การวัดสอบกล้องถ่ายภาพดิจิทัล โกดัก ดีซี 240 ขยาย

นายกนกศักดิ์ ซื่อธานุวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-1625-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I20473667

CALIBRATION OF A DIGITAL CAMERA KODAK DC 240 Zoom

Mr. Kanoksak Suethanuwong

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 2001

ISBN 974-03-1625-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวัดสอบกล้องถ่ายภาพดิจิทัล โกดัก ดีซี 240 ขยาย
โดย	นายกนกศักดิ์ ซื่อธานุวงศ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมสำรวจ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. ไพศาล สันติธรรมนนท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. ไพศาล สันติธรรมนนท์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชัย เยี่ยงวีรชน)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์)

กนกศักดิ์ ซื่อธานุวงศ์ : การวัดสอบกล้องถ่ายภาพดิจิทัล โกดัก ดีซี 240 ขยาย.
(CALIBRATION OF A DIGITAL CAMERA KODAK DC 240 ZOOM)
อ. ที่ปรึกษา : ดร. ไพศาล สันติธรรมนนท์ , 113 หน้า. ISBN 974-03-1625-5.

การวัดสอบกล้องถ่ายภาพ เพื่อหาคุณลักษณะประจำกล้องถ่ายภาพ คือ องค์ประกอบการจัดภาพภายในพารามิเตอร์ประกอบด้วย ความยาวโฟกัส จุดมุขยสำคัญ และความผิดเพี้ยนของเลนส์ ในงานวิจัยใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัล โกดัก ดีซี 240 ขยาย ซึ่งเป็นกล้องถ่ายภาพแบบทั่วไป ที่ไม่ได้ออกแบบมาสำหรับงานรังวัดด้วยภาพถ่าย จึงต้องมีการวัดสอบหาค่าพารามิเตอร์ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากกล้องถ่ายภาพดิจิทัล ซึ่งเรียกว่า ข้อมูลภาพถ่ายเชิงเลข รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบจำลองต่างๆ 3 แบบจำลองได้แก่ รูปแบบจำลองที่ 1 มีค่าพารามิเตอร์เป็นค่าความยาวโฟกัส และรูปแบบจำลองที่ 2 เพิ่มพารามิเตอร์จุดมุขยสำคัญ และรูปแบบจำลองที่ 3 เพิ่มพารามิเตอร์ความผิดเพี้ยนของเลนส์

ผลจากการทำงานวิจัยสามารถคำนวณหาค่าองค์ประกอบการจัดภาพภายในของกล้องถ่ายภาพ ดิจิทัล โกดัก ดีซี 240 ขยาย ได้ ในสภาวะวัดสอบทันที่ที่เปิดกล้องถ่ายภาพ ค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ ขึ้นอยู่กับรูปแบบจำลอง ค่าความยาวโฟกัสอยู่ระหว่าง 6.161 ถึง 6.411 มิลลิเมตรในได้รูปแบบจำลองที่ 1 , 5.681 ถึง 6.182 มิลลิเมตรในได้รูปแบบจำลองที่ 2 และ 5.678 ถึง 6.167 มิลลิเมตรในได้รูปแบบจำลองที่ 3 ค่าจุดมุขยสำคัญ xo = -0.0943 ถึง -0.1190, yo = -0.5260 ถึง -0.1160 มิลลิเมตรในรูปแบบจำลองที่ 2 และ xo = -0.0667 ถึง 0.0185 , yo = -0.0429 ถึง 0.1090 มิลลิเมตรในรูปแบบจำลองที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ความเพี้ยนเลนส์ตามแนวรัศมี k1 อยู่ในช่วง 10^{-3} และ k2 อยู่ในช่วง 10^{-8} ซึ่งมีความแปรปรวนมาก และค่าพารามิเตอร์ความเพี้ยนเลนส์ตามแนวเส้นตั้งฉาก p1 , p2 มีค่าแปรปรานมาก

การตรวจสอบการคำนวณหาผลลัพธ์ขององค์ประกอบการจัดภาพภายใน เป็นการนำค่าองค์ประกอบการจัดภาพภายในที่คำนวณได้ มาคำนวณหาค่าพิกัดอื่นๆ บนสนามวัดสอบ เปรียบเทียบกับ ค่าพิกัดวัดบนสนามวัดสอบ ผลการตรวจสอบค่าพิกัด เศษเหลือสูงสุด 1.02 มิลลิเมตรส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ±0.233 มิลลิเมตรในมาตราส่วนภาพถ่าย 1:50 ถ่ายภาพที่ระยะ 0.30 เมตร เศษเหลือสูงสุด 0.77 มิลลิเมตรส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ±2.877 มิลลิเมตรในมาตราส่วนภาพถ่าย 1:100 ถ่ายภาพที่ระยะ 0.60 เมตรและเศษเหลือสูงสุด 4.30 มิลลิเมตรส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ±7.573 มิลลิเมตรในมาตราส่วนภาพถ่าย 1:300 ถ่ายภาพที่ระยะ 1.80 เมตร

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2544

4170203821 : MAJOR SURVEY ENGINEERING
KEYWORD : CALIBRATION / CAMERA / FOCAL LENGTH / LENS DISTORTION
MR. KANOKSAK SUETHANUWONG : CALIBRATION OF A DIGITAL CAMERA KODAK DC 240 ZOOM. THESIS ADVISOR : DR. PHISAN SANTITAMNONT .
113 PP. ISBN 974-03-1625-5

Camera calibration is a procedure to find characteristic of camera especially its interior orientation, namely the focal length, shift of principle points and parameters for len distortion . A digital camera model DC 240 zoom was generally used in hobby which is not suitable for measurement purpose. Measurement is done directly on digital image resulting from digital camera. Three mathematic models, for interior orientation are set up : model 1 with focal length , model 2 in addition with principle point shift , model 3 in addition with lens distortion parameters

The test was done at initial condition of the camera , the result for interior orientation of the digital camera Kodak dc 240 zoom is depending on the mathematic model following focal length varing from 6.161 to 6.411 millimeter in model 1 , from 5.681 to 6.182 millimeter in model 2 and from 5.678 to 6.167 millimeter in model 3. The principal point shift , xo varies from -0.0943 to -0.1190 millimeter, yo varies from -0.5260 to -0.1160 millimeter in model 2 and xo varies from -0.0667 to 0.0185 , yo varies from -0.0429 to 0.1090 millimeter in model 3. The parameters of radial lens distortion k1 has value in the order of 10^{-3} and k2 in the order of 10^{-8} , the other tangential lens distortion, p1 and p2 parameter are vary for model to model

Finally , the interior orientation are checked by calculate from photo coordinate to field plate coordinate .The maximum residual are 1.02 millimeter with standard deviation 0.233 millimeter on 1:50 photograph which is a distance of 0.30 meter , 0.77 millimeter with standard deviation 2.877 millimeter on 1:100 photograph which is a distance of 0.60 meter , and 4.3 millimeter with standard deviation 7.573 millimeter on 1:300 photograph which is a distance of 1.80 meter.

Department Survey Engineering
Field of study Survey Engineering
Academic Year 2001

Student's signature .....
Advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่งของ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความรู้ในงานด้านวิชาการและเทคโนโลยีใหม่ๆ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ข้อคิด คำแนะนำ และการแก้ไขโครงร่างงานวิจัย อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ไพศาล สันติธรรมนนท์ ซึ่งให้คำแนะนำและแนวทางในการทำงานวิจัย คณาจารย์แผนกวิชาช่างสำรวจ คณะช่างโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ และเพื่อนรวมรุ่นภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2541 ที่ให้กำลังใจในการดำเนินงานมาตลอด เนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้ บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ถ้าต้องการติดต่อได้ที่ s-kanok@rit.ac.th หรือ kanok34@hotmail.com ยินดีเสมอ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

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 คำนำ 6

2.2 หลักการและทฤษฎีขององค์ประกอบการจัดภาพถ่าย 7

2.3 หลักการและทฤษฎีของการปรับแก้ลีสท์สแควร์ 13

2.4 การคำนวณหาค่าองค์ประกอบการจัดภาพ 16

2.5 การคำนวณวัตถุจากองค์ประกอบภาพถ่ายที่คำนวณได้ 18

2.6 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 20

3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 คำนำ 22

3.2 สนามทดสอบ 23

3.3 กล้องถ่ายภาพดิจิทัล 26

3.4 การเขียนการคำนวณหาองค์ประกอบการจัดภาพ 30

3.5 ผลการคำนวณหาองค์ประกอบการจัดภาพ 34

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
4	การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้	
	4.1 คำนำ	59
	4.2 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ค่าความยาวโฟคัส	60
	4.3 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ค่าจุดมุขยสำคัญ	61
	4.4 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ค่าความผิดเพี้ยนของเลนส์	61
	4.5 การตรวจสอบค่าพิกัด	77
5	สรุปผลการดำเนินงานวิจัย และข้อเสนอแนะ	
	5.1 คำนำ	84
	5.2 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	85
	5.3 ข้อแนะนำในการดำเนินงานวิจัย	86
	5.4 ข้อเสนอแนะ	87
รายการอ้างอิง		88
ภาคผนวก		89
	ภาคผนวก ก ...การเขียนการการคำนวณบนโปรแกรม Mathematica4.0	90
	ภาคผนวก ข ...การเขียนการการตรวจสอบบนโปรแกรม Mathematica4.0 ...	99
	ภาคผนวก ค ...การเขียนภาพแสดงเศษเหลือบนโปรแกรม Mathematica4.0...	112
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....		113

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	จุดควบคุมภาพถ่ายของสนามวัดสอบแบบตารางกริดสี่เหลี่ยมไม่มีความสูง	25
3.2	จุดควบคุมภาพถ่ายของสนามวัดสอบแบบตารางกริดสี่เหลี่ยมมีความสูง	25
3.3	จุดควบคุมภาพถ่ายของสนามวัดสอบแบบตารางกริดสามเหลี่ยม A4	25
3.4	ค่าประมาณเบื้องต้นขององค์ประกอบการจัดภาพของแบบที่ 1	29
3.5	ค่าประมาณเบื้องต้นขององค์ประกอบการจัดภาพของแบบที่ 2	29
3.6	การเตรียมข้อมูลสำหรับการหาองค์ประกอบบนโปรแกรม Notepad	31
3.7	องค์ประกอบการจัดภาพเบื้องต้น แบบตารางกริดสี่เหลี่ยมไม่มีความสูง	34
3.8-3.13	ผลการคำนวณหาองค์ประกอบแบบตารางกริดสี่เหลี่ยมไม่มีความสูง	36-38
3.14	องค์ประกอบการจัดภาพเบื้องต้น แบบตารางกริดสี่เหลี่ยมมีความสูง	39
3.15-3.20	ผลการคำนวณหาองค์ประกอบแบบตารางกริดสี่เหลี่ยมมีความสูง	41-43
3.21	องค์ประกอบการจัดภาพเบื้องต้น แบบตารางกริดสามเหลี่ยม มาตราส่วน 1:50	44
3.22-3.27	ผลการคำนวณองค์ประกอบมาตราส่วนภาพถ่าย 1:50	46-48
3.28	องค์ประกอบการจัดภาพเบื้องต้น แบบตารางกริดสามเหลี่ยม มาตราส่วน 1:100	49
3.29-3.34	ผลการคำนวณองค์ประกอบมาตราส่วนภาพถ่าย 1:100	50-53
3.35	องค์ประกอบการจัดภาพเบื้องต้น แบบตารางกริดสามเหลี่ยม มาตราส่วน 1:300	54
3.36-3.41	ผลการคำนวณองค์ประกอบมาตราส่วนภาพถ่าย 1:300	55-58
4.1	ผลลัพธ์ค่าความยาวโฟคัส	59
4.2	ผลลัพธ์ค่าจุดมุขยสำคัญ	60
4.3	ผลลัพธ์ค่าตัวแปรความผิดเพี้ยนเลนส์	61
4.4	การคำนวณความเพี้ยนเลนส์แบบตารางกริดสี่เหลี่ยมไม่มีความสูง	62
4.5	การคำนวณความเพี้ยนเลนส์แบบตารางกริดสี่เหลี่ยมมีความสูง	65
4.6	การคำนวณความเพี้ยนของเลนส์ มาตราส่วนภาพถ่าย 1:50	68
4.7	การคำนวณความผิดเพี้ยนของเลนส์ มาตราส่วนภาพถ่าย 1:100	71
4.8	การคำนวณความผิดเพี้ยนของเลนส์ มาตราส่วนภาพถ่าย 1:300	74
4.9	เศษเหลือค่าพิกัดของตารางกริดสี่เหลี่ยมไม่มีความสูง	78
4.10	เศษเหลือค่าพิกัดของตารางกริดสี่เหลี่ยมมีความสูง	79
4.11	เศษเหลือค่าพิกัดของตารางกริดสามเหลี่ยม มาตราส่วนภาพถ่าย 1:50	81
4.12	เศษเหลือค่าพิกัดของตารางกริดสามเหลี่ยม มาตราส่วนภาพถ่าย 1:100	82
4.13	เศษเหลือค่าพิกัดของตารางกริดสามเหลี่ยม มาตราส่วนภาพถ่าย 1:300	83

สารบัญภาพ

รูปภาพที่		หน้า
1.1	ลำดับขั้นตอนการทำงานวิจัย	5
2.1	ลักษณะของระบบการฉายภาพ และภาพถ่าย	7
2.2	ภาพถ่ายดิจิทัลและการแปลงค่าพิกัดภาพถ่าย	7
2.3	การหมุนระบบพิกัดฉากสามมิติ	8
2.4	สมการการหมุนในระบบพิกัดฉากสามมิติ	8
2.5	ความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดภาพถ่าย และพิกัดวัตถุของภาพถ่ายเดียว	9
2.6	ความสัมพันธ์ภาพคู่สามมิติกับวัตถุและวิธีการถ่ายภาพ	10
2.7	ลักษณะความผิดเพี้ยนของเลนส์	11
2.8	ลำดับขั้นตอนหลักการและทฤษฎีการวิจัย	19
3.1	สนามวัดสอบแบบตารางกริดสี่เหลี่ยม ขนาด 40x40 เซนติเมตร	23
3.2	สนามวัดสอบแบบตารางกริดสามเหลี่ยม ขนาด A4	23
3.3	จุดให้สัญญาณสำหรับวัดค่าพิกัดภาพถ่าย	24
3.4	การติดตั้งสนามวัดสอบ	24
3.5	กล้องถ่ายภาพดิจิทัลโกดัก ดีซี 240 ขยาย สำหรับทำงานวิจัย	26
3.6	ระบบการทำงานของกล้องดิจิทัล	26
3.7	การคำนวณมาตราส่วนภาพถ่าย	27
3.8	วิธีการถ่ายภาพบนสนามวัดสอบ	28
3.9	การตั้งสนามวัดสอบและแกนพิกัดอ้างอิง	28
4.1	ผลลัพธ์ค่าความยาวโฟคัส	60
4.2	ผลลัพธ์ค่าจุดมุขยสำคัญ	61
4.3-4.4	โค้งความเพี้ยนของเลนส์แบบตารางกริดสี่เหลี่ยมไม่มีความสูง	63-64
4.5-4.6	โค้งความเพี้ยนของเลนส์แบบตารางกริดสี่เหลี่ยมมีความสูง	66-67
4.7-4.8	โค้งความเพี้ยนของเลนส์ มาตราส่วนภาพถ่าย 1:50	69-70
4.9-4.10	โค้งความเพี้ยนของเลนส์ มาตราส่วนภาพถ่าย 1:100	72-73
4.11-4.12	โค้งความเพี้ยนของเลนส์ มาตราส่วนภาพถ่าย 1:300	75-76
4.13-4.15	เศษเหลือค่าพิกัดบนสนามวัดสอบแบบตารางกริดสามเหลี่ยมไม่มีความสูง	77
4.16-4.18	เศษเหลือค่าพิกัดบนสนามวัดสอบแบบตารางกริดสามเหลี่ยมมีความสูง	78
4.19-4.21	เศษเหลือค่าพิกัดบนสนามวัดสอบแบบตารางกริดสี่เหลี่ยม 1:50	80
4.22-4.24	เศษเหลือค่าพิกัดบนสนามวัดสอบแบบตารางกริดสี่เหลี่ยม 1:100	81
4.25-4.27	เศษเหลือค่าพิกัดบนสนามวัดสอบแบบตารางกริดสี่เหลี่ยม 1:300	82