

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

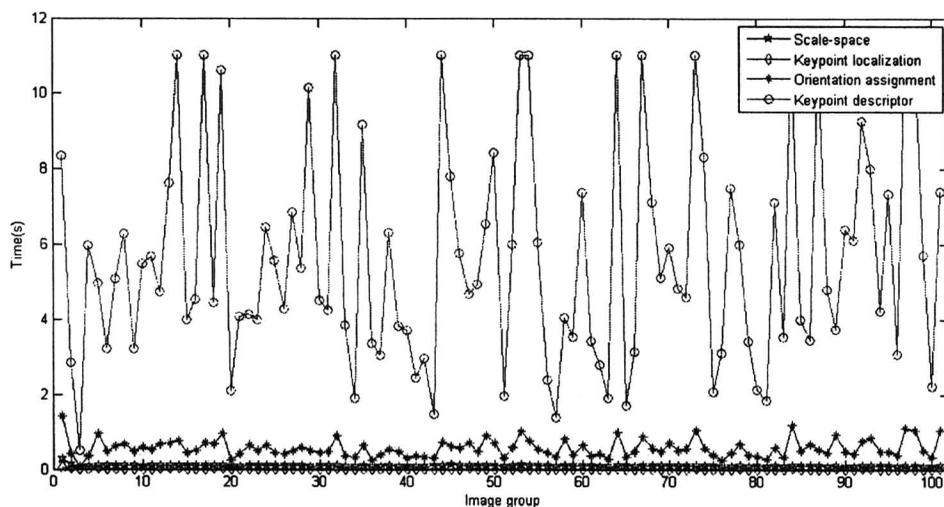
การวิจัยในครั้งนี้ได้ดำเนินการวิจัยและทดลองซึ่งได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 3 จึงนำเสนอผลการทดลองตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ผลการทดลองวิเคราะห์การคำนวณตามขั้นตอนวิธี SIFT
2. ผลการทดลองหาจุดสนใจด้วยวิธีการประมาณค่าฟังก์ชันเกาส์เซียนด้วย p-RPPRBF
3. ผลการทดลองการกำหนดทิศทางหลักของจุดสนใจด้วย arctan-like()
4. ผลการทดลองการวัดประสิทธิภาพของลักษณะเด่นของภาพที่ได้จากวิธีการ SIFT

และ L-SIFT

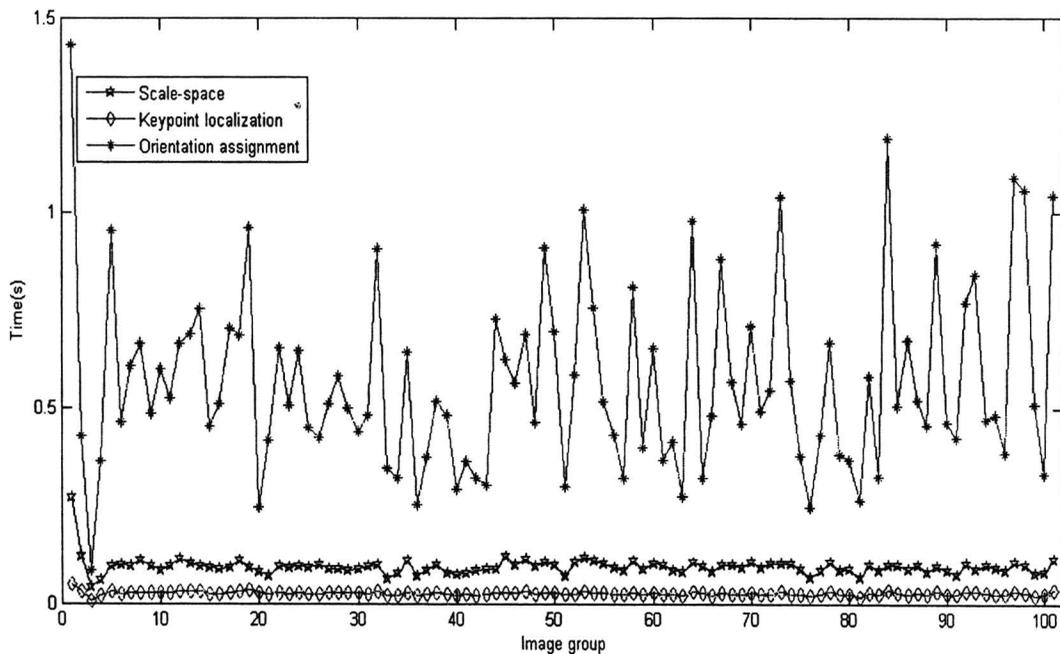
#### 1. ผลการทดลองทดสอบวิเคราะห์การคำนวณตามขั้นตอนวิธี SIFT

หลังจากการทำการทดลองหาลักษณะเด่นของภาพแบบท้องถิ่น ตามขั้นตอนวิธี SIFT โดยแบ่งช่วงการวัดเวลา คือ (1) การสร้างปริภูมิค่าในมิติขนาดและระยะทาง (2) การกำหนดตำแหน่งจุดสนใจ (3) การกำหนดทิศทางของจุดสนใจ (4) การสร้างคำอธิบายลักษณะเด่นของภาพ โดยใช้การหาลักษณะเด่นของภาพจากฐานข้อมูล Caltech101 [8] จำนวน 101 กลุ่ม ทำการสุ่มภาพกลุ่มละ 5 ภาพ รวม 505 ภาพ โดยผลการทดลองจะนำเวลาในแต่ละกลุ่มมาเฉลี่ยแยกตามขั้นตอนในการคำนวณ ได้ผลการทดลอง ดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 เวลาที่ใช้ในการคำนวณหาลักษณะเด่นของภาพตามขั้นตอนวิธี SIFT

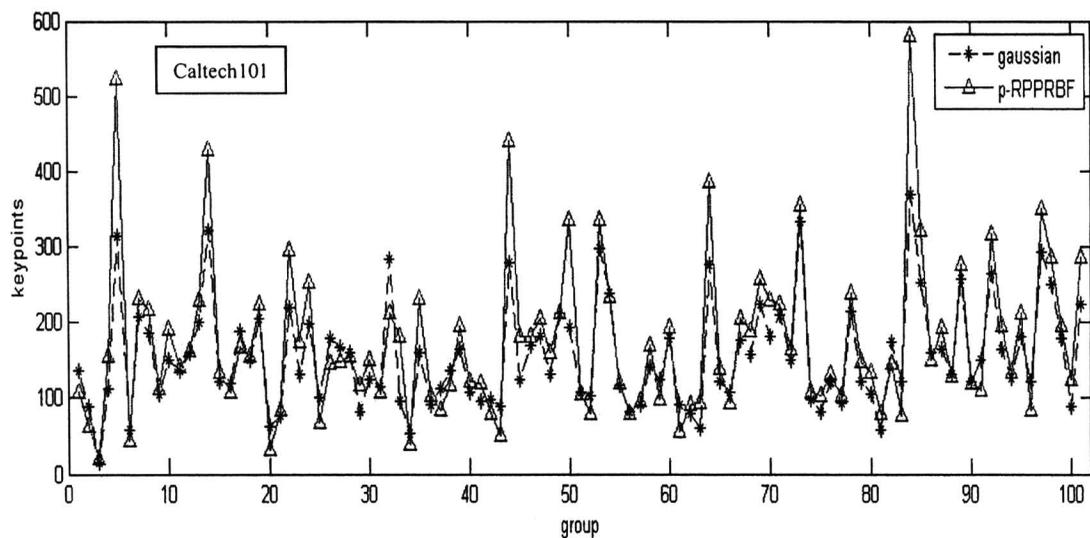
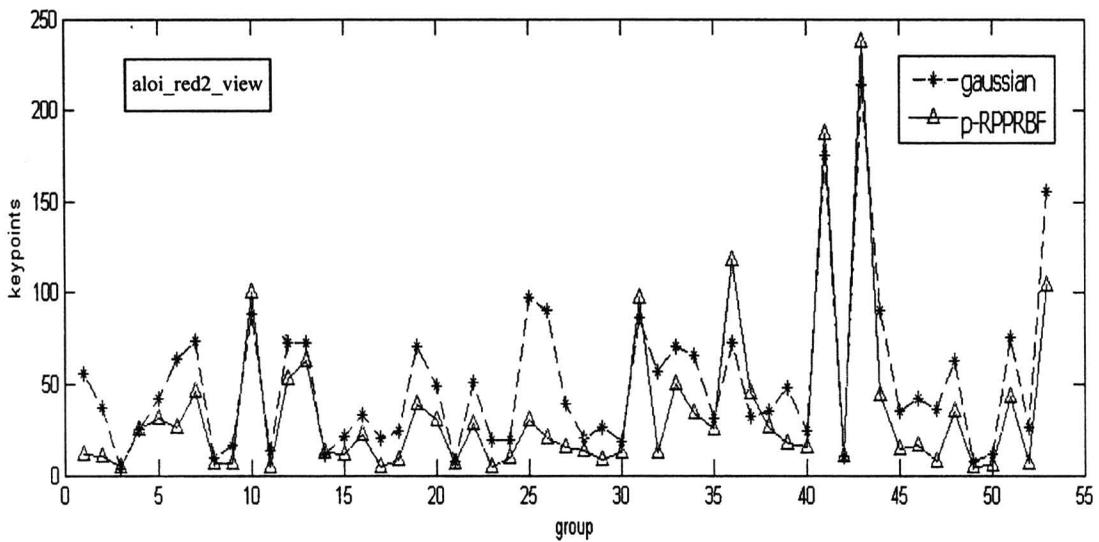
จากผลการทดลองจะพบว่า ขั้นตอนของวิธีการ SIFT ที่ใช้เวลาในการคำนวณสูง คือ ขั้นตอนของการสร้างปริภูมิค่าในมิติขนาดและระยะทาง และขั้นตอนการกำหนดทิศทางของจุดสนใจ จึงนำขั้นตอนการทำงานสองขั้นตอนนี้มาวิเคราะห์เพื่อลดความซับซ้อนในการคำนวณ จากผลการทดลองจะพบว่าในขั้นตอนของการสร้างคำอธิบายลักษณะเด่นของภาพ จะเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลาในการคำนวณสูง แต่เวลาที่ใช้ในการคำนวณดังกล่าวขึ้นอยู่กับจำนวนของจุดสนใจที่ต้องนำมาสร้างเป็นคำอธิบายลักษณะเด่น ถ้าภาพนั้นมีจุดสนใจจำนวนมาก จะต้องใช้เวลาในการคำนวณในขั้นตอนนี้มากขึ้นด้วย แต่ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ปรับปรุงวิธีการสร้างคำอธิบายลักษณะเด่นของภาพแบบ SIFT จึงดำเนินการสร้างคำอธิบายลักษณะเด่นตามวิธีการของ SIFT เดิม จึงไม่ได้นำมาใช้ในการพิจารณาลดความซับซ้อนด้วย โดยจะแสดงรายละเอียดของเวลาที่ใช้ในการคำนวณเมื่อไม่พิจารณาเวลาในการสร้างคำอธิบายลักษณะเด่นของภาพ ดังภาพที่ 23



ภาพที่ 23 เวลาที่ใช้ในการคำนวณหาลักษณะเด่นของภาพตามขั้นตอนวิธี SIFT  
เมื่อไม่พิจารณาเวลาในการสร้างคำอธิบายลักษณะเด่นของภาพ

## 2. ผลการทดลองการหาจุดสนใจด้วยวิธีการประมาณค่าฟังก์ชันเกาส์เซียนด้วย p-RPPRBF

จำนวนจุดสนใจของภาพที่หาจากฐานข้อมูลภาพ ALOI ด้วยฟังก์ชันเกาส์เซียน มีจำนวนจุดสนใจมากกว่าฟังก์ชัน p-RPPRBF แต่จุดสนใจจากฐานข้อมูลภาพ Caltech101 ฟังก์ชัน p-RPPRBF จะสามารถหาจุดสนใจได้มากกว่าฟังก์ชันเกาส์เซียน โดยภาพในฐานข้อมูลนี้มีรายละเอียดของภาพมากกว่าภาพจากฐานข้อมูล ALOI แสดงว่าฟังก์ชัน p-RPPRBF จะให้จุดสนใจจากภาพที่มีรายละเอียดของวัตถุในภาพจำนวนมากได้ดีกว่าฟังก์ชันเกาส์เซียน ตามภาพที่ 24

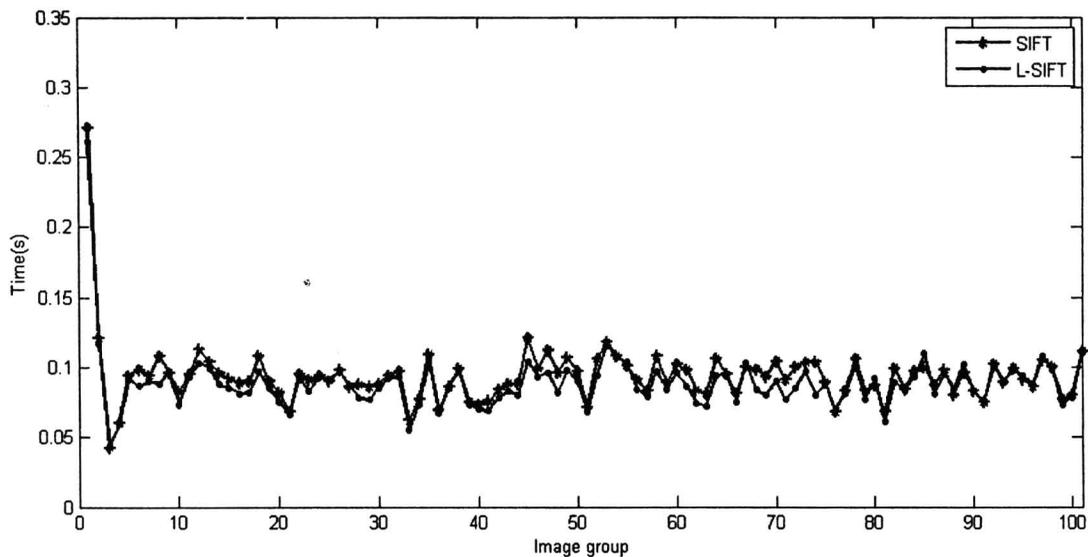


ภาพที่ 24 จำนวนจุดสนใจเฉลี่ยจากการหาด้วยฟังก์ชันเกาส์เซียนและฟังก์ชัน p-RPPRBF

(บน) จำนวนจุดสนใจของภาพที่หาจากฐานข้อมูลภาพ ALOI

(ล่าง) จุดสนใจจากฐานข้อมูลภาพ Caltech101

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการคำนวณด้านของเวลา จะพบว่าเวลาเฉลี่ยในการคำนวณ การสร้างปริภูมิค่าในมิติขนาดและระยะทาง จากวิธีการ SIFT ที่คำนวณด้วยฟังก์ชันเกาส์เซียน เปรียบเทียบกับวิธีการ L-SIFT ที่คำนวณด้วยการประมาณค่า p-RPPRBF จะพบว่าเวลาในการสร้าง ปริภูมิค่าในมิติขนาดและระยะทาง ของวิธีการ L-SIFT จะน้อยกว่าวิธีการ SIFT ถึงแม้ว่าจะไม่ แตกต่างกันมากนัก แต่ด้วยการคำนวณวิธีการ SIFT ที่ใช้ฟังก์ชันที่แปลให้อยู่ในรูปของคำสั่ง ภาษาเครื่องทำให้ทำงานได้เร็วกว่าวิธีการ L-SIFT ที่ต้องทำการแปลคำสั่งก่อนการคำนวณ แสดงได้ ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 เวลาเฉลี่ยในการคำนวณการสร้างปริภูมิค่าในมิติขนาดและระยะทาง ด้วยวิธีการ SIFT เปรียบเทียบกับวิธีการ L-SIFT

จากผลการทดลอง เมื่อพิจารณาตามหลักของการนำไปใช้งานกับการหาลักษณะเด่นของ ภาพที่พบในชีวิตประจำวัน จะพบว่าภาพส่วนมากจะเป็นภาพที่มีพื้นหลังที่ซับซ้อนคล้ายกับภาพใน ฐานข้อมูล Caltech101 ดังนั้นวิธีการสร้างปริภูมิภาพเพื่อหาจุดสนใจด้วยวิธี p-RPPRBF จึงมี ความเหมาะสมกับการใช้งานในการหาลักษณะเด่นของภาพมากกว่าวิธีการสร้างปริภูมิภาพด้วย ฟังก์ชันเกาส์เซียน

### 3. ผลการทดลองการกำหนดทิศทางหลักของจุดสนใจด้วย arctan-like

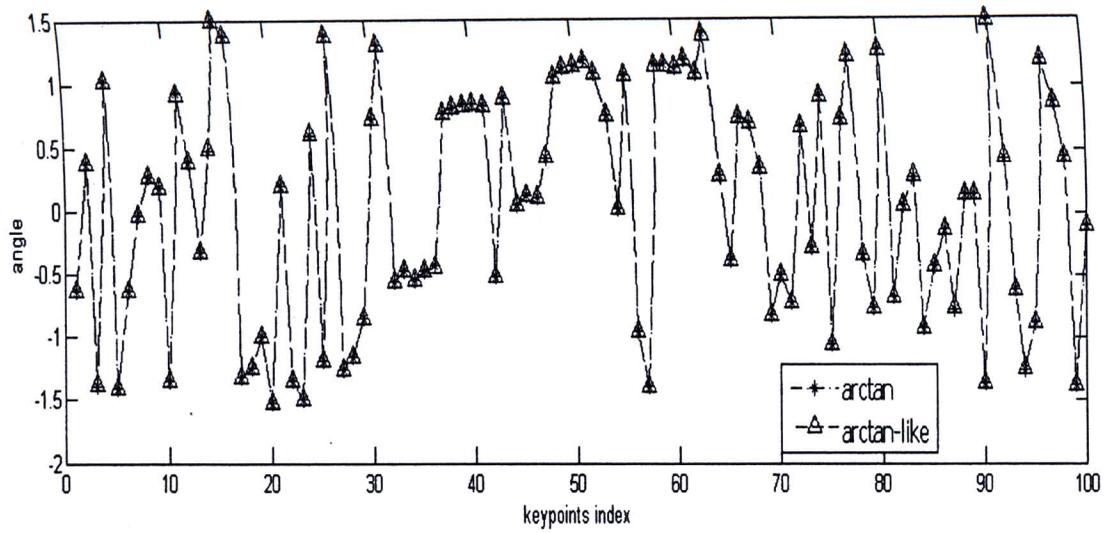
การทดลองเปรียบเทียบเวลาในการคำนวณหาทิศทางด้วย arctan, LUT และ arctan-like ในการคำนวณทิศทางของข้อมูลเกรเดียนต์ตามแนวตั้งและแนวนอน ที่ได้จากการสุ่มข้อมูลจำนวน 100 ชุดข้อมูล ชุดข้อมูลละ  $10^7$  ข้อมูล ได้เวลารวมตามตาราง 2 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผลด้วย arctan-like จะเร็วกว่าการคำนวณด้วย arctan 23.60 % และ LUT 44.67 %

ตารางที่ 2 เวลาในการคำนวณทิศทางของเกรเดียนต์

	เวลา(วินาที)		
	arctan	LUT	arctan-like
computer1	<b>140.926</b>	339.837	201.8009
computer2	459.691	674.388	<b>371.278</b>
computer3	533.905	552.197	<b>293.608</b>
เฉลี่ย	378.174	522.141	<b>288.8956</b>

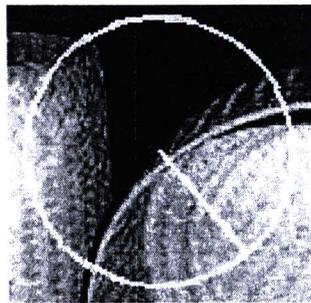
จากผลการทดลอง จะเห็นว่าเวลาที่ใช้ในการคำนวณหาทิศทางของจุดสนใจบนคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการคำนวณสูง วิธีการของ arctan จะสามารถคำนวณได้ดีกว่าวิธีการ arctan-like แต่เมื่อนำมาทดลองบนคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการคำนวณต่ำกว่าจะพบว่าวิธีการ arctan-like จะสามารถคำนวณได้เร็วกว่าวิธีการของ arctan แสดงให้เห็นว่าการหาทิศทางด้วยวิธีการ arctan-like มีความซับซ้อนในการคำนวณน้อยกว่าวิธีการ arctan ซึ่งสามารถทำงานได้ดีบนคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการคำนวณต่ำ

การทดลองเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของการกำหนดมุมหลักของจุดสนใจ หาค่าความคลาดเคลื่อนจากจุดสนใจที่ได้จากฟังก์ชันเกาส์เซียนและ p-RPPRBF ด้วยการประมาณจากฟังก์ชัน arctan-like() เปรียบเทียบกับฟังก์ชัน arctan() ได้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MSE) ที่ระดับ 0.000008896 ดังภาพที่ 26 แสดงว่าจุดสนใจที่ได้จากฟังก์ชัน arctan() และ arctan-like() มีทิศชี้ไปในตำแหน่งเดียวกันดังนั้น สามารถใช้การประมาณค่าด้วย arctan-like() ในการคำนวณทิศทางของจุดสนใจของภาพได้

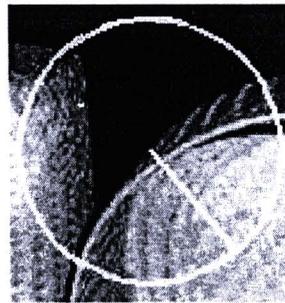


ภาพที่ 26 เปรียบเทียบทิศทางของจุดสนใจที่ได้จากการคำนวณด้วย arctan และ arctan-like

เมื่อพิจารณาทิศทางจากการหาค่าจากจุดสนใจของภาพ พบว่า ทิศทางหลักของจุดสนใจจากวิธีการ arctan และ arctan-like จะมีทิศชี้ไปในมุมเดียวกัน แสดงตำแหน่งและทิศทางของจุดสนใจได้ตามภาพที่ 27



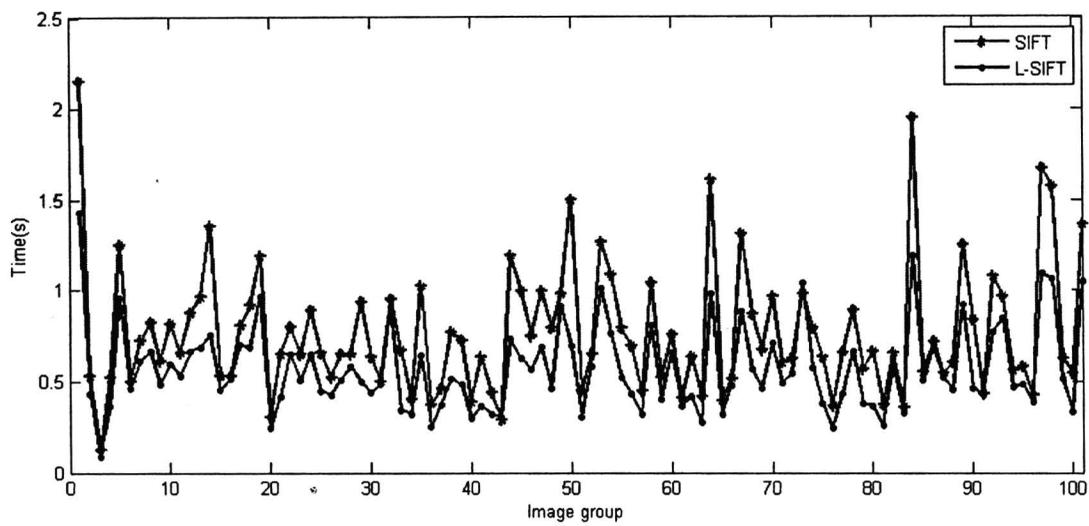
(ก)



(ข)

ภาพที่ 27 มุมที่ถูกกำหนดด้วย arctan(ก) และ arctan-like(ข)

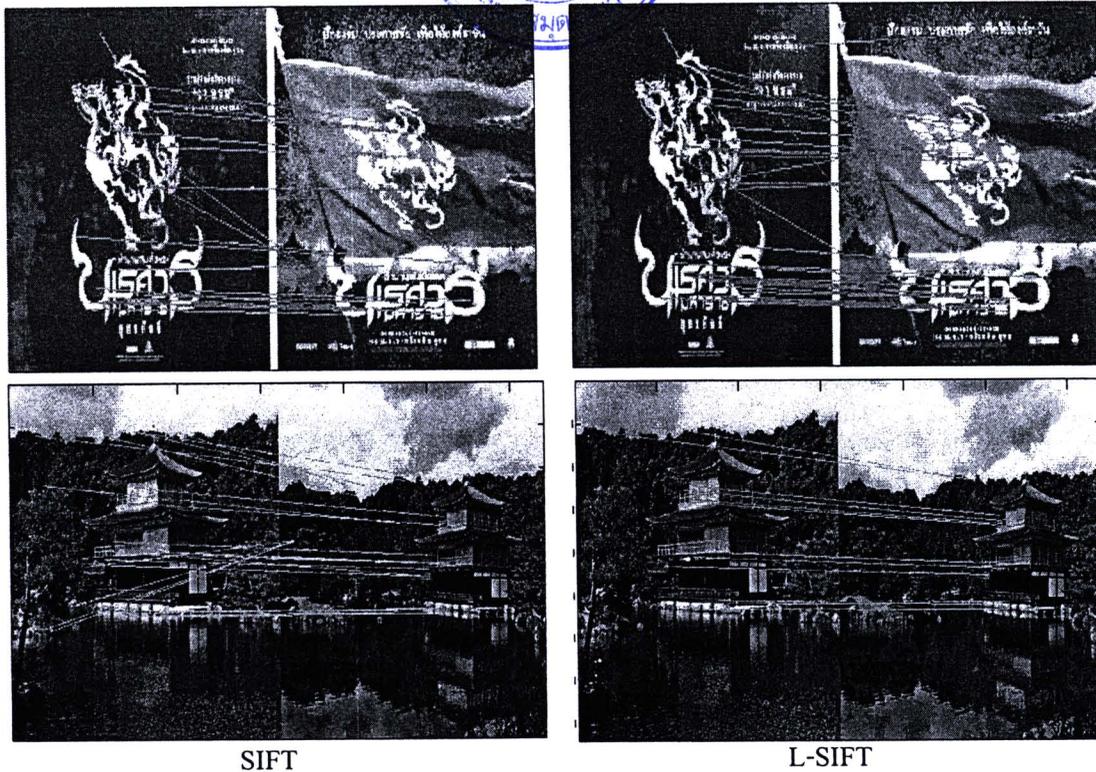
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการคำนวณด้านของเวลา จะพบว่าเวลาเฉลี่ยในการคำนวณ การกำหนดทิศทางหลักของจุดสนใจ จากวิธีการ SIFT ที่คำนวณด้วยฟังก์ชัน  $\arctan$  เปรียบเทียบกับวิธีการ L-SIFT ที่คำนวณด้วยการประมาณค่า  $\arctan$ -like จะพบว่าเวลาในการกำหนดทิศทางหลักของจุดสนใจ ของวิธีการ L-SIFT จะน้อยกว่าวิธีการ SIFT แสดงได้ดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 เวลาเฉลี่ยในการคำนวณการกำหนดทิศทางหลักของจุดสนใจ ด้วยวิธีการ SIFT เปรียบเทียบกับวิธีการ L-SIFT

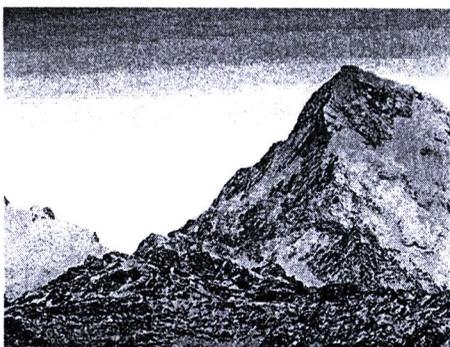
#### 4. ผลการทดลองการวัดประสิทธิภาพของลักษณะเด่นของภาพ

ลักษณะเด่นที่ได้จากการหาด้วยวิธีการ L-SIFT สามารถหาความคล้ายคลึงของลักษณะเด่นของภาพได้ดีกว่า ตามตัวอย่างในภาพที่ 29 พบว่าการจับคู่ของจุดสนใจจากวิธี L-SIFT อยู่ในบริเวณที่เป็นวัตถุของภาพต้นแบบมากกว่าจุดสนใจที่ได้จากวิธีการ SIFT ซึ่งแสดงจุดสนใจที่มีความคล้ายคลึงกันด้วยการใช้เส้นเชื่อม โดยเส้นที่ลากเชื่อมระหว่างจุดสนใจของภาพทั้งสองที่เป็นจุดสมนัยกัน จะเป็นจุดที่มีลักษณะเด่นของภาพคล้ายคลึงกันมากที่สุด ภาพที่ 29 แฉวบนจะเป็นการหาความคล้ายคลึงของลักษณะเด่นของภาพที่เป็นใบปลิวโฆษณาภาพยนตร์ ซึ่งรายละเอียดภายในจะประกอบด้วยข้อความและรูปภาพ การวัดความคล้ายคลึงของลักษณะเด่นที่ได้จากวิธีการ L-SIFT จะตอบสนองต่อจุดภาพที่มีความละเอียดได้ดีกว่าวิธีการ SIFT ทำให้สามารถวัดความคล้ายคลึงของภาพในส่วนที่เป็นข้อความได้ดี

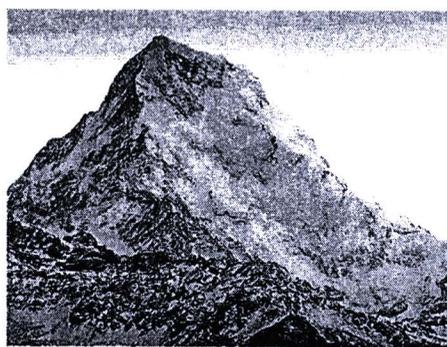


ภาพที่ 29 ผลการวัดความคล้ายคลึงของลักษณะเด่นที่ได้จากวิธี SIFT (ซ้าย) และวิธี L-SIFT (ขวา)

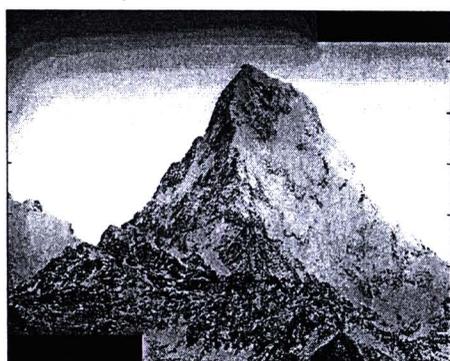
การทดลองใช้จุดสนใจที่หาได้มาใช้ในการสร้างภาพมุมกว้าง (panorama) ดังภาพที่ 30 เมื่อนำภาพ (ก) และ (ข) มาทำการเชื่อมต่อกัน ด้วยจุดสนใจที่ได้จากวิธี SIFT (ค) และ L-SIFT (ง) จะได้ภาพมุมกว้างที่มีการเชื่อมต่อกันอย่างถูกต้อง และภาพมุมกว้างที่ได้จากทั้งสองวิธีมีลักษณะเหมือนกัน ตรวจสอบได้จากการวางซ้อนทับกันพอดีของภาพจากทั้งสองวิธี แสดงว่า ลักษณะเด่นของภาพแบบท้องถื่นที่หาได้จากจุดสนใจที่มาจากวิธีการทั้งสองมีความคล้ายคลึงกัน เมื่อดำเนินการทดสอบในการสร้างภาพมุมกว้างจากภาพที่ได้จากการค้นหาทางอินเทอร์เน็ต และภาพถ่ายจากกล้องดิจิตอล จะมีบางภาพที่ลักษณะเด่นที่หาจากวิธีการ SIFT ไม่สามารถสร้างภาพมุมกว้างได้อย่างถูกต้อง แต่ลักษณะเด่นที่หาจากวิธีการ L-SIFT นั้นสามารถสร้างภาพมุมกว้างได้ดีกว่า และลักษณะเด่นของภาพที่หาด้วยวิธีการ SIFT แล้วนำไปสร้างภาพมุมกว้างได้ ลักษณะเด่นจากวิธีการ L-SIFT ก็สามารถสร้างภาพมุมกว้างได้เช่นเดียวกัน ยกตัวอย่างภาพที่สร้างภาพมุมกว้างผิดพลาด ตามภาพที่ 30 เมื่อนำภาพ(จ) และ (ฉ) มาทำการเชื่อมต่อกัน ผลที่ได้จากการใช้ลักษณะเด่นจากจุดสนใจของวิธี SIFT (ซ) จะมีความผิดพลาดเกิดขึ้น แต่เมื่อใช้ลักษณะเด่นจากจุดสนใจของวิธี L-SIFT (ช) จะได้ภาพที่เชื่อมต่อกันดีกว่า สังเกตได้จากลักษณะของแนวต้นไม้ที่เชื่อมต่อกัน แม้จะมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในบางจุด ตามแนวของสันเขา



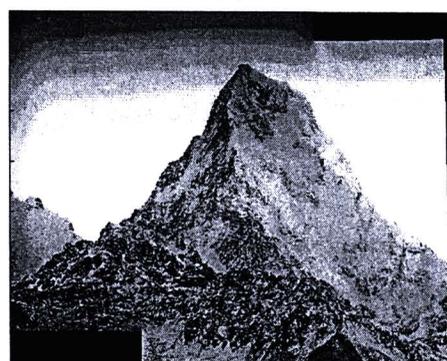
(ก)



(ข)



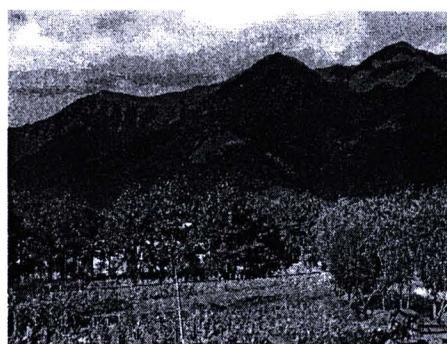
(ค)



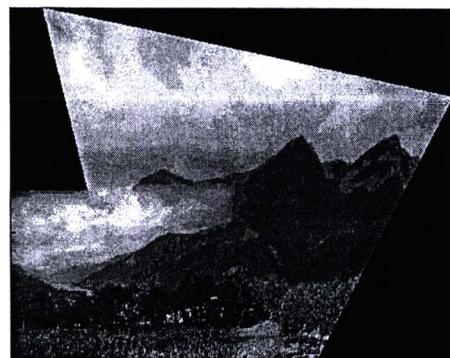
(ง)



(จ)



(ฉ)



(ช)



(ซ)

รูปที่ 30 การสร้างภาพมุกกว้างจากลักษณะเด่นของภาพจากวิธี SIFT และ L-SIFT