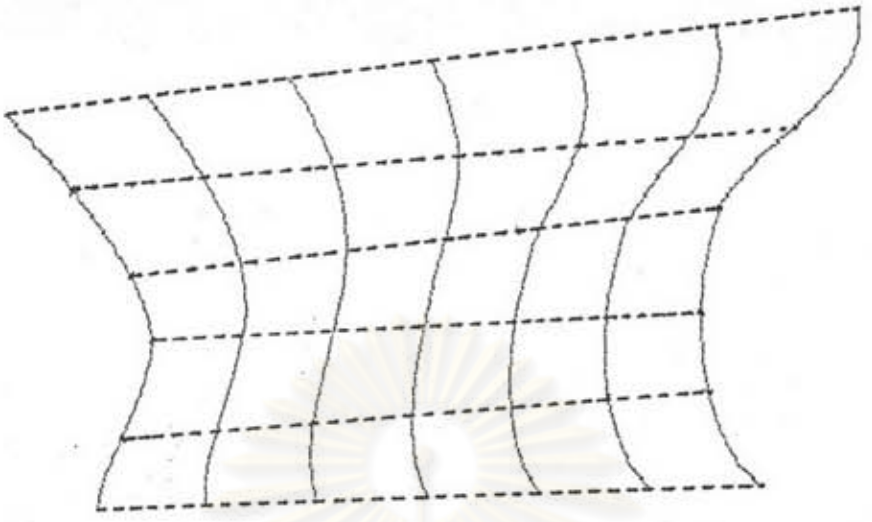


ก



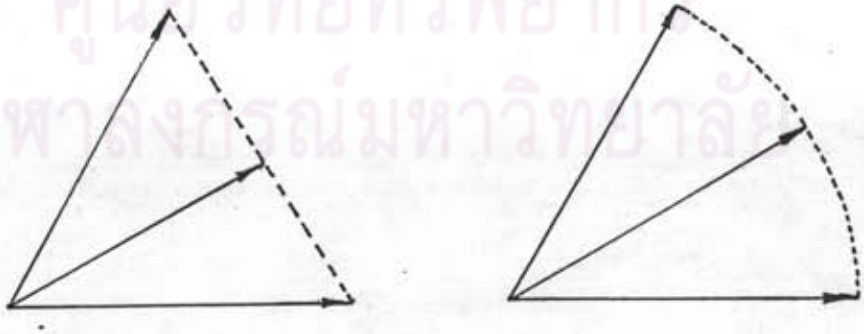
ข

รูปที่ 3.19 แสดงภาพอินเตอร์เฟรมที่กำหนดความสัมพันธ์แตกต่างกัน



รูปที่ 3.20 แสดงภาพอินเตอร์เฟรมที่เกิดจากเส้นโค้ง

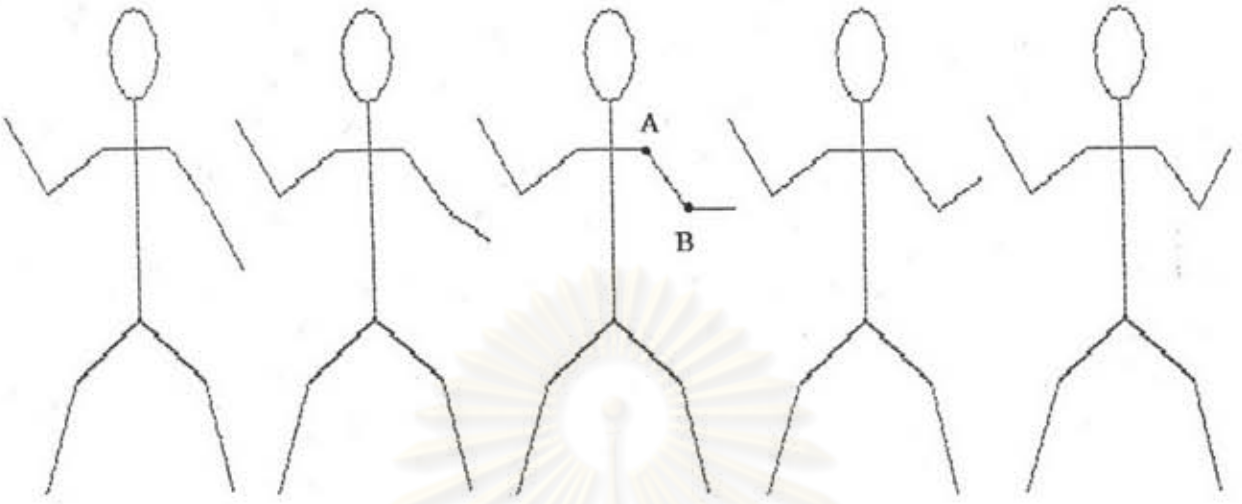
3.2.2 การเปลี่ยนแปลงแบบหมุน ภาพหลักบางภาพมีส่วนของภาพบางส่วนที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุน เช่น ภาพคน มีส่วนแขน หรือ ขา ที่มีการเคลื่อนที่ของส่วนนี้ที่อยู่ในลักษณะของการหมุน ในกรณีของแขนจะมีหัวไหล่ และ ข้อศอก เป็นจุดหมุน ในกรณีของขาจะมีส่วนขาที่ติดลำตัว และ หัวเข่า เป็นจุดหมุน แต่ถ้ากำหนดให้ภาพอินเตอร์เฟรมเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรงจะทำให้ได้ภาพอินเตอร์เฟรมที่มีลักษณะที่ผิดปกติ ดังรูปที่ 3.21



การเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรง การเปลี่ยนแปลงแบบหมุน

รูปที่ 3.21 แสดงภาพอินเตอร์เฟรมที่มีลักษณะผิดปกติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

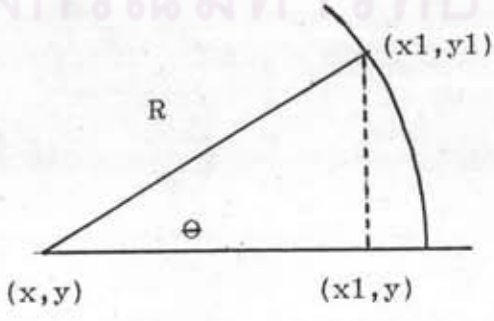


จุด A แสดงจุดหมุน ณ ตำแหน่งของไหล่

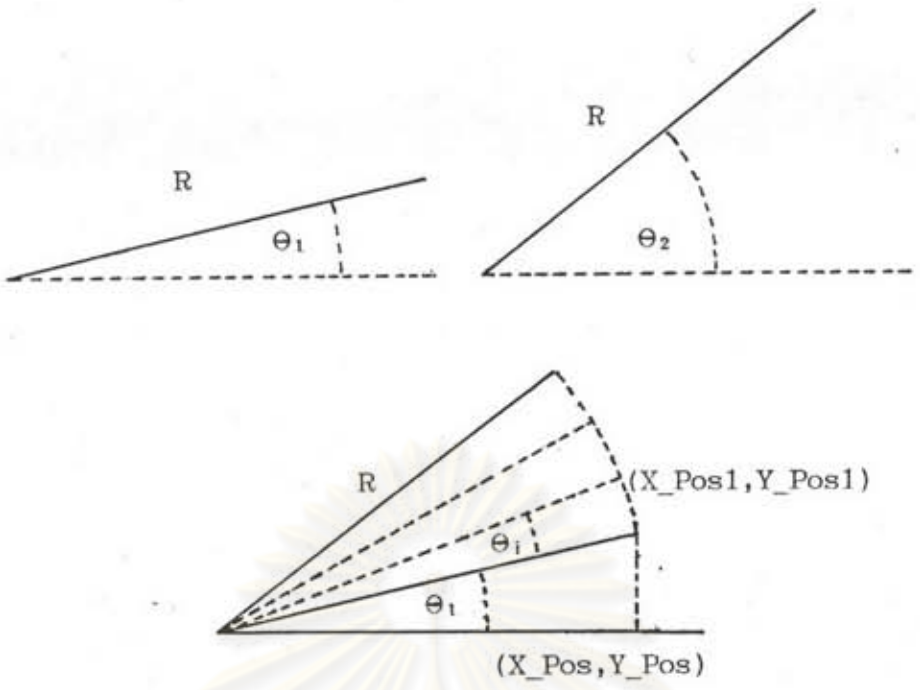
จุด B แสดงจุดหมุน ณ ตำแหน่งของศอก

รูปที่ 3.22 การประยุกต์การเปลี่ยนแปลงแบบหมุนกับโครงร่างของคน

การสร้างภาพอินเตอร์เฟรมที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบหมุน จะพิจารณาเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของภาพที่ประกอบด้วยคำสั่งพื้นฐานของเส้นตรงเท่านั้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงแบบหมุนนั้นจะต้องมีการกำหนดจุดหมุนขึ้น ในกรณีของภาพหลักจะต้องกำหนดจุดปลายของเส้นตรงที่อยู่ก่อนหน้าเส้นตรงที่กำลังพิจารณาให้หมุนให้เป็นจุดหมุน โดยทำการคำนวณหาองศาที่เปลี่ยนแปลงไปของเส้นตรงของภาพหลักภาพแรกกับภาพหลักภาพสุดท้าย การคำนวณหาองศาของเส้นตรงทำได้โดยการหามุมที่เส้นตรงนั้นทำกับแนวระนาบ ดังรูป 3.23

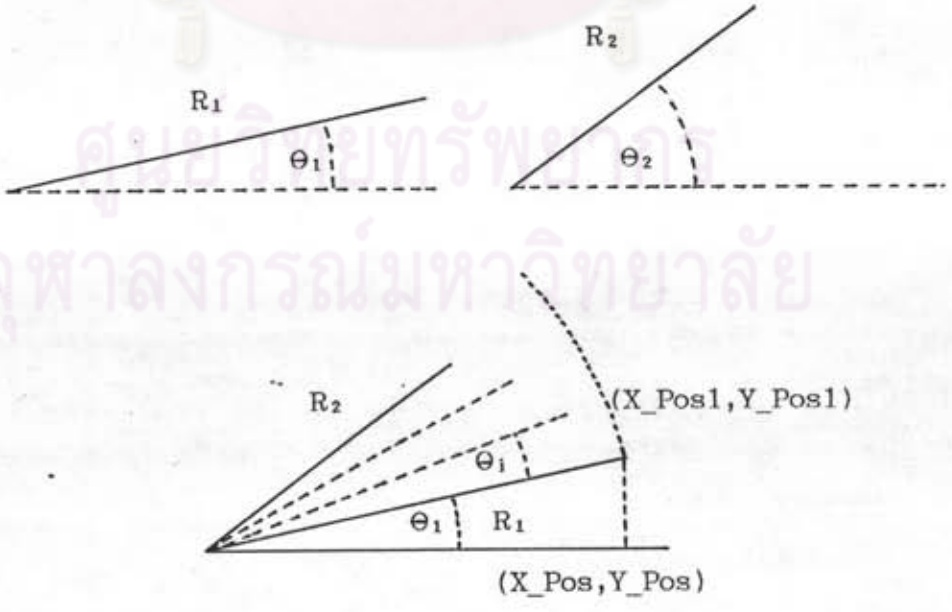


รูปที่ 3.23 แสดงการคำนวณหามุมของเส้นตรงกับแนวราบ



รูปที่ 3.24 แสดงภาพอินเตอร์เฟรมที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบหมุน

บางกรณีการเปลี่ยนแปลงแบบหมุนจะมีเรื่องของความยาวของเส้นตรงระหว่างภาพหลักทั้งสองเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ทำให้เกิดภาพอินเตอร์เฟรมที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบหมุนและสัดส่วนขึ้น การสร้างภาพอินเตอร์เฟรมนั้นจะต้องคำนวณหาผลต่างของความยาวระหว่างเส้นตรงทั้งสองด้วย



รูปที่ 3.25 แสดงภาพอินเตอร์เฟรมที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบหมุนและสัดส่วน

I 10311101A

จุด (x,y) จะเป็นจุดหมุนและเป็นจุดแรกของเส้นตรง จุด (x_1,y_1) คือจุดปลายของเส้นตรง จุด (x_1,y) คือจุดที่ตั้งฉากกับแนวนอน ณ จุด X R คือรัศมี

$$\Theta = \text{ArcSin}\left(\text{Abs}\frac{(Y_1 - Y)}{R}\right) \qquad 3\text{-}2$$

เมื่อคำนวณหาองศาของเส้นตรงของทั้งภาพหลักทั้งสองแล้ว จะคำนวณผลต่างขององศาที่เปลี่ยนแปลงไป และคำนวณหาสัดส่วนขององศาที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนเฟรมที่ต้องการ

$$\Theta_c = \text{Abs}(\Theta_1 - \Theta_2) \qquad 3\text{-}3$$

$$\Theta_i = \frac{\Theta_c}{\text{NoFrame}} \qquad 3\text{-}4$$

Θ_c = องศาที่เปลี่ยนแปลงไป

Θ_1 = องศาของภาพหลักภาพแรก

Θ_2 = องศาของภาพหลักสุดท้าย

Θ_i = สัดส่วนขององศาที่เปลี่ยนแปลงไปของภาพอินเตอร์เฟรม

NoFrame = จำนวนของภาพอินเตอร์เฟรม

การคำนวณหาตำแหน่งใหม่ของเส้นตรงของภาพอินเตอร์เฟรม ได้จาก

$$\text{X_Pos} = x_1$$

$$\text{Y_Pos} = y$$

$$\text{X_Pos1} = \text{X_Pos} + \left(\text{Radius}\left(\text{Cos}\frac{((\Theta_1+(\Theta_i \cdot n))\pi)}{180}\right)\right)$$

$$\text{Y_Pos1} = \text{Y_Pos} + \left(\text{Radius}\left(\text{Sin}\frac{((\Theta_1+(\Theta_i \cdot n))\pi)}{180}\right)\right) \qquad 3\text{-}5$$

X_Pos = ตำแหน่งของจุด X ของจุดแรกของเส้นตรง

Y_Pos = ตำแหน่งของจุด Y ของจุดแรกของเส้นตรง

X_Pos1 = ตำแหน่งของจุด X ของจุดปลายของเส้นตรง

Y_Pos1 = ตำแหน่งของจุด Y ของจุดปลายของเส้นตรง

x,y = ตำแหน่งของจุด x และ y ที่เป็นจุดหมุน

Radius = ความยาวของเส้นตรงของภาพหลักทั้งสอง

Θ_1 = องศาของภาพหลักภาพแรก

Θ_i = สัดส่วนขององศาที่เปลี่ยนแปลงไปของภาพอินเตอร์เฟรม

n = ลำดับภาพของภาพอินเตอร์เฟรม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$R_c = R_2 - R_1 \qquad 3\text{-}6$$

$$R_i = \frac{R_c}{NoFrame} \qquad 3\text{-}7$$

R_c = ความยาวเส้นตรงส่วนที่เปลี่ยนแปลง

R_i = สัดส่วนความยาวที่เปลี่ยนแปลงไปของภาพอินเตอร์เฟรม

R_1 = ความยาวเส้นตรงของภาพหลักภาพแรก

R_2 = ความยาวเส้นตรงของภาพหลักภาพสุดท้าย

NoFrame = จำนวนภาพอินเตอร์เฟรม

การคำนวณหาตำแหน่งใหม่ของเส้นตรงของภาพอินเตอร์เฟรม จากสมการ 3-5 จะได้ว่า

$$X_Pos = x_1$$

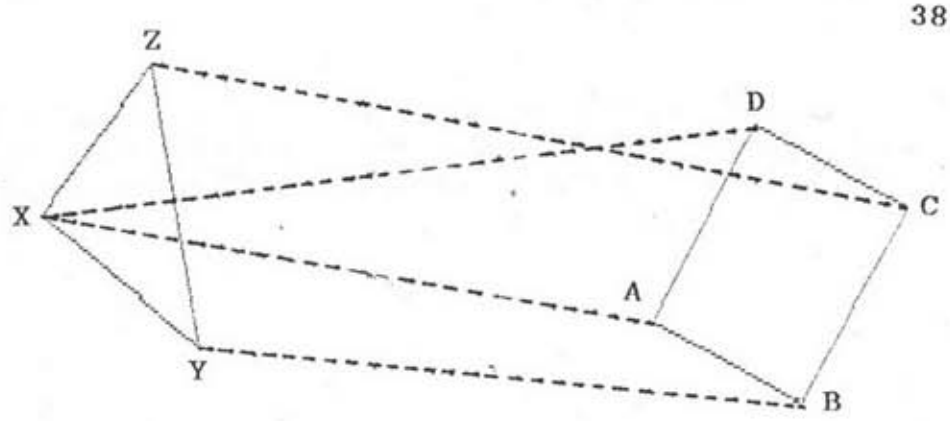
$$Y_Pos = y$$

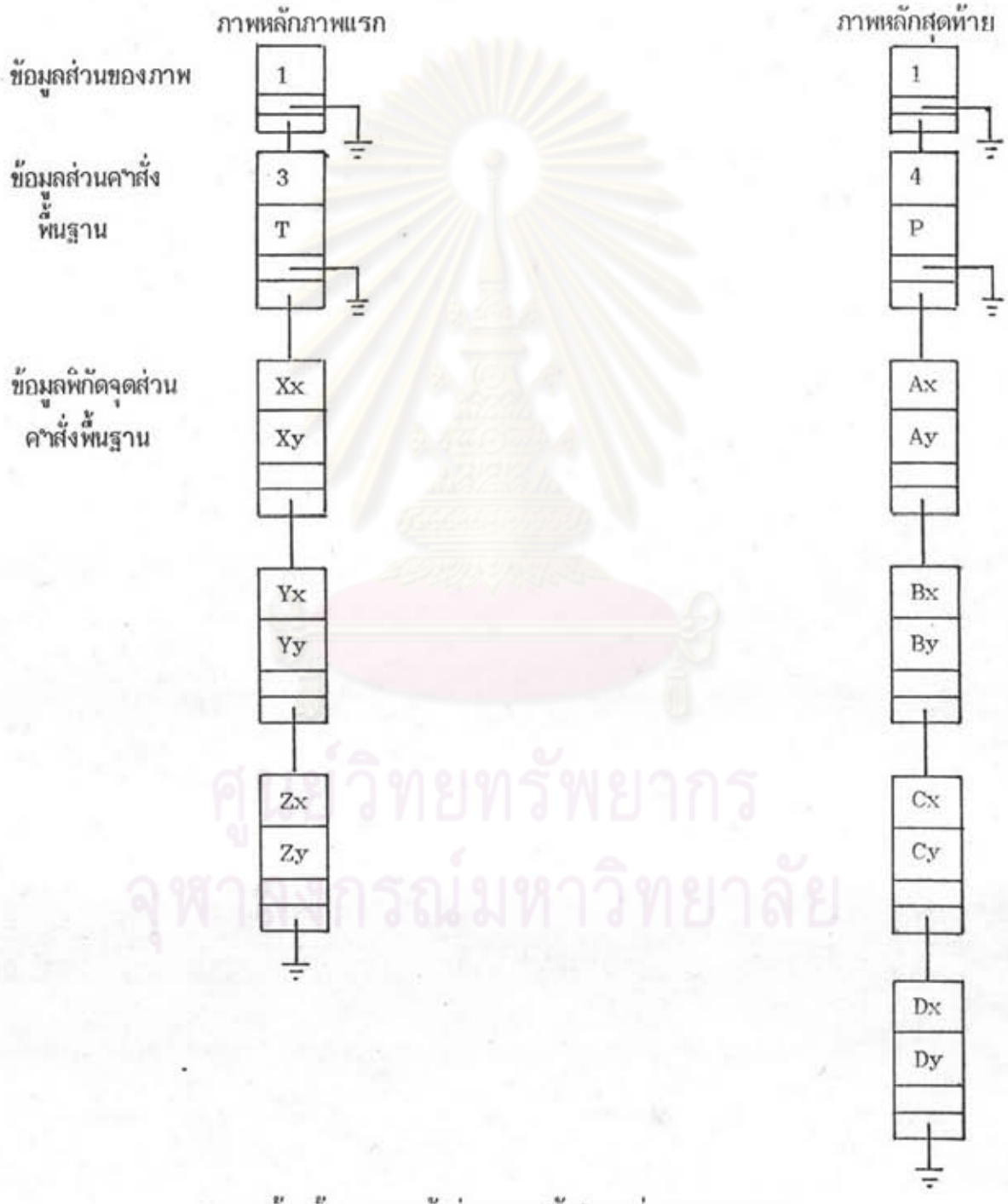
$$X_Pos1 = X_Pos + ((R_1+(R_i \bullet n))(\cos\frac{((\theta_1+(\theta_i \bullet n))\pi)}{180}))$$

$$Y_Pos1 = Y_Pos + ((R_1+(R_i \bullet n)))(\sin\frac{((\theta_1+(\theta_i \bullet n))\pi)}{180}) \qquad 3\text{-}8$$

3.3 โครงสร้างข้อมูลภาพอินเตอร์เฟรม

การสร้างภาพอินเตอร์เฟรมเกิดจากสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของความสัมพันธ์ของจุดระหว่างภาพหลักทั้งสอง และเนื่องจากภาพหลักถูกกำหนดเป็นโครงร่างจุดของภาพ ดังนั้นภาพอินเตอร์เฟรมที่ได้จะอยู่ในลักษณะของโครงร่างจุดของภาพเช่นกัน และโครงสร้างข้อมูลของภาพอินเตอร์เฟรมจะมีโครงสร้าง ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลส่วนของภาพ ข้อมูลส่วนคำสั่งพื้นฐาน และข้อมูลพิกัดจุดของคำสั่งพื้นฐาน รูปที่ 3.26 จะเป็นการแสดงการปรับโครงสร้างข้อมูลของภาพหลักให้เท่ากันก่อนที่จะทำการสร้างภาพอินเตอร์เฟรม จากหลักการสร้างภาพอินเตอร์เฟรมตามหัวข้อ 3.2 จะทำให้เกิดเป็นโครงสร้างข้อมูลของภาพอินเตอร์เฟรม ดังรูปที่ 3.27

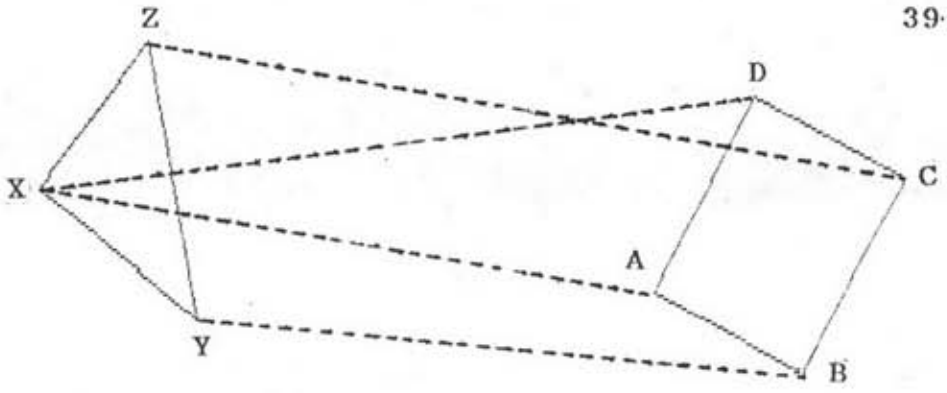


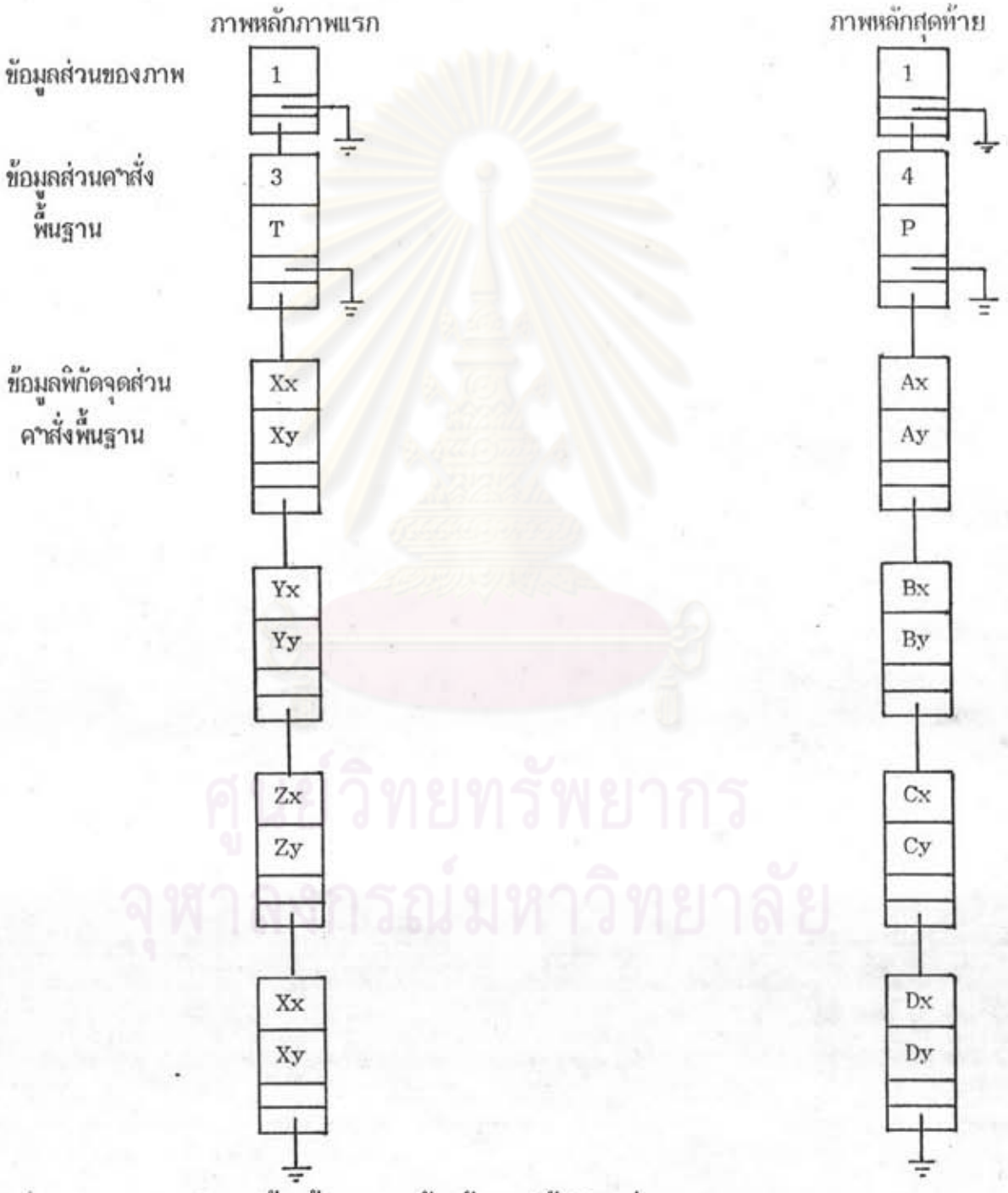


โครงสร้างข้อมูลภาพหลักก่อนการปรับโครงร่างจุดของภาพ

รูปที่ 3.26 แสดงโครงสร้างข้อมูลภาพหลักที่กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างจุดแล้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

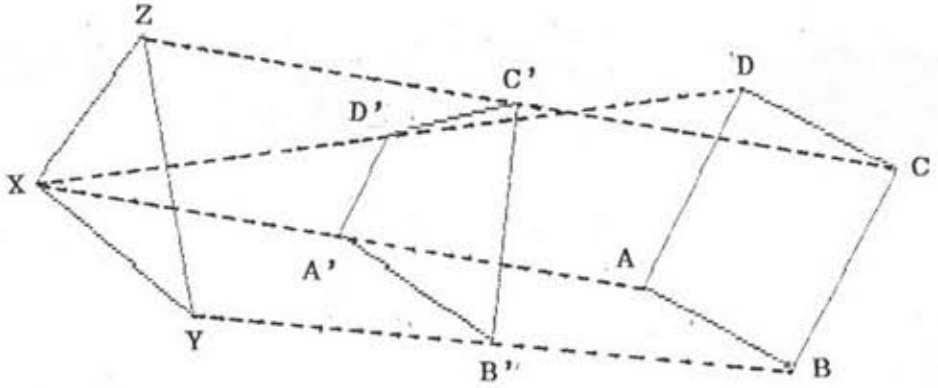


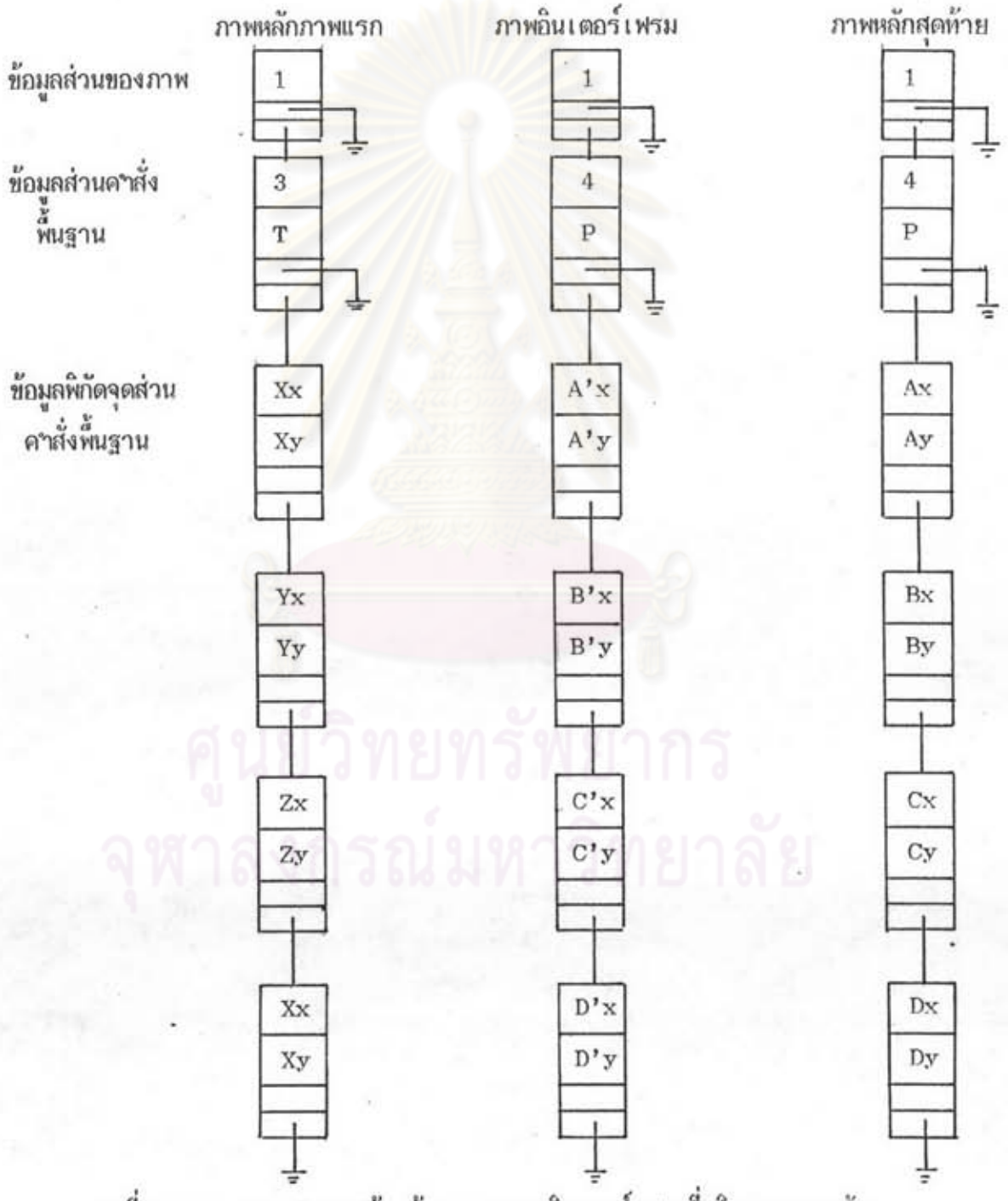


โครงสร้างข้อมูลภาพหลักหลังการปรับโครงร่างจุดของภาพ

รูปที่ 3.26 ต่อ แสดงโครงสร้างข้อมูลภาพหลักที่กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างจุดแล้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 3.27 แสดงโครงสร้างข้อมูลของภาพอินเตอร์เฟรมที่เกิดจากภาพหลัก

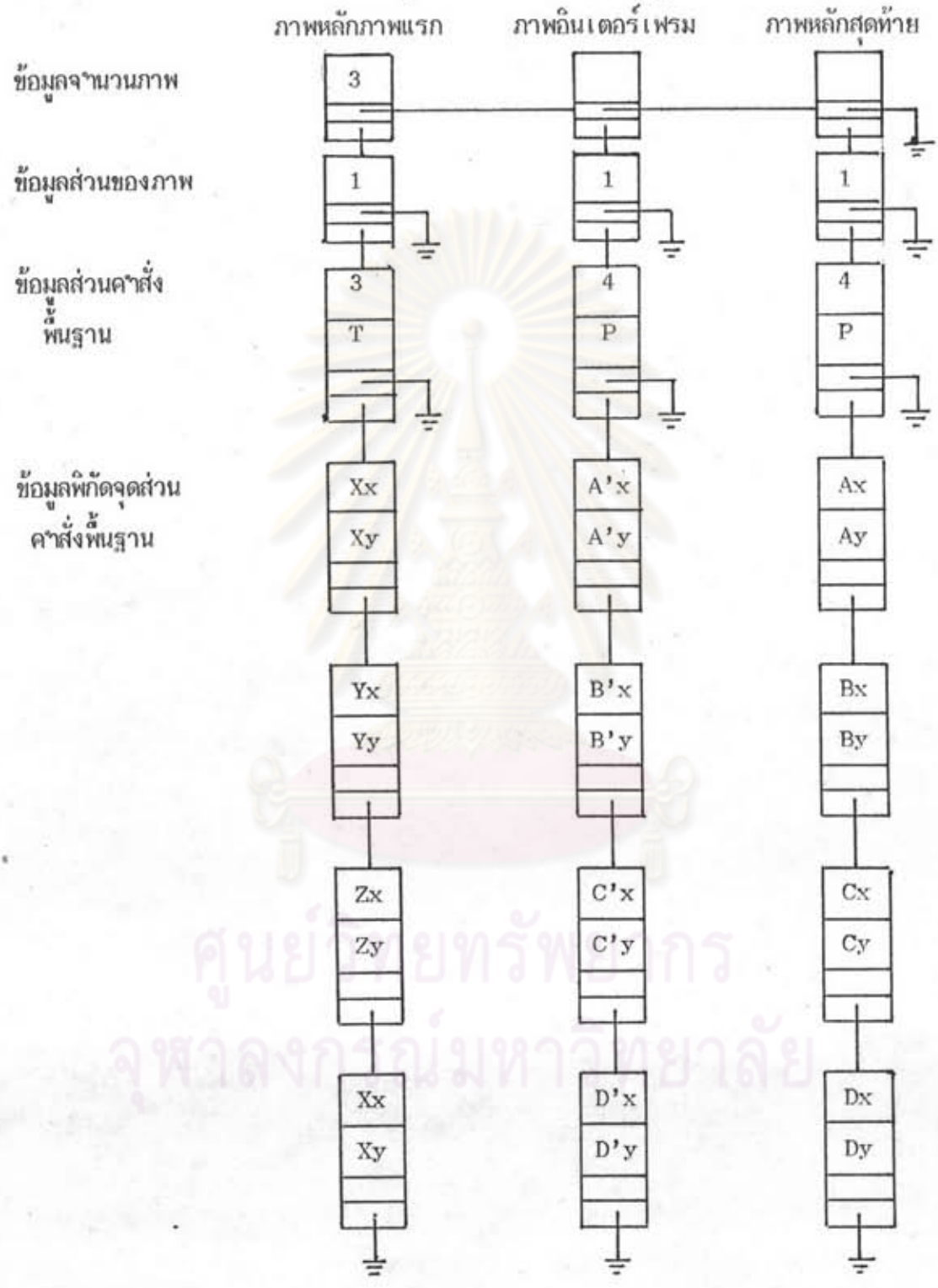
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 โครงสร้างข้อมูลของคาร์แรกเตอร์

เนื่องจากภาพหลักและภาพอินเตอร์เฟรมที่เกิดขึ้นเรียกว่า คาร์แรกเตอร์ และภาพทั้งสองมีโครงสร้างข้อมูลอยู่ในลักษณะเดียวกัน ทำให้สามารถนำโครงสร้างข้อมูลของภาพหลักและภาพอินเตอร์เฟรมทั้งหมดมาเชื่อมโยงปรับให้อยู่ภายใต้โครงสร้างข้อมูลเดียวกันได้ โดยการเพิ่มเติมส่วนของโครงสร้างข้อมูลจำนวนภาพ จากโครงสร้างข้อมูลของภาพหลัก ตามหัวข้อ 3.1.3 ดังนั้นโครงสร้างข้อมูลที่ได้จะเป็นการรวบรวมภาพหลักและภาพอินเตอร์ไว้ด้วยกัน จะเรียกโครงสร้างข้อมูลใหม่นี้ว่า โครงสร้างข้อมูลของคาร์แรกเตอร์ ดังรูปที่ 3.28

รูปที่ 3.28 แสดงโครงสร้างข้อมูลของคาร์แรกเตอร์

จากรูปที่ 3.27 โครงสร้างข้อมูลของภาพหลักทั้งสองและโครงสร้างข้อมูลของภาพอินเตอร์เฟรมจะปรับเป็นโครงสร้างข้อมูลของคาร์แรกเตอร์ ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 แสดงการปรับโครงสร้างข้อมูลให้เป็นโครงสร้างข้อมูลของคาร์แรกเตอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5 การสร้างภาพซับซ้อน

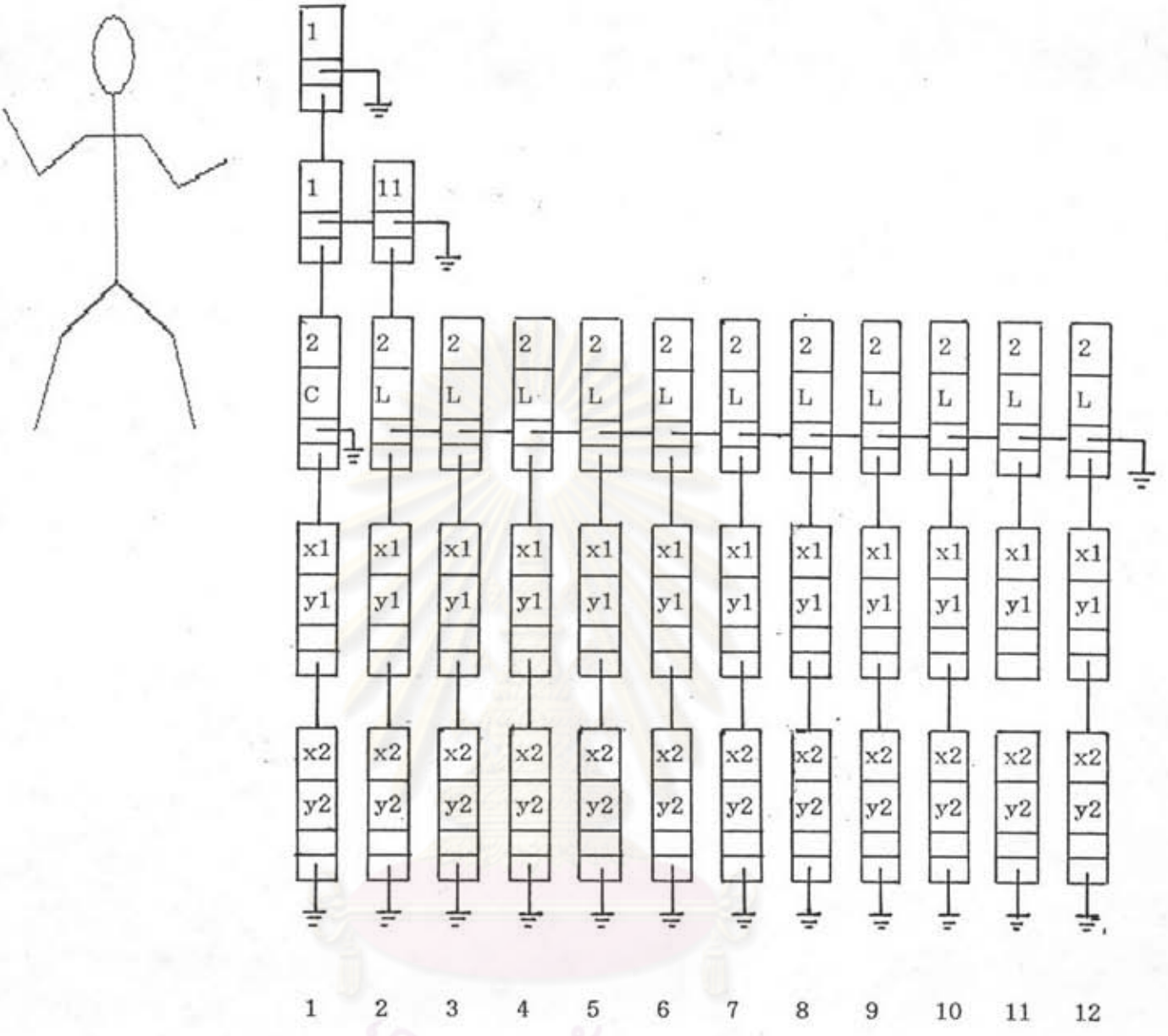
ภาพซับซ้อน หมายถึง ภาพหลักที่มีส่วนของภาพหลายส่วนต่อเนื่องกันไป ในแต่ละส่วนจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งเชิงเส้นตรง และแบบหมุน พร้อมกันในขณะที่สร้างภาพอินเตอร์เฟรม ในการวิจัยครั้งนี้พิจารณาภาพคนเป็นภาพซับซ้อนภาพหนึ่งในการสร้างภาพหลักและการสร้างภาพอินเตอร์เฟรม เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของภาพคน จะทำการกำหนดแยกการสร้างภาพคนออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นส่วนที่กำหนดโครงร่างของร่างกาย ส่วนที่สองจะเป็นการกำหนดสัดส่วน (ขนาด) ของรูปร่าง

3.5.1 การกำหนดโครงร่างของร่างกายคน เนื่องจากร่างกายของคนประกอบด้วยส่วนหัว ลำคอ ไหล่ ลำตัว แขน ขา (การวิจัยครั้งนี้ไม่ได้พิจารณาในส่วนของมือ นิ้วมือ และนิ้วเท้า) การสร้างภาพโครงร่างของคนสามารถแยกส่วนต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นออกเป็นส่วนของภาพ 2 ส่วน คือ ส่วนหัว และส่วนร่างกายประกอบด้วย ลำคอ ไหล่ ลำตัว แขน และขา เป็นส่วนเดียวกัน ส่วนของหัวมีลักษณะเป็นวงกลม การสร้างภาพส่วนหัวใช้คำสั่งวงกลม ส่วนของร่างกายมีลักษณะเป็นเส้นตรง การสร้างภาพในส่วนต่าง ๆ ใช้คำสั่งเส้นตรง ดังรูป 3.30

3.5.2 การกำหนดส่วนของร่างกายให้เป็นรูปร่าง โครงร่างของร่างกายที่กำหนดขึ้นตามหัวข้อ 3.5.1 สามารถกำหนดสัดส่วนของรูปร่างให้กับโครงร่างของร่างกายได้ เนื่องจากโครงสร้างข้อมูลของร่างกายคนนี้ ได้กำหนดส่วนของร่างกายด้วยคำสั่งพื้นฐานที่เป็นชุดของเส้นตรงดังรูป 3.30 ข การกำหนดสัดส่วนของรูปร่างของร่างกายส่วนใดนั้นทำได้โดยสร้างกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบเส้นตรงด้านซ้ายหรือขวา บนหรือล่างของเส้นตรงแต่ละเส้น จากนั้นกำหนดความกว้างซึ่งเปรียบเสมือนการกำหนดสัดส่วนของรูปร่างส่วนนั้นของร่างกาย

ข้อมูลของการกำหนดสัดส่วนของรูปร่างของร่างกายต่าง ๆ จะถูกเก็บไว้ภายใต้โครงสร้างข้อมูลร่างกายที่จะกล่าวรายละเอียดต่อไป เมื่อกำหนดส่วนของร่างกายส่วนหนึ่งเรียบร้อย การกำหนดสัดส่วนของรูปร่างส่วนอื่นจะใช้วิธีที่กล่าวมาข้างต้น

เนื่องจากการกำหนดสัดส่วนของรูปร่างในแต่ละส่วนเป็นกรอบสี่เหลี่ยมจะทำให้เกิดจุดตัดระหว่างกรอบขึ้น ในกรณีที่กรอบไม่ตัดกันสามารถหาจุดตัดของกรอบทั้งสองได้ เมื่อพิจารณาจุดตัดในส่วนต่าง ๆ จะเปรียบเสมือนเป็นจุดแสดงตำแหน่งของ ไหล่ ข้อศอก เป็นต้น ดังนั้นการสร้างส่วนของร่างกายจะอาศัยหลักการสร้างเส้นโค้งเชื่อมโยงจุดตัดดังกล่าวข้างต้น เช่น การสร้างเส้นโครงร่างของร่างกายจากส่วนของลำคอด้านขวาต่อกับส่วนไหล่ด้านขวาบนต่อกับแขนขวาจากไหล่ถึงข้อศอกด้านบน และต่อกับแขนขวาจากศอกถึงมือด้านบน เป็นต้น ดังรูป 3.31



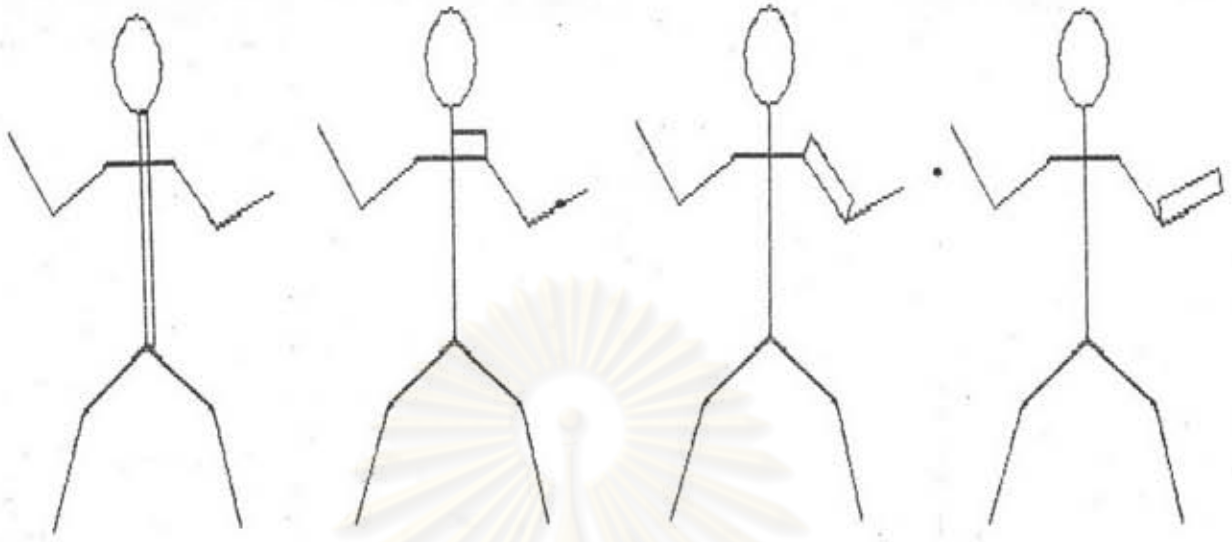
ก รูปโครงร่างคน

ข โครงสร้างข้อมูลโครงร่างคน

หมายเหตุ แนวตั้ง	ความหมาย	แนวตั้ง	ความหมาย
1	ส่วนหัว	7	ท่อนแขนซ้ายจากไหล่ถึงศอก
2	ส่วนลำตัวและคอ	8	ท่อนแขนซ้ายจากศอกถึงมือ
3	ไหล่ด้านขวา	9	ท่อนขาซ้ายจากลำตัวถึงหัวเข่า
4	ท่อนแขนขวาจากไหล่ถึงศอก	10	ท่อนขาซ้ายจากหัวเข่าถึงเท้า
5	ท่อนแขนขวาจากศอกถึงมือ	11	ท่อนขาขวาจากลำตัวถึงหัวเข่า
6	ไหล่ด้านซ้าย	12	ท่อนขาขวาจากหัวเข่าถึงเท้า

รูปที่ 3.30 แสดงรูปโครงร่างและโครงสร้างข้อมูลโครงร่างของคน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.31 แสดงการกำหนดรูปร่างของร่างกาย

การคำนวณหาจุดตัดของจุดโครงร่างรูปร่างร่างกายสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$y = (m1)X + b1$$

$$y = (m2)X + b2$$

กำหนดให้ (X_i, Y_i) เป็นจุดทั่วไป เป็นจุดตัดระหว่างเส้นตรงทั้งสอง

$$y_i = (m1)X_i + b1$$

$$y_i = (m2)X_i + b2$$

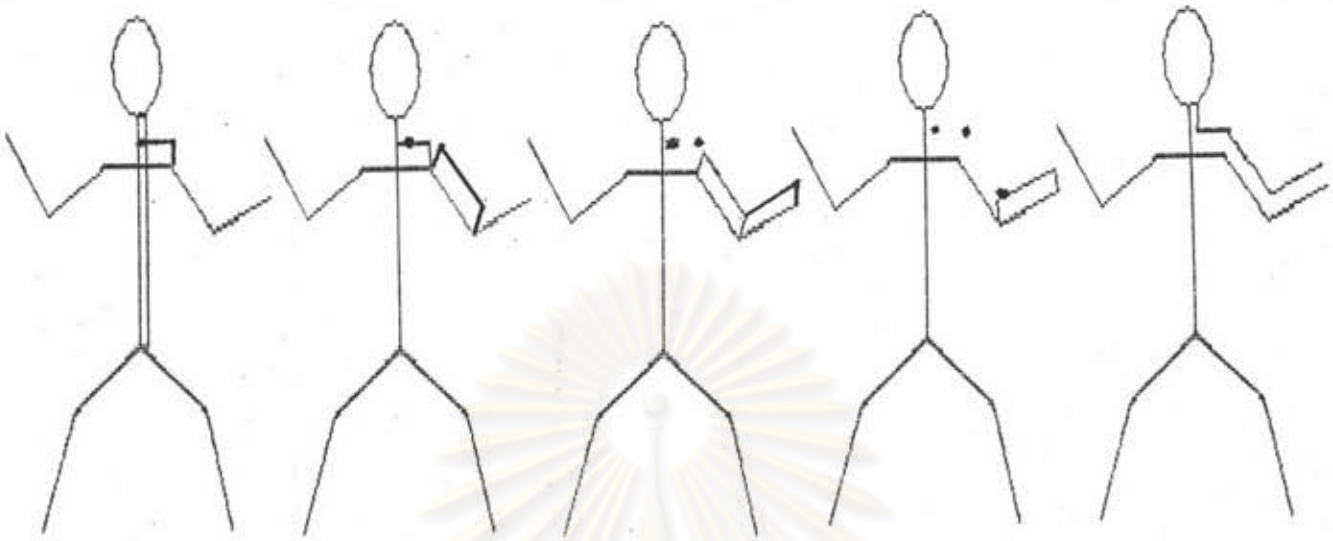
$$(m1)x_i + b1 = (m2)x_2 + b2$$

$$x_i = \frac{b2 - b1}{m2 - m1}$$

$$y_i = \frac{b2(m1) - b1(m2)}{m1 - m2}$$

จุดตัดของเส้นตรง 2 เส้น คือ

$$\frac{b2-b1}{m1-m2} \quad , \quad \frac{b2(m1) - b1(m2)}{m1-m2}$$

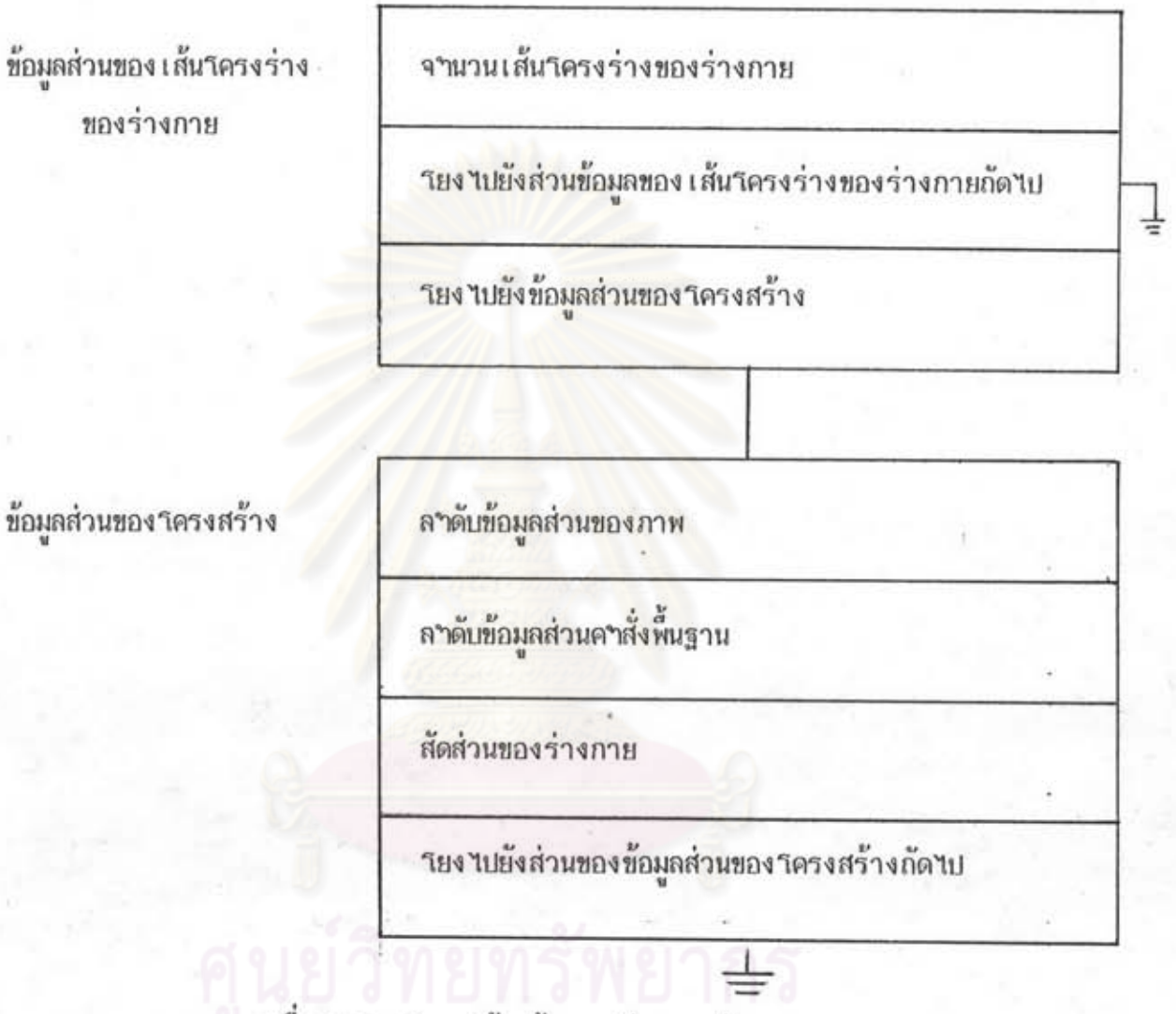


รูปที่ 3.32 แสดงจุดโครงร่างรูปร่างของร่างกาย

3.5.3 โครงสร้างข้อมูลรูปร่างของร่างกาย ภาพของคนมีการแบ่งการสร้างภาพเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการกำหนดโครงสร้างของร่างกายคน ขั้นตอนที่สองกำหนดสัดส่วนของรูปร่างของร่างกายคน การกำหนดสัดส่วนของรูปร่างของร่างกายจะอาศัยโครงร่างของร่างกายเป็นหลักในการสร้างรูปร่างของคน โครงสร้างข้อมูลของรูปร่างของคนจำเป็นต้องประกอบด้วย ส่วนของร่างกายที่ต่อเนื่องเป็นรูปร่างของคนและขนาดของรูปร่าง ส่วนของรูปร่างของร่างกายไม่ได้มีเพียงส่วนเดียว ดังนั้น โครงสร้างของรูปร่างของร่างกายแบ่งออกเป็น

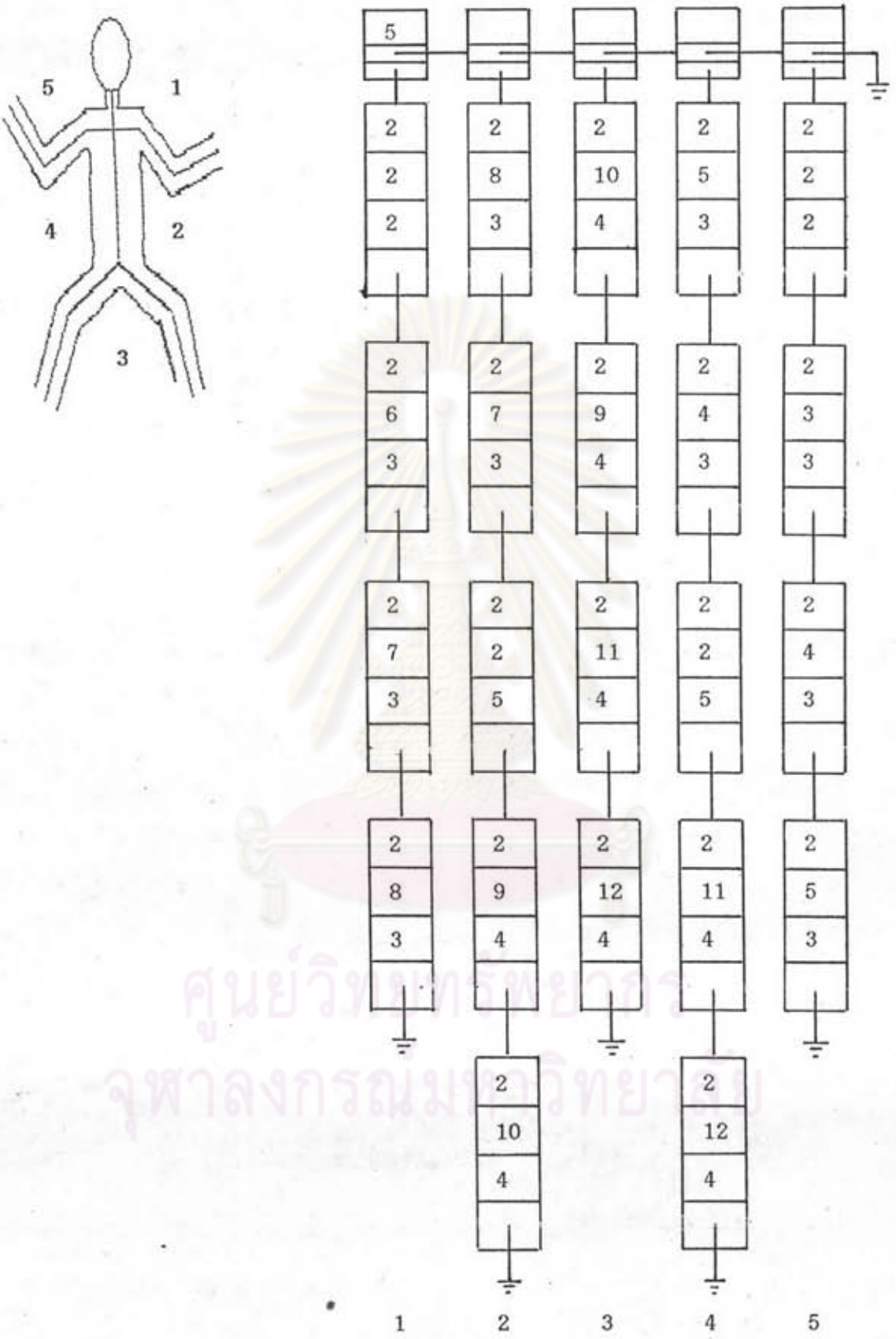
3.5.3.1 ข้อมูลส่วนของรูปร่าง เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเส้นกำกับรูปร่างของร่างกายในแต่ละส่วน เกิดขึ้นจากโครงสร้างของร่างกายส่วนใดต่อกับส่วนใดแล้วเกิดเป็นรูปร่างขึ้น ถ้าเส้นกำกับรูปร่างมีหลายเส้นจะเชื่อมโยงกับเส้นถัดไปตามคุณสมบัติของโครงสร้างข้อมูลแบบรายการโยง

3.5.3.2 ข้อมูลส่วนของโครงร่าง เป็นข้อมูลของโครงสร้างร่างกายจากการกำหนดโครงสร้างคน ภายใต้เส้นกำกับรูปร่างเส้นต่าง ๆ และข้อมูลเกี่ยวกับความกว้างหรือหนาของรูปร่าง เนื่องจากเส้นกำกับรูปร่างเกิดขึ้นจากโครงสร้างร่างกายหลายส่วน จะเชื่อมโยงโครงสร้างข้อมูลเหล่านั้นด้วยคุณสมบัติของโครงสร้างข้อมูลแบบรายการโยง



รูปที่ 3.33 โครงสร้างข้อมูลรูปร่างของร่างกาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



โครงร่างของร่างกายคน โครงสร้างข้อมูลรูปร่างของร่างกาย

รูปที่ 3.34 แสดงโครงร่างของร่างกายของคนและโครงสร้างข้อมูลรูปร่างของร่างกาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเหตุ จากรูปที่ 3.34

เส้นที่ 1 เกิดจาก ส่วนลำตัวและคอ (2)
ไหล่ด้านซ้าย (6)
ท่อนแขนซ้ายจากไหล่ถึงศอก (7)
ท่อนแขนซ้ายจากศอกถึงมือ (8)

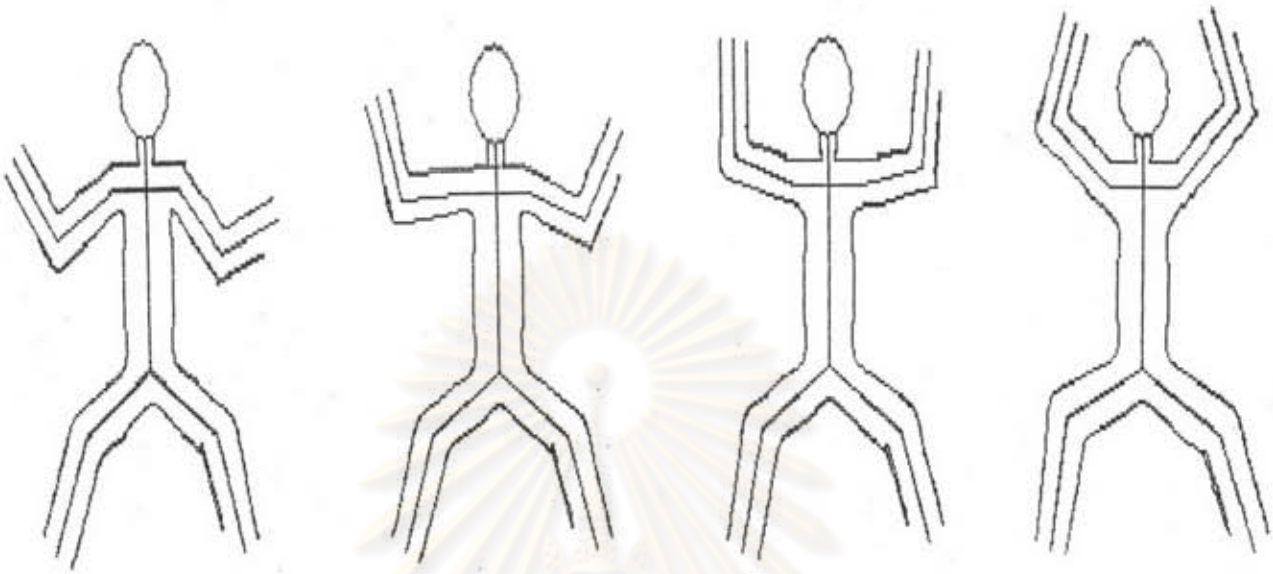
เส้นที่ 2 เกิดจาก ท่อนแขนซ้ายจากศอกถึงมือ (8)
ท่อนแขนซ้ายจากไหล่ถึงศอก (7)
ส่วนลำตัวและคอ (2)
ท่อนขาซ้ายจากลำตัวถึงหัวเข่า (9)
ท่อนขาซ้ายจากหัวเข่าถึงเท้า (10)

เส้นที่ 3 เกิดจาก ท่อนขาซ้ายจากหัวเข่าถึงเท้า (10)
ท่อนขาซ้ายจากลำตัวถึงหัวเข่า (9)
ท่อนขาขวาจากลำตัวถึงหัวเข่า (11)
ท่อนขาขวาจากหัวเข่าถึงเท้า (12)

เส้นที่ 4 เกิดจาก ท่อนแขนขวาจากศอกถึงมือ (5)
ท่อนแขนขวาจากไหล่ถึงศอก (4)
ส่วนลำตัวและคอ (2)
ท่อนขาขวาจากลำตัวถึงหัวเข่า (11)
ท่อนขาขวาจากหัวเข่าถึงเท้า (12)

เส้นที่ 5 เกิดจาก ส่วนลำตัวและคอ (2)
ไหล่ด้านขวา (3)
ท่อนแขนขวาจากไหล่ถึงศอก (4)
ท่อนแขนขวาจากศอกถึงมือ (5)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.35 แสดงภาพหลักและภาพอินเตอร์เฟรมของโครงร่างคนที่มีการกำหนดรูปร่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย