

การปรับแก้โครงข่ายสามเหลี่ยมอิสระโดยใช้เทคนิคของซูโดอินเวอร์ส

นายวิวัฒน์ ทวนพรมราช



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2528

ISBN 974-564-360-2

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN ADJUSTMENT OF FREE TRIANGULATION NETWORK
BY PSEUDO INVERSE TECHNIQUE

Mr. Wattana Tounprommarat




A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Survey Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

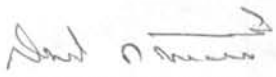
1985


หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับแก้โครงข่ายสามเหลี่ยมอิสระโดยใช้เทคนิคของซูโดอินเวอร์ส
โดย นายวิณะ ทวนพรมราช
ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. วิชา จิวาลัย


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

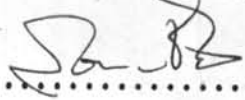
.....  คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประสิทธิ์ มุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ สมหวัง ตัญถัทธณ์)

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

.....  กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยศ (ลักษณะพิเศษ))

.....  กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สวัสดิ์ชัย เกரியงไกรเพชร)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับแก้โครงข่ายสามเหลี่ยมอิสระโดยใช้เทคนิคของซูโดอินเวอร์ส
ชื่อนิสิต	นายวิวัฒน์ ทวนพรมราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. วิชา จิวาลัย
ภาควิชา	วิศวกรรมสำรวจ
ปีการศึกษา	2527

บทคัดย่อ

โครงข่ายสามเหลี่ยมอิสระ เป็นโครงข่ายที่ขาดความสมบูรณ์ในข้อมูลการวัด การปรับแก้โดยวิธีการทั่วไปไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากระบบสมการปกคิอยู่ในภาวะการที่เป็นซิงกูลาร์ เว้นแต่จะต้องปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้เหมาะสมกับสภาพของข้อมูลที่มีอยู่ วิธีการแก้ปัญหาที่กล่าวนี้วิธีหนึ่งคือ การนำเอาเทคนิคของซูโดอินเวอร์สมาใช้ในการหาค่าตอบจากการปรับแก้ด้วยลีสท์สแควร์

การวิจัย เป็นการปรับแก้โครงข่ายสามเหลี่ยมของสถานีการวัด 10 สถานี ในรูปโครงข่ายแบบ Central Net with Quadrilaterals ซึ่งแยกลักษณะการปรับแก้เป็น 5 กรณี โดยใช้วิธีสมการค่าสังเกตและวิธีสมการค่าสังเกตผสม เงื่อนไขบังคับ

ผลการวิจัยพบว่า เทคนิคของซูโดอินเวอร์สสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้คล่องตัวกับภาวะการที่เป็นซิงกูลาร์ การปรับแก้โดยใช้เงื่อนไขบังคับ สามารถปรับแก้และวิเคราะห์ผลได้ตามขั้นตอนในลักษณะเดียวกับวิธีการปรับแก้โดยทั่วไป ดังนั้นเทคนิคดังกล่าวจะเป็นทางเลือกวิธีหนึ่งและมีประโยชน์อย่างมากในทางปฏิบัติในหลาย ๆ กรณี ประโยชน์หลักสองรูปแบบที่ควรจะนำไปประยุกต์ใช้ได้แก่ ก) กรณีต่าง ๆ ที่ไม่ต้องการทำให้โครงข่ายเกิดการบิดตัว เนื่องจากอิทธิพลข้อมูลภายนอก และ ข) กรณีต่าง ๆ ที่การดึงข้อมูลการรังวัดบางค่าออกก่อให้เกิดภาวะการที่เป็นซิงกูลาร์คือระบบสมการปกคิ

of net due to external influences is required in the adjustment, and
b) cases when rejection of some observations would cause singularity
in the system.

กิติกรรมประกาศ

การเขียนวิทยานิพนธ์เรื่อง "การปรับแก้โครงข่ายสามเหลี่ยมอิสระโดยใช้เทคนิคของซูโคอินเวอร์ส" ผู้เขียนสามารถดำเนินงานไปได้ด้วยความเรียบร้อยประสบผลสำเร็จด้วยดี ทั้งนี้ โดยได้รับความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร. วิชา จิวาลัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และควบคุมการวิจัย ที่ได้ให้คำปรึกษาชี้แจง แนะนำแนวทางการแก้ปัญหาและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ, ศาสตราจารย์ สมหวัง ดัฒนลักษณ์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยศ ลักษณะโกเศศ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สวัสดิ์ชัย เกரியโกรเพชร ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษาและความรู้เพิ่มเติม ตลอดจนคำแนะนำแนวทางการเขียนและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้จนบรรลุเป้าหมาย อีกทั้งคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจทุกท่านที่ได้ให้การสนับสนุนด้วยดีตลอดมา ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์ที่กล่าวแล้ว เป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

นอกจากนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณ วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา ที่ได้ให้การสนับสนุนในการศึกษาต่อในครั้งนี้ ตลอดจนทุกท่านที่มีส่วนร่วมทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จสมบูรณ์เป็นรูปเล่มด้วยดี

นายวัลณะ ทวนพรมราช

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ซ
รายการสัญลักษณ์และความหมาย	ท

บทที่

1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย	2
	1.2.1 วัตถุประสงค์	2
	1.2.2 ขอบเขต	2
	1.3 แนวเหตุผลและทฤษฎีที่สำคัญหรือสมมุติฐาน	2
	1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย	3
	1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	5
2	ลักษณะข้อมูลและกรณีของการปรับแก้	7
	2.1 รูปร่างของโครงข่ายสามเหลี่ยม	7
	2.2 ลักษณะของข้อมูล	7
	2.3 การจัดแบ่งกรณีของการปรับแก้	10
	2.4 ข้อมูลของการปรับแก้ในแต่ละกรณี	10
3	ซูโดอินเวอร์ส	13

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3.1	กล่าววนำ	13
3.2	คำจำกัดความของซูโดอินเวอร์ส	13
3.3	ทฤษฎีของซูโดอินเวอร์ส	14
3.3.1	ทฤษฎีเบื้องต้น	14
3.3.2	ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบสมการเชิงเส้น	16
3.3.3	ทฤษฎีเกี่ยวกับ เมตริกซ์พิเศษ	17
3.3.4	ทฤษฎีสำหรับค่านวณซูโดอินเวอร์ส	18
3.4	ประโยชน์ทางการประยุกต์ของซูโดอินเวอร์ส	21
4	ทฤษฎีการปรับแก้และวิเคราะห์ผล	22
4.1	ทฤษฎีการปรับแก้	22
4.1.1	วิธีปรับแก้	22
4.1.2	การหาซูโดอินเวอร์ส	24
4.1.3	การจัดสมการค่าสังเกต	26
4.1.4	การจัดสมการเงื่อนไขบังคับ	30
4.1.5	เมตริกซ์น้ำหนัก	31
4.1.6	ลำดับชั้นอิสระ	32
4.2	ทฤษฎีการวิเคราะห์ผล	33
4.2.1	การตรวจสอบการคำนวณ	34
4.2.2	การทดสอบความแปรปรวน	34
4.2.3	การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	35
4.2.4	วงรีของความคลาดเคลื่อน	37
5	การคำนวณปรับแก้โครงข่ายสามเหลี่ยม	39
5.1	การคำนวณปรับแก้กรณีที่ 1	39
5.1.1	ข้อกำหนดของการปรับแก้	39

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5.1.2	การจัดเมตริกซ์ของการคำนวณ 40
5.1.3	ขั้นตอนการคำนวณปรับแก้ 41
5.1.4	โครงสร้างของเมตริกซ์ 45
5.2	การคำนวณปรับแก้กรณีที่ 2 46
5.2.1	ข้อกำหนดของการปรับแก้ 46
5.2.2	การจัดเมตริกซ์การคำนวณ 46
5.2.3	ขั้นตอนการคำนวณปรับแก้ 47
5.2.4	โครงสร้างของเมตริกซ์ 48
5.3	การคำนวณปรับแก้กรณีที่ 3 51
5.3.1	ข้อกำหนดของการปรับแก้ 51
5.3.2	การจัดเมตริกซ์ของการคำนวณ 52
5.3.3	ขั้นตอนการคำนวณปรับแก้ 52
5.3.4	โครงสร้างของเมตริกซ์ 55
5.4	การคำนวณปรับแก้กรณีที่ 4 55
5.4.1	ข้อกำหนดของการปรับแก้ 55
5.4.2	การจัดเมตริกซ์ของการคำนวณ 55
5.4.3	ขั้นตอนการคำนวณปรับแก้ 56
5.4.4	โครงสร้างของเมตริกซ์ 58
5.5	การคำนวณปรับแก้กรณีที่ 5 58
5.5.1	ข้อกำหนดของการปรับแก้ 58
5.5.2	การจัดเมตริกซ์ของการคำนวณ 58
5.5.3	ขั้นตอนการคำนวณปรับแก้ 59
5.5.4	โครงสร้างของเมตริกซ์ 61
5.6	ตัวอย่างการคำนวณของการจัดเมตริกซ์ 61

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5.7 ผลสรุปของการคำนวณปรับแก้	68
6 การวิเคราะห์ผลการปรับแก้	85
6.1 การวิเคราะห์ผลการปรับแก้กรณีที่ 1	85
6.2 การวิเคราะห์ผลการปรับแก้กรณีที่ 2	86
6.3 การวิเคราะห์ผลการปรับแก้กรณีที่ 3	86
6.4 การวิเคราะห์ผลการปรับแก้กรณีที่ 4	87
6.5 การวิเคราะห์ผลการปรับแก้กรณีที่ 5	87
6.6 การประยุกต์ใช้	88
7 ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ	89
7.1 ข้อสรุป	89
7.2 ประโยชน์จากการวิจัย	90
7.3 ข้อเสนอแนะ	91
เอกสารอ้างอิง	93
ภาคผนวก	95
ก. การพิสูจน์การปรับแก้ด้วยลิสต์สแควร์	95
ก.1 วิธีสมการค่าสังเกต	96
ก.2 วิธีสมการค่าสังเกตผสมเงื่อนไขบังคับ	98
ประวัติผู้เขียน	103

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงข้อมูลค่าสังเกตสำหรับการปรับแก้ (กรณีที่ 1)	9
2.2	แสดงข้อมูลค่าสังเกตเฉพาะการวัดมุมสำหรับการปรับแก้กรณีที่ 2-5	11
4.1	แสดงค่าวิกฤตของโค้งการกระจายโคสแควร์	36
5.1	แสดงค่าพิทักโดยประมาณก่อนการปรับแก้	69
5.2	แสดงค่าเงื่อนไขบังคับสำหรับการปรับแก้กรณีที่ 3-5	70
5.3	แสดงค่าเปรียบเทียบพิทักหลังการปรับแก้	71
5.4	แสดงค่าเปรียบเทียบค่าสังเกตหลังการปรับแก้	72
5.5	แสดงค่าเปรียบเทียบผลการตรวจสอบการคำนวณ	73
5.6	แสดงค่าประกอบของการทดสอบสมมติฐานของค่า $\hat{\sigma}_0^2$ หลังการปรับแก้ ...	74
5.7	แสดงค่าเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพิทักที่ปรับแก้แล้ว	75
5.8	แสดงค่าเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าสังเกตที่ปรับแก้แล้ว ..	76
5.9	แสดงค่าเปรียบเทียบผลลัพธ์สุดท้ายของการปรับแก้	77
5.10	แสดงค่าองค์ประกอบวงรีของความคลาดเคลื่อน กรณีที่ 1	77
5.11	แสดงค่าองค์ประกอบวงรีของความคลาดเคลื่อน กรณีที่ 2	78
5.12	แสดงค่าองค์ประกอบวงรีของความคลาดเคลื่อน กรณีที่ 3	78
5.13	แสดงค่าองค์ประกอบวงรีของความคลาดเคลื่อน กรณีที่ 4	79
5.14	แสดงค่าองค์ประกอบวงรีของความคลาดเคลื่อน กรณีที่ 5	79

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติโดยสังเขป	6
2.1	โครงข่ายสามเหลี่ยมที่ทำการปรับแก้	8
4.1	การวัดมุม	26
4.2	การวัดระยะ	28
4.3	การวัดแอซิมัท	29
4.4	วงรีของความคลาดเคลื่อน	38
5.1	แผนผังแสดงขั้นตอนการคำนวณปรับแก้ กรณีที่ 1	43
5.2	โครงสร้างเมตริกซ์ A สำหรับการปรับแก้กรณีที่ 1 ขนาด 22×18	44
5.3	โครงสร้างเมตริกซ์ N สำหรับการปรับแก้กรณีที่ 1 ขนาด 18×18	45
5.4	แผนผังแสดงขั้นตอนการคำนวณปรับแก้ กรณีที่ 2	49
5.5	โครงสร้างเมตริกซ์ A สำหรับการปรับแก้กรณีที่ 2-5 ขนาด 29×20 ...	50
5.6	โครงสร้างเมตริกซ์ N สำหรับการปรับแก้กรณีที่ 2-5 ขนาด 20×20 ...	51
5.7	แผนผังแสดงขั้นตอนการคำนวณปรับแก้ กรณีที่ 3-5	54
5.8	โครงสร้างเมตริกซ์ C สำหรับการปรับแก้กรณีที่ 3 ขนาด 2×20	55
5.9	โครงสร้างเมตริกซ์ C สำหรับการปรับแก้กรณีที่ 4 ขนาด 4×20	58
5.10	โครงสร้างเมตริกซ์ C สำหรับการปรับแก้กรณีที่ 5 ขนาด 5×20	61
5.11	การหาค่าพิกัดโดยประมาณ	62
5.12	การวัดมุมที่ 1	63
5.13	การวัดระยะฐาน S_1	64
5.14	การวัดแอซิมัท Az	64
5.15	วงรีของความคลาดเคลื่อน ผลจากการปรับแก้กรณีที่ 1	80
5.16	วงรีของความคลาดเคลื่อน ผลจากการปรับแก้กรณีที่ 2	81
5.17	วงรีของความคลาดเคลื่อน ผลจากการปรับแก้กรณีที่ 3	82
5.18	วงรีของความคลาดเคลื่อน ผลจากการปรับแก้กรณีที่ 4	83
5.19	วงรีของความคลาดเคลื่อน ผลจากการปรับแก้กรณีที่ 5	84

รายการสัญลักษณ์และความหมาย

สัญลักษณ์	ความหมาย
n	จำนวนคำสั่งเกิด
n_0	จำนวนตัวแปรอิสระตัวที่สุด
u	จำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า
c	จำนวนเงื่อนไข
r	ลำดับชั้นอิสระ $r = n - n_0 + c$
X_0	เวกเตอร์ค่าประมาณของพารามิเตอร์ก่อนการปรับแก้
X^*	เวกเตอร์ค่าตรวจแก้ประกอบเนื่องจากคำสั่งเกิด
dx	เวกเตอร์ค่าตรวจแก้ประกอบเนื่องจากเงื่อนไขบังคับ
X	เวกเตอร์ค่าตรวจแก้สำหรับแก้ค่าประมาณของพารามิเตอร์ $X = X^*$ สำหรับการปรับแก้โดยใช้สมการคำสั่งเกิด $X = X^* + dx$ สำหรับการปรับแก้โดยใช้สมการคำสั่งเกิดผสม เงื่อนไขบังคับ
L_b	เวกเตอร์คำสั่งเกิดที่กำหนดให้
V	เวกเตอร์ค่าเศษคงเหลือ
L_a	เวกเตอร์คำสั่งเกิดหลังการปรับแก้ $L_a = L_b + V$
L_0	เวกเตอร์ค่าประมาณของคำสั่งเกิดที่คำนวณจากค่าประมาณของ พารามิเตอร์ $L_0 = F(X_0)$
L	เวกเตอร์ผลต่างของคำสั่งเกิด $L = L_0 - L_b$

สัญลักษณ์

ความหมาย

P	เมตริกซ์น้ำหนักของค่าสังเกต
$F(X_a)$	ฟังก์ชัน F ของ X_a สำหรับค่าสังเกต
$G(X_a)$	ฟังก์ชัน G ของ X_a สำหรับเงื่อนไขบังคับ
A	เมตริกซ์สัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์สำหรับค่าสังเกต $A = \frac{\partial F}{\partial X_a} \Big _{X_0}$
C	เมตริกซ์สัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์สำหรับเงื่อนไขบังคับ $C = \frac{\partial G}{\partial X_a} \Big _{X_0}$
W	เวกเตอร์ค่าคลาดบรรจบ $W = G(X_0)$
K	เวกเตอร์ตัวคูณของ LAGRANGE
N^{-1}	ส่วนกลับปกติของเมตริกซ์ N
N^+	ซูโดอินเวอร์สของเมตริกซ์ N
σ_0^2	ค่าความแปรปรวนของน้ำหนักหนึ่งหน่วยก่อนการปรับแก้
$\hat{\sigma}_0^2$	ค่าความแปรปรวนของน้ำหนักหนึ่งหน่วยหลังการปรับแก้
σ	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคาดคะเนของปริมาณใด ๆ
α	ระดับนัยสำคัญของการทดสอบสมมุติฐาน โดยไคสแควร์
Σ_{X_a}	เมตริกซ์ความแปรปรวนของพารามิเตอร์ที่ปรับแก้แล้ว
Σ_{L_a}	เมตริกซ์ความแปรปรวนของค่าสังเกตที่ปรับแก้แล้ว
a	ระยะกึ่งแกนยาววงรีของความคลาดเคลื่อน
b	ระยะกึ่งแกนสั้นวงรีของความคลาดเคลื่อน
θ	มุมที่แกนวงรีของความคลาดเคลื่อน (U, V) เปลี่ยนไปจากแกนหลัก (X, Y)
ρ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ห้องสมุดคณวิศวะกรรมศาสตร์
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย