การประเมินความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของข้อมูลการเดินอากาศหลังจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวครั้งใหญ่ พ.ศ. 2547 กรณีศึกษา สนามบินภูเก็ต

พงศ์สันต์ มิดราธนันท์

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีภูมิศาสตร์
คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
มกราคม 2554
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การศึกษาวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ ระดับบัณฑิตศึกษา
จากบริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด
ประจำปีการศึกษา 2551

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ พงศ์สันต์ มิตราธนันท์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีภูมิศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ เรืองประเทืองสุข)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.แก้ว นวลฉวี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ อัฌชา ก.บัวเกษร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน

(ตร.เชาวลิต ศิลปทอง)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ตร.ณยศ คุรุกิจโกศล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ เรืองประเทืองสุข)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ตร.แก้ว นวลฉวี)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ อัฌชา ก.บัวเกษร)

คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีภูมิศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะภูมิสารสนเทศศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชราภรณ์ เขื่อนแก้ว)

วันที่ 28 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ เรืองประเทืองสุข ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.แก้ว นวลฉวี และรองศาสตราจารย์ อัฌชา ก.บัวเกษร กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา และข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ดร.เชาวลิต ศิลปทอง ผู้อำนวยการสำนักงานภูมิสารสนเทศ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณยศ คุรุกิจโกศล ที่กรุณาทรงเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ ในการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงคณาจารย์ภาควิชาภูมิสารสนศาสตร์ทุก ๆ ท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ และข้อแนะนำต่าง ๆ ด้วยดีเสมอมา จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้บังคับบัญชา บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ที่สนับสนุนส่งเสริมให้ข้าพเจ้าได้มีโอกาสศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม รวมทั้งได้ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือด้านเอกสาร เครื่องมือ และซอฟต์แวร์ประมวลผลข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ท่าน ศรีศักดิ์ ว่องส่งสาร อดีตรองกรรมการผู้อำนวยการใหญ่ บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ซึ่งปัจจุบันดำรงตำแหน่ง คณะกรรมการบริหาร บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด และที่ปรึกษาคณะกรรมการบริหารกิจการโทรทัศน์กองทัพบก ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มาโดยตลอด รวมทั้งเจ้าหน้าที่ศูนย์ควบคุมการบินภูเก็ต ทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม และขอขอบพระคุณ ผู้ที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี

คุณค่า และคุณประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน และข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาปรับปรุงคุณภาพ และมาตรฐานการให้บริการข้อมูลการเดินอากาศของประเทศ และผู้ที่สนใจไม่มากก็น้อย

พงศ์สันต์ มิตราธนันท์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

51926095: สาขาวิชา: เทคโนโลยีภูมิศาสตร์; วท.ม. (เทคโนโลยีภูมิศาสตร์)
คำสำคัญ: ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่ง/ ข้อมูลการเดินอากาศ/ แผ่นดินไหว/ สนามบินภูเก็ต

พงศ์สันต์ มิตราธนันท์: การประเมินความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของข้อมูลการเดินอากาศ หลังจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวครั้งใหญ่ พ.ศ. 2547: กรณีศึกษา สนามบินภูเก็ต (AN ASSESSMENT OF POSITIONAL ERROR OF AERONAUTICAL DATA FOLLOWING GREAT EARTHQUAKE 2004: A CASE STUDY ON PHUKET AIRPORT) อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์: วิโรจน์ เรืองประเทืองสุข, Ph.D., แก้ว นวลฉวี, Ph.D., อัฌชา ก.บัวเกษร, วท.ม. 196 หน้า. ปี พ.ศ. 2554

งานศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของข้อมูลการเดินอากาศ ที่ใช้เป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดทิศทางการบินเข้าหาสนามบิน ตามขั้นตอนการบินเข้าหาสนามบินด้วยเครื่องตรวจวัด (Instrument Approach Procedure) เพื่อลงจอด ณ สนามบินภูเก็ต ที่ใช้ในปัจจุบัน กับมาตรฐานความถูกต้องเชิงตำแหน่ง ที่องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization: ICAO) กำหนด จากอิทธิผลของกระบวนการทางธรณีวิทยา (Geological Process) ที่ทำให้แผ่นเปลือกโลกบริเวณประเทศไทยเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันออกอย่างค่อเนื่องเฉลี่ยปีละประมาณ 5-10 เซนติเมตร จนกระทั่งหลังเหตุการณ์แผ่นดินไหวครั้งใหญ่ เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2547 ที่แผ่นเปลือกโลกได้รับอิทธิพลจากแรงเคลื่อนไหวของธรณีแปรสัณฐาน (Tectonic Activity) ส่งผลให้ตำแหน่งอ้างอิงทางภูมิศาสตร์บนพื้นผิวโลกบริเวณประเทศไทยเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนตัวไปจากเดิม โดยเฉพาะที่จังหวัดภูเก็ต พบว่าได้มีการเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ วัตระยะทางได้ 66.4 เซนติเมตร

ผลการศึกษาวิจัย พบว่าข้อมูลตำแหน่งอ้างอิงในการบินเข้าหาเพื่อลงจอดของ สนามบินภูเก็ต ในปัจจุบันมีความคลาดเคลื่อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ดังเช่น ตำแหน่งสถานี DVOR/DME คลาดเคลื่อนไป 159.98 เมตร และสถานี Middle Marker คลาดเคลื่อนไป 27.31 เมตร เป็นต้นอีกทั้งขนาดและทิศทางความคลาดเคลื่อนไม่สอดคล้องกับการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกที่นักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาวิจัยไว้ และด้วยตำแหน่งอ้างอิงในการบินดังกล่าว ส่งผลโดยตรงต่อเครื่องบินให้เบี่ยงเบนออกนอกพื้นที่ที่ปกป้องจากภูมิประเทศหรือสิ่งกีดขวางการบิน จึงถือว่าเป็นปัจจัยเสี่ยงด้านความปลอดภัยในการเดินอากาศของสนามบินภูเก็ต ที่อาจจะเป็นต้นเหตุของอุบัติเหตุในลักษณะการควบคุมการบินเข้าหาภูมิประเทศ (Controlled Flight Into Terrain: CFIT) ดังที่ได้เกิดขึ้นกับเครื่องบิน Ilyushin 76TD ขณะลงจอด ณ สนามบิน Cakung Airport เขตเบาเกา (Baucau District) ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยติมอร์-เลสเต เมื่อวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2546 (ATSB, 2004)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

51926095: MAJOR: GEOLOGYCAL TECHNOLOGY PROGRAM M.Sc.
(GEOLOGYCAL TECHNOLOGY)
KEYWORDS: GPS/ GEO-INFORMATICS/ AERONAUTICAL INFORMATION DATA

PONGSAN MITRATHANUN: AN ASSESSMENT OF POSITIONAL ERROR OF AERONAUTICAL DATA FOLLOWING GREAT EARTHQUAKE 2004: A CASE STUDY ON PHUKET AIRPORT. ADVISORY COMMITTEE: WIROGANA RUENGPHRATHUENGSUKA, Ph.D., KAEW NUALCHAWEE, Ph.D., AUTCHA K.BUAKASORN, M.Sc. 196 P. 2011.

This study intends to find the positioning deviation of aeronautical data. It is the main factor to specify landing direction following the landing process of measuring equipment for landing at Phuket airport. As the positioning accuracy standard which is determined by the International Civil Aviation Organization (ICAO), the influence of geological process that effects on plates in Thailand will make the plates move continuously to the East average 5-10 centimeters per year. After the earthquake crisis on 26 December 2004, the plates that were affected by the tectonic activity, moved to the Southwest around 66.4 centimeters.

The result of this study found that the referable positioning data for landing at Phuket airport currently, it is incorrect that higher than the determined standard of the International Civil Aviation Organization (ICAO). It effects directly on flight direction deviating out of the landscapes or barriers. The deviation that is higher than the determined standard is a risk factor on safety of aviation. It causes an accident occurred in controlled flight into terrain as the result of the Flight Safety Foundation: FSF and the Australian Transport Safety Bureau: ATSB.

Also, size and deviating direction of the referable positioning data do not conform to the plates' movement as many researches. It causes the presumption that there are other latent factors which result such deviation, such as radio signal interference factor or multipath signal interference factor during surveying GPS signal. Following the research at Phuket airport where represents as other airport in Thailand, the result of this study shows the quality and standard of aeronautical information service currently. It should be improved and update as the determined standard of the International Civil Aviation Organization (ICAO) which can reduce the risk factor on flight accident.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... จ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

สมมติฐานของการวิจัย..... 3

กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 4

ขอบเขตของการวิจัย..... 5

ข้อจำกัดของการวิจัย..... 5

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 6

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 9

วิวัฒนาการทางธรณีวิทยาแปรสัณฐาน (Tectonic Evolution)..... 9

กระบวนการทางธรณี..... 9

อิทธิพลจากการเกิดแผ่นดินไหวต่อโครงข่ายหมุดหลักฐาน GPS ของประเทศไทย. 13

มาตรฐานองค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) เรื่องความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลการบิน..... 19

อุบัติเหตุทางการบินที่สัมพันธ์กับความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่ง..... 19

สัณฐานของโลก (The Earth's Figure)..... 23

ระบบพิกัด (Coordinate System)..... 27

พื้นหลักฐาน (Datum's)..... 32

การรังวัดพิกัดด้วยระบบดาวเทียม GPS (Coordinate Surveying Using GPS)..... 38

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	การออกแบบโครงข่ายและการรังวัด	40
	การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing: RS)	44
	การทำแผนที่ภาพถ่าย	45
3	วิธีดำเนินการวิจัย	57
	การรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย	57
	การวางแผนงานเบื้องต้น	58
	เครื่องมือที่ใช้ในการรังวัดดาวเทียม	60
	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	60
	การพิจารณาเลือกใช้โปรแกรมในการประมวลผลข้อมูล	63
	การเชื่อมต่อเป็นโครงข่ายงานวิจัย	64
	การปรับแก้ความบิดเบี้ยวเชิงเรขาคณิตของภาพถ่าย	64
	การวิเคราะห์ผล	65
4	ผลการวิจัย	66
	การสำรวจค่าพิกัดของหมุดควบคุม	66
	การตรวจสอบ และประมวลผลข้อมูล	70
	การปรับแก้เชิงเรขาคณิตภาพถ่ายทางอากาศ	73
	การวิเคราะห์ หาความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งข้อมูลการเดินอากาศ	77
5	สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	99
	สรุปผลการศึกษาวิจัย	99
	ข้อเสนอแนะ	103
	ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	104
บรรณานุกรม		105
ภาคผนวก		110
	ภาคผนวก ก	111
	ภาคผนวก ข	115
	ภาคผนวก ค	126
	ภาคผนวก ง	143

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

ภาคผนวก ง 149

ประวัติย่อของผู้วิจัย..... 196

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	ข้อมูลเชิงตำแหน่งด้านการเดินอากาศ ที่ใช้ในการศึกษา	6
2-1	สถิติความรุนแรงของแผ่นดินไหว	12
2-2	มาตรฐานความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลด้านการบิน	19
2-3	ประเภทของความบิดเบี้ยวภายใน	48
2-4	ประเภทของความบิดเบี้ยวภายนอก	49
3-1	หมุดหลักฐานงานรังวัดดาวเทียม GPS	57
3-2	ข้อมูลเชิงตำแหน่งด้านการบิน ของสนามบินภูเก็ต	58
4-1	ค่าพิกัดจุดตรวจสอบ CP	70
4-2	ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของจุดควบคุมภาคพื้น GCP	73
4-3	ค่าแตกต่างของจุด GCP ก่อนและหลังเหตุการณ์แผ่นดินไหว	73
4-4	ค่าสมการทดสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่งของภาพถ่ายหลังการปรับแก้	76
4-5	ผลการเปรียบเทียบข้อมูลเชิงตำแหน่ง ที่ได้จากการรังวัด GPS กับภาพถ่ายทางอากาศปี 52	76
4-6	ผลการเปรียบเทียบข้อมูลเชิงตำแหน่ง ที่ได้จากการรังวัด GPS กับภาพถ่ายทางอากาศปี 45	77
4-7	ค่าแตกต่างเชิงตำแหน่งของจุด GCP ก่อนและหลังเหตุการณ์แผ่นดินไหว	78
4-8	ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของข้อมูลการเดินอากาศของสนามบินภูเก็ต	81
4-9	ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของข้อมูลการเดินอากาศของสนามบินภูเก็ต	81
4-10	ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของข้อมูลการเดินอากาศของสนามบินภูเก็ต	82
5-1	ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของข้อมูลการเดินอากาศของสนามบินภูเก็ต	100
5-2	ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของข้อมูลการเดินอากาศของสนามบินภูเก็ต	100
5-3	ความถี่วิทยุช่วยในการเดินอากาศ ของสนามบินภูเก็ต	101

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2-1 แผนที่แสดงตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวครั้งใหญ่ เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2547 และแผ่นดินไหวตามมาละลอกหลัง 12

2-2 แผนที่แสดงรอยเลื่อนมีพลังของประเทศไทย 13

2-3 แผนที่แสดงโครงข่ายอ้างอิง (Reference Frame) และโครงข่ายหลัก (Primary Network) 16

2-4 แผนที่แสดงโครงข่ายรอง (Secondary Network) 17

2-5 ตำแหน่งความสูงของเครื่องบินที่เกิดอุบัติเหตุ CFIT ที่เกิดขึ้นระหว่างปี ค.ศ. 1986 –1990 20

2-6 สถิติผู้เสียชีวิต ที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ จากกลุ่มเครื่องบินไอพ่นเชิงพาณิชย์ที่เกิดขึ้น ระหว่างปี ค.ศ. 1987-2005 21

2-7 ปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติเหตุลักษณะ CFIT 21

2-8 ลำดับเหตุการณ์ เที่ยวบิน Ilyushin 76TD 23

2-9 จำลองลักษณะการเกิด จันทรุปราคา 24

2-10 สัณฐานของโลกทางกายภาพและทางคณิตศาสตร์ 25

2-11 รูปทรงยีออยด์ (Geoid) เปรียบเทียบกับวงกลม 26

2-12 รูปทรงรี (Meridian Ellipse) 27

2-13 ค่าพิกัด ยีออเดติก (Geodetic Coordinate) 28

2-14 ระบบพิกัด ฉากสามมิติ (Cartesian Coordinate System) 29

2-15 รูปตัดตามแนวเมริเดียนซึ่งแสดงตำแหน่งของจุดเหนือพื้นผิวรูปทรงรี 30

2-16 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงออร์โธเมตริก (H) ความสูงเหนือรูปทรงรี (h) และความสูงยีออยด์ (N) 31

2-17 ระบบพิกัด NAD27 และ NAD83 32

2-18 ความแตกต่างระหว่างพื้นหลักฐานท้องถิ่น (Local Datum) และพื้นหลักฐานทั่วโลก (Global Datum) 33

2-19 ความแตกต่างระหว่างพื้นหลักฐาน Indian 1975 และ WGS 1984 ของจังหวัดภูเก็ต 34

2-20 คุณสมบัติของระบบพิกัด WGS-84 36

2-21 การสร้างโครงข่าย GPS จากเส้นฐานที่เป็นอิสระต่อกัน 41

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

2-22 ประเภทของความบิดเบี้ยวแบบไม่เป็นระบบ (Non-Systematic Distortions)..... 47

2-23 ประเภทของความบิดเบี้ยวแบบเป็นระบบ (Systematic Distortions)..... 47

2-24 ความบิดเบี้ยวภายในรูปแบบต่าง ๆ..... 49

2-25 ความบิดเบี้ยวภายนอกรูปแบบต่าง ๆ..... 50

2-26 ประเภทของการแปลงพิกัดข้อมูล..... 52

2-27 การแปลงพิกัดข้อมูลแบบขนาน..... 53

3-1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา..... 58

3-2 ตำแหน่งหมุดโครงข่ายครอบคลุมพื้นที่ศึกษา..... 59

3-3 ลักษณะภูมิประเทศโดยรอบพื้นที่ศึกษา..... 61

4-1 การเชื่อมต่อโครงข่ายงานวิจัย (ก) และโครงข่ายจุดควบคุมภาคพื้น GCPs (ข)..... 67

4-2 การรังวัดตำแหน่งจุดตรวจสอบ CP..... 69

4-3 การปรับแก้โครงข่ายจุดควบคุมภาคพื้น GCP..... 72

4-4 ภาพถ่ายทางอากาศสีขาว/ดำ ก่อนปรับแก้เชิงเรขาคณิต..... 74

4-5 ตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้น GCP ที่นำมาปรับบนภาพถ่ายทางอากาศ..... 74

4-6 ตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้น GCPs บนภาพถ่ายทางอากาศ (ซ้าย) และภาพที่ผ่านกระบวนการปรับแก้พิกัดทางภูมิศาสตร์ให้สัมพันธ์กับตำแหน่งจริงบนพื้นโลก (ขวา). 75

4-7 ความแตกต่างเชิงตำแหน่งของ THR 09..... 79

4-8 ความแตกต่างเชิงตำแหน่งของ THR 27..... 79

4-9 ความแตกต่างเชิงตำแหน่งของสถานีวิทยุช่วยเดินอากาศ DVOR/DME..... 79

4-10 ความแตกต่างเชิงตำแหน่งของสถานีวิทยุช่วยเดินอากาศ LLZ/DME..... 80

4-11 ความแตกต่างเชิงตำแหน่งของสถานีวิทยุช่วยเดินอากาศ GS..... 80

4-12 ความแตกต่างเชิงตำแหน่งของสถานีวิทยุช่วยเดินอากาศ MM..... 80

4-13 ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของสถานีวิทยุช่วยในการเดินอากาศ..... 82

4-14 มาตรฐานการกำหนดทิศทางการบินเข้าหาสนามบินในส่วนสุดท้าย..... 84

4-15 มาตรฐานการกำหนดทิศทางการบินเข้าหาสนามบินในส่วนสุดท้าย Offset ILS..... 84

4-16 พื้นผิวในส่วนของการบินด้วยทัศนวิสัย และขั้นตอนการบินตรงเข้าหาทั่วไป..... 85

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-17	ผลการหาตำแหน่งจุดเริ่มต้นการลงจอด ด้วย VOR Z RWY 09	87
4-18	ผลการคำนวณหา ทิศทางบินสุดท้ายเพื่อลงจอดด้วย VOR Z RWY 09	87
4-19	แบบแผนขั้นตอนปฏิบัติการบินเข้าหาสนามบิน VOR Z RWY 09	88
4-20	การหาตำแหน่งจุดเริ่มต้นการลงจอด ด้วย VOR Z RWY 27	88
4-21	การคำนวณหา ทิศทางบินสุดท้ายเพื่อลงจอดด้วย VOR Z RWY 27	89
4-22	แบบแผนขั้นตอนปฏิบัติการบินเข้าหาสนามบิน VOR Z RWY 27	89
4-23	การหาตำแหน่งจุดเริ่มต้นการลงจอด ด้วย ILS or LLZ RWY 27	90
4-24	การคำนวณหาทิศทางบินสุดท้ายเพื่อลงจอดด้วย ILS or LLZ RWY 27	91
4-25	แบบแผนขั้นตอนปฏิบัติการบินเข้าหาสนามบิน ILS or LLZ RWY 27	91
4-26	ตำแหน่งยกเลิกการบินลงที่กำหนดใน แบบแผนขั้นตอนปฏิบัติการบินเข้าหาสนามบิน ILS or LLZ RWY 27	92
4-27	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวิทยุ Middle Marker: MM	92
4-28	การคำนวณหาระยะทางระหว่าง ตำแหน่ง MM กับจุดเริ่มต้นทางวิ่ง 27	93
4-29	ค่าความสูงสุดท้าย (Decision height) ที่ระบุในแบบแผนขั้นตอนปฏิบัติการบินเข้าหาสนามบิน ILS or LLZ RWY 27	94
4-30	ข้อมูลจำเป็นขั้นต่ำที่ต้องแสดง ในแบบแผนขั้นตอนปฏิบัติการบิน	95
4-31	หลักการคำนวณ การยกเลิกการบินลง ให้ปลอดภัยจากสิ่งกีดขวางด่างๆ	95
4-32	ผลต่างของค่าความสูงที่เครื่องบินจะสูญเสียก่อนบินไต่ระดับกลับขึ้นไปอีกครั้ง	96
4-33	การวัดความสูงภูมิประเทศ เพื่อไปใช้ในสมการ	96
4-34	แนวตัดขวางทางวิ่ง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงในการพุ่งชนภูมิประเทศ หรือสิ่งกีดขวาง	97
4-35	ตำแหน่ง S7-1 ที่เครื่องบินมีโอกาสพุ่งเข้าชน	98
5-1	แบบแผนขั้นตอนปฏิบัติการบินเข้าหาสนามบิน ILS or LLZ RWY 27	102

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University