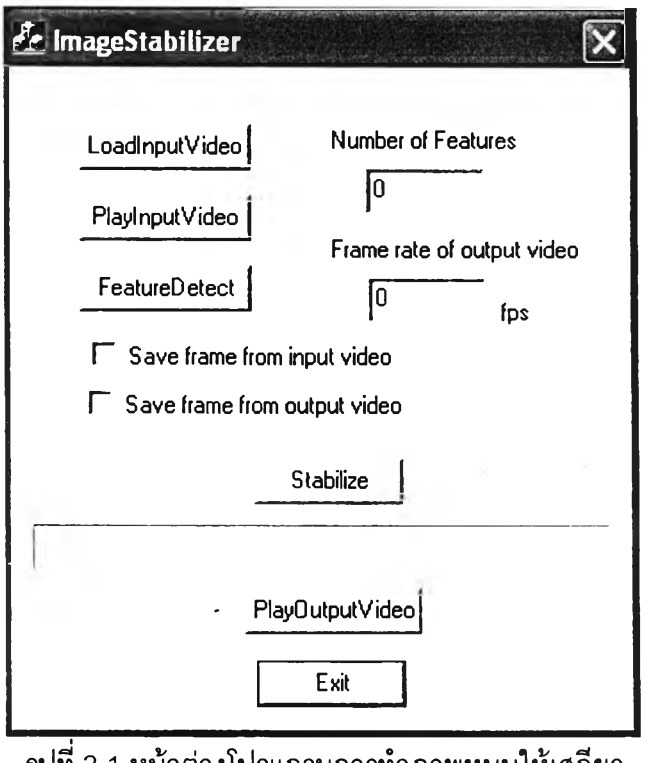
สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การทำงานของซอฟต์แวร์การทำภาพหมุนให้เสถียรสำหรับยูเอวี

ในบทที่ 3 จะอธิบายเกี่ยวกับโปรแกรมการทำภาพหมุนให้เสถียรที่ได้พัฒนาขึ้น โปรแกรมนี้พัฒนาโดยภาษาซี โดยใช้ชุดเครื่องมือ Microsoft Visual C++ 6 มีลักษณะการเขียนโปรแกรมบนวินโดวส์โดยใช้ชุดคำสั่งสำเร็จรูป MFC (Microsoft Foundation Class) และOpenCV (Intel® Open Source Computer Vision Library)

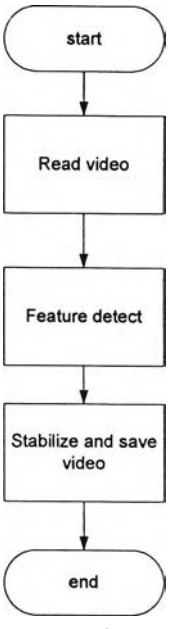


รูปที่ 3.1 หน้าต่างโปรแกรมการทำภาพหมุนให้เสถียร

ในโปรแกรมประกอบด้วย

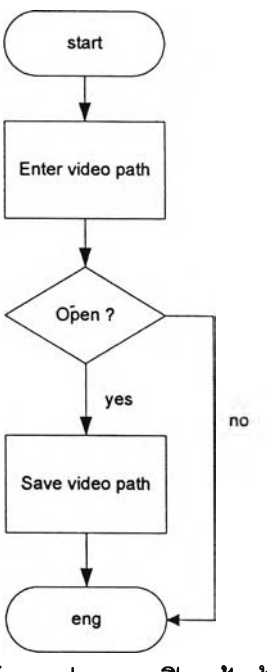
1. LoadInputVideo: ส่วนการเปิดแฟ้มข้อมูลวีดิทัศน์
2. PlayInputVideo: ส่วนการเล่นวีดิทัศน์
3. FeatureDetect: ส่วนการเลือกจุดลักษณ์
4. Stabilize: ส่วนการทำภาพหมุนให้เสถียร
5. PlayOutPutVideo: ส่วนการเล่นวีดิทัศน์ที่ผ่านการทำเสถียรแล้ว

ส่วนขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมโดยรวมแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ผังงานของโปรแกรมทั้งหมด

3.1 LoadInputVideo: **ส่วนการเปิดแฟ้มข้อมูลวีดิทัศน์**

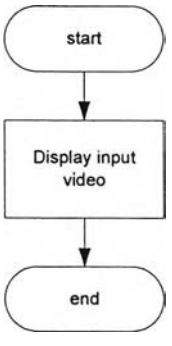


รูปที่ 3.3 ผังงานส่วนการเปิดแฟ้มข้อมูลวีดิทัศน์

เป็นส่วนการเปิดแฟ้มวีดิทัศน์ที่จะนำมาประมวลผล โดยโปรแกรมจะให้ผู้ใช้เลือกแฟ้มวีดิทัศน์ที่ต้องการนำมาประมวลผล ซึ่งในโปรแกรมนี้สามารถเปิดแฟ้มวีดิทัศน์เฉพาะแฟ้มวีดิทัศน์แบบเอวีไอ (AVI, audio-video interleaved) ซึ่งเป็นรูปแบบการแทรกสลับภาพและเสียงประเภทหนึ่งได้เท่านั้น แต่ถ้าไม่มีการเลือกแฟ้มวีดิทัศน์โปรแกรมจะจบการทำงานเพราะไม่มีข้อมูลในการ

ประมวลผล แต่ถ้ามีการเลือกแฟ้มวีดิทัศน์ข้อมูลที่เลือกไว้จะถูกเก็บไว้เพื่อส่งไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนการทำงานแสดงในรูปที่ 3.3

3.2 PlayInputVideo: **ส่วนการเล่นวีดิทัศน์**



รูปที่ 3.4 ผังงานส่วนการเล่นวีดิทัศน์

ส่วนนี้เป็นส่วนการเล่นแฟ้มวีดิทัศน์ตามที่ได้เลือกไว้ในส่วนการเปิดแฟ้มข้อมูลวีดิทัศน์ก่อนที่จะนำไปประมวลผล ขั้นตอนการทำงานแสดงในรูปที่ 3.4

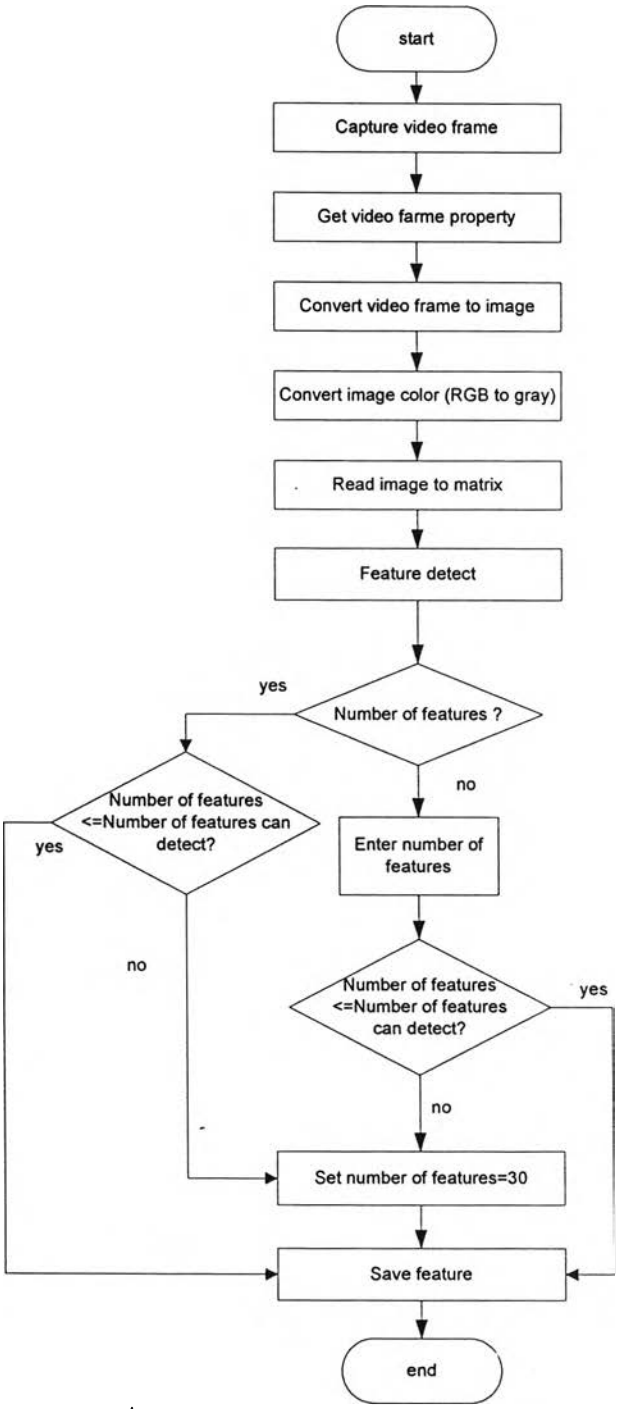
3.3 FeatureDetect: **ส่วนการเลือกจุดลักษณ์**

ส่วนการเลือกจุดลักษณ์ซึ่งเป็นจุดพิกัดที่ใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณภาพ เป็นกระบวนการเลือกจุดลักษณ์จากสัญญาณภาพอ้างอิง ซึ่งเป็นภาพที่ใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงของการแสดงสัญญาณภาพนั่นคือต้องการดึงสัญญาณภาพที่หมุนไปให้กลับมามีทิศทางเดียวกับสัญญาณภาพอ้างอิง ในที่นี้สัญญาณภาพอ้างอิงคือเฟรมภาพแรกของวีดิทัศน์เพราะต้องการดึงเฟรมภาพที่มีปัญหาให้มีทิศทางเดียวกับเฟรมภาพแรก ต่อไปจะเรียกเฟรมภาพแรกของวีดิทัศน์ว่าภาพอ้างอิงเพื่อง่ายต่อการอ้างถึง ผังขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแสดงในรูปที่3.5 การทำงานของโปรแกรมส่วนการเลือกจุดลักษณ์ประกอบด้วย

1.เปิดข้อมูลวีดิทัศน์แล้วดึงข้อมูลเฟรมแรกออกมาเป็นภาพอ้างอิง

2.ตรวจสอบขนาดของเฟรมภาพอ้างอิงเพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป

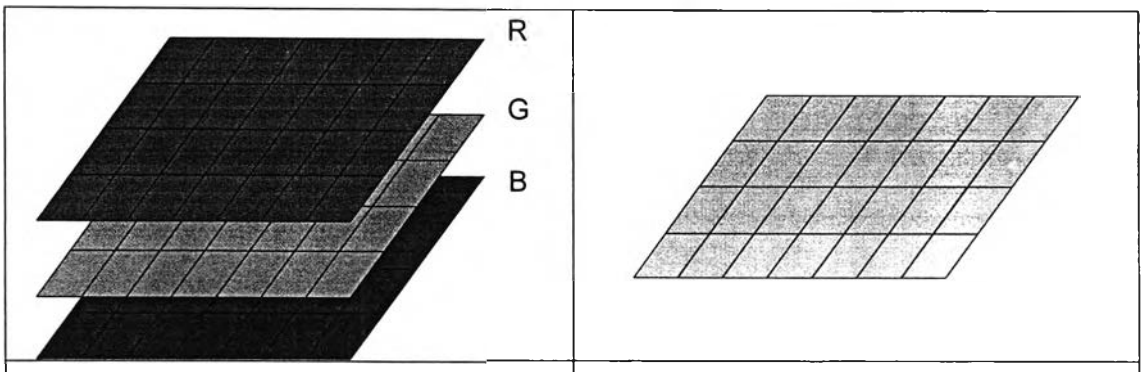
3.เปลี่ยนข้อมูลจากลักษณะเดิมที่เป็นเฟรมวีดิทัศน์ให้เป็นภาพ หมายถึงการดึงเฉพาะตัวข้อมูลออกมาโดยตัดส่วนข้อมูลส่วนหัว (Header) ทิ้ง ซึ่งทำให้ได้เฉพาะข้อมูลภาพออกมาเท่านั้น



รูปที่ 3.5 ผังงานส่วนการเลือกจุดลักษณ์

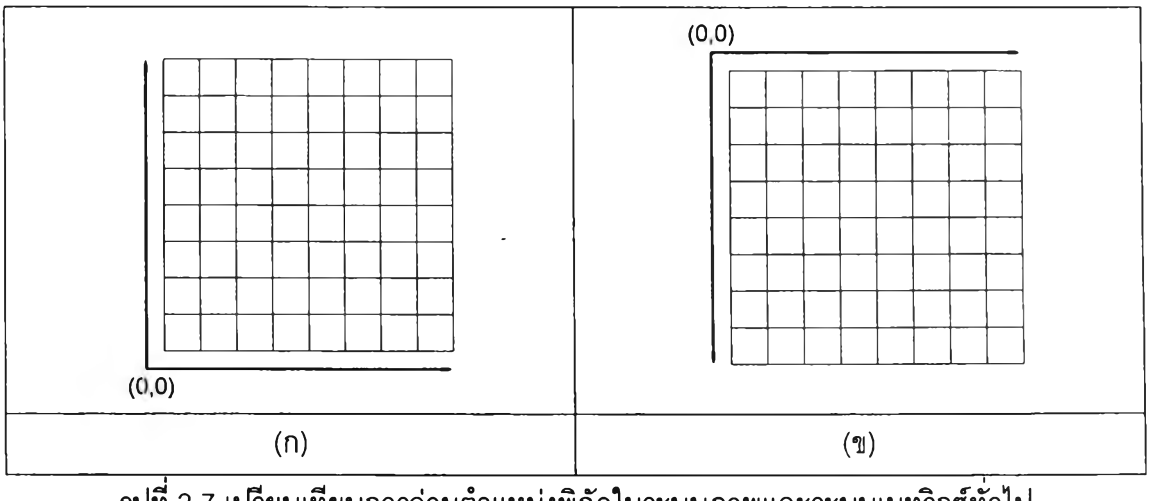
4. เปลี่ยนข้อมูลภาพอ้างอิงจากเดิมที่มีโครงสร้างสีแบบ RGB ให้เป็นโครงสร้างสีแบบ GRAY เพราะจากภาพอ้างอิงที่ดึงจากเฟรมแรกของวีดิทัศน์จะมีลักษณะโครงสร้างสีแบบ RGB ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลสี 3 ระนาบสี แต่ในการนำภาพมาหาจุดมุมนั้นจะใช้เพียงค่าความเข้มแสง (Intensity) เท่านั้นจึงเลือกที่จะทำการแปลงภาพจากโครงสร้างสีแบบ RGBมาเป็นโครงสร้างสีแบบ GRAY ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลสี 1 ระนาบสีที่แสดงค่าความเข้มแสงเท่านั้นซึ่งตรงกับจุดประสงค์การใช้งาน ในรูปที่ 3.6 แสดงความแตกต่างของลักษณะโครงสร้างของสีทั้งสองแบบ

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.6 ลักษณะโครงสร้างสี (ก) โครงสร้างสีแบบRGB (ข) โครงสร้างสีแบบGRAY

เมื่อแปลงโครงสร้างของภาพอ้างอิงให้เป็น 1 ระนาบสี ก็สามารถมองว่าข้อมูลภาพอยู่ในรูปแบบเมทริกซ์ 2 มิติ จากนั้นอ่านข้อมูลภาพเพื่อใช้ประมวลผล โดยการอ่านข้อมูลภาพนั้นมีลำดับการอ่านค่าพิกัดตำแหน่งเริ่มจากมุมล่างซ้ายดังรูปที่ 3.7 (ก) แต่ในการประมวลผลในโปรแกรมนี้จะเปลี่ยนไปอ่านค่าพิกัดตำแหน่งเริ่มต้นที่มุมบนซ้ายเพื่อง่ายต่อการทำงาน ดังนั้นจึงทำการเปลี่ยนแปลงการอ่านพิกัดตำแหน่งของข้อมูลภาพดังรูปที่ 3.7(ข)



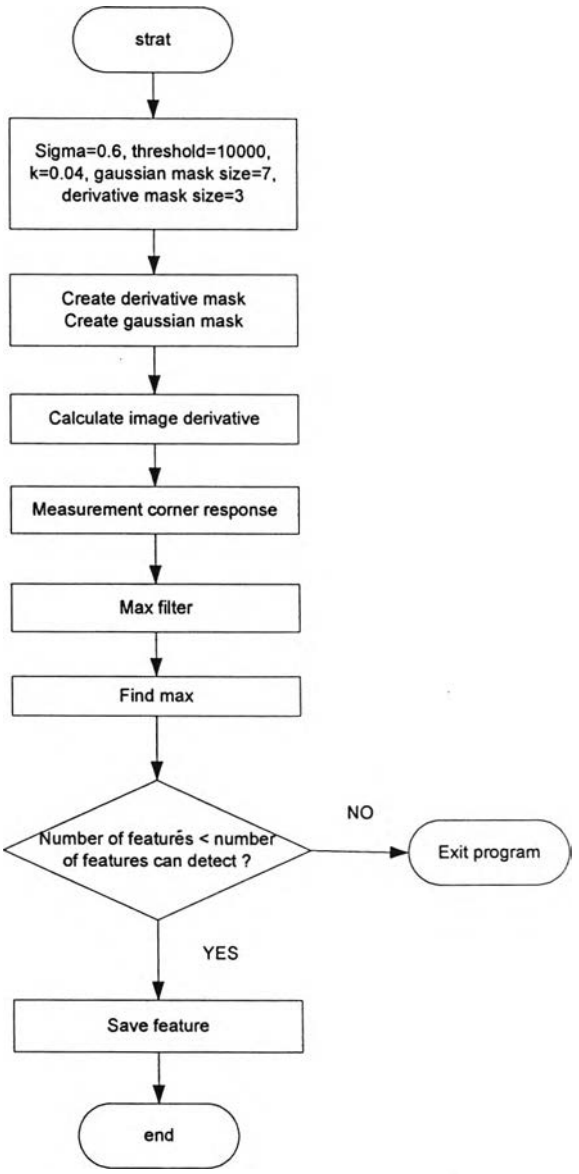
รูปที่ 3.7 เปรียบเทียบการอ่านตำแหน่งพิกัดในระบบภาพและระบบเมทริกซ์ทั่วไป

5. การเลือกจุดลักษณ์ในภาพอ้างอิงเพื่อใช้เป็นจุดติดตามการเปลี่ยนแปลงในที่นี้ใช้วิธีการตรวจหาจุดมุมแบบแฮริส (Harris corner detector) มีขั้นตอนดังรูปที่ 3.8

5.1 กำหนดค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้งาน โดยค่าที่กำหนดในที่นี้ทั้งหมดได้จากการทดสอบกับภาพแล้วเลือกค่าที่สามารถตรวจจับจุดได้ถูกต้องมาใช้งาน

- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการปรับเรียบเส้นโค้งแบบเกาส์เซียน (Standard deviation of smoothing Gaussian, sigma) =0.6

- ขนาดหน้าต่างเกาส์เซียน (Gaussian mask size) =7
- ขนาดหน้าต่างอนุพันธ์ (derivative mask size) =3
- ขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold) = 10000
- ค่าคงที่เชิงประสบการณ์ (empirical constant, k) = 0.04



รูปที่ 3.8 ผังงานส่วนวิธีการเลือกจุดลักษณ์ (จุดมุม) แบบแฮริส (Harris corner detector)

5.2 หาค่า M ตามสมการที่ 2.11 โดยการหาค่า M นี้จะเริ่มจากการหาค่าอนุพันธ์ของภาพอ้างอิง ซึ่งการหาค่าอนุพันธ์ของภาพนั้นสามารถทำได้โดยการสร้างตัวบังอนุพันธ์ (Derivative mask) ทั้งในแนวแกน xและแนวแกน yในรูปที่ 3.9 มาทำการสังวัตนาการ (Convolution) กับภาพอ้างอิงตามสมการการสังวัตนาการที่แสดงในสมการที่ 3.1

$$c(x,y) = a[x,y] \otimes b[x,y] = \sum_{j=-\infty}^{+\infty} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} a(j,k)\, b(x-j, y-k) \qquad (3.1)$$

$c(x,y)$ คือ ค่าสังวัตนาการ (Convolution) หรือสัญญาณออก (Output signal)

$a(k_1,k_2)$ คือ ลักษณะเฉพาะของระบบ (Characterizes the system)

$b(x-k_1, y-k_2)$ คือ สัญญาณเข้า (Input signal)

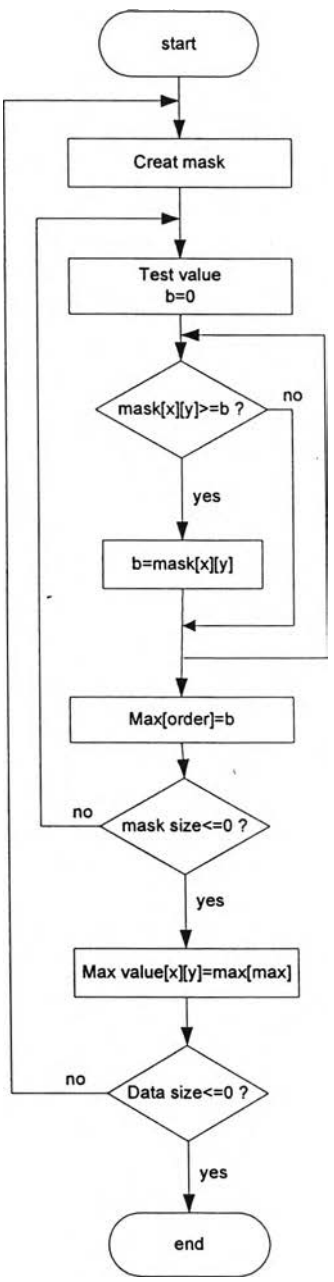
	-1	0	1		-1	-1	-1	
	-1	0	1		0	0	0	
	-1	0	1		1	1	1	
(ก)					(ข)			

รูปที่ 3.9 ตัวบังสำหรับหาค่าอนุพันธ์ (ก) ตัวบังหาค่าอนุพันธ์ในแนวนอน (แกน x) (ข) ตัวบังหาค่าอนุพันธ์ในแนวตั้ง (แกน y)

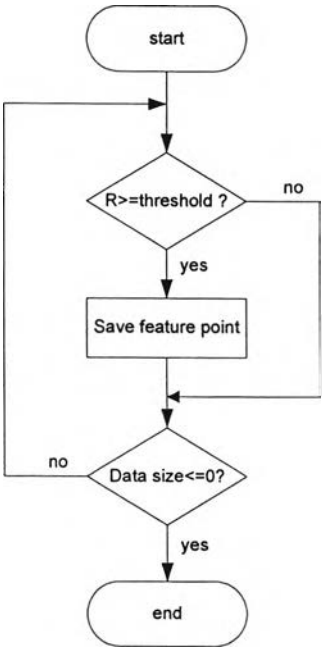
ในที่นี้ค่าสังวัตนาการ (Convolution) หรือสัญญาณออก (Output signal) คือค่าอนุพันธ์ของภาพ ลักษณะเฉพาะของระบบ (Characterizes the system) คือตัวบังอนุพันธ์ สัญญาณเข้า (Input signal) คือสัญญาณภาพ โดยค่าอนุพันธ์ของภาพที่ได้เป็นค่าอนุพันธ์หรือค่าเกรเดียนต์ในแนวแกน x (I_x) และแนวแกน y (I_y) เมื่อได้ค่าอนุพันธ์ของภาพอ้างอิงแล้วนำไปทำการสังวัตนาการ (Convolution) กับตัวบังเกาส์เซียน (Gaussian mask) ซึ่งเป็นฟังก์ชันหน้าต่าง($w(x,y)$) แบบเกาส์เซียน (Gaussian filter) เพื่อช่วยลดสัญญาณรบกวนในภาพอ้างอิงให้สามารถตรวจหาจุดลักษณ์ได้ดีขึ้น

5.3 เมื่อได้ค่า M มาแล้วก็จัดให้อยู่ในรูปสมการที่ 2.12 แล้วแทนค่าในสมการที่ 2.13 เพื่อหาค่า R ซึ่งค่า R ที่ได้ก็ยังมีลักษณะเป็นเมทริกซ์ แต่เงื่อนไขการเลือกจุดใดว่าเป็นจุดมุมเพื่อใช้เป็นจุดลักษณ์นั้นพิจารณาจากจุดที่ R ที่มีค่ามาก ดังนั้นจึงต้องนำค่าเมทริกซ์ R ไปคัดเลือกจุดที่ R มีค่ามาก โดยในที่นี้ใช้วิธีการเปรียบเทียบค่า R กับค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold)แล้วพิจารณาเลือกค่า R ที่มีค่ามากกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเป็นจุดมุม ซึ่งการกำหนดขีดเริ่มเปลี่ยนนี้ในโปรแกรมนี้ใช้วิธีการทดลองสุ่มกับภาพว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่มีค่าเท่าใดจึงจะสามารถตรวจจับจุดที่เป็นจุดมุมได้ถูกต้องในที่นี้กำหนดให้ขีดเริ่มเปลี่ยนมีค่าเท่ากับ 10000 เริ่มการเลือกค่า R โดยนำเมทริกซ์ R ผ่านตัวกรองค่ามาก(max filter) แล้วจึงค่อยเลือกจุดพิกัดที่มีค่ามากกว่าขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold) เป็นจุดลักษณ์

การทำงานของตัวกรองค่ามาก (max filter) แสดงในรูปที่ 3.10 จะสร้างตัวบังที่ดึงข้อมูลจากเมทริกซ์ R ทีละชุดและเลื่อนไปทีละจุดพิกัดแล้วทำการเปรียบเทียบค่า R ในแต่ละตัวบัง โดยทำการเปรียบเทียบค่าทั้งหมดแล้วเลือกค่ามากที่สุดในชุดตัวบังนั้น ผลหลังจากผ่านตัวกรองค่ามาก (max filter) แล้วจะได้ค่า R ที่มีค่ามากและแสดงลักษณะการเป็นจุดมุมมาจำนวนหนึ่ง แต่ค่าที่ได้ยังไม่แม่นยำพอเพราะค่าที่ได้ออกมานั้นอาจยังไม่ใช่จุดมุมที่ชัดเจน อาจยังเป็นเพียงเส้นขอบเท่านั้น จึงต้องนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold) เพื่อเลือกค่าที่แสดงลักษณะจุดมุมจริง ซึ่งขั้นตอนนี้อยู่ในส่วนการหาค่ามาก (find max) ของโปรแกรมซึ่งจะทำการเปรียบเทียบผลของค่า R ที่ผ่านตัวกรองค่ามาก กับขีดเริ่มเปลี่ยนแล้วเลือกเฉพาะจุด R ที่มีค่ามากกว่าขีดเริ่มเปลี่ยนเพื่อบันทึกเป็นจุดลักษณ์ แสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.10 ผังงานของตัวกรองค่ามาก (max filter)



รูปที่ 3.11 ผังงานของการหาค่ามาก (find max)

6.ใส่ค่าจำนวนของจุดลักษณ์ ซึ่งการกำหนดจำนวนจุดลักษณ์ที่ต้องการสามารถกำหนดได้ตั้งแต่เริ่มการทำงานโดยใส่ค่าในส่วน Number of features แต่ถ้ายังไม่ได้ใส่ค่าโปรแกรมจะให้ใส่ค่าอีกครั้ง โดยจำนวนที่กำหนดต้องไม่เกินจำนวนจุดลักษณ์ที่โปรแกรมสามารถตรวจจับได้ แต่ถ้าไม่มีการใส่ค่าหรือใส่ค่ามากกว่าจำนวนที่โปรแกรมตรวจจับได้แล้ว โปรแกรมจะกำหนดจำนวนจุดลักษณ์เท่ากับ 30 จุด

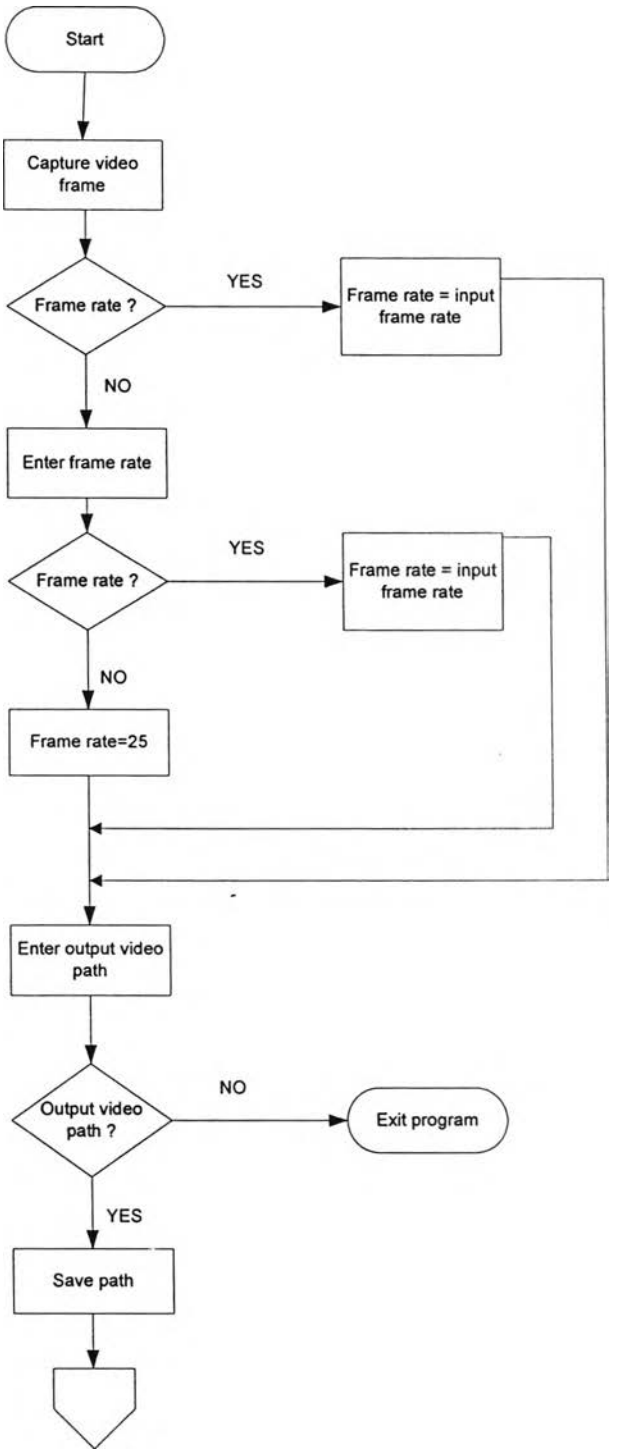
3.4 Stabilize: **ส่วนการทำภาพหมุนให้เสถียร**

ส่วนการทำภาพหมุนให้เสถียรคือส่วนการหมุนหรือบิดภาพที่หมุนผิดไปจากภาพอ้างอิงให้ภาพกลับมามีลักษณะเหมือนภาพอ้างอิง ซึ่งในการทำเสถียรภาพของแฟ้มข้อมูลวีดิทัศน์นั้นมีเงื่อนไขที่สำคัญอย่างหนึ่งคือข้อมูลในแฟ้มข้อมูลวีดิทัศน์ที่ต้องการนำมาทำให้เสถียรนั้น ในชุดของเฟรมภาพต้องมีส่วนของภาพที่เป็นภาพส่วนเดียวกันหมายความว่าในแต่ละภาพยังต้องมีส่วนที่เหมือนกันหรือยังซ้อนทับอยู่ไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถทำให้เสถียรได้เพราะการทำภาพให้เสถียรนั้นแต่ละภาพจะต้องมีความสัมพันธ์กัน จึงจะสามารถทำเสถียรภาพได้แต่ถ้าภาพไม่มีความสัมพันธ์กันเลยก็จะไม่สามารถหาความสัมพันธ์ของภาพได้ ผังงานของส่วนการทำภาพหมุนให้เสถียรแสดงในรูปที่ 3.12 ในส่วนนี้มีขั้นตอนดังนี้

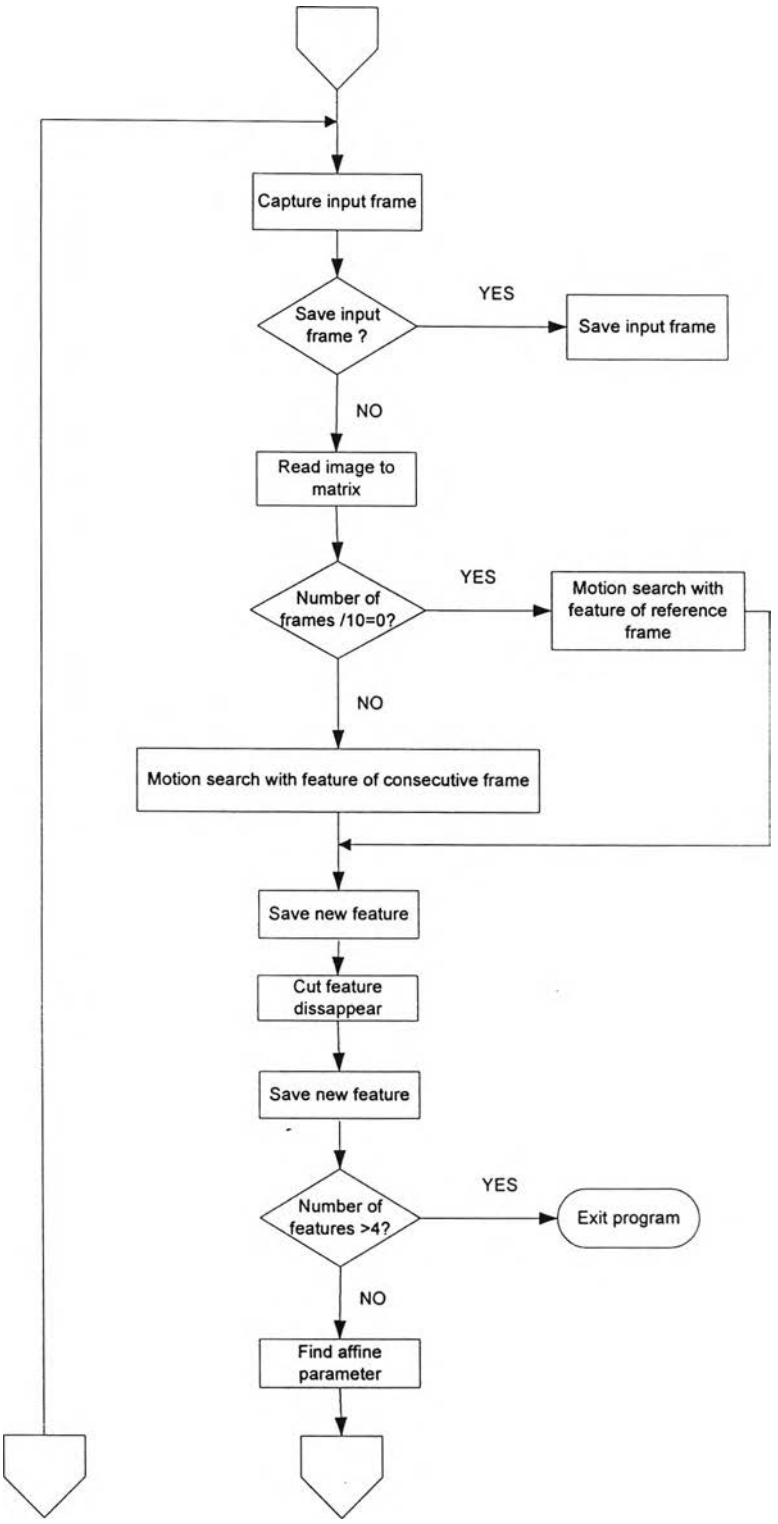
1.ดึงเฟรมภาพแรกจากแฟ้มวีดิทัศน์เพื่อใช้เป็นภาพอ้างอิง

2.กำหนดอัตรากรอบภาพ (Frame rate) ซึ่งอัตรากรอบภาพคืออัตราการแสดงเฟรมภาพในสัญญาณวีดิทัศน์ต่อวินาที เพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูลวีดิทัศน์หลังจากผ่านการทำเสถียรแล้ว โดย

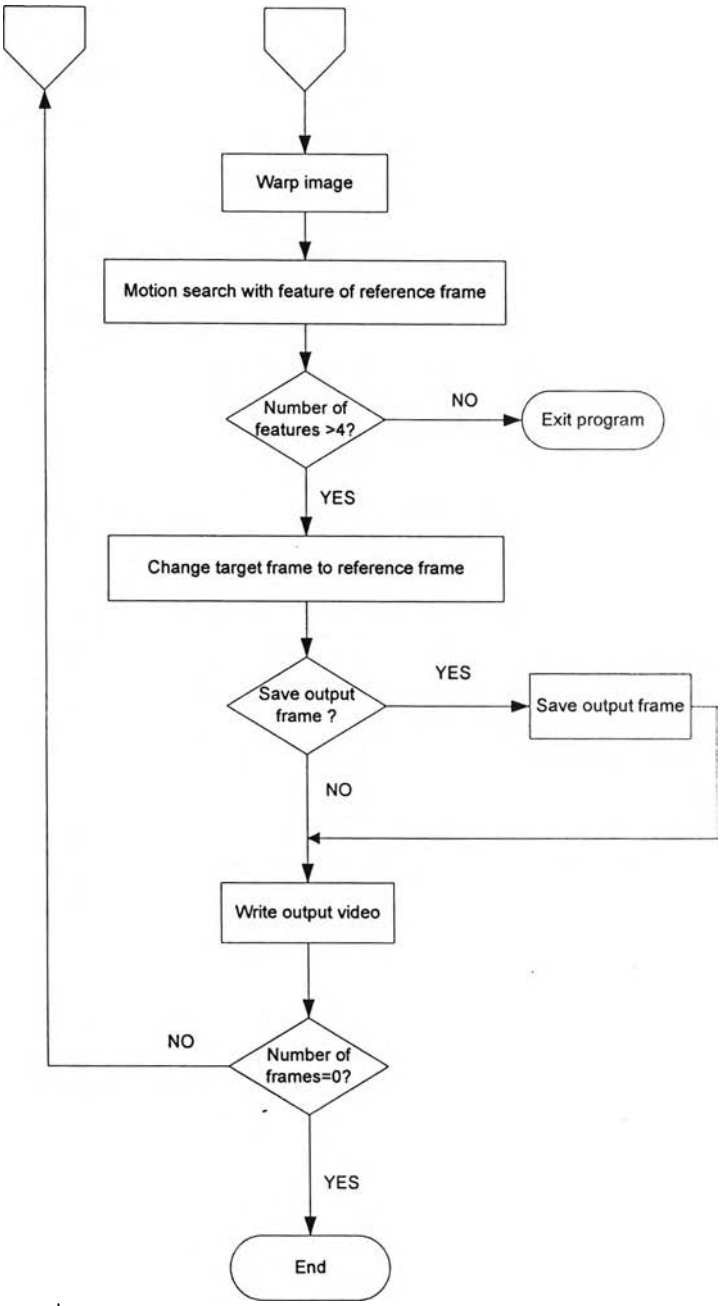
โปรแกรมจะให้กำหนดค่าอัตรากรอบภาพ แต่ถ้าไม่มีการใส่ค่าลงไปโปรแกรมจะกำหนดค่าอัตรากรอบภาพอยู่ที่ 25 เฟรมต่อวินาที (fps) หลังจากนั้นโปรแกรมจะให้ตั้งชื่อและเส้นทางบันทึกแฟ้มวีดิทัศน์ซึ่งเป็นผลของโปรแกรมการทำภาพให้เสถียร



รูปที่ 3.12 ผังงานของส่วนการทำภาพหมุนให้เสถียร



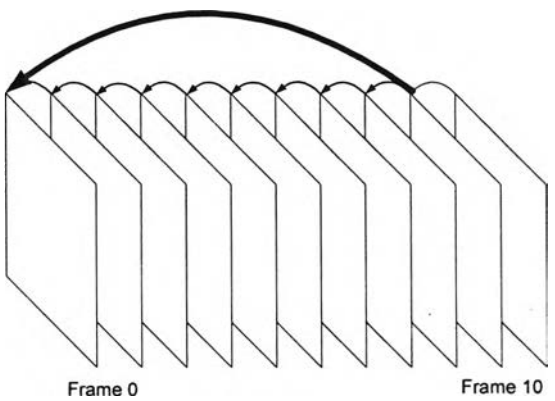
รูปที่ 3.12 ผังงานของส่วนการทำภาพหมุนให้เสถียร(ต่อ)



รูปที่ 3.12 ผังงานของส่วนการทำภาพหมุนให้เสถียร(ต่อ)

3.ดึงเฟรมภาพต่อจากเฟรมแรกเพื่อใช้เป็นภาพเป้าหมาย (target frame) ซึ่งก็คือเฟรมภาพที่มีปัญหาและต้องการหมุนหรือบิดภาพให้กลับมาเหมือนภาพอ้างอิง ในขั้นตอนนี้ถ้ากำหนดให้มีการเก็บข้อมูลภาพก่อนผ่านกระบวนการก็จะมีการเก็บภาพโดยใช่ชื่อเดียวกับวีดิทัศน์แต่อยู่ในลักษณะแฟ้มข้อมูลแบบภาพและเก็บอยู่ที่เดียวกับเส้นทางบันทึกแฟ้มวีดิทัศน์ที่ผ่านการทำเสถียรแล้ว จากนั้นก็แปลงภาพทั้งภาพเป้าหมายและภาพอ้างอิงให้อยู่ในรูปแบบเมทริกซ์ระบบทั่วไป

4.การติดตามจุดลักษณ์ คือการหาตำแหน่งของจุดลักษณ์ที่เลื่อนไปในลำดับภาพถัดไป ซึ่งก็คือการหาค่าการเลื่อนที่หรือหาค่าเวกเตอร์การเคลื่อนที่ ในขั้นตอนนี้จะทำการหาค่าการเคลื่อนที่ไปของพิกัดตำแหน่งจุดลักษณ์จากภาพอ้างอิงเพื่อได้ค่าตำแหน่งพิกัดใหม่ของจุดลักษณ์เคลื่อนที่ไปในภาพเป้าหมาย โดยจะมีการหาค่าการเคลื่อนที่ 2 แบบคือ การหาค่าการเคลื่อนที่ระหว่างภาพที่อยู่ติดกัน และการหาค่าการเคลื่อนที่เทียบกับภาพอ้างอิงทุกๆ สิบภาพ ดังแสดงลำดับการเปรียบเทียบในรูปที่ 3.13 ซึ่งการที่ต้องแบ่งการหาค่าการเคลื่อนที่เป็น 2 แบบเพราะเมื่อทำการเคลื่อนที่ระหว่างภาพที่อยู่ติดกันไปเรื่อยๆ จะเกิดค่าความผิดพลาดของการหาค่าการเคลื่อนที่มากขึ้นจึงต้องทำการเปลี่ยนแปลงค่าที่ใช้เปรียบเทียบจากภาพที่ติดกันกลับไปเป็นภาพอ้างอิงอีกครั้ง โปรแกรมจะใช้เงื่อนไขในการเลือกใช้วิธีการหาค่าการเคลื่อนที่โดยกำหนดจากลำดับภาพคือจะใช้วิธีหาการเคลื่อนที่ระหว่างภาพที่อยู่ติดกันไปเรื่อยๆ จนเมื่อลำดับภาพถึงลำดับที่หารด้วยสิบลงตัวจะเปลี่ยนไปใช้การหาค่าการเคลื่อนที่เทียบกับภาพอ้างอิง

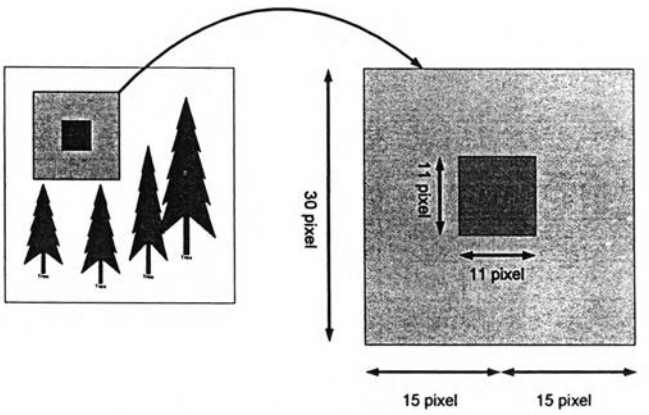


รูปที่ 3.13 การเปรียบเทียบลำดับภาพในหาค่าการเคลื่อนที่

4.1 การหาการเคลื่อนที่ระหว่างภาพที่อยู่ติดกัน คือการหาค่าการเคลื่อนที่เปรียบเทียบระหว่างภาพที่อยู่ลำดับติดกัน เช่น ภาพลำดับที่สองเทียบกับภาพลำดับที่หนึ่ง ภาพลำดับที่สามเทียบกับภาพลำดับที่สอง ภาพลำดับที่สี่เทียบกับภาพลำดับที่สาม โดยเริ่มจากการนำข้อมูลจุดพิกัดของจุดลักษณ์ของภาพอ้างอิงหรือภาพที่หนึ่งที่ได้มาจากส่วนการตรวจหาจุดลักษณ์ แล้วสร้างตัวบังซึ่งในที่นี้กำหนดให้มีขนาดเท่ากับ 11×11 พิกเซลครอบบริเวณค่าพิกัดจุดลักษณ์นั้นเพื่อใช้ค่าตัวบังนี้เปรียบเทียบหาค่าสหสัมพันธ์(Correlation) ตามสมการที่ 2.14 กับภาพที่สองหรือก็คือภาพเป้าหมาย ในการหาค่าสหสัมพันธ์กับภาพเป้าหมายจะกำหนดระยะค้นหา (search range) ข้างละ 15 พิกเซลดังแสดงในรูปที่ 3.14 แทนที่จะทำการเปรียบเทียบหาทั้งภาพเพราะการเปลี่ยนแปลงของเฟรมภาพวีดิทัศน์ที่อยู่ติดกันนั้นด้วยความเร็วในการบันทึกจึงสามารถสมมติได้ว่าการเปลี่ยนแปลงระหว่างภาพเกิดขึ้นไม่มากนัก และเพื่อประหยัดเวลาในการทำงานของโปรแกรม

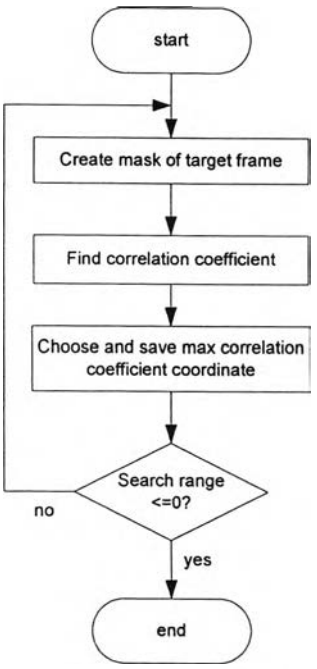
ซึ่งค่าที่กำหนดมานั้นเป็นค่าที่ได้จากการทดลองกับภาพแล้วเป็นค่าที่ทำงานได้จริงสำหรับวีดิทัศน์ทดสอบ

การหาค่าสหสัมพันธ์จะทำการค้นหาในระยะค้นหาที่กำหนดแล้วเลือกจุดพิกัดที่มีค่าสหสัมพันธ์มากที่สุดเป็นจุดพิกัดที่เปลี่ยนแปลงไปของจุดลักษณ์ ทำเช่นนี้ทุกจุดก็จะได้ค่าพิกัดจุดลักษณ์ทุกจุดที่ภาพเป้าหมาย ซึ่งการหาค่าสหสัมพันธ์มีขั้นตอนการทำงานในรูปที่ 3.15

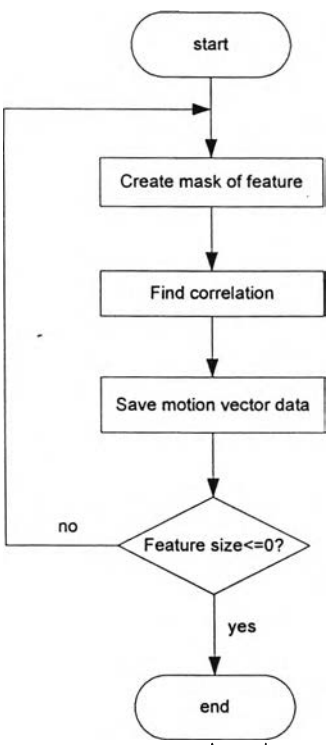


รูปที่ 3.14 ขนาดของตัวบังและระยะการค้นหาของการหาค่าการเคลื่อนที่

แต่ส่วนการติดตามจุดลักษณ์นั้นมีปัญหาเกิดขึ้นคือเกิดการหายไปของจุดลักษณ์ที่ตรวจจับไว้ในภาพอ้างอิงเมื่อเปรียบเทียบในภาพเป้าหมาย เนื่องจากปัญหาของภาพที่เกิดทั้งการหมุนและการเลื่อนที่ ซึ่งเมื่อภาพหมุนและเลื่อนที่ข้อมูลภาพก็เปลี่ยนแปลงเกิดการเลื่อนไปของวัตถุในภาพ ซึ่งอาจส่งผลให้จุดลักษณ์ที่ได้เลือกไว้หายไปจากภาพ ดังนั้นจึงแก้ปัญหานี้ด้วยการตัดจุดลักษณ์ที่หายนั้นทิ้งไปจากกระบวนการทำเสถียรภาพ ส่วนการหาค่าจุดลักษณ์เทียบกับภาพต่อไปก็เป็นการเปรียบเทียบระหว่างภาพที่สามกับภาพที่สองโดยมองภาพที่สองเสมือนเป็นภาพอ้างอิงและมองภาพที่สามเสมือนเป็นภาพเป้าหมายดังนั้นจุดลักษณ์ที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงก็เปลี่ยนแปลงด้วยโดยเปลี่ยนไปใช้จุดลักษณ์ของภาพที่สองเป็นจุดลักษณ์ เพื่อเปรียบเทียบหาค่าพิกัดจุดลักษณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปในภาพที่สามหรือภาพเป้าหมาย ทำเช่นนี้ไปจนจบลำดับภาพ

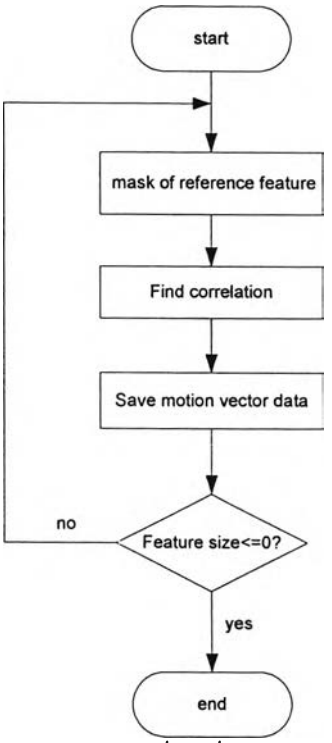


รูปที่ 3.15 ผังงานของการหาค่าสหสัมพันธ์(Correlation)



รูปที่ 3.16 ผังงานของการหาค่าการเคลื่อนที่ระหว่างภาพที่อยู่ติดกัน

4.2 การหาค่าการเคลื่อนที่เทียบกับภาพอ้างอิงทุกๆ สิบภาพ มีขั้นตอนเหมือนการหาการเคลื่อนที่ระหว่างภาพที่อยู่ติดกันแต่ต่างกันตรงที่เมื่อกระบวนการผ่านไปทุกๆสิบภาพ แทนที่จะใช้ภาพอ้างอิงเป็นภาพที่อยู่ถัดกันให้เปลี่ยนกลับไปใช้ภาพที่หนึ่งเป็นภาพอ้างอิงอีกครั้ง



รูปที่ 3.17 ผังงานของการหาค่าการเคลื่อนที่เทียบกับภาพอ้างอิงทุกๆ สิบภาพ

5.การหาค่าสัมพรรคซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการบิดกลับภาพ การหาค่าสัมพรรคเริ่มจากการรับค่าพิกัดจุดลักษณ์ของภาพอ้างอิงและภาพเป้าหมายซึ่งได้จากขั้นตอนการติดตามจุดลักษณ์ โดยจำนวนคู่พิกัดจุดลักษณ์ที่นำมาหาค่าสัมพรรคนั้นต้องมากกว่าสามคู่ ดังนั้นจึงต้องนับจำนวนคู่พิกัดจุดลักษณ์ก่อนการหาค่าสัมพรรค เพราะจากขั้นตอนการติดตามจุดลักษณ์ที่อาจจะต้องตัดจุดลักษณ์ที่หายไปจากภาพทิ้งไปส่งผลให้จำนวนคู่จุดลักษณ์น้อยลงไม่ได้มีจำนวนเท่ากับที่กำหนดไว้แต่แรก ในโปรแกรมจึงต้องตรวจสอบจำนวนคู่จุดลักษณ์คือถ้าจำนวนคู่จุดสักษณ์มีมากกว่าสามคู่แล้วโปรแกรมก็จะทำงานต่อไปแต่ถ้าจำนวนคู่จุดลักษณ์มีน้อยกว่าสามคู่โปรแกรมจะหยุดการทำงานและบันทึกข้อมูลเฉพาะส่วนที่ผ่านการประมวลผลไปแล้ว เพราะไม่สามารถทำการหาค่าสัมพรรคได้อีกต่อไป เมื่อตรวจสอบค่าจำนวนคู่จุดสักษณ์ว่าผ่านตามเงื่อนไขแล้วนำคู่จุดลักษณ์จัดรูปตามสมการ 3.2 และสมการ 3.3เพื่อหาค่าสัมพรรค

$$A = W^{\dagger}T_x$$

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \\ 1 & x_4 & y_4 \\ 1 & x_5 & y_5 \\ 1 & x_6 & y_7 \\ . & . & . \end{bmatrix}^{\dagger} \begin{bmatrix} x_1' - x_1 \\ x_2' - x_2 \\ x_3' - x_3 \\ x_4' - x_4 \\ x_5' - x_5 \\ x_6' - x_6 \\ . \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

$$B = W^{\dagger}T_y$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \\ 1 & x_4 & y_4 \\ 1 & x_5 & y_5 \\ 1 & x_6 & y_7 \\ . & . & . \end{bmatrix}^{\dagger} \begin{bmatrix} y_1' - y_1 \\ y_2' - y_2 \\ y_3' - y_3 \\ y_4' - y_4 \\ y_5' - y_5 \\ y_6' - y_6 \\ . \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

x คือค่าพิกัดจุดลักษณ์ในแนวแกน x ของภาพอ้างอิง

y คือค่าพิกัดจุดลักษณ์ในแนวแกน y ของภาพอ้างอิง

x' คือค่าพิกัดจุดลักษณ์ในแนวแกน x ของภาพเป้าหมาย

y' คือค่าพิกัดจุดลักษณ์ในแนวแกน y ของภาพเป้าหมาย

$a_0\ a_1\ a_2\ b_0\ b_1$ และ b_2 คือค่าสัมพรรค

เนื่องจากลักษณะของเมทริกซ์ที่นำมาหาค่าผกผันไม่ใช่เมทริกซ์จัตุรัส (Square matrix) การหาค่าเมทริกซ์ผกผันจึงต้องใช้วิธีการหาค่าเมทริกซ์ผกผันเทียม (Pseudoinvese of matrix) ซึ่งจะแตกต่างจากการหาค่าเมทริกซ์ผกผัน (matrix invese) ที่ใช้กับเมทริกซ์จัตุรัสโดยทั่วไป

$$\begin{aligned} T &= WC \\ W^{-1}T &= C \end{aligned} \quad (3.4)$$

$$\begin{aligned} T &= WC \\ W^{\mathrm{T}}T &= W^{\mathrm{T}}WC \\ \left(W^{\mathrm{T}}W\right)^{-1}W^{\mathrm{T}}T &= C \\ W^{\dagger}T &= C \end{aligned} \quad (3.5)$$

T และ W คือเมทริกซ์ของสมการ

C คือเมทริกซ์ตัวแปรที่ต้องการทราบค่า

W^{T} คือเมทริกซ์สลับเปลี่ยน (transpose of a matrix)

W^{-1} คือเมทริกซ์ผกผัน (matrix invert)

$W^{\dagger}$ คือเมทริกซ์ผกผันเทียม (Pseudoinvert of matrix)

จะเห็นความแตกต่างระหว่างสมการที่ 3.4กับสมการที่ 3.5 โดยสมการที่ 3.4 แสดงการหาค่าเมทริกซ์ผกผันของเมทริกซ์จัตุรัสโดยทั่วไป ส่วนสมการที่ 3.5 นั้นแสดงหาค่าเมทริกซ์ผกผันเทียม ซึ่งความแตกต่างของสองสมการนี้คือจำนวนของตัวแปรที่ต้องการทราบค่าเทียบกับจำนวนสมการ โดยสมการที่ 3.4นั้นจำนวนของตัวแปรที่ต้องการทราบค่ามีจำนวนเท่ากับจำนวนสมการ แต่ในสมการที่ 3.5นั้นจำนวนของตัวแปรที่ต้องการทราบค่ามีจำนวนน้อยกว่าจำนวนสมการ

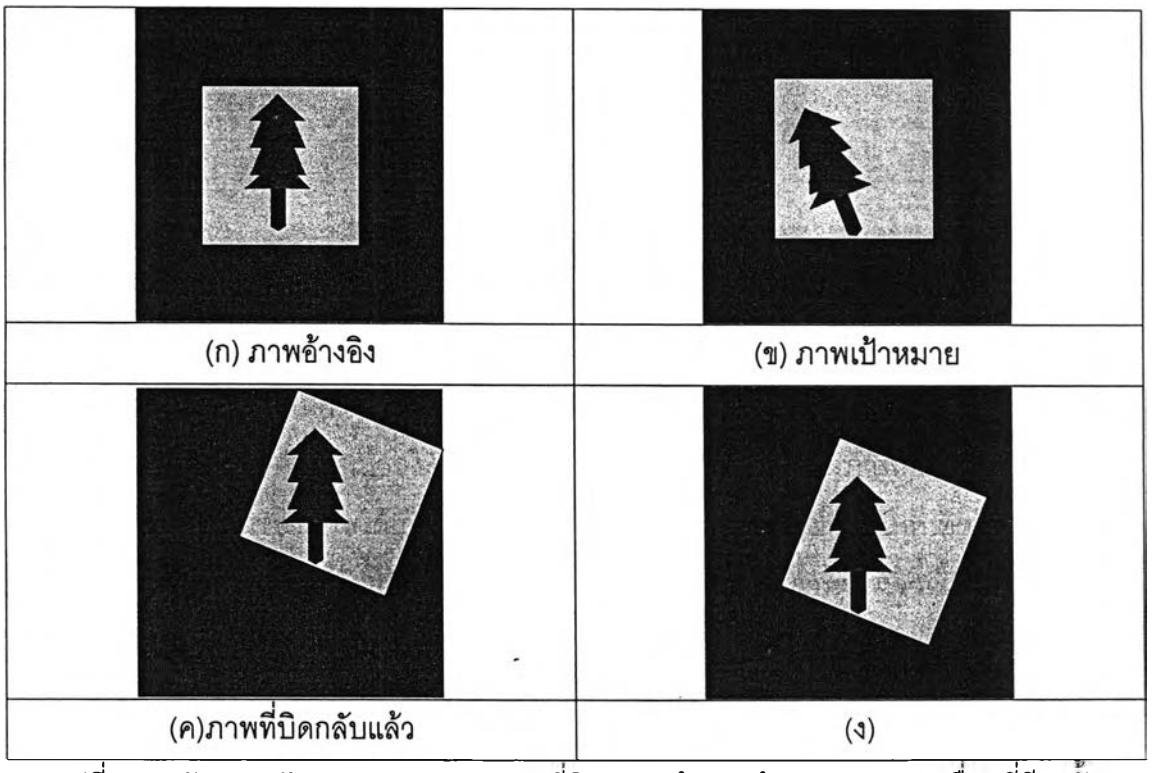
6.การบิดภาพกลับ(image warping)หลังจากที่ได้ค่าสัมพรรคมาแล้วก็นำค่าสัมพรรคนั้นมาใช้ในการบิดภาพเป้าหมายให้กลับมามีตำแหน่งเดียวกับภาพอ้างอิง การบิดภาพกลับนั้นต้องนำค่าสัมพรรคมาคูณเข้ากับภาพเป้าหมายเพื่อให้บิดกลับมาเหมือนภาพอ้างอิง ดังสมการที่ 3.6

$$
\begin{aligned}
x' &= x + d_x(x,y) \\
y' &= y + d_y(x,y) \\
\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_0 \\ b_1 & b_2 & b_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \\
\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_0 \\ b_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \\
A &= \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{bmatrix} \\
\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_0 \\ b_0 \end{bmatrix} + A \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \\
\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} &= (I + A)\left(\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_0 \\ b_0 \end{bmatrix} \right) \\
\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} &= \left(\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} a_0 \\ b_0 \end{bmatrix} \right) (I + A)^{-1}
\end{aligned}
\tag{3.6}
$$

และในการบิดภาพกลับนี้ในการเก็บภาพที่ผ่านการบิดแล้วนั้นต้องเกิดการประมาณค่า เพราะค่าผลลัพธ์ของการคูณนั้นไม่ได้มีค่าเป็นจำนวนเต็มจึงไม่สามารถใช้ในระบบพิกัดภาพได้ เพราะระบบพิกัดของภาพนั้นก็สามารถมองเหมือนเมทริกซ์โดยหนึ่งพิกเซล(pixel)จะมองเป็นหนึ่ง

พิกัดซึ่งไม่สามารถแบ่งย่อยเป็นค่าทศนิยมได้ จึงต้องทำการประมาณค่าที่คำนวณออกมาได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกับจุดพิกัดใดที่สุดแล้วจึงเลือกค่าที่จุดพิกัดนั้น ในที่นี่เลือกวิธีการประมาณค่าแบบการประมาณค่าในช่วงเชิงเส้นคู่ (Interpolate bilinear)ดังสมการที่ 2.19

7.การติดตามจุดลักษณ์ของภาพหลังจากบิดกลับแล้ว การบิดภาพกลับนั้นจะสามารถชดเชยส่วนการหมุนของภาพได้เกือบทั้งหมดแต่ยัง ไม่สามารถชดเชยการเลื่อนที่ของภาพได้ จึงต้องทำการหาค่าการเคลื่อนที่ซ้ำอีกครั้งหนึ่งโดยเปรียบเทียบระหว่างภาพหลังจากผ่านการบิดกลับแล้วเทียบกับภาพอ้างอิง ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 ลักษณะปัญหาของภาพหลังจากที่บิดกลับแล้วและต้องชดเชยการเคลื่อนที่อีกครั้ง

(ก) คือภาพอ้างอิง

(ข) คือภาพที่เกิดปัญหา

(ค) คือภาพหลังจากที่บิดกลับแล้วสามารถชดเชยมุมการหมุนได้แต่ยังไม่สามารถชดเชยการเคลื่อนที่ได้ทั้งหมด

(ง) คือภาพหลังจากที่ชดเชยการเคลื่อนที่ซ้ำอีกรอบแล้ว

รูปที่ 3.18 (ข) คือภาพเป้าหมายที่ต้องการบิดกลับมาให้เหมือนกับภาพในรูปที่ 3.18(ก) เมื่อผ่านขั้นตอนการบิดกลับภาพแล้วจะได้ภาพผลลัพธ์ในรูปที่ 3.18(ค) ซึ่งภาพสามารถชดเชยการหมุนบิดไปของภาพได้แล้วแต่ภาพมีการเลื่อนที่ไปยังไม่ได้อยู่ในตำแหน่งเดียวกับภาพอ้างอิง จึงต้องหาค่าการเคลื่อนที่ของภาพในรูปที่ 3.18 (ค) เทียบกับภาพในรูปที่ 3.18(ก) อีกครั้ง โดยใช้

I 97470384

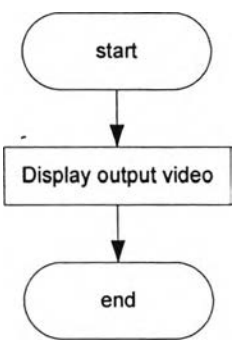
วิธีการหาการเคลื่อนที่ระหว่างภาพที่อยู่ติดกัน และนำข้อมูลค่าพิกัดจุดลักษณ์ของภาพอ้างอิงมาเป็นตัวหาค่าการเคลื่อนที่กับภาพในรูปที่ 3.18 (ค) ก็จะสามารถชดเชยการเคลื่อนที่ได้ทั้งหมดได้ผลลัพธ์เป็นภาพในรูปที่ 3.18 (ง)

8.การเปลี่ยนตำแหน่งภาพอ้างอิงและภาพเป้าหมาย ส่วนนี้จะเป็นการเปลี่ยนข้อมูลภาพอ้างอิง ภาพเป้าหมายและจุดลักษณ์ คือหลังจากที่ทำการแก้ปัญหาหรือบิดกลับภาพที่สองให้มีตำแหน่งเหมือนกับภาพที่หนึ่งเรียบร้อยแล้ว ก็ต้องทำการเปรียบเทียบภาพที่สามกับภาพที่สองจึงต้องเปลี่ยนข้อมูลภาพอ้างอิงจากภาพที่หนึ่งเป็นภาพที่สอง เปลี่ยนข้อมูลภาพเป้าหมายจากภาพที่สองเป็นภาพที่สาม และเปลี่ยนชุดค่าพิกัดจุดลักษณ์อ้างอิงจากชุดค่าพิกัดจุดลักษณ์ของภาพที่หนึ่งเป็นชุดค่าพิกัดจุดลักษณ์ของภาพที่สอง ซึ่งในส่วนขั้นตอนนี้ก็จะเปลี่ยนแปลงค่าไปตามลำดับจนจบการทำงาน

9.เขียนแฟ้มข้อมูลวีดิทัศน์ ส่วนนี้ทำการบันทึกภาพที่ผ่านการทำให้เสถียรแล้วเป็นแฟ้มข้อมูลวีดิทัศน์

3.5 PlayOutPutVideo: **ส่วนการเล่นวีดิทัศน์ที่ผ่านการทำเสถียรแล้ว**

ส่วนนี้เป็นส่วนการเล่นแฟ้มวีดิทัศน์หลังจากที่ผ่านการประมวลผลแล้ว ขั้นตอนการทำงานแสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 ผังงานส่วนการเปิดแฟ้มข้อมูลวีดิทัศน์ที่ผ่านการทำเสถียรแล้ว