

การหาความเหมาะสมที่สุดของการใช้กล้องดิจิทัลในการวัดแบบจำลองรถยนต์



นายณรงค์ พูนพจน์มาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

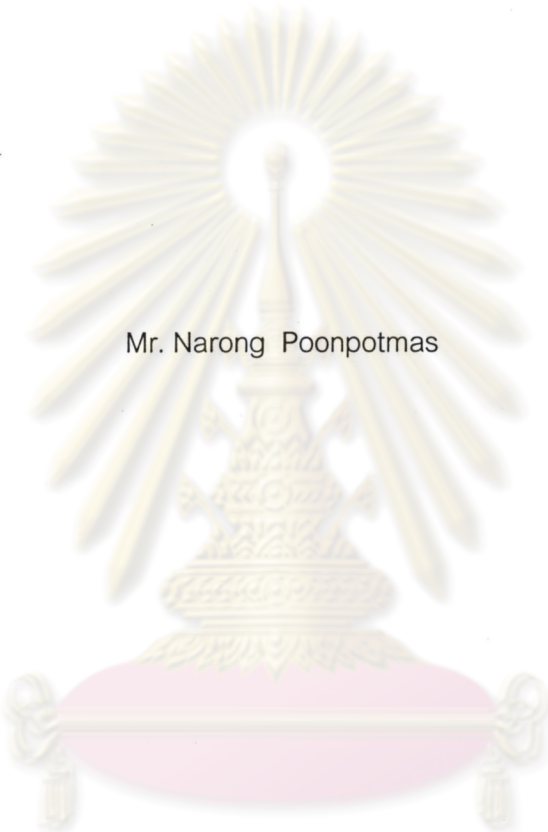
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-9812-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ON THE OPTIMIZATION OF CAR MODEL USING DIGITAL CAMERA



Mr. Narong Poonpotmas

ศูนย์วิทยทรัพยากร
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Survey Engineering

Department of Survey Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-9812-1

ณรงค์ พูนพจน์มาศ : การหาความเหมาะสมที่สุดของการใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัลในการ
วัดแบบจำลองรถยนต์. (ON THE OPTIMIZATION OF CAR MODEL USING DIGIITAL
CAMERA) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล สันติธรรมนนท์, 146 หน้า.
ISBN 974-17-9812-1.

การหาความเหมาะสมของการใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัลในการวัดแบบจำลองรถยนต์ โดยอาศัย
กล้องถ่ายภาพดิจิทัลแบบทั่วไป ในงานวิจัยนี้ใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัล โกดัก ดีเอ็กซ์ 3900 ขยาย
จำนวนจุดภาพสูงสุด 3.1 ล้านจุดภาพ (2160 x 1440) จุดภาพ ความยาวโฟกัสโดยประมาณ 6.6 มิลลิเมตร
โดยกำหนดตัวแปรของมาตราส่วนภาพถ่ายที่ระยะห่าง 2 , 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5 และ 5 เมตร , ลักษณะของ
แกนทัศนขณะถ่ายภาพเป็นแกนทัศนขนานกันมีส่วนซ้อนร้อยละ 60 และ 80, แกนทัศนทแยงเข้าหากัน
และจำนวนจุดควบคุมภาพถ่าย พิจารณาค่าพิกัดเปรียบเทียบกับแบบจำลองรถยนต์ที่วัดด้วยกล้อง
ประมวลผลรวมโดยวิธีการเล็งสกัด จำนวนของแบบจำลองรถยนต์ที่ใช้ในการพิจารณาหาความเหมาะสม
เป็น 21 แบบจำลอง และมีการทำแบบจำลองพื้นผิวอย่างละเอียดเพื่อลดช่วงห่างของโครงข่ายภาพถ่าย
หลัก ทำให้ได้แบบจำลองรถยนต์ที่มีความละเอียดสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผลจากการทำงานวิจัยทำการวัดแบบจำลองรถยนต์ด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัลและประมวลผลด้วย
โปรแกรม PhotoModeler ผลปรากฏว่าแบบจำลองที่ 15 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีมาตราส่วนเป็น 1 ต่อ 308
ถ่ายภาพที่ระยะห่าง 2.0 เมตร ในลักษณะที่แกนทัศนขณะถ่ายภาพทแยงเข้าหากัน มีค่าความละเอียดถูก
ต้องของการวัดอยู่ในระดับ 0.0261 , 0.0259 และ 0.0306 เมตร ในทิศทาง X , Y และ Z ตามลำดับ
จำนวนจุดควบคุมภาพถ่ายที่ใช้ในการประมวลผลแบบจำลองรถยนต์ตั้งแต่จำนวนอย่างน้อย 29 จุดควบคุม
เป็นจำนวนที่ให้ระดับความละเอียดถูกต้องของการวัดอยู่ในระดับ 0.0243 , 0.0235 และ 0.0272 เมตรใน
ทิศทาง X , Y และ Z ตามลำดับ ในส่วนรายละเอียดพื้นผิวของแบบจำลองรถยนต์ในแต่ละชิ้นส่วนอาศัย
การสร้างพื้นผิวแบบอัตโนมัติ ลดช่วงห่างของโครงข่ายจาก 30 เซนติเมตร ลดเหลือ 1 เซนติเมตร ทำให้ได้
รายละเอียดของชิ้นส่วนฝากระโปรงหน้าสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ความถูกต้องทางตำแหน่งเกิดจากควมมีคุณภาพของข้อมูลภาพถ่ายดิจิทัลและลักษณะเชิง
เรขาคณิตของลำแสงประกอบกัน รวมทั้งควมมีเสถียรภาพของกล้องถ่ายภาพดิจิทัลที่ระดับหนึ่ง การ
วัดแบบจำลองรถยนต์ด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัล โกดัก ดีเอ็กซ์ 3900 ขยาย สามารถใช้ในการวัดแบบ
จำลองรถยนต์ให้มีความถูกต้องระดับเซนติเมตร

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ
สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ
ปีการศึกษา 2545

ลายมือชื่อนิสิต 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

4270309821 : MAJOR SURVEY ENGINEERING

KEYWORD : CLOSE-RANGE PHOTOGRAMMETRY , CAR MODEL

MR. NARONG POONPOTMAS : ON THE OPTIMIZATION OF CAR MODEL USING
DIGITAL CAMERA. THESIS ADVISOR : ASST. PROF.PHISAN SANTITAMNONT, Dr.-Ing.,
146 pp. ISBN 974-17-9812-1

On this thesis, the digital camera Kodak DX3900 zoom with maximum frame size of 3 million pixel (2160 x 1440) and approximate focal length of 6.6 millimeter is used for car modeling. The configurations for set-up are vary by photograph scale at the distance of 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5 and 5 meter with 60% and 80% of photo overlapping including variation in parallel and convergent axis and number of photo control points The variations result 21 configurations. The coordinate of 3-D point from photogrammetric measurements on images are then compared with those measurements by the total station, which assumed to be more accurate up to millimeter. The fine structure of surface modeling is also done by measurement on a pair of photo projected by patterns which works well with image matching.

The 3-D measurement and modeling are processed by PhotoModeler, it shows that the model with photograph at 1:308 scale with distance of 2 m. with parallel axis yields accuracy 0.0261, 0.0259 and 0.0306 m. in X, Y and Z axis respectively. When number of control points in model processing is reduced to 29 points, it results the accuracy are 0.0243, 0.0235 and 0.0272 m. in X, Y and Z axis respectively. The surface detail of car model in each parts is then captured by using automatic surfacing method. On refined model the spacing of surface points is desified down to 1 centimeter compared with spacing on the model from bundle block adjustment with 30 centimeter spacing.

The positional accuracy is depend on the digital photograph resolution resulting from distance to the object and the bundle block geometry, including the stability of digital camera. The car modeling using digital camera Kodak DX3900 zoom should be possible in centimeter accuracy.

Department Survey Engineering
Field of study Survey Engineering
Academic Year 2002

Student's *Narong Poonpotmas*
Advisor's *Phisan Santitamnont*

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่งของ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความรู้ในงานด้านวิชาการและเทคโนโลยีใหม่ๆ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ข้อคิด คำแนะนำ และการแก้ไขโครงร่างงานวิจัย อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ดร. ไพศาล สันติธรรมนนท์ ซึ่งให้คำแนะนำและแนวทางในการทำงานวิจัย และเพื่อนร่วมรุ่น ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2542 ที่ให้กำลังใจในการดำเนินงานมาตลอด ทำนองนี้ขอแสดงความขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนในการรับรู้ปัญหาและช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา



ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ลำดับขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2 หลักการทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและเอกสาร	
2.1 การรังวัดแบบเล็งสกัด.....	7
2.2 แบบจำลองด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัล.....	9
2.3 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	16
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 การออกแบบจุดสัญญาณ.....	25
3.2 การวัดแบบจำลองด้วยกล้องประมวลผลรวม.....	27
3.3 การวัดแบบจำลองด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัล	33
4 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้	
4.1 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ของการวัดสอบกล้องถ่ายภาพ.....	56
4.2 การวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของแบบจำลองรถยนต์.....	67
4.3 การวิเคราะห์จำนวนจุดควบคุมภาพถ่าย	79

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.4 การวิเคราะห์พื้นที่ที่ครอบคลุมบนภาพถ่าย	83
4.5 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของการสร้างพื้นผิวแบบจำลอง.....	88
5 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	100
5.2 ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัย	102
5.3 ข้อเสนอแนะ	103
รายการอ้างอิง	104
ภาคผนวก	105
ภาคผนวก ก ...เพิ่มข้อมูลแบบจำลองรถยนต์ด้วยกล้องประมวลผลรวม	106
ภาคผนวก ข ...เพิ่มข้อมูลแบบจำลองรถยนต์ที่ 15 ด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัล.....	122
ภาคผนวก ค ...วิธีการสร้างแบบจำลองพื้นผิวด้วย PhotoModeler Pro4.0.....	135
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	146

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตารางแสดงค่าความละเอียดของกล้องประมวลผลรวมหน่วยเป็นฟิลิปดา	27
3.2 คุณสมบัติทั่วไปของกล้องประมวลผลรวม SOKKIA POWERSSET 2000	28
3.3 ตารางแสดงคุณสมบัติของกล้องถ่ายภาพดิจิทัล โกดัก ดีเอ็กซ์ 3900 ขยาย	34
3.4 ตารางแสดงค่าตัวแปรของกล้องถ่ายภาพดิจิทัล โกดัก ดีเอ็กซ์ 3900 ขยาย	35
3.5 องค์ประกอบภายในของกล้องถ่ายภาพดิจิทัล โกดัก ดีเอ็กซ์ 3900 ขยาย	36
3.6 ตารางแสดงตัวอย่างการคำนวณค่าขนาดของซีซีดี	37
3.7 ตารางแสดงตัวอย่างการคำนวณค่าระยะห่างระหว่างจุดถ่ายภาพที่มาตราส่วนต่างๆ	39
3.8 ตารางแสดงจำนวนภาพถ่ายในแต่ละแบบจำลอง	42
3.9 ตารางกำหนดสัญลักษณ์ของแบบจำลองภาพถ่าย	43
3.10 ตารางแสดงค่าระยะห่างระหว่างจุดตรวจสอบแบบจำลองพื้นผิวเป็นเซนติเมตร	52
4.1-4.4 ผลลัพธ์ของการวัดสอบกล้องถ่ายภาพดิจิทัล โกดัก ดีเอ็กซ์ 3900 ขยาย	57-60
4.5 ตารางแสดงข้อมูลทางสถิติของการวัดสอบกล้องถ่ายภาพดิจิทัล	66
4.6 ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของแบบจำลองรถยนต์ด้วยภาพถ่าย	67
4.7 ตารางแสดงค่าความละเอียดของการวัดแบบจำลองรถยนต์ด้วยภาพถ่ายพิจารณาความ- บิดเบี้ยวของเลนส์	70
4.8 ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของแบบจำลองรถยนต์ไม่พิจารณาความ- บิดเบี้ยวของเลนส์	73
4.9 ตารางแสดงค่าความละเอียดของแบบจำลองรถยนต์ด้วยภาพถ่ายไม่พิจารณาความ- บิดเบี้ยวของเลนส์	73
4.10 ค่าทางสถิติของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบจำลองรถยนต์ด้วยภาพถ่าย	78
4.11 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนในทิศทาง X	79
4.12 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนในทิศทาง Y	79
4.13 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนในทิศทาง Z	79
4.14 ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตามจำนวนจุดควบคุมของแบบจำลองที่ 15	80
4.15 ตารางแสดงค่าความละเอียดเฉลี่ยตามจำนวนจุดควบคุมของแบบจำลองที่ 15	83
4.16 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของร้อยละของพื้นที่รถยนต์ซึ่งปรากฏบนภาพถ่าย	84
4.17 ตารางแสดงผลลัพธ์ของค่าต่างทางระยะของแบบจำลองพื้นผิว	88
4.18 ตารางแสดงความต้องการของแบบจำลองพื้นผิวชิ้นส่วนรถยนต์	89

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.19 ตารางแสดงค่าจำนวนพื้นผิว	90
5.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบเวลาในการวัดแบบจำลองรถยนต์	102



ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปภาพที่	หน้า
2.1 เรขาคณิตของพิกัดทางราบโดยการเล็งสเกล	7
2.2 เรขาคณิตของพิกัดทางตั้งโดยการเล็งสเกล	9
2.3 หลักการฉายของภาพถ่าย	10
2.4 ลักษณะของการหมุนแกนพิกัด	10
2.5 สมการของการหมุนในระบบพิกัดสามมิติ	11
2.6 เงื่อนไขสภาวะร่วมเส้น	12
2.7 ระบบพิกัดฉากภาพถ่ายซึ่งถูกหมุนให้ขนานกับระบบพิกัดจริง	14
2.8 บล็อกลำแสงของภาพถ่ายทางอากาศ	15
2.9 บล็อกลำแสงของภาพถ่ายระยะใกล้	15
2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัญญาณและภาพของจุดสัญญาณ	17
2.11 แบบจำลองพื้นผิวรถยนต์ในลักษณะของ TIN	19
2.12 สนามทดสอบของการวิเคราะห์ความถูกต้องสำหรับการรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้	21
3.1 จุดสัญญาณภาพถ่ายที่ควรเป็น	25
3.2 สัญญาณที่ควรเป็นของการวัดด้วยกล้องประมวลผลรวม	26
3.3 จุดสัญญาณที่ใช้ในงานวิจัย	26
3.4 ความสัมพันธ์ของความละเอียดของค่ามุมกับความคลาดเคลื่อนตามระยะทาง	27
3.5 ภาพแสดงเส้นฐานและตำแหน่งของการวัดแบบจำลองรถยนต์ด้วยกล้องประมวลผลรวม	31
3.6 เพิ่มข้อความแสดงผลพัทธ์ของการวัดแบบจำลองรถยนต์โดยวิธีทางสำรวจ	32
3.7 เพิ่มข้อความซึ่งถูกแก้ไขสำหรับใช้ในการวัดแบบจำลองรถยนต์ด้วยกล้องดิจิทัล	32
3.8 ลักษณะทั่วไปของกล้องถ่ายภาพดิจิทัลโกดัก ดีเอ็กซ์ 3900 ขยาย	33
3.9 แผ่นวัดสอบกล้องถ่ายภาพสำหรับโปรแกรม Camera Calibrator 4.0	36
3.10 ลักษณะการถ่ายภาพที่มีแกนที่สัมพันธ์กัน	38
3.11 ลักษณะการถ่ายภาพที่มีแกนที่สัมพันธ์กัน	38
3.12 ข้อมูลภาพถ่ายระยะห่าง 2.0 เมตร แบบแกนที่สัมพันธ์กัน	40
3.13 กราฟแท่งแสดงจำนวนภาพถ่ายในแต่ละแบบจำลอง	43
3.14 ภาพแสดงตำแหน่งของจุดควบคุมของตัวถังรถยนต์ด้านขวา	44
3.15 ภาพแสดงตำแหน่งของจุดควบคุมของตัวถังรถยนต์ด้านซ้าย	44
3.16 ภาพแสดงตำแหน่งของจุดควบคุมของตัวถังรถยนต์ด้านหน้า	45
3.17 ภาพแสดงตำแหน่งของจุดควบคุมของตัวถังรถยนต์ด้านหลัง	45
3.18 การแสดงแบบจำลองรถยนต์จากภาพถ่ายดิจิทัลด้วยข้อมูลภาพ	46

สารบัญภาพ

รูปภาพที่	หน้า
3.19 การแสดงแบบจำลองรถยนต์จากภาพถ่ายดิจิทัลด้วยเพิ่มข้อความ	46
3.20 การแสดงตำแหน่งถ่ายภาพของแบบจำลองที่ 15 แกนทัศนัทเชิงเข้าหากัน (C d2.0)	47
3.21 การแสดงตำแหน่งถ่ายภาพของแบบจำลองที่ 1 แกนทัศนัทขนาน (P60d2.0)	47
3.22 การเพิ่มขึ้นของจุดรั้งวัดจากการฉายลดทอนลงบนพื้นผิว	48
3.23 โปรแกรม Pattern Generator ที่ใช้ในการฉายลดทอน	49
3.24 ภาพถ่ายของการสร้างพื้นผิวของชิ้นส่วนที่ 1 ด้วยการฉายลดทอน	50
3.25 ภาพถ่ายของการสร้างแบบจำลองพื้นผิวของชิ้นส่วนรถยนต์	51
3.26 ภาพแสดงการอ้างอิงจุดรั้งวัดร่วมบนภาพถ่ายด้วยวิธีอัตโนมัติ	52
3.27 ภาพแสดงตำแหน่งของจุดตรวจสอบแบบจำลองพื้นผิวด้วยการฉายลดทอน	53
3.28 แบบจำลองพื้นผิวจากการฉายลดทอน	54
3.29 แบบจำลองพื้นผิวของชิ้นส่วนฝากระโปรงหน้ารถยนต์	55
4.1 กราฟแสดงผลลัพธ์ของระยะโฟกัสจากการวัดสอบกล้องถ่ายภาพ	61
4.2 กราฟแสดงผลลัพธ์ของความเพี้ยนของเลนส์ K1 จากการวัดสอบกล้องถ่ายภาพ	62
4.3 กราฟแสดงผลลัพธ์ของความเพี้ยนของเลนส์ K2 จากการวัดสอบกล้องถ่ายภาพ	63
4.4 กราฟแสดงผลลัพธ์ของความเพี้ยนของเลนส์ P1 จากการวัดสอบกล้องถ่ายภาพ	64
4.5 กราฟแสดงผลลัพธ์ของความเพี้ยนของเลนส์ P2 จากการวัดสอบกล้องถ่ายภาพ	65
4.6 กราฟแท่งแสดงความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตามลักษณะของแกนทัศนัทพิจารณาความบิดเบี้ยว- ของเลนส์	68
4.7 กราฟแท่งแสดงความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่มาตราส่วนเดียวกันพิจารณาความบิดเบี้ยว- ของเลนส์	69
4.8 กราฟแท่งแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยของการวัดตามลักษณะของแกนทัศนัทพิจารณา- ค่าความบิดเบี้ยวของเลนส์	71
4.9 กราฟแท่งแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยของการวัดที่มาตราส่วนเดียวกันพิจารณา- ค่าความบิดเบี้ยวของเลนส์	72
4.10 กราฟแท่งแสดงความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตามลักษณะของแกนทัศนัทไม่พิจารณาความ- บิดเบี้ยวของเลนส์	74
4.11 กราฟแท่งแสดงความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่มาตราส่วนเดียวกันไม่พิจารณาความบิดเบี้ยว- ของเลนส์	75

สารบัญภาพ

รูปภาพที่	หน้า
4.12 กราฟแท่งแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยของการวัดตามลักษณะของแกนทัศน์ไม่พิจารณาค่าความบิดเบี้ยวของเลนส์	76
4.13 กราฟแท่งแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยของการวัดที่มาตราส่วนเดียวกันไม่พิจารณาค่าความบิดเบี้ยวของเลนส์	77
4.14 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตามจำนวนจุดควบคุมของแบบจำลองที่ 15	81
4.15 กราฟแสดงค่าความละเอียดเฉลี่ยตามจำนวนจุดควบคุมของแบบจำลองที่ 15	82
4.16-4.18 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของร้อยละของพื้นที่รอยนต์ซึ่งปรากฏบนภาพถ่าย	85-87
4.19-4.24 ภาพแสดงความคลาดเคลื่อนบนแบบจำลองพื้นผิวชิ้นส่วนที่ 1	91-94
4.25-4.28 ภาพแสดงความคลาดเคลื่อนบนแบบจำลองพื้นผิวชิ้นส่วนรอยนต์	95-98

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย