

การปรับแก้โครงข่ายระดับของประเทศไทยพร้อมกันทั้งโครง
ด้วยวิธีการของสี่เหลี่ยม



ร้อยเอกภูษงค์ วงษ์เกิด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2525

ISBN 974-561-011-9

007382

I168๑4974

SIMULTANEOUS LEAST SQUARES ADJUSTMENT OF VERTICAL CONTROL

NETWORK OF THAILAND

Captain Phuchong Wongkoet

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineer

Department of Survey Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1982

ISBN 974-561-011-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับแก้โครงข่ายระดับของประเทศไทย พร้อมกันทั้งโครง
 ด้วยวิธีการของลีสท์สแควร์
 โดย ร้อยเอกภูงศค์ วงษ์เกิด
 ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ
 อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. วิชา จิวาลัย
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม พันโทสนอง มิ่งสมร



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
 ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....
 (รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ นุนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
 (ศาสตราจารย์ สมหวัง ตัณฑลักษณ์)

.....
 (รองศาสตราจารย์ ดร.วิชา จิวาลัย)

.....
 (พันโทสนอง มิ่งสมร)

.....
 (นายสุทธิพงศ์ วิญญูประดิษฐ์)

.....
 (อาจารย์ สวัสดิ์ชัย เกரியงไกรเพชร)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับแก้โครงข่ายระดับของประเทศไทย พร้อมกันทั้งโครง ข่ายวิธีการของลีสท์แควร์
ชื่อผู้ผลิต	ร้อยเอกภูษงค์ วงษ์เกิด
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.วิชา จิวาลัย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	พันโทสนอง มิ่งสมร
ภาควิชา	วิศวกรรมสำรวจ
ปีการศึกษา	๒๕๒๔

บทคัดย่อ



การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะทำการปรับแก้โครงข่ายระดับชั้นหนึ่งทั่วประเทศ พร้อมกันทั้งโครงข่าย โดยวิธีการลีสท์แควร์แบบสมการค่าสังเกต ใช้ข้อมูลงานระดับตั้งแต่ปีพ.ศ.๒๕๕๕ จนถึงปัจจุบัน แต่เนื่องจากสภาพทางเรขาคณิตของโครงข่ายระดับ การปรับแก้จึงได้กระทำแยกจากกันระหว่างโครงข่ายระดับตอนเหนือเกาะหลักส่วนหนึ่ง และโครงข่ายระดับตอนใต้เกาะหลักอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งโครงข่ายตอนเหนือประกอบด้วยจำนวนค่าสังเกตเท่ากับ ๑๑๔ และจำนวนพารามิเตอร์เท่ากับ ๗๗ ในการวิจัยนี้พบว่าเส้นระดับบางเส้นอาจจะมีค่าผิดพลาด และ/หรือมุมระดับบางมุมเกิดการเปลี่ยนแปลง ภายหลังจากกำจัดค่าผิดพลาดเหล่านั้นออกหมดแล้ว ค่าระดับที่ได้จากการปรับแก้มีความน่าเชื่อถือในเชิงสถิติสำหรับโครงข่ายระดับตอนใต้เกาะหลักประกอบด้วยจำนวนสมการค่าสังเกตเท่ากับ ๒๕ และจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าเท่ากับ ๑๘ เป็นโครงข่ายระดับที่ขาดความแข็งแรงในเชิงเรขาคณิต และยังมีค่าคลาดบรรจบค่อนข้างใหญ่ ทำให้ผลการปรับแก้มีความถูกต้องต่ำกว่าเกณฑ์ที่ควรจะเป็น เพื่อให้โครงข่ายระดับมีความแข็งแรงในเชิงเรขาคณิตมากขึ้น ได้มีข้อเสนอแนะในการทำระดับใหม่เพิ่มเติมอีกด้วย

Thesis Title Simultaneous Least Squares Adjustment of
Vertical Control Network of Thailand
Name Capt. Phuchong Wongkoet
Thesis Advisor Associate Professor Wicha Jiwalai, Ph.D.
Thesis Co-Advisor Lt.Col. Sanong Mingsamon
Department Survey Engineering
Academic Year 1981

ABSTRACT

The purpose of this research is to simultaneously adjust the first-order leveling network of Thailand by a least squares technique using observation equations. Available data dated back to 1912 were included. However, due to the existing geometry of the leveling net, the northern and southern parts with reference to datum at Koh-Lak were adjusted independently. For the northern net, the system involved 119 equations with 77 unknowns. It was found that blunders and/or bench mark settlement were presented. After rejection of those, the adjusted elevations seem to be statistically reliable. The southern part involved 25 observation equations with 18 unknown parameters. The net is extremely weak geometrically. Misclosures are rather large which leads to poor adjustment result. Recommendations to strengthen the network and some precaution measures are given.

กิติกรรมประกาศ



การเขียนวิทยานิพนธ์เรื่อง "การปรับแก้โครงข่ายระดับของประเทศไทยพร้อมกันทั้งโครงข่ายโดยวิธีการของลีสท์สแควร์" ผู้เขียนสามารถดำเนินงานไปได้ด้วยความเรียบร้อยประสบผลสำเร็จด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร. วิชา จิวาลัย อาจารย์ที่ปรึกษา และควบคุมการวิจัยที่ได้ให้คำปรึกษาชี้แจงและแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ศาสตราจารย์ สมหวัง ตัณฑลักษณ์ และ อาจารย์ สวัสดิ์ชัย เกரியงไกรเพชร ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษา แนะนำเกี่ยวกับการใช้ภาษาในการเขียนวิทยานิพนธ์ รวมทั้ง อาจารย์ พันโทสนอง มิ่งสมร ที่ได้ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับวิธีรวบรวมข้อมูลงานระดับชั้นหนึ่งและอื่น ๆ ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์ที่กล่าวมาแล้วเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

นอกจากนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณ กรมการศึกษาดูงาน กองบัญชาการทหารสูงสุด ที่กรุณาให้ทุนการศึกษาเป็นระยะเวลา 2 ปี และบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้ทุนการวิจัย ตลอดจนทุกท่านที่มีส่วนร่วมทำให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์เป็นรูปเล่มด้วยดี

ร้อยเอกภูษงค์ วงษ์เกิด

สารบัญ



หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
รายการตารางประกอบ	ญ
รายการรูปประกอบ	ฉ
รายการสัญลักษณ์และความหมาย	ท

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย	2
1.3 แนวเหตุผลและทฤษฎีที่สำคัญหรือสมมุติฐาน	3
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	5
2. โครงข่ายระดับชั้นหนึ่ง	7
2.1 คำนำ	7
2.2 พื้นฐานระดับ	8
2.3 การวัดค่าต่างระดับ	8
2.4 เกณฑ์งานระดับ	10
2.5 เครื่องมือระดับ	13
2.6 การปฏิบัติงานระดับ	14
2.7 สาเหตุของความคลาดเคลื่อน	16

สารบัญ (ต่อ)



บทที่

ช
หน้า

2.8	หมวดหลักฐานระดับ	17
2.9	การบรรจบงานระดับ	18
2.10	ลักษณะข้อมูลในการปรับแก้โครงข่ายระดับ	19
3.	ทฤษฎีการปรับแก้โครงข่ายระดับด้วยลีสท์สแควร์	21
3.1	กล่าววนำ	21
3.2	หลักการของลีสท์สแควร์	22
3.3	เทคนิคของลีสท์สแควร์	23
3.4	วิธีปรับแก้โครงข่ายระดับด้วยลีสท์สแควร์	24
3.4.1	การปรับแก้โครงข่ายระดับด้วยวิธีสมการค่าสังเกต	25
3.4.2	การปรับแก้โครงข่ายระดับด้วยวิธีสมการเงื่อนไข	26
3.5	การเลือกวิธีปรับแก้โครงข่ายระดับ	27
4.	การคำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับ	29
4.1	กล่าววนำ	29
4.2	เมทริกซ์น้ำหนักของค่าสังเกต	29
4.3	สมการปกติ (Normal equations)	31
4.3.1	การจัดเมทริกซ์สัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์	32
4.3.2	การจัดเวกเตอร์ L	32
4.4	ขั้นตอนการคำนวณปรับแก้	33
4.5	การตรวจสอบ gross errors เบื้องต้น	38
4.6	การปรับแก้เบื้องต้นเพื่อวิเคราะห์หา gross errors	39
4.6.1	วิธีตรวจสอบ gross errors จากการคำนวณปรับแก้ ...	40
4.6.2	การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยกฎของการแพร่	42

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.7 วิเคราะห์ผลของค่าสังเกตที่มี gross errors	47
4.8 คำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับชั้นหนึ่งพร้อมกัน	47
4.8.1 คำนวณค่าตรวจแก้ออร์ธอเมตริก	48
4.8.2 คำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับตอนเหนือของเกาะหลัก	49
4.8.3 คำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับตอนใต้ของเกาะหลัก	50
5. การวิเคราะห์ทางสถิติหลังการปรับแก้	51
5.1 กล่าวนำ	51
5.2 การทดสอบค่าความแปรปรวน	52
5.3 ความละเอียดของผลลัพธ์	56
6. วิพากษ์ สรุปและข้อเสนอแนะ	59
6.1 วิพากษ์ผลการปรับแก้โครงข่ายระดับ	59
6.1.1 โครงข่ายระดับตอนเหนือเกาะหลัก	59
6.1.2 โครงข่ายระดับตอนใต้เกาะหลัก	62
6.2 สรุปการวิเคราะห์	63
6.3 ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงโครงข่ายระดับในอนาคต	63
6.4 ประโยชน์ในทางประยุกต์ของผลวิจัยที่ได้	65
เอกสารอ้างอิง	67
ภาคผนวก	
ก. ระดับน้ำทะเลปานกลาง	70
ก.1 กล่าวนำ	70
ก.2 การวัดระดับน้ำในยุคนั้น	71
ก.3 การวัดระดับน้ำในยุคปัจจุบัน	72



สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก	หน้า
ข. ความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง	74
ข.1 คำนำ	74
ข.2 Geopotential Number	74
ข.3 ความสูงออร์ธอเมตริก	75
ข.4 ค่าตรวจแก้ออร์ธอเมตริก	75
ค. การเปรียบเทียบค่าตรวจแก้ออร์ธอเมตริก	78
ง. การพิสูจน์สูตรการปรับแก้ด้วยลิสท์สแควร์	82
ง.1 คำนำ	82
ง.2 วิธีสมการค่าสังเกต	82
ง.3 วิธีสมการเงื่อนไข	85
จ. ลักษณะหมวดหลักฐาน	88
ฉ. ประวัติงานระดับชั้นหนึ่ง	97
ช. ข้อมูลทางตัวเลขของงานวิจัยและรูปโครงข่ายระดับ	108
ประวัติ	149

รายการตารางประกอบ



ญ

ตารางที่

หน้า

2.1	เกณฑ์งานระดับของ F.G.C.C. (1974)	12
3.1	การปรับแก้ด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสจากแบบจำลองเชิงคณิตที่ต่างกัน ..	28
4.1	แสดงรายละเอียดการปรับแก้โครงข่ายระดับเบื้องต้นตาม ภูมิภาค	41
4.2	การวิเคราะห์ค่าสังเกตที่มี gross errors	46
5.1	ผลการทดสอบทางสถิติของค่า σ_o^2 เทียบกับ σ_o^2	53
5.2	ค่าวิกฤตของไคสแคว	54
ค.1	การคำนวณเปรียบเทียบค่าตรวจแก้ออร์ธومتริก	79
ค.2	แสดงรายละเอียดค่า g จากสระบุรีถึงนครราชสีมา	80
ค.3	แสดงรายละเอียดค่า g จาก อ. ฮอดถึงแม่ฮ่องสอน	81
ช.1-1	แสดงค่าคลาดบรรจบของโครงข่ายระดับภาคกลาง	109
ช.1-2	แสดงค่าคลาดบรรจบของโครงข่ายระดับภาคเหนือ	112
ช.1-3	แสดงค่าคลาดบรรจบของโครงข่ายระดับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	116
ช.1-4	แสดงค่าคลาดบรรจบของโครงข่ายระดับภาคใต้	119
ช.2-1	ข้อมูลสำหรับการคำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับภาคกลาง ...	120
ช.2-2	ข้อมูลสำหรับการคำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับภาคเหนือ ...	122
ช.2-3	ข้อมูลสำหรับการคำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	124
ช.3	คำนวณค่าตรวจแก้ออร์ธومتริก	126



รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่

หน้า

ช.4-1	ข้อมูลการปรับแก้โครงข่ายระดับตอนเหนือของเกาะหลัก ..	130
ช.4-2	ข้อมูลการปรับแก้โครงข่ายระดับตอนใต้ของเกาะหลัก	134
ช.5-1	ผลลัพธ์ของการปรับแก้โครงข่ายระดับตอนเหนือของเกาะหลัก	135
ช.5-2	ผลลัพธ์ของการปรับแก้โครงข่ายระดับตอนใต้ของเกาะหลัก .	139



รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
1.1	6
2.1ก	8
2.1ข	9
2.2	13
5.1	58
ก.1	72
ข.1	74
ข.2	75
จ.1	94
จ.2	94
จ.3	95
จ.4	95
จ.5	96
ช.1	141
ช.2	142
ช.3	142
ช.4	142
ช.5	143
ช.6	144

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ช.7	ขนาดเศษคงเหลือของค่าสังเกตุ	145
ช.8	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าระดับสูง	146
ช.9	เวกเตอร์ความต่างของค่าระดับใหม่เทียบกับค่าระดับเดิม	147
ช.10	แผนที่แสดงผลงานวัดค่าแรงอุตสาหกรรม	148

รายการสัญลักษณ์และความหมาย

สัญลักษณ์	ความหมาย
n_0	จำนวนน้อยสุดของตัวแปรอิสระที่จะพรรณนาแบบจำลอง
n	จำนวนค่าสังเกต (observations)
r	Redundancy หรือลำดับชั้นของความเป็นอิสระ (degree of freedom)
u	จำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า
c	จำนวนสมการเงื่อนไข
X_0	เวกเตอร์ค่าประมาณของพารามิเตอร์จากการคำนวณโดยประมาณ (preliminary computation) หรือด้วยวิธีอื่นก่อนการปรับแก้
X_a	เวกเตอร์ค่าปรับแก้ (Adjusted values) ของพารามิเตอร์ ภายหลังการปรับแก้
$X = X_a - X_0$	ค่าตรวจแก้ (correction) สำหรับปรับแก้ค่าประมาณของพารามิเตอร์ เป็นค่าที่คำนวณได้จากการปรับแก้
L_b	เวกเตอร์ของค่าสังเกตที่กำหนดให้
V	เวกเตอร์ของเศษคงเหลือ (residuals) หรือค่าตรวจแก้ (corrections)
$L_a = L_b + V$	เวกเตอร์ค่าปรับแก้ (Adjusted values) ของค่าสังเกตภายหลังการปรับแก้
$L = L_0 - L_b$	เมื่อ $L_0 = F(X_0)$
P	แมทริกซ์น้ำหนักของค่าสังเกต ซึ่งเป็นส่วนกลับของโคแฟกเตอร์แมทริกซ์ (Q_{Lb}^{-1})

สัญลักษณ์	ความหมาย
$F(X_a)$	ฟังก์ชันของ X_a
$F(L_a, X_a)$	ฟังก์ชันของ L_a, X_a
B	สัมประสิทธิ์เมทริกซ์ของค่าสังเกต = $\frac{\partial F}{\partial L_a} \Big _{L_b, X_0}$
A	สัมประสิทธิ์เมทริกซ์ของพารามิเตอร์ = $\frac{\partial F}{\partial X_a} \Big _{L_b, X_0}$
W	เวกเตอร์ของค่าคลาดบรรจบ (misclosure) = $F(L_b, X_0)$
K	เวกเตอร์ของ LAGRANGE multipliers
σ_0^2	A priori variance of unit weight
$\hat{\sigma}_0^2$	A posteriori variance of unit weight
$\hat{\sigma}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานภาคคะเนของปริมาณใด ๆ (Estimated standard deviation of quantities)
α	ระดับนัยสำคัญ (Significance level)
Σ_{Xa}	เมทริกซ์ของความแปรปรวนของพารามิเตอร์ที่ปรับแก้แล้ว (Variance-Covariance matrix of parameters)
Σ_{La}	เมทริกซ์ของความแปรปรวนของค่าสังเกตที่ปรับแก้แล้ว (Variance-Covariance matrix of observations)
W	Level Surface หรือ Equipotential Surface
W_p	Level Surface ที่ผ่านจุด P
ΔW	Potential difference
g	Gravity
H	ความสูงออร์ธอเมตริก (Orthometric height)