

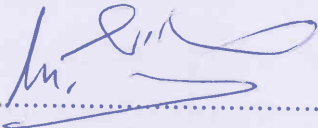
การพัฒนาชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานด้านคมนาคมทางอากาศ
THE DEVELOPMENT OF AERONAUTICAL FUNDAMENTAL GEOGRAPHIC DATA SET


พงศ์สันต์ มิตรธานันท์


คุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาคุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์
คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
พฤษภาคม 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมคุณวุฒิบัณฑิตและคณะกรรมการสอบคุณวุฒิบัณฑิต ได้พิจารณา
คุณวุฒิบัณฑิตของ พงศ์สันต์ มิตรารักษ์ ณ บัดนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาภูมิสารสนเทศศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

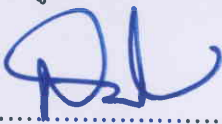
คณะกรรมการควบคุมคุณวุฒิบัณฑิต


.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.แก้ว นวลฉวี)


.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ เรืองประเทืองสุข)


.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.สุพรรณ กาญจนสุธรรม)

คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ อนุมัติให้รับคุณวุฒิบัณฑิตฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาภูมิสารสนเทศศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา


.....คณบดีคณะภูมิสารสนเทศศาสตร์
(ดร.สุพรรณ กาญจนสุธรรม)

วันที่ ๓ เดือน ๒๖พ.ศ. 2559

ประกาศคุณูปการ

คุณฐิณีพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วย ความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.แก้ว นวลลวี อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก คุณฐิณีพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ เรื่องประเทืองสุข และ ดร. สุพรรณ กาญจนสุธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมคุณฐิณีพนธ์ ที่ท่านได้กรุณาสละเวลาอันมีค่า ในการให้คำปรึกษาแนะนำจัดทำคุณฐิณีพนธ์ฉบับนี้อย่างละเอียดถี่ถ้วน ตลอดจนแก้ไข ข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเมตตา อีกทั้งท่านยังเป็น ครูดั้งแบบที่ทุ่มเทถ่ายทอดความรู้ให้กับศิษย์ มาโดยตลอด จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบคุณฐิณีพนธ์ ดร.เชาวลิต ศิลปทอง และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณยศ คุรุกิจโกศล ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์แนะนำข้อคิดเห็นเพิ่มเติมด้วยความละเอียดถี่ถ้วน เพื่อปรับปรุงแก้ไขคุณฐิณีพนธ์ฉบับนี้ ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ท่านศรีศักดิ์ ว่องส่งสาร สมาชิกสภานิติบัญญัติแห่งชาติ ที่ได้เมตตา สนับสนุนส่งเสริม และคอยกระตุ้นการทำคุณฐิณีพนธ์ของข้าพเจ้ามาโดยตลอด รวมถึงขอขอบคุณ กรรมการผู้อำนวยการใหญ่ บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ที่เห็นประโยชน์ และความสำคัญของการประยุกต์ใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศในกิจการเดินอากาศ พร้อมส่งเสริมให้ข้าพเจ้า ได้มีโอกาสศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม เพื่อที่จะนำวิทยาการที่ได้มาพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพภารกิจ หน้าที่ให้เกิดประโยชน์ ต่อไป

ขอขอบคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัว ที่เป็นกำลังใจให้กับข้าพเจ้ามาโดยตลอด และ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนาม การรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์สรุปผลทุก ๆ ท่าน จนคุณฐิณีพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

คุณค่า และคุณประโยชน์อันพึงมีจากคุณฐิณีพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบเป็นกตัญญู กตเวทิตาแด่บุพการี บุรพจารย์ และผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน ด้วยข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คุณฐิณีพนธ์ ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษาวิทยาการด้านนี้ตามสมควร

พงศ์สันต์ มิตราธนนท์

51926095: สาขาวิชา: ภูมิสารสนเทศศาสตร์; ปร.ด. (ภูมิสารสนเทศศาสตร์)

คำสำคัญ : ชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน / ข้อมูลการเดินทางอากาศ / คุณภาพข้อมูล

พงศ์สันต์ มิตรธนนันท์: การพัฒนาชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานด้านคมนาคมทางอากาศ
(THE DEVELOPMENT OF AERONAUTICAL FUNDAMENTAL GEOGRAPHIC DATA SET)

คณะกรรมการควบคุมคุณภาพ: แก้ว นवलวิ, Ph.D., วิโรจน์ เรืองประเทืองสุข, Ph.D.,

สุพรรณ กาญจนสุธรรม, D.Tech.Sci. 92 หน้า.ปี พ.ศ. 2559

ตามที่องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ หรือ ICAO ได้กล่าวว่า ประเทศในแถบเอเชียมีการเติบโตทางอุตสาหกรรมการบินสูง ส่งผลให้มีความหนาแน่นในเส้นทางบินเพิ่มขึ้น แต่กลับล้มเหลวในการกำกับดูแลด้านความปลอดภัยนั้น จึงเป็นที่มาของโจทย์วิจัยเพื่อพิสูจน์ คุณภาพการให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศการเดินทางอากาศของประเทศนั้น มีผลดังกล่าวจริงหรือไม่

ด้วยข้อมูลภูมิสารสนเทศการเดินทางอากาศ มีนัยสำคัญอย่างยิ่งต่อกิจการบิน ผู้ศึกษาจึงให้ความสนใจตรวจสอบคุณภาพข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ ที่มีผลให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงต่อเครื่องบิน เมื่อใช้ข้อมูลที่ประกาศในเอกสารแถลงข่าวการบินประเทศไทย ที่ไม่บริสุทธิ์ (Corrupted) ด้วยวิธีรังวัดตรวจสอบภาคพื้น ได้แก่ ข้อมูลวิกิฤต ที่ยอมให้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.0 เมตร พบว่าร้อยละ 90.62 ของข้อมูลที่ประกาศใช้มีความคลาดเคลื่อนเป็นระยะทางที่วัดได้ 1.06 – 17.38 เมตร และข้อมูลสำคัญ ที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.0 เมตร พบว่าร้อยละ 49.10 ของข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนเป็นระยะทางที่วัดได้ 3.90 – 650.35 เมตร ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าข้อมูลที่ใช้ในกิจการบินของประเทศ ในปัจจุบันมีคุณภาพต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด อีกทั้งยังเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อความปลอดภัยในการเดินทางอากาศของประเทศ และในภูมิภาค ที่สอดคล้องกับ ICAO ได้กล่าวไว้ข้างต้น

อีกทั้งการศึกษานี้ ได้นำเสนอแนวทางการให้บริการชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานด้านคมนาคมทางอากาศ (Aeronautical Fundamental Geographic Data Set: AFGDS) ผ่านเว็บท่า (Web Portal / Data Clearinghouse) ตามมาตรฐาน Open Geospatial Consortium: OGC และการประเมินคุณภาพข้อมูลตามมาตรฐาน ISO/TC211 ก่อนให้บริการ สุดท้ายผู้ศึกษาวิจัย ได้นำผลการศึกษานี้ไปขยายผลให้เกิดการใช้งานจริงในหน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ โครงการพัฒนาระบบศูนย์บูรณาการข้อมูล GIS กระทรวงคมนาคม และโครงการพัฒนาระบบให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานด้านการเดินทางอากาศผ่านเครือข่าย บริษัทฯ วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด

51926095: MAJOR: GEOINFORMATICS PROGRAM Ph.D.

KEYWORDS: GPS / GEO-INFORMATICS / AERONAUTICAL INFORMATION DATA

PONGSAN MITRATHANUN: THE DEVELOPMENT OF AERONAUTICAL
FUNDAMENTAL GEOGRAPHIC DATA SET. ADVISORY COMMITTEE: KAEW
NUALCHAWEE, Ph.D., WIROGANA RUENGPHRATHUENGSUKA, Ph.D., SUPAN
KANJANASUTHAM, D.Tech.Sci. 92 P.2016.

According to the International Civil Aviation Organization (ICAO) has been addressed to that the Asian countries have highly growth in the aviation industry business today. As a result, the density has been increased. Nevertheless, they have unsatisfactory in the safety aviation. Significantly, the geospatial data is a key importanted to the navigation aviation in Thailand. Thus, the goal of this study is to evaluation of the quality on geospatial data for the national aeronautical information services in Thailand using ground surveying approaches .

This study found : the ground surveying critical data of SD 1.0 meters was shown 91% of data published, the ground surveying essential data of SD 3.0 meters was shown 49% of data published, both data were expressed to 1.06 – 17.38 meters and 3.90 – 650.35 meters respectively. From this studied, the data published of the Thai national aeronautical navigation is shown to unsatisfactory standard referenced by the ICAO.

Additionally, the study offered the guidelines for providing Aeronautical Fundamental Geographic Data Set (AFGDS) on Web Portal / Data Clearinghouse by the Open Geospatial Consortium (OGC) and assessment of data quality standard ISO / TC211 in the data interoperability. Finally, this study may extended the results to supporting to both the policy and planning levels, operating air traffic levels, with government authorities, including the development and integrated Transport GIS data centre, Ministry of Transport and the project development system services Aeronautical Fundamental Geographic Data through the network, in the Aeronautical Radio of Thailand Limited.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฌ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
สมมติฐานของการวิจัย.....	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	7
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	9
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	9
2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
วิวัฒนาการการผลิตแผนที่การเดินอากาศ.....	10
ระบบแม่ข่ายแผนที่.....	18
โครงสร้างการทำงานของ Map server.....	19
โครงสร้างการทำงานของ OpenLayers.....	23
โครงสร้างการทำงานของ GeoServer.....	24
งานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
สรุปผลการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	35

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3	วิธีดำเนินการวิจัย..... 36
	การประเมินคุณภาพข้อมูลตำแหน่งอ้างอิงในการเดินอากาศ..... 36
	การพัฒนาจัดทำชั้นข้อมูล AFGDS..... 37
	การออกแบบจัดทำระบบฐานข้อมูล AFGDS..... 39
	การออกแบบระบบให้บริการแผนที่ผ่านเครือข่าย..... 40
	การพัฒนาระบบให้บริการ AFGDS ผ่านเว็บเบราว์เซอร์..... 40
	ทดสอบการแสดงผลข้อมูล AFGDS..... 42
4	ผลการวิจัย..... 43
	การรวบรวมข้อมูล และการประเมินคุณภาพข้อมูลตำแหน่งอ้างอิงในการ เดินอากาศ..... 43
	การพัฒนาจัดทำชุดข้อมูล AFGDS..... 57
	การนำเข้าข้อมูล AFGDS สู่อระบบฐานข้อมูล..... 60
	การพัฒนาระบบให้บริการข้อมูล AFGDS ผ่านเว็บเบราว์เซอร์..... 60
	การทดสอบการแสดงผลชุดข้อมูล AFGDS 61
5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 69
	สรุปผลการวิจัย..... 69
	อภิปรายผล..... 70
	ข้อเสนอแนะ..... 72
บรรณานุกรม.....	75
ภาคผนวก.....	83
อภิธานศัพท์ และคำย่อ.....	84
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	91

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3-1	ชั้นข้อมูล AFGDS..... 38
3-2	คำอธิบายข้อมูล AFGDS..... 39
4-1	ความคลาดเคลื่อนจากการเปรียบเทียบกับแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรี..... 44
4-2	ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง Threshold Runway..... 46
4-3	ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง Navigation Aids..... 50
4-4	รายละเอียดลักษณะข้อมูล AFGDS..... 58

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3-1	ชั้นข้อมูล AFGDS.....	38
3-2	คำอธิบายข้อมูล AFGDS.....	39
4-1	ความคลาดเคลื่อนจากการเปรียบเทียบกับแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรี.....	44
4-2	ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง Threshold Runway.....	46
4-3	ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง Navigation Aids.....	50
4-4	รายละเอียดลักษณะข้อมูล AFGDS.....	58

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของทางวิ่งจริงบนผิวโลก (Actual Runway 14) กับทาง วิ่งที่แสดงบนแผนที่การบิน (Jeppesen Runway 14).....	2
1-2 แผนที่รายละเอียดการปรับปรุงพัฒนาทางอากาศยานนานาชาติภูเก็ต.....	5
1-3 แสดงกรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย.....	6
1-4 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา.....	8
2-1 สมุดบันทึกข้อมูลการบินในยุคแรก.....	11
2-2 ผังการทำงานของ MapServer.....	19
2-3 องค์ประกอบการทำงานของ MapServer.....	21
2-4 Map File ในการแสดงสัญลักษณ์ข้อมูลจุด.....	22
3-1 แสดงโปรโตคอลไดอะแกรมระบบ Web Map Services Implement Specification.....	40
4-1 โครงสร้างข้อมูลภูมิสารสนเทศ.....	57
4-2 ความสัมพันธ์ของชั้นข้อมูล AFGDS.....	59
4-3 การแสดงผลชั้นข้อมูลเส้นทางบินภายในประเทศ.....	60
4-4 การแสดงผลชั้นข้อมูลตำแหน่งอ้างอิงสนามบิน.....	62
4-5 การแสดงผลชั้นข้อมูล VTD VTR และข้อมูล VTP	63
4-6 การแสดงผลชั้นข้อมูลเส้นทางบินภายในประเทศ และเส้นทางบินระหว่างประเทศ.....	64
4-7 การแสดงผลชั้นข้อมูล Bangkok-FIR ซ้อนทับกับข้อมูล TMA	64
4-8 การปรับค่าการเชื่อมต่อฐานข้อมูล AFGDS ผ่านระบบ WMS กับซอฟต์แวร์ภูมิ สารสนเทศรหัสเปิด.....	65
4-9 การแสดงผลข้อมูล AFGDS กับซอฟต์แวร์ภูมิสารสนเทศรหัสเปิดผ่าน WMS.....	66
4-10 การแสดงผลข้อมูล AFGDS กับซอฟต์แวร์ภูมิสารสนเทศเชิงพาณิชย์ผ่าน WMS	66
4-11 แสดงผลชั้นข้อมูล Bangkok FIR และชั้นข้อมูล TMA.....	67
4-12 แสดงผลชั้นข้อมูลพื้นที่ Prohibited, Restricted และ Danger Area.....	67
4-13 แสดงผลชั้นข้อมูลเส้นทางบินระหว่างประเทศ เส้นทางบินภายในประเทศ เส้นทาง บินด้วยดาวเทียม GNSS และข้อมูลตำแหน่งสำคัญทางการบิน Significant Points...	68
4-14 แสดงผลชั้นข้อมูลพื้นที่จำกัดสิ่งกีดขวางการบินลงทางวิ่ง 27 สนามบินภูเก็ต.....	68

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5-1 สถานะการทำให้เกิดผลในทางปฏิบัติด้าน WGS-84 ในกิจการบินของประเทศ.....	71

บทที่ 1

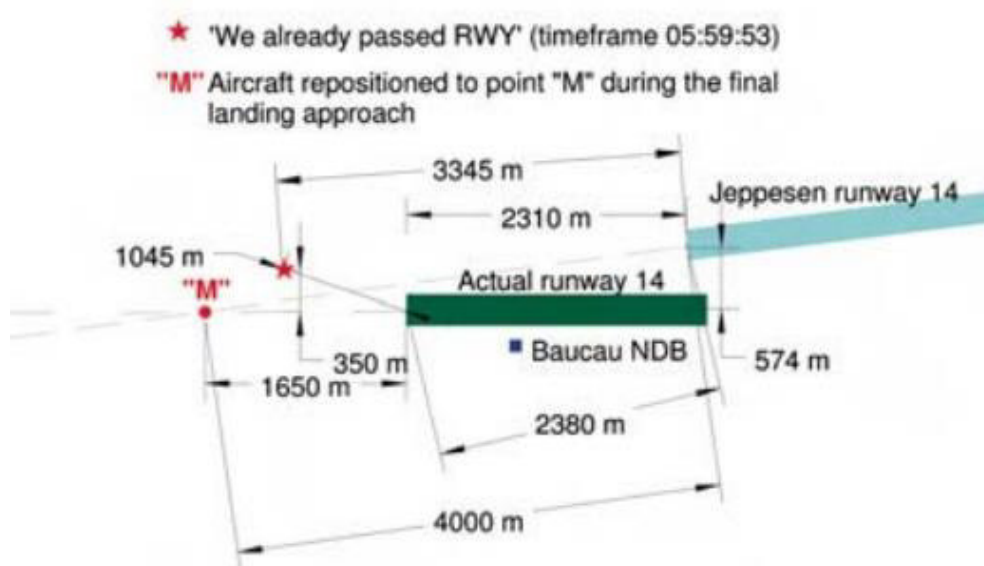
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาประเทศ พัฒนาระบบบริหารราชการ และบริการประชาชน ด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจ การสั่งการ และแก้ไขวิกฤตการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ (กระทรวงคมนาคม [คค.], 2556) รวมถึงด้านการกำหนดนโยบายพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานระบบโลจิสติกส์ และระบบบริหารจัดการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่เชื่อมโยงการขนส่งทางถนน ทางราง ทางน้ำ และทางอากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพมาตรฐานการขนส่งสินค้าสู่สากลทั้งด้านความเร็ว และความปลอดภัย (สำนักนายกรัฐมนตรื, 2554) จึงนับได้ว่าข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานด้านคมนาคมทางอากาศ (Aeronautical Fundamental Geographic Data Set: AFGDS) เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญอย่างยิ่งยวด ในการวางแผนเชิงนโยบายประเภทหนึ่ง

ด้วยความสำคัญของข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) หรือข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานด้านคมนาคมทางอากาศ ที่นับเป็นห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) ที่มีความถี่สูงในการนำไปใช้อ้างอิง ในกิจการให้บริการสารสนเทศการเดินทางทางอากาศ (Aeronautical Information Service) งานด้านบริการสารสนเทศการบิน (Flight Information Service) ต่าง ๆ เช่น แผนที่การเดินทางทางอากาศ (Aeronautical Chart) ประกาศผู้ทำการในอากาศ (Notices to Airmen: NOTAM) และรวมถึงแผนที่การเดินทางทางอากาศที่แสดงบนสื่ออิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก (International Civil Aviation Organization [ICAO], 2013b) รวมทั้งการนำไปใช้วิเคราะห์ห่ออกแบบเส้นทางบิน (En-Route) มาตรฐานเส้นทางบินเข้าท่าอากาศยาน (Standard Terminal Arrival Route: STAR) มาตรฐานเส้นทางบินออก (Standard Instrument Departure: SID) การออกแบบแผนที่ปฏิบัติการบินเข้าหาสนามบินด้วยเครื่องวัด (Instrument Approach Chart: IAC) เพื่อลงจอดได้อย่างปลอดภัย (ICAO, 2014) และที่สำคัญอย่างยิ่ง ในการวิเคราะห์ศึกษาปรับปรุงพัฒนาขยายขีดความสามารถของสนามบินเดิมให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยที่องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศกำหนด (ICAO, 2013a) จึงนับได้ว่าข้อมูลภูมิสารสนเทศคมนาคมทางอากาศ เป็นห่วงโซ่อุปทานที่สำคัญอย่างยิ่งยวดในอุตสาหกรรมการเดินทางทางอากาศของประเทศ และระหว่างประเทศ

ดังตัวอย่างกรณีอุบัติเหตุทางอากาศ ระหว่างการบินเข้าหาสนามบินเพื่อลงจอด ณ สนามบินคากง Cakung Airport เขตเบาเกา (Baucau District) สาธารณรัฐประชาธิปไตยติมอร์-เลสเต (Timor-Leste) ที่เหตุปัจจัยจาก ข้อมูลอ้างอิงเชิงตำแหน่งที่สำคัญในการบิน ที่ใช้ระบุนบนแผนที่การบินเข้าหาสนามบินเพื่อลงจอด ทางวิ่ง 14 มีความคลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งจริงบนพื้นผิวโลก (ภาพ 1-1) เป็นเหตุให้เครื่องบินพุ่งชนภูมิประเทศอย่างแรง และเกิดเพลิงลุกไหม้ส่งผลให้นักบิน และลูกเรือเสียชีวิตทั้งหมด (ATSB, 2004; Flight Safety Australia Journal, 2004)



ภาพที่ 1-1 ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของทางวิ่งจริงบนผิวโลก (Actual Runway 14) กับทางวิ่งที่แสดงบนแผนที่การบิน (Jeppesen Runway 14) (ที่มา: ATSB, 2004, p82)

รวมถึงรายงานผลการศึกษา ของหน่วยงานด้านความปลอดภัยในการบินสหรัฐอเมริกา (Flight Safety Foundation: FSF) กับอุบัติเหตุการควบคุมการบินเข้าหาภูมิประเทศ (Controlled Flight Into Terrain: CFIT) พบว่า ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นระหว่างการบินเข้าหาสนามบินที่ไม่ถูกต้อง หรือการออกแบบแผนที่การบินที่ไม่ดีพอ เป็นต้นเหตุของอุบัติเหตุ (Accident) และอุบัติการณ์ (Incident) ทั่วโลกมานานกว่า 10 ปี (Gregory, 2000) สอดคล้องกับรายงานของ สำนักงานด้านความปลอดภัยเพื่อการขนส่งแห่งชาติออสเตรเลีย (Australian Transport Safety Bureau: ATSB, 2004) ได้ศึกษาวิเคราะห์สภาพแวดล้อมของอุบัติเหตุการควบคุมการบินเข้าหาภูมิประเทศ ที่เกิดขึ้นในประเทศออสเตรเลีย ระหว่างปี ค.ศ. 1996 - 2005 ได้สรุปว่า อุบัติเหตุการควบคุมการบินเข้าหาภูมิประเทศ มีโอกาสเกิดขึ้นได้ทั้งการบินเข้าหาสนามบินแบบไม่แม่นยำ (Non Precision Approach)

และการบินเข้าหาสนามบินแบบแม่นยำ (Precision Approach) รวมถึงรายงานผลการศึกษาของบริษัท โบอิง (Boeing) ที่ได้รวบรวมสถิติอุบัติเหตุทางการบิน จำแนกตามประเภทของอุบัติเหตุของเครื่องบินไอพ่นทั่วโลก ระหว่าง ปีค.ศ. 1959 – 2012 พบว่า อุบัติเหตุประเภทการควบคุมการบินเข้าหาภูมิประเทศ มีสถิติสูงเป็นลำดับที่สองรองจากอุบัติเหตุประเภทการสูญเสียการควบคุมในการบิน (Boeing, 2013)

นอกจากนี้ หนังสือพิมพ์ วอลล์สตรีทเจอร์นัล (Wall Street Journal) ได้รายงานว่า นายเรย์มอนด์ เบนจามิน (Raymond Benjamin) ผู้อำนวยการใหญ่ องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ ในสังกัดองค์การสหประชาชาติ ให้สัมภาษณ์ว่า จากสถิติ 1 ใน 3 ของสายการบินพาณิชย์ เอเชียตกในช่วงปี 2008 – 2012 นั้นมีส่วนเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในการกำกับดูแล โดยประเมินว่าประเทศในแถบเอเชียที่มีการเติบโตทางอุตสาหกรรมการบินสูง เป็นผลให้เกิดความหนาแน่นในเส้นทางบินเพิ่มสูงขึ้น แต่ประเทศนั้น ๆ กลับล้มเหลวในการกำกับดูแลด้านความปลอดภัย และสถิติอุบัติเหตุทางอากาศที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง ที่เหตุการณ์ล่าสุดที่เกิดขึ้นกับสายการบินทรานส์เอเชีย แอร์เวย์ ทำให้มีการตั้งคำถามถึงมาตรฐานความปลอดภัยสายการบินสัญชาติเอเชียเหล่านี้ว่ามีมากเพียงใด (Andy Pasztor, 2015)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงเป็นเหตุผลสำคัญในการศึกษาวิจัย เพื่อที่จะให้ได้ข้อสรุปด้านคุณภาพข้อมูลตำแหน่งอ้างอิงทางการบินของประเทศในปัจจุบัน ที่ประกาศใช้งานในรูปแบบเอกสารข้อความ (Text Document) ที่เรียกว่า เอกสารแถลงข่าวการบินประเทศไทย (Aeronautical Information Publication – Thailand : AIP-Thailand) ก่อนที่จะพัฒนาเป็นชุดข้อมูล AFGDS ที่มีคุณลักษณะ / คุณภาพข้อมูล (Data Quality) ตามกรอบมาตรฐาน ICAO และมาตรฐาน ISO อันจะเป็นกลไกสนับสนุนให้เกิดการใช้งานร่วมกันได้ (Interoperability) และทำให้การแลกเปลี่ยนข้อมูลเชิงพื้นที่ด้านคมนาคมทางอากาศมีทางเลือกมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

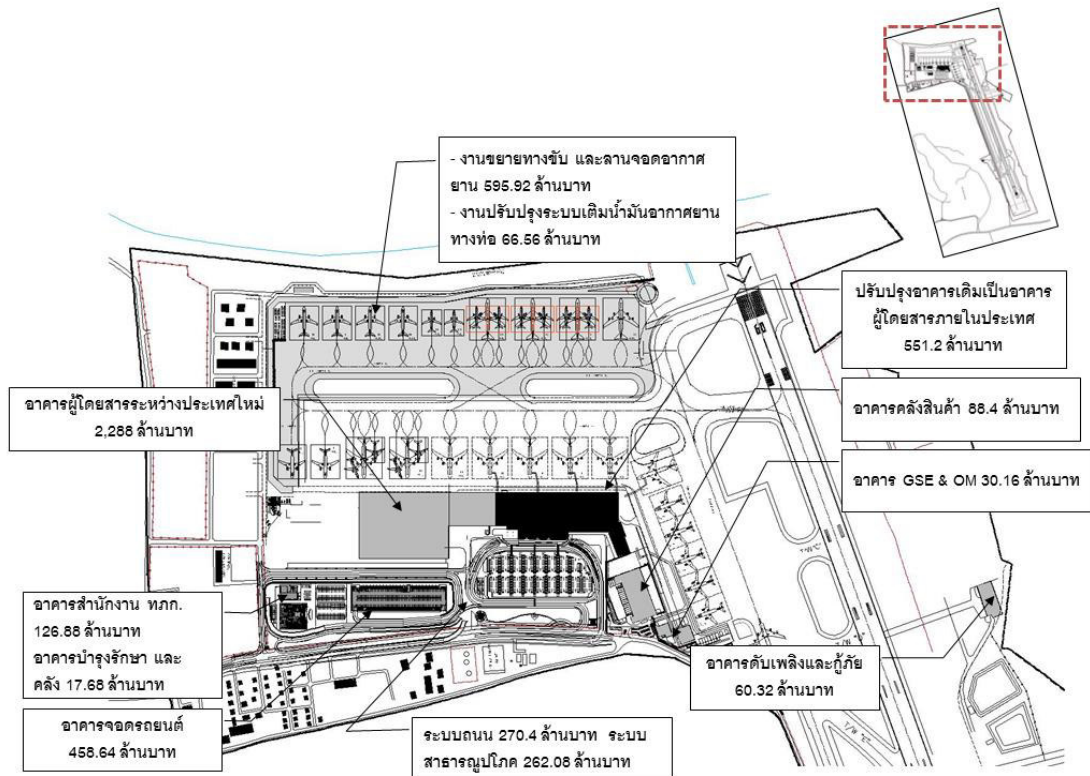
เพื่อพัฒนาชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานคมนาคมทางอากาศ AFGDS ให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลดิจิทัล และจัดทำระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ Geospatial Database ที่สะดวกต่อการสืบค้น (Query) และให้บริการข้อมูลผ่านเว็บท่า (Web Portal / Data Clearinghouse) เพื่อให้เกิดการใช้งานข้อมูลร่วมกัน (Interoperability) ผ่านระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูล และคอมพิวเตอร์

สมมติฐานของการวิจัย

จากคำกล่าวของ คณะกรรมการภูมิสารสนเทศแห่งชาติ (2554) ได้ระบุว่า การพัฒนาด้านภูมิสารสนเทศของประเทศ ที่ผ่านมามีข้อจำกัดเป็นไปอย่างไร้ทิศทางขาดนโยบายโดยรวม มีความซ้ำซ้อนของการดำเนินการจัดทำข้อมูล ขาดความร่วมมืออย่างจริงจังระหว่างหน่วยงาน ขาดการแลกเปลี่ยนข้อมูลหรือการใช้ข้อมูลร่วมกัน การใช้งบประมาณที่ซ้ำซ้อนในสิ่งเดียวกันด้วยเงินทุนมหาศาลนับหมื่นล้านบาท ในการบริหารจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ตามภารกิจของหน่วยงานทั้งภาคบริการและภาครัฐกิจ ข้อมูลสารสนเทศที่มีอยู่นั้นกระจัดกระจายอยู่ในหน่วยงานต่าง ๆ มากมายอย่างไม่เป็นระบบ ข้อมูลจำนวนมากไม่ได้มีการจัดทำหรือรวบรวมให้เป็นฐานข้อมูลที่มีมาตรฐานเดียวกัน และรวมถึงรายงานสถานภาพ ด้านการพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศ (คค 2552) ที่ระบุว่า หน่วยงานในสังกัดกระทรวงคมนาคม ที่ยังไม่ได้มีระบบภูมิสารสนเทศมาใช้งาน พบว่า มีถึง 9 หน่วยงาน จากทั้งหมด 21 หน่วยงาน และหากพิจารณาจากกิจกรรมผลผลิต ประเภทการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ของ โครงการที่เกี่ยวข้องกับ FGDS ที่เป็นแผนการดำเนินปีงบประมาณ 2555 – 2558 ในแผนงานที่ 2 การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน ประกอบด้วย 1) บูรณาการชั้นข้อมูลเขตปกครอง 2) บูรณาการชั้นข้อมูลเส้นทางคมนาคม 3) บูรณาการชั้นข้อมูลแม่น้ำ ลำธาร แหล่งน้ำ 4) บูรณาการชั้นข้อมูลเขตชุมชน 5) บูรณาการชั้นข้อมูลการใช้ที่ดิน 6) บูรณาการชั้นข้อมูลป่าไม้ 7) บูรณาการชั้นข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ 8) บูรณาการชั้นข้อมูลแปลงที่ดิน และ 9) บูรณาการชั้นข้อมูลอุทกศาสตร์ทางทะเล ตามลำดับ (คณะกรรมการภูมิสารสนเทศแห่งชาติ, 2554. หน้า 42-45) เมื่อพิจารณาการบูรณาการชั้นข้อมูลเส้นทางคมนาคม จะระบุเฉพาะเส้นทางคมนาคมทางบกของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบทเท่านั้น และยังสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ภูมิสารสนเทศ คมนาคม ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2557 – 2560) ที่กำหนดหน่วยงานที่รับผิดชอบการบูรณาการและพัฒนาชุดข้อมูลพื้นฐานภูมิสารสนเทศเส้นทางคมนาคม ประกอบด้วย หน่วยงานหลัก คือ สำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคม และหน่วยงานร่วม คือ กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท และสำนักผังเมือง กรุงเทพมหานครฯ (คค, 2556 ข) ซึ่งไม่ปรากฏกิจกรรมที่สัมพันธ์กับการบูรณาการ หรือการพัฒนาชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานด้านคมนาคมทางอากาศแต่อย่างใด

เมื่อนำข้อสมมติฐานมาพิจารณาร่วมกับ โครงการพัฒนาท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต ในปีงบประมาณ 2555 - 2557 เพื่อให้สามารถรองรับปริมาณผู้โดยสารได้ 12.5 ล้านคนต่อปี ด้วยงบประมาณดำเนินการสูงถึง 5,791 ล้านบาท (การทำอากาศยานไทย, 2555) กับข้อเสนอแนะเพื่อความปลอดภัยในรายงานผลการสอบสวนอุบัติเหตุกรณี เครื่องบินของบริษัท วัน ทู โก แอร์ไลน์ จำกัด ประสบอุบัติเหตุ ณ ท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต เมื่อวันที่ 16 กันยายน พ.ศ. 2550 โดยคณะกรรมการสอบสวนอุบัติเหตุของอากาศยานในราชอาณาจักร (ออนไลน์) และ Skybrary

(Online) ที่ระบุให้ บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) “ เร่งรัดปรับปรุงขนาดความกว้างของ Runway Strip ให้ได้มาตรฐานตาม Annex 14 ของ ICAO หรือปรับปรุงประเภทของการร่อนลงด้วยเครื่องวัดประกอบการบิน (Instrument Approach) ให้เหมาะสมกับ Runway Strip ที่มีอยู่อย่างจำกัด รวมทั้งจัดให้มีการทำ Safety Management System (SMS) เพื่อควบคุมความเสี่ยงให้อยู่ในระดับความปลอดภัยตามมาตรฐานที่กำหนด ” (ภาพที่ 1-2)



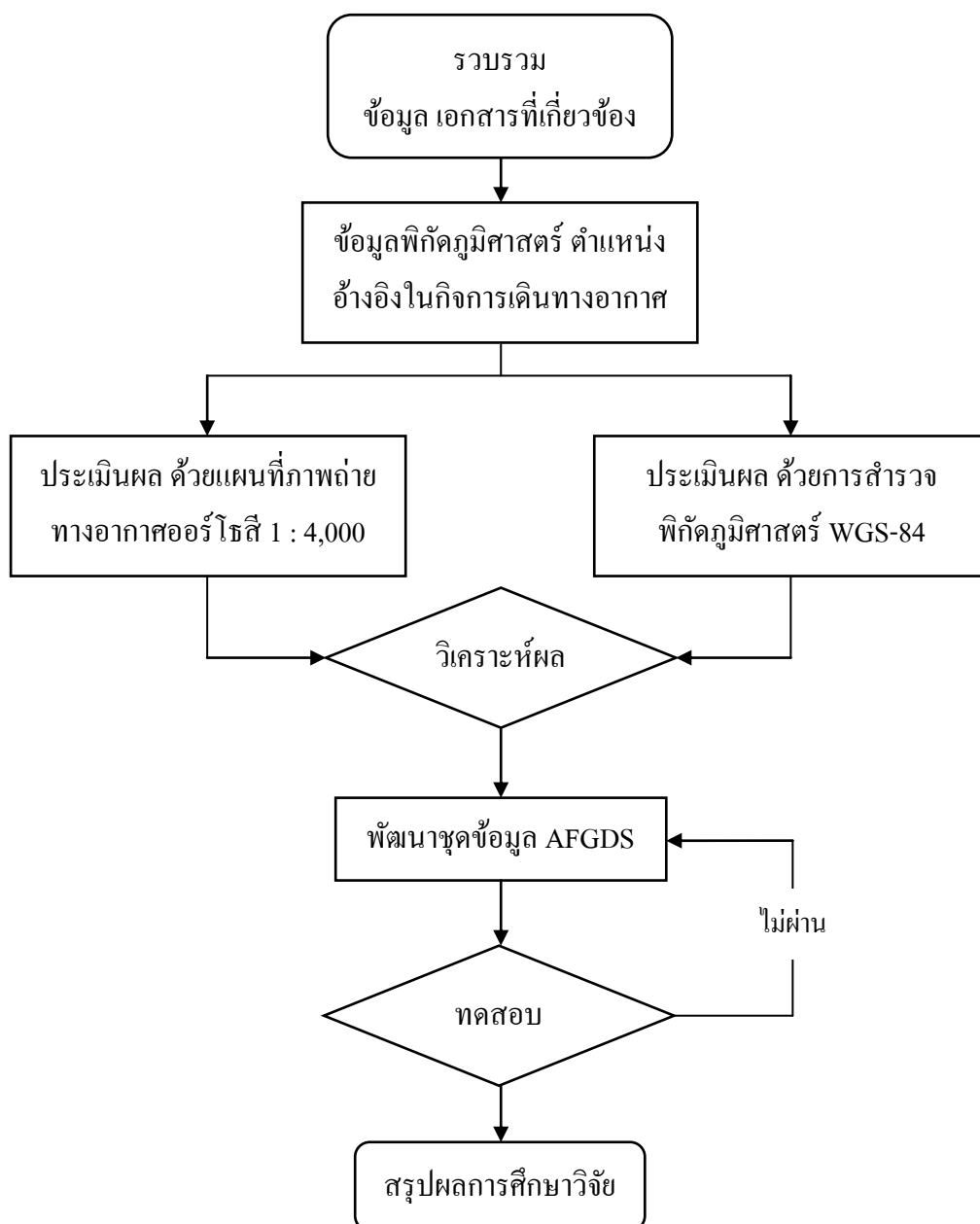
ภาพที่ 1-2 แผนที่รายละเอียดการปรับปรุงพัฒนาทางอากาศยานนานาชาติภูเก็ท

(ที่มา: จุฬา สุขมานพ, 2556)

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับ 6 กลุ่มงานตามแผนการพัฒนาท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ท คือ 1) งานออกแบบก่อสร้างเขตปฏิบัติการบิน 2) งานออกแบบก่อสร้างอาคารผู้โดยสาร 3) งานออกแบบก่อสร้างอาคารสนับสนุน และอาคารทดแทน 4) งานออกแบบและก่อสร้างระบบสาธารณูปโภค 5) งานศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม และ 6) งานจ้างที่ปรึกษาบริหารโครงการ ซึ่งก็ไม่สามารถว่ามีแผนการบ่งชี้ถึงการแก้ไขปรับปรุงขนาดความกว้างของ Runway Strip ให้ได้มาตรฐานดังที่คณะกรรมการสอบสวนอุบัติเหตุของอากาศยานในราชอาณาจักรให้ข้อเสนอแนะแต่อย่างใด

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนาชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานด้านคมนาคมทางอากาศ เพื่อประโยชน์ในการแบ่งปัน แลกเปลี่ยนข้อมูลเชิงเลขผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยมีกรอบแนวคิดในการวิจัย (ภาพที่ 1-3)



ภาพที่ 1-3 แสดงกรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

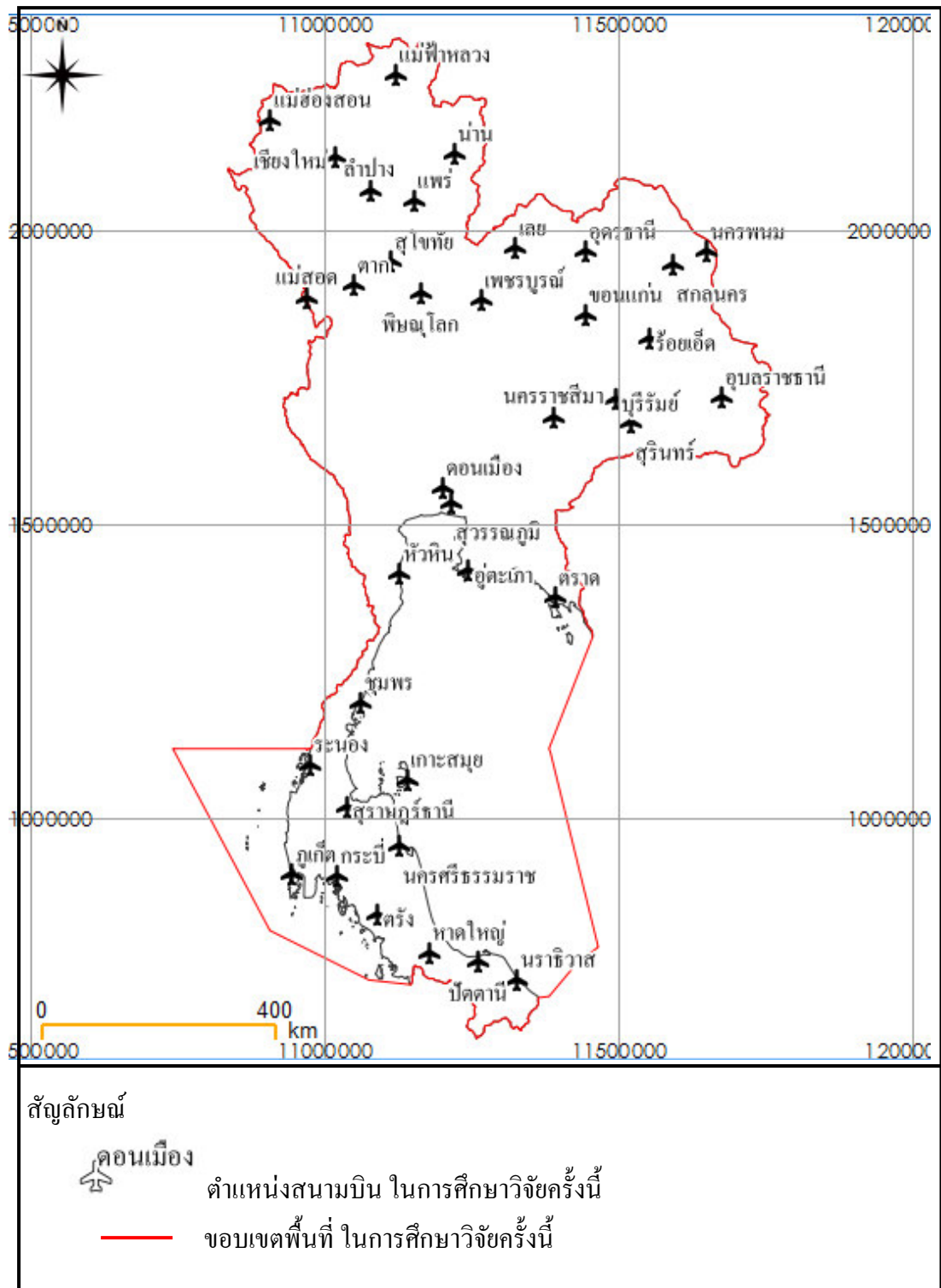
ผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

1. จัดให้มีชั้นข้อมูล AFGDS ที่สามารถให้บริการผ่านระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูล และคอมพิวเตอร์ ที่สามารถพัฒนาเป็นศูนย์กลางข้อมูล (Data Centric) ให้บริการสืบค้น บริการข้อมูล AFGDS ผ่านเว็บท่า (Web Portal / Clearinghouse) และแสดงผลแผนที่แบบออนไลน์ (Online) เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ CFIT ในประเทศ ที่มีเหตุปัจจัยจากการใช้ข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ไม่ได้เกณฑ์คุณภาพมาตรฐานกำหนด (ICAO, 2014) ในการวิเคราะห์ออกแบบแผนที่เส้นทางบิน (En-Route Chart) แผนที่การบินเข้าหาสนามบินด้วยเครื่องวัดประกอบการบิน (Instrument Approach Chart) หรือแผนที่การบินเข้าหาสนามบินด้วยทัศนวิสัย (Visual Approach Chart)

ขอบเขตของการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้กำหนดขอบเขตการศึกษาไว้ ดังนี้

1. ขอบเขตด้านข้อมูลภูมิสารสนเทศคมนาคมทางอากาศ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นข้อมูลตำแหน่งอ้างอิงในการเดินอากาศ ที่ประกาศเผยแพร่ในเอกสารแถลงข่าวการบินประเทศไทย (Aeronautical Information Publication Thailand : AIP-Thailand) และมีผลบังคับใช้ในปัจจุบันเช่น ตำแหน่งอ้างอิงทางการบิน ข้อมูลเส้นทางบิน ข้อมูลพื้นที่ให้บริการการเดินอากาศ เป็นต้น
2. ขอบเขตด้านพื้นที่ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ พื้นที่แถลงข่าวการบินกรุงเทพ (Bangkok Flight Information Region: Bangkok FIR) (ภาพที่ 1-4) ที่มีอาณาเขตด้านตะวันออกติดประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และราชอาณาจักรกัมพูชา ด้านใต้ติดกับประเทศมาเลเซีย และอ่าวไทย ด้านทิศตะวันตกติดทะเลอันดามันและประเทศสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา



ภาพที่ 1-4 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

ข้อจำกัดของการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีข้อจำกัดด้านประชากรศึกษาดังนี้ คือ

1. ข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ (ละติจูด, ลองจิจูด) ที่ระบุวิธีการได้มาด้วยการสำรวจ (Surveyed Point) เพื่อประเมินคุณภาพข้อมูลก่อนพัฒนาเป็นชุดข้อมูล AFGDS เป็นข้อมูลที่ผู้ศึกษาวิจัยได้ออกงานสนามเก็บข้อมูลร่วมกับ กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย และสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ระหว่างปี พ.ศ. 2549 – 2557 ซึ่งเป็นช่วงเวลา ที่กรมแผนที่ทหารได้เร่งรัดปรับปรุงโครงข่ายหลักฐาน GPS ใหม่หลังเหตุการณ์แผ่นดินไหวครั้งใหญ่เรียบร้อยแล้ว (ชัยวัฒน์ พรหมทอง และคณะ, 2550) ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ประกาศใน AIP-Thailand สำหรับพัฒนาชุดข้อมูล AFGDS ในครั้งนี้

ยกเว้นข้อมูลประชากรของ สนามบินสุโขทัย สุวรรณภูมิ และสุรินทร์ ซึ่งอยู่ระหว่างดำเนินการขอรับการสนับสนุน กรมแผนที่ทหาร จึงยังไม่ปรากฏผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

2. ข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ (ละติจูด, ลองจิจูด) ที่ระบุวิธีการได้มาด้วยการคำนวณ (Calculated Point) หรือการประกาศ (Declared Point) ผู้ศึกษาพิจารณาใช้ข้อมูลใน AIP-Thailand โดยตรงสำหรับพัฒนาชุดข้อมูล AFGDS ในครั้งนี้ ได้แก่ ตำแหน่งจุดสำคัญทางการบิน (Significant Point)

นิยามศัพท์เฉพาะ

ชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานด้านคมนาคมทางอากาศ (Aeronautical Fundamental Geographic Data Set: AFGDS) หมายถึง ชุดข้อมูลที่เป็นสื่อกลางสำหรับแลกเปลี่ยน และใช้ประโยชน์ร่วมกันด้านภูมิสารสนเทศในกิจการคมนาคมทางอากาศ รวมถึงการใช้งานร่วมกับชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานอื่น ๆ ผ่านทางระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูล และคอมพิวเตอร์ได้

บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

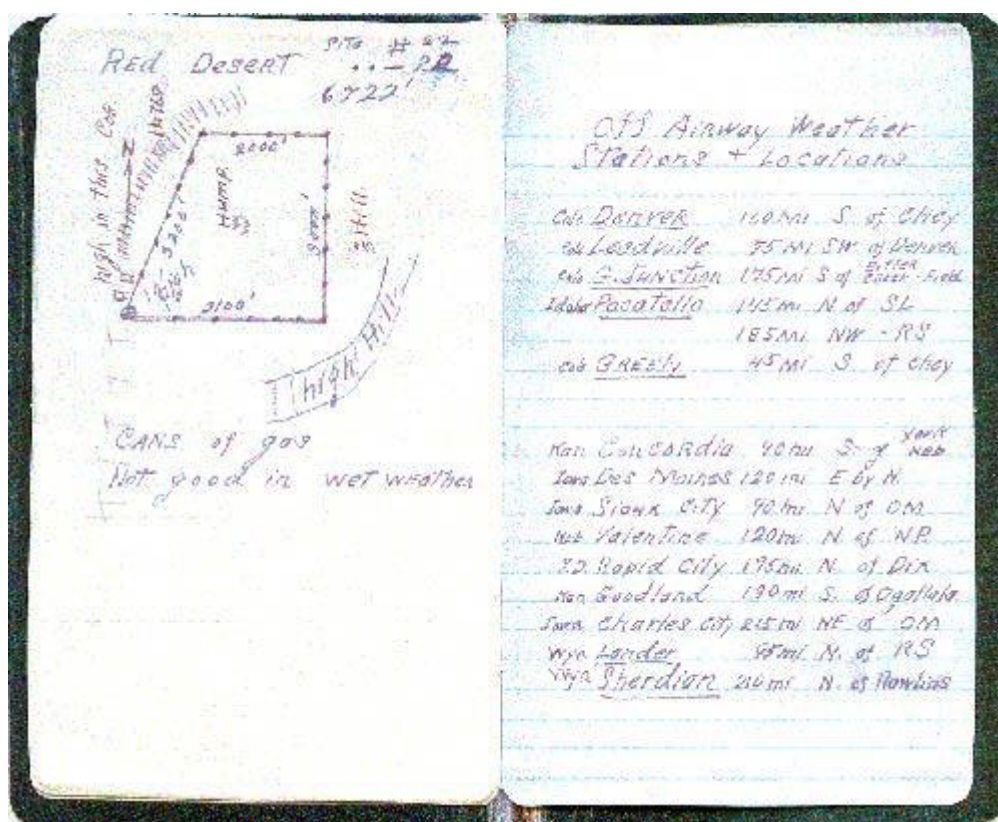
ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาข้อมูล AFGDS พร้อมนำเสนอรายละเอียดเนื้อหาตั้งแต่ประวัติความเป็นมาของการจัดทำบันทึกข้อมูลที่นักบินใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการเดินทางทางอากาศในยุคเริ่มแรก และได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงตามวิทยาการในแต่ละช่วงยุคสมัย จนถึงยุคสมัยที่คอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศได้เริ่มเข้ามามีบทบาท เพื่อเป็นการปูพื้นฐานให้เข้าใจถึงปัจจัยปัญหา และความสำคัญจำเป็นของข้อมูลเชิงพื้นที่ ที่เป็นปัจจัยสำคัญในอุตสาหกรรมการให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศเดินทางอากาศของประเทศที่พัฒนาแล้ว ทำหน้าที่เป็นกระจกสะท้อนให้เห็นถึงระบบการให้บริการข้อมูลสารสนเทศการเดินทางอากาศของประเทศได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีเนื้อหาการศึกษาดังนี้

1. วิวัฒนาการ การผลิตแผนที่การเดินทางอากาศ
2. ระบบแม่ข่ายแผนที่
3. งานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง
4. สรุปผลการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิวัฒนาการ การผลิตแผนที่การเดินทางอากาศ

ด้วยสองพี่น้องตระกูล ไรต์ (Wright) คือ วิลเบอร์ (Wilbur) และ ออวิลล์ (Orville) ได้ทำการบินเที่ยวบินประวัติศาสตร์ ด้วยเครื่องบินชื่อ ฟลายเออร์ (Flyer) ในวันที่ 17 ธันวาคม 1903 ที่คิลล์ เดฟิวลด์ ฮิลล์ รัฐนอร์ท คาโรไลนา (North Carolina) สหรัฐอเมริกา ที่สามารถเคลื่อนที่เป็นระยะทางได้ 850 ฟุต ทั้งสามารถลอยตัวอยู่ในอากาศได้เป็นระยะเวลา 59 วินาที เป็นครั้งแรก ต่อมาภายหลังก็ได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพความเร็วในการบินที่เพิ่มขึ้นเป็น 56 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รวมถึงสามารถบรรทุกผู้โดยสารได้ จำนวน 1 คน และทำการบินระยะทางไกลข้ามทวีปไปประเทศอังกฤษ และฝรั่งเศสได้ ซึ่งถือเป็นจุดเปลี่ยนที่สำคัญที่ผลิตโฉมและสร้างประวัติศาสตร์ครั้งสำคัญในวงการการบิน (NASA, Online) ต่อมาไม่นานหลังจากนั้น Charles L.(Chuck) McGaugh Jr. (2004) ได้กล่าวว่า หลังจากนั้นท้องฟ้าก็เริ่มเต็มไปด้วยเครื่องบิน โดยในช่วงแรกของการบินนี้จะถูกจำกัดการบินอยู่ในวงจำกัดด้านระยะทางไกล ๆ ด้วยทัศนวิสัยการมองเห็นภายใต้สภาพอากาศปลอดโปร่ง

ที่เอื้อต่อการมองเห็นภูมิประเทศได้ชัดเจน ซึ่งจะมีผลต่อสิ่งที่จะเป็นอันตรายในการบินได้ โดยเครื่องบินจะใช้เส้นทางคมนาคมเป็นตัวนำทาง ต่อเมื่อทัศนวิสัยการมองเห็นลดลง จึงจะลดระดับการบินให้ต่ำเรียบไปตามทางรถไฟ ถนน แม่น้ำ เป็นต้น จึงเป็นที่มาของวลี “บินไปตามอ้อมกอด” อ้างอิงจากการบินตามเส้นทางรถไฟสายยูเนียนแปซิฟิก (Union Pacific Lines) ที่ขณะนั้นนักบินส่วนมากจะทำบันทึกข้อมูลการบินส่วนตัวไว้เป็นเครื่องมือช่วยในการนำทางให้พวกเขาสามารถบินไปยังสนามบินที่ห่างไกลได้มากขึ้น (ภาพที่ 2-1)



ภาพที่ 2-1 สมุดบันทึกข้อมูลการบินในยุคแรก (ที่มา http://dmairfield.com/people/jepesen_eb/)

และเมื่อมีความต้องการเครื่องมือนำทางสำหรับนักบินใหม่ ๆ ที่ไม่คุ้นเคยกับสภาพแวดล้อม จึงเริ่มมีการแลกเปลี่ยนซื้อขายบันทึกส่วนตัวยุคนั้นให้กับนักบินคนอื่น ๆ ที่จะทำการบินบนเส้นทางดังกล่าว และเป็นจุดเริ่มต้นให้นักบินชื่อ เอิรย์เล บอร์ก เจพเพิน (Elrey Borge Jeppesen) ได้ก่อตั้งบริษัท ซื้อขายข้อมูลการบินขึ้น ถึงแม้จะมีข้อมูลการเดินทางอากาศที่ดีที่สุดในขณะนั้น แต่การบินก็ยังถูกจำกัดด้วยการมองเห็นอยู่ จนต่อมาในปี 1930 เป็นยุคที่เริ่มมีการใช้เทคโนโลยีวิทยุช่วยนำทางการบิน ที่มีความสามารถนำทางได้เป็นระยะทางไกล ๆ ให้กับนักบินสามารถบินผ่านสภาพแวดล้อมที่ไม่คุ้นเคยหรือแม้ในช่วงทัศนวิสัยการมองเห็นต่ำ (Low Visibility)

จนกระทั่งปี 1941 จึงได้เริ่มนำบันทึกข้อมูลการบินมาผลิตเป็น แผนที่การบินใช้เป็นครั้งแรก รวมถึงการพัฒนาเชื่อมโยงบริการข้อมูลให้กับนักบินที่มีความจำเป็นที่จะบินลงจอดในสภาวะทัศนวิสัยการมองเห็นต่ำ

ต่อมาในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 ประมาณปี 1943 เหล่านักบินมีความต้องการแผนที่การเดินทางในอากาศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 500,000 เป็น 11 ล้านชุด / ปี ตามความต้องการของกองทัพทั้ง ทหารบก ทหารเรือ และทหารอากาศ แต่การจะสร้างแผนที่การเดินทางในอากาศเพื่อตอบสนองความต้องการของกองทัพในช่วงสงคราม และในช่วงท้ายของสงคราม จึงประจักษ์ชัดว่า ผลิตภัณฑ์แผนที่ที่ได้มาตรฐาน และการใช้สัญลักษณ์ที่ถูกต้อง นับเป็นสิ่งจำเป็นที่สนับสนุนการเดินทางทางอากาศระหว่างประเทศภายหลังสิ้นสุดสงคราม และนับเป็นเหตุผลให้สหรัฐอเมริกา ได้เริ่มต้นศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการบินพลเรือนอีกครั้งหนึ่ง เพื่อยืนยันปัญหาที่พวกเขาได้เคยศึกษามาก่อนหน้านั้น เพื่อที่จะได้รับการจัดการแก้ไขในระดับเวทีโลก และในปีต่อมาจึงได้เห็นกระแสการจัดตั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับสมาคมการบิน และการเดินทางต่าง ๆ ที่เราเห็นได้ในทุกวันนี้ ซึ่งในปี 1926 สำนักงานบริหารการบินแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (Federal Aviation Administration: FAA) ได้เริ่มสนับสนุนกิจการการบินพลเรือนในสหรัฐอเมริกา และเป็นกระบอกเสียงสำคัญในเวทีระดับโลก และองค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ เป็นหน่วยงานชำนาญการพิเศษของสหประชาชาติ ที่จัดตั้งขึ้นเพื่อเป็น หน่วยงานด้านวางกฎระเบียบ ข้อบังคับต่าง ๆ เพื่อความมีประสิทธิภาพ และความปลอดภัยในกิจกรรมการบินสากลระหว่างประเทศ โดยองค์กรต่าง ๆ ได้ให้ความสนใจกับผลิตภัณฑ์ด้านการบินเพื่อจะให้มีมันใจได้ว่า เครื่องบินทุกลำที่กำลังบินอยู่ต่างใช้ข้อมูลเดียวกันทั่วโลก ที่มีรอบการทบทวนปรับปรุงทุก ๆ 28 วัน และยังทำหน้าที่กำกับดูแลว่าแผนที่สนามบินทั่วโลก ที่สายการบินใช้ให้มีการปรับปรุงทุก 28 วัน ด้วยเช่นเดียวกัน

ด้วยข้อจำกัดด้านมาตรฐานสากล จึงกลายเป็นความท้าทายที่ยิ่งใหญ่ และจากความท้าทายนี้จึงเป็นภาระหน้าที่ของแผนกข้อมูลการบิน ในสังกัดหน่วยงานบริการข้อมูลภูมิสารสนเทศ อัจฉริยะแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Geospatial Intelligence Agency: NGA) ด้วยเอกสารเผยแพร่ข้อมูลการบิน (Flight Information Publications: FLIP) ถูกสร้างขึ้นที่แผนที่ และด้วยกระบวนการผลิตแผนที่การเดินทางในอากาศเหล่านี้ ต้องใช้บุคลากรจำนวนมากในการวิเคราะห์ข้อมูลการเดินทางในอากาศ ผู้เชี่ยวชาญด้านการรับรองคุณภาพ ผู้รับจ้างซ่อมบำรุงแผนที่ต้นฉบับ (Negative Maintenance) ที่มีความพยายาม และความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านอย่างมีนัยสำคัญ คือ ความจำเป็นสำคัญในการบำรุงรักษาแผนที่การเดินทางในอากาศ ด้วยนักวิเคราะห์พื้นที่ภูมิศาสตร์ ได้จัดทำร่างมาตรฐานการสร้างภาพพิมพ์แผนที่ซ้อนทับ และคู่มือการซ่อมบำรุงแผนที่ต้นฉบับ ที่มีความแม่นยำ

เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเปลี่ยนแปลงแก้ไขแผนที่ ที่มีความซับซ้อนเล็กน้อย นักวิเคราะห์พื้นที่ภูมิศาสตร์ได้สร้างสรรค์ผลงานศิลปะขึ้นจากข้อสรุปเล็ก ๆ ที่อธิบายถึงรายละเอียดรูปภาพ และคำแนะนำมาตรฐาน เนื่องจากความซับซ้อนในการทำงาน และเทคนิคการเขียนที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลทั้งหมดจะต้องได้รับการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ และผู้เชี่ยวชาญด้านการรับรองคุณภาพในลำดับต่อไป เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลแผนภาพซ้อนทับมีความถูกต้องได้มาตรฐานทั่วทั้งหมดก่อนจัดส่งให้กับผู้รับจ้างใช้เป็นข้อมูลตั้งต้น สำหรับใช้มือวาด หรือพิมพ์ภาพเพื่อสร้างแถบฟิล์มเทียนไขตัวอักษร และภาพสัญลักษณ์ ที่แต่ละคนจะสามารถนำไปใช้แก้ไขได้ด้วยตัวเอง ด้วยการขุดลบบภาพและคำอธิบายประกอบเดิมออก และแก้ไขเป็นแผนที่ต้นแบบรุ่นใหม่ ๆ ที่มีมากกว่า 1,000 รายการต่อเดือน ถือเป็นกระบวนการที่จำเจ และต้องการทักษะการทำงานที่ดี ด้วยสี่แต่ละสี่ทั้ง 4 สีที่ใช้บนแผนที่ จะต้องถูกแยกเป็นชั้น ๆ ต่างหากเพื่อสะดวกในการเพิ่มลงบนแผนที่หลักเท่าที่จำเป็น และนับเป็นวัฏจักรที่มีความซับซ้อนมากที่สุดที่ผู้รับจ้างซ่อมบำรุงรักษาดูแลการผลิตมากกว่า 145 ชุด และแต่ละชุดประกอบด้วย 6 ชั้นข้อมูลหลัก ๆ ดังนั้น ความถูกต้องจึงเป็นหัวใจสำคัญ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าเมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาซ้อนทับเข้าด้วยกันเรียบร้อยแล้วจึงจะพิมพ์เป็นแผนที่เส้นทางบินที่สมบูรณ์ได้ และด้วยการเปลี่ยนแปลงจำนวนมากดังกล่าว จึงมีความเป็นไปได้ที่จะก่อให้เกิดข้อผิดพลาดจากการกระทำของมนุษย์ขึ้นได้ในหลาย ๆ ขั้นตอนของกระบวนการผลิตแผนที่ เพื่อให้ได้คุณภาพที่สมบูรณ์สม่ำเสมอ จึงจำเป็นต้องใช้ทักษะความพยายามที่ดี การตรวจสอบ และการทำงานซ้ำ ๆ หลายชั่วโมง ก่อนจะถึงขั้นตอนการพิมพ์เพื่อเผยแพร่สำหรับใช้งานต่อไป

ต่อไปนี้เป็นเหตุผลสำคัญที่ NGA ได้อธิบายถึงจุดเปลี่ยนแปลงสำคัญของขั้นตอนการผลิตแผนที่ที่ยุ่ยากซับซ้อนที่ผ่านมาในหลายทศวรรษ ได้อย่างน่าประหลาดใจด้วยการใช้เทคโนโลยีหรือเทคนิคการติดทับ (Stick-Up) เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเปลี่ยนแปลง แถบฟิล์มเทียนไข ได้เป็นที่รู้จักกันดีในการซ่อมแซมจุดอ่อนในห่วงโซ่การผลิตแผนที่เดินอากาศที่ผ่านมาจนในที่สุดก็ถึงจุดเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลง จากวิกฤตการณ์ Stick-Up ในปี 2002 ที่มีสาเหตุจากผู้ผลิตแถบฟิล์มข้อมูลปิดทับ ที่มีเพียงรายเดียวของโลกจะหยุดสายการผลิตลง อีกทั้งไม่มีผู้ผลิตแถบข้อมูลปิดทับรายใหม่ขึ้นทดแทน และรวมถึงแถบข้อมูลปิดทับสำหรับแก้ไขแผนที่เดิมที่เก็บสำรองไว้จะหมดลง จึงเป็นสาเหตุจำเป็นให้เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยกลุ่มนักพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และแผนที่พร้อมที่จะให้การสนับสนุน เพื่อเป็นทางออกสำหรับการแก้ไขวิกฤตการณ์นี้ แต่อุปสรรคสำคัญยิ่งใหญ่ของการแก้ไขวิกฤตการณ์นี้ คือ การขาดแคลนข้อมูล และการมีอยู่ของฐานข้อมูลด้านการเดินอากาศปัจจุบันทั้งคุณภาพข้อมูล รายละเอียดสิ่งบ่งชี้พิเศษ และอีกหนึ่งปัญหาที่สำคัญ คือ ข้อมูลไม่ได้จัดให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geospatial Data) ดังนั้น NGA จึงได้ร้องขอความช่วยเหลือไปยังสถาบันวิจัยระบบสิ่งแวดล้อม (Environment System Research Institute: ESRI)

ที่ เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ฐานราก (Platform) ภูมิสารสนเทศในการ
แก้ปัญหาวิกฤตการณ์ Stick-Up ดังกล่าว

ในความพยายามของ NGA และ ESRI ที่จะข้ามผ่านอุปสรรคทางเทคโนโลยี เพื่อสร้าง
กระบวนการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ฐานราก ในการสร้างมาตรฐานการผลิตแผนที่
การเดินอากาศที่สมบูรณ์ด้วย การเข้าถึงระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geodatabase) ด้วยความพยายาม
ร่วมกันของทีมงานในการระบุเขตข้อมูล (Fields) เกี่ยวกับการบินได้ถูกนำมาบรรจุในฐานข้อมูลเชิง
พื้นที่ในผลิตภัณฑ์ ArcSDE (Spatial Database Engine) สำหรับนำเข้าข้อมูลก่อนส่งออก ไป
จัดรูปแบบ (Pre-Formatted) เพื่อผลิตเป็นแผนที่การเดินอากาศ โดย NGA จะมีหน้าที่รับผิดชอบการ
ปรับปรุงและใส่ข้อมูลในระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นประจำทุกสัปดาห์ ให้เหมาะสมต่อการ
ส่งออกไปผลิตเป็นแผนที่การเดินอากาศ ซึ่งในขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลสู่ระบบฐานข้อมูลนั้น
สามารถกระทำได้ง่าย และรวดเร็วโดยการเพิ่มฟังก์ชันการเพิ่ม การแก้ไข การลบ และส่งต่อข้อมูล
ผ่านระบบถ่ายโอนแฟ้มข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ผ่านอินเทอร์เน็ต (File Transfer Protocol: FTP)
ไปยังเซิร์ฟเวอร์ ESRI เพื่อให้มั่นใจต่อคุณภาพข้อมูลที่ได้ผ่านการตรวจสอบซ้ำ ๆ ในหลายขั้นตอน
ก่อนการนำเข้าจะมีชุดเงื่อนไขสำหรับประเมินคุณภาพอัตโนมัติ ข้อมูลจึงจะสามารถผ่านชุด
ตรวจสอบการกำหนดลักษณะ การตรวจสอบเชิงพื้นที่ และตรวจสอบสภาพที่เกิดขึ้นจริงของข้อมูล
ที่จะทำการตรวจสอบตำแหน่งการจัดวางแผนที่ ความหนาแน่นของสัญลักษณ์ และความเชื่อมั่นใน
การวางตำแหน่งทิศทางของสัญลักษณ์ และข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์

เนื่องจากซอฟต์แวร์ และ ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ เป็นรากฐานสำคัญในการเปลี่ยนแปลงการ
บริหารจัดการข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากกว่าการผลิตแผนที่เดินอากาศแบบดั้งเดิม การนำเข้าข้อมูล
มีความถูกต้องมากขึ้น โดยการขจัดความเป็นไปได้ของความผิดพลาดต่าง ๆ ที่จะเกิดแต่ละขั้นตอน
ของห่วงโซ่การผลิตออกไป เมื่อข้อมูลคุณลักษณะมีการปรับปรุงแล้วก็จะถูกโอนจากฐานข้อมูล
NGA ไปสู่ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของ ESRI ได้อย่างอัตโนมัติ และสามารถแสดงผลบนแผนที่การ
เดินอากาศที่เกี่ยวข้องทั้งหมดได้ในทันที เช่นเดียวกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของการแก้ไข
ปรับปรุงได้โดยอัตโนมัติ ที่ได้จากการเชื่อมโยงข้อมูลคุณลักษณะ และคำอธิบายประกอบที่มี
ประสิทธิภาพ จึงเป็นผลโดยตรงต่อคุณภาพของแผนที่การเดินอากาศให้ดีขึ้น จากการปรับปรุง
ขั้นตอนการทำงานดังกล่าวนี้ ได้เปลี่ยนแปลงการทำงานให้น้อยลงด้วยระบบอัตโนมัติ รวมถึงคู่มือ
การขจัดความเป็นไปได้ในการแพร่กระจายของข้อผิดพลาดต่าง ๆ ทั้งยังเป็นส่วนตรวจสอบข้อมูล
หลังจากนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลการเดินอากาศ ที่อาศัยการเชื่อมโยงข้อมูลคุณลักษณะคำอธิบาย เป็น
สิ่งจำเป็นในการแก้ปัญหาในการวิเคราะห์ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง และยืนยัน สำหรับกำหนดการ
เปลี่ยนแปลงข้อมูลภูมิสารสนเทศการเดินอากาศ (Aeronautical GIS) ด้วยซอฟต์แวร์อัตโนมัติ ขั้นตอน

กระบวนการทำงานเป็นการสร้างเงื่อนไขเชิงคุณภาพที่รวมถึงการใช้องค์ประกอบในการทบทวน ติดตามยืนยันพิสูจน์คุณภาพการเปลี่ยนตำแหน่ง จากสองปีหลังที่ได้เริ่มต้นศึกษากระบวนการจัดทำ แผนที่เดินอากาศด้วยระบบภูมิสารสนเทศ ที่ช่วยจัดข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่นับไม่ถ้วนออกไปจาก กระบวนการผลิต และยังสามารถนำไปใช้ในการผลิตทัศนภาพที่ประเภทอื่น ๆ ได้อีกด้วย

จากความสำเร็จในการนำเข้าสู่ข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทข้อมูลจุด (Point) ลายเส้น (Line) และรูปปิดหลายเหลี่ยม (Polygon) ฐานข้อมูลได้โดยอัตโนมัติ และการใช้ประโยชน์ชุดคำสั่ง เงื่อนไขในระบบฐานข้อมูลในการจัดเก็บข้อมูลได้มากกว่า 5 ล้านข้อมูล ที่ประกอบด้วยข้อมูลแผนที่ ฐาน (Base Map) และข้อมูลด้านการเดินอากาศ (Aeronautical Data) ข้อมูลสิ่งกีดขวาง (Obstacle Information) และข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ (Terrain Information) รวมถึงข้อกำหนดด้านมาตรา ส่วนจำเพาะ (Specific Scales) สำหรับการควบคุมปริมาณข้อมูลที่แสดงผลบนแผนที่การ เดินอากาศ และ NGA มีแผนจะเปลี่ยนผ่านกระบวนการดังกล่าวในปลายปี 2004

จากผลการศึกษาวิวัฒนาการของแผนที่การเดินอากาศที่ (Charles, 2004) กล่าวไว้ข้างต้น พบว่า มีความคล้ายคลึงกับวิวัฒนาการการทำแผนที่ประเภทอื่น ๆ ที่ (Williams, 1995) ได้ศึกษาไว้ว่า ในอดีตที่ผ่านมาที่เริ่มด้วยการวาดลายเส้น เดิมตัวอักษร สัญลักษณ์ และสี ลงบนผืนผ้า หรือกระดาษ ให้ออกมาเป็นแผนที่ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเดินทางสำรวจหรือการคมนาคมติดต่อ ค้าขายระหว่างกัน การกำหนดทิศทางตามทิศเหนือ โดยอ้างอิงดวงอาทิตย์หรือดวงดาว สำหรับมาตรา ส่วนก็ใช้การเดินนับก้าว และนำระยะทางจริงบน โลกมาย่อลงบนกระดาษหรือผ้าที่จัดทำแผนที่ ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ ในการจัดทำแผนที่ชุดเดียวกัน จะต้องมีการสำเนาหรือคัดลอกโดยการนำ กระดาษหรือผ้าอีกชุดหนึ่งมาวางทาบแล้วลอกถ่ายที่ได้ทำไว้ อาจเกิดการผิดพลาด ด้านตำแหน่งที่ตั้ง ของสถานที่ ตลอดจนถนนหรือเส้นทางที่คลาดเคลื่อนเสมอ ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถของบุคคลที่ ทำการคัดลอก รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ เช่น วัสดุที่ใช้ในการทำแผนที่ ความชื้นที่ทำให้กระดาษหดตัว เป็นต้น นอกจากนี้การแก้ไขข้อมูลตัวอักษร หรือสัญลักษณ์อื่น ๆ กระทำได้ยาก เพราะการแก้ไขอาจทำให้ แผนที่ต้นฉบับชำรุดได้

ต่อมาวิทยาการทางวิทยาศาสตร์ได้พัฒนามากขึ้น นักวิทยาศาสตร์จึงได้ทำการศึกษา ค้นคว้าวิจัยทดลองประดิษฐ์สิ่งอำนวยความสะดวกในการทำแผนที่ขึ้นมากมาย ดังเช่น สถาปนิก ทางด้านทัศนียภาพชาวอเมริกาชื่อ Mcharg, I. L. ได้ใช้แผนที่กระดาษใบในลักษณะที่ซ้อนทับกัน บนโต๊ะที่มีแสงไฟส่องขึ้น เพื่อแสดงผลงานของเขาที่ชื่อ Design With Nature ด้วยกรรมวิธีดังกล่าว จึงมีผู้เปรียบเทียบบว่าคล้ายกับการเล่นกีฬาโยนิมาสติกบนโต๊ะ (Light Table Gymnastics) การใช้ ประโยชน์จากแผนที่ลักษณะในนี้จะมีความยุ่งยาก เมื่องานที่ต้องการวิเคราะห์มีความซับซ้อนมาก ในยุคที่คอมพิวเตอร์ยังไม่มืบทบาท ได้มีการนำเครื่องถ่ายเอกสารช่วยในการผลิตแผนที่ โดยผู้จัดทำ

แผนที่จะต้องทำแผนที่ลงบนแผ่นใส โดยแยกชั้นข้อมูล (Layer) ของแผนที่ออกจากกัน เพื่อให้ง่ายต่อการแก้ไขข้อมูลต่าง ๆ เช่น ลายเส้น สัญลักษณ์ สี และตัวอักษร ตัวอย่างเช่น การทำแผนที่ชุมชนหนึ่งจะต้องมีการจัดทำแผนที่ขอบเขตหรืออาณาเขตการปกครองของชุมชน 1 ชุด แผนที่เส้นทางคมนาคมทางบก 1 ชุด แผนที่คมนาคมทางน้ำ หรือแหล่งน้ำ 1 ชุด ตำแหน่งที่ตั้งบ้านเรือน 1 ชุด แผนที่การใช้ที่ดินด้านการเกษตร 1 ชุด โดยแผนที่แต่ละชุด จะต้องมียุคของหมุดหลักฐานที่ใช้ในการตรึงพิกัดภูมิศาสตร์เข้าด้วยกันให้สามารถซ้อนทับกันได้สนิทไม่เหลื่อมกัน เมื่อต้องการผลิตเป็นแผนที่ก็นำแผ่นใสแต่ละชุดมาวางซ้อนทับกัน และพยายามให้มีการเหลื่อมกันน้อยที่สุด แล้วทำการสำเนา ลงบนกระดาษหรือแผ่นใสชุดใหม่

ประมาณปี พ.ศ. 2503 (ค.ศ. 1960) ได้เริ่มมีการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาประยุกต์เพื่อการวิเคราะห์จัดการข้อมูลเชิงพื้นที่โดยหน่วยงาน LUNRI (The Land Use and Natural Resources Inventory) แห่งมลรัฐนิวเจอร์ซีย์ ประเทศสหรัฐอเมริกา และหน่วยงาน CGIS (The Canadian Geographic Information System) ในประเทศแคนาดา ที่จัดได้ว่าเป็นสองหน่วยงานแรก ที่นำเทคโนโลยี GIS มาใช้ โดยเน้นการนำภาพถ่ายทางอากาศมาใช้ร่วมกับแผนที่ต่าง ๆ เพื่อจัดทำคลังข้อมูลเชิงพื้นที่ด้านทรัพยากรต่าง ๆ เก็บไว้ในระบบ GIS ได้แก่ ข้อมูลด้านการเกษตร ข้อมูลเกี่ยวกับดิน ข้อมูลป่าไม้ ข้อมูลเกี่ยวกับชีวิตสัตว์ป่า และข้อมูลทางธรณีวิทยา เทคโนโลยี GIS ได้รับความสนใจและได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดี โดยมลรัฐนิวเจอร์ซีย์ให้ความสนับสนุนหน่วยงาน LUNRI ส่วนหน่วยงาน GIS นั้นได้รับความช่วยเหลือจากรัฐบาลแคนาดา เทคโนโลยี GIS ได้รับความพัฒนาเรื่อยมาจนถึงปี พ.ศ. 2504 (ค.ศ. 1961) สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่คาดหวังไว้ แต่อย่างไรก็ตามยังคงประสบปัญหา คือ อุปกรณ์และเครื่องคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในช่วงเวลานั้นยังไม่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ร่วมกับ GIS ไม่ว่าจะทั้งด้านประสิทธิภาพและราคาที่แพงมาก ด้วยปัญหาดังกล่าวเป็นส่วนที่กระตุ้นให้มีการปรับปรุงระบบ และอุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาเทคโนโลยี GIS ในเวลาต่อมา ณ ห้องปฏิบัติการด้าน Graphic ของมหาวิทยาลัยฮาวาร์ด (Harvard University) ได้พัฒนาระบบคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการปฏิบัติงานด้านการวิเคราะห์แผนที่ โปรแกรมที่พัฒนาในระยะแรก ได้แก่ SYMAP, GRID และ IMGRID ที่สามารถซ้อนทับข้อมูลแผนที่ได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากกว่าการทำด้วยมือ นอกจากนั้น ระบบยังสามารถใช้ในการจัดเก็บ และจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ ทำให้นักวางแผนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เป็นครั้งแรก และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อช่วยในการจัดเก็บข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ให้ดีขึ้น สำหรับการผลิตแผนที่นั้นการที่ต้องการความถูกต้อง และสามารถช่วยตอบคำถามต่าง ๆ ได้นั้นต้องอาศัยทักษะการฝึกฝน และการเรียนรู้ เมื่อมีการนำระบบคอมพิวเตอร์มาผลิตแผนที่อย่างเป็นระบบมากขึ้น นอกเหนือไปจากการผลิตแผนที่ได้สวยงามผ่าน

จอแสดงผลแล้วยังสามารถสอบถามข้อมูล เช่น แหล่งที่ตั้งของสถานที่ต่าง ๆ รวมไปถึงการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่ถูกผลกระทบหากเกิดภัยธรรมชาติ ได้ตามสมมติฐานผ่านระบบแผนที่คอมพิวเตอร์ที่มีส่วนช่วยในการวางแผนการพัฒนาชุมชนของตนเองได้ และสามารถเตรียมการระงับภัยให้กับชุมชนตนเองได้ต่อไป การที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะตอบสนองความต้องการดังกล่าวได้นั้น ระบบคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีส่วนช่วยในการพัฒนาระบบข้อมูล GIS ด้านการรวบรวม จัดเก็บ วิเคราะห์ เรียกค้นข้อมูล การแสดงผลข้อมูลทำให้ง่ายต่อการสืบค้นข้อมูล และการประมวลผลข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สำหรับประเทศไทย วรรณิต มวลยวงศ์ (2529) ได้ศึกษาไว้ว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ GIS ถือว่าเป็นเรื่องใหม่ ที่ได้รับความสนใจกันมากในปัจจุบัน แต่ความเป็นจริงได้มีการศึกษาวิจัยเทคโนโลยี GIS นานมาแล้วหลายปีเพียงแต่ไม่ได้เรียกว่า GIS เท่านั้น เช่น การศึกษาการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ได้มีการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ที่ดิน (Land-Use) ลักษณะพืชพรรณ (Vegetation Type) ความสูง (Elevation) ความลาดชัน (Slope) ทิศด้านลาด (Aspect) ธรณีวิทยา (Geology) และดิน (Soil) ของพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา ข้อมูลเหล่านี้จัดอยู่ในรูปของแผนที่ ซึ่งจัดว่าเป็นระบบข้อมูลทางภูมิศาสตร์หรือ GIS ประเภทหนึ่ง และก่อนจะมีการใช้ GIS กับเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นมีการใช้คอมพิวเตอร์ในการทำ Map Processing ก็คือ แผนที่นั่นเอง เช่นเวลาที่มองบนกระดาษก็เห็นเป็นเส้นเป็นแนว เป็นตัวอักษรแสดงชื่อสถานที่ และเป็นเครื่องหมาย หรือสัญลักษณ์แสดงลักษณะต่าง ๆ ของภูมิศาสตร์ แต่เมื่อพิจารณาดูให้ดีจะเห็นว่าข้อมูลบนแผนที่นั้น คือ Location Index อย่างเช่น ลองจิจูด ละติจูด ดังนั้นการทำ Map Processing ก็คือการเปลี่ยนระบบพิกัดแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่งนั่นเอง รวมทั้งการย่อขยายหรือเปลี่ยนมาตราส่วนของแผนที่ด้วย และการเรียกค้นหาข้อมูลที่อยู่ในแผนที่ การสร้างแผนที่นั้นทำได้ง่ายเพราะมีวิธีการต่าง ๆ มากมาย จากที่กล่าวมาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ดีและมีคุณภาพจึงไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ได้

เมื่อเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทมากขึ้น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้มีการพัฒนาขึ้นเมื่อต้นปี ค.ศ. 1960 ด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ได้พัฒนามากขึ้นเพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูลได้มากขึ้น และมีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ให้ดีขึ้น มีความถูกต้อง และสามารถช่วยตอบคำถามต่าง ๆ สามารถสอบถามข้อมูล และวิเคราะห์หาพื้นที่ การคาดการณ์ผ่านระบบแผนที่บนคอมพิวเตอร์มีส่วนช่วยในการวางแผนการพัฒนาในเรื่องต่าง ๆ โดยระบบคอมพิวเตอร์ได้มีส่วนช่วยในการพัฒนาระบบข้อมูลภูมิสารสนเทศ ทำการรวบรวม จัดเก็บ วิเคราะห์ เรียกค้นข้อมูล และการแสดงผลข้อมูล จึงทำให้ง่ายต่อการค้นข้อมูล และการวิเคราะห์ประมวลผลข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Williams, 1995) รวมทั้ง

ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยี GIS มาประยุกต์กับระบบงานด้านต่าง ๆ เช่น ระบบงานการวางแผนการจัดเก็บภาษี ระบบงานการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม ระบบงานวิจัยด้านประชากรศาสตร์ ระบบงานวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น สำหรับประเทศไทย ก็มีการใช้งาน GIS หลายหน่วยงาน เช่น กรมแผนที่ทหาร องค์การโทรศัพท์ การไฟฟ้าฯ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงสาธารณสุข มหาวิทยาลัยต่าง ๆ รวมถึงหน่วยงานเอกชนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และมีการเรียนการสอนในสาขาวิชา GIS

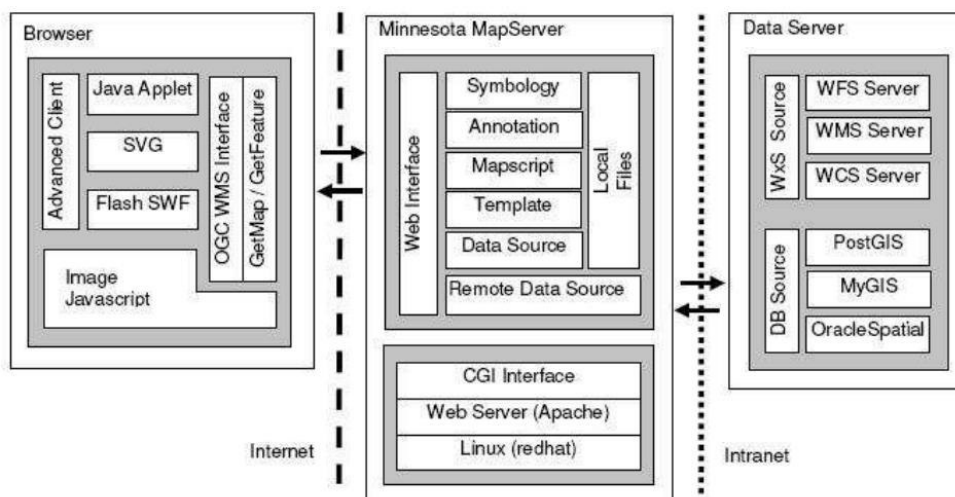
ระบบแม่ข่ายแผนที่ (Map Server System)

ระบบแม่ข่ายแผนที่ คือ ระบบให้บริการแผนที่ผ่านเครือข่าย โดยมีเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายให้บริการสืบค้นข้อมูลเชิงพื้นที่ ในรูปแบบเวกเตอร์ (Vector) แรสเตอร์ (Raster) และข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) กับผู้สืบค้นข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ในการจัดการข้อมูลทั้งแบบเชิงพาณิชย์ ได้แก่ ArcIMS, ArcGIS Server, Geomedia Web Map และซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Open Source) ได้แก่ GeoServer UMNMapserver เป็นต้น

ซอฟต์แวร์รหัสเปิด คือ โปรแกรมที่เปิดเผยรหัสต้นฉบับ (Source Code) หรือเพิ่มข้อมูลที่เป็นตัวต้นฉบับของโปรแกรมเพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถนำไปพัฒนาปรับปรุงเพิ่มเติมประสิทธิภาพการใช้งานได้ เช่น UMNMapserver (University of Minnesota Map Server) เป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาโดยมหาวิทยาลัยมินนิโซตา ประเทศสหรัฐอเมริกา พัฒนาด้วยภาษาซี เป็นซอฟต์แวร์รหัสเปิดที่ทำงานแบบ Common Gateway Interface หรือ CGI Scripts ด้วยภาษาต่าง ๆ เช่น PHP, Python, Perl, Ruby, Java และ C# ในการติดต่อกับฐานข้อมูลแสดงผลเป็นรูปภาพ และตัวอักษรในไฟล์รูปแบบต่าง ๆ ทำงานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ Windows, Linux และ Unix สามารถดาวน์โหลดได้ที่ <http://mapserver.gis.umn.edu> แมพเซิร์ฟเวอร์อาศัยไลบรารีของซอฟต์แวร์รหัสเปิดอีกหลายโปรแกรมในการทำงาน ตั้งแต่การติดต่อกับข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ การติดต่อกับฐานข้อมูล การแสดงผลแบบรูปภาพ และตัวอักษรของไฟล์ข้อมูลแบบต่าง ๆ มินนิโซต้าแมพเซิร์ฟเวอร์ได้พัฒนาเรื่อยมา โดยมี CGI Command Option มากกว่า 30 Option ที่ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลง ขอบเขตภูมิศาสตร์ในการเรียกดูแผนที่ การสืบค้นข้อมูล และการฉายแผนที่แบบ On-the-Fly และอื่น ๆ เมื่อแมพเซิร์ฟเวอร์ได้รับคำสั่งผ่านกลไก CGI Mapserver จะอ่าน Mapfile เข้ามาหน้าหลักของ Mapfile คือ การกำหนดว่าจะต้องมีการแสดงผลข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในรูปแบบใดบ้าง

โครงสร้างการทำงานของ Map Server

การติดตั้ง Map Server อย่างเดียวในปัจจุบันไม่พัฒนาให้ใช้งานแล้ว ต้องคอมไพล์จากซอร์สโค้ด (Source Code) ต้นฉบับ หรือติดตั้งชุดสำเร็จรูปจากแหล่งอื่น ซึ่งนำซอร์สโค้ดไปคอมไพล์ร่วมกับโปรแกรมเฉพาะ เช่น MS4W FWTools เป็นต้น หลักการทำงานทั่วไปของ Map Server ประกอบด้วย 3 ส่วนการทำงาน คือ 1) เรียกว่า Browser จะเป็นส่วนที่เรียกใช้งานและแสดงผลโดยเป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้โดยตรง การประมวลผลจะทำงานผ่านตัวแปลรหัสด้วย Java Applet SVG Flash SWF, Advanced Client, Image Javascript โดยอ้างอิงมาตรฐานของ Open Geospatial Consortium (OGC) ให้แสดงผลในรูปแบบ WMS Interface โดยมีบริการหลัก ๆ คือ การเรียกข้อมูล (GetMap) และการเรียกข้อมูลเชิงบรรยาย (GetFeature) และแสดงผลทาง Internet โดยผู้ใช้ทำการเรียกใช้งานข้อมูลผ่านการให้บริการต่าง ๆ ที่จัดทำขึ้นได้ตามต้องการ 2) ส่วนสำหรับการกำหนดคุณลักษณะการแสดงผลของข้อมูลโดยระบบ Minnesota Mapserver ผู้จัดทำสามารถกำหนดส่วนต่างๆ ของข้อมูลที่จะแสดงผลได้แก่ สัญลักษณ์ (Symbology) การอ้างอิงแหล่งข้อมูลภายในและภายนอก Data Source, Remote Data Source, Local Files การกำหนดหน้าต่างทำงาน Web Interface CGI Interface, Web Server (Apache), Linux (Redhat) และ 3) ส่วนจัดการฐานข้อมูล (Data Server) เป็นส่วนที่ทำการจัดเก็บข้อมูลทั้งหมด และเปิดให้บริการข้อมูลแบบ WFS Server, WMS Server, WCS Server ส่วนที่เป็นฐานข้อมูลสามารถรองรับการทำงานของ PostGIS MyGIS Oracle Spatial ผังการทำงานนี้มีความสำคัญอย่างมากในการพัฒนาระบบแม่ข่ายแผนที่ (ภาพที่ 2-7)

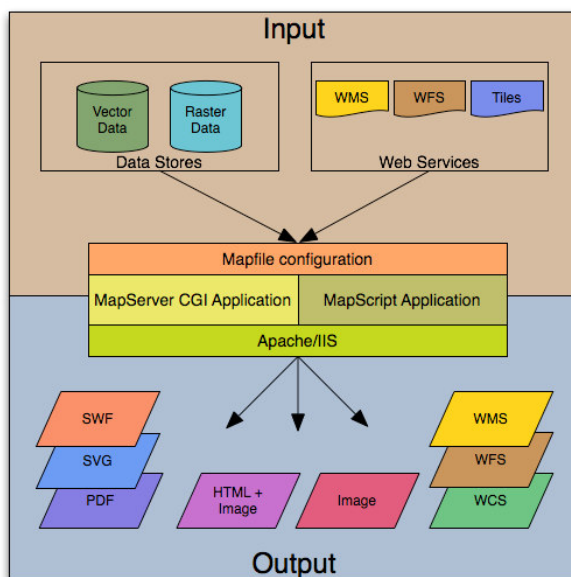


ภาพที่ 2-2 ผังการทำงานของ MapServer

(ที่มา: ชัยภัทร เนื่องคำมา, ม.ป.ป.)

UMNMapServer เป็นซอฟต์แวร์สนับสนุนการให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ถูกพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรกโดยมหาวิทยาลัย Minnesota ใน โครงการ ForNet ด้วยความร่วมมือระหว่าง University of Minnesota, College of Natural Resources และ The Minnesota Department of Natural Resources – Division of Forestry และ องค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (National Aeronautics and Space Administration: NASA) ของสหรัฐอเมริกา มีวัตถุประสงค์แรกเริ่ม เพื่อเป็นเครื่องมือสนับสนุนในการพัฒนาระบบสารสนเทศเกี่ยวกับป่าไม้ให้แก่ The Minnesota Department of Natural Resources

UMNMapServer พัฒนาขึ้นด้วยภาษา C มีการจัดเก็บบำรุงรักษาซอร์สโค้ดด้วยระบบ Concurrent Version System (CVS) เพื่อให้ นักพัฒนาซอฟต์แวร์ทั่วโลกสามารถพัฒนาซอฟต์แวร์ร่วมกันได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต MapServer ออกแบบให้ทำงานในลักษณะของ โปรแกรม CGI (Common Gateway Interface) ซึ่งเป็นโปรโตคอลมาตรฐาน HTTP ด้วยการส่งข้อมูลผ่านการร้องขอด้วยพารามิเตอร์ CGI เวอร์ชันแรกของ MapServer ในปี พ.ศ. 2537 (ค.ศ. 1994) ผ่านการเรียกใช้โปรแกรม CGI 2 ตัวชื่อ imgserv และ mapserv และแสดงผลบนโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาด้วย Java Applets โดยในปีแรกที่เริ่มพัฒนานั้นจะเป็นการทำงานในห้องปฏิบัติการเป็นหลัก ทำงานได้เฉพาะบนระบบปฏิบัติการ UNIX/ Linux เท่านั้น ต่อมาจึงได้มีการพัฒนาให้สนับสนุนการทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows และมีการจัดทำเป็น Package ซึ่งรวมชุดซอฟต์แวร์และเครื่องมือต่าง ๆ ให้ผู้ใช้งานได้ติดตั้งระบบให้บริการ MapServer ได้สะดวกขึ้น ได้แก่ MS4W (Map Server for Window) และได้พัฒนาปรับปรุงคุณลักษณะการทำงานของ MapServer อย่างต่อเนื่องทุกปี โดยเวอร์ชันล่าสุดคือ MapServer 7.0.0 (ประกาศเมื่อ 24 กรกฎาคม 2558) มีองค์ประกอบการทำงานระบบ (ภาพที่ 2-3)



ภาพที่ 2-3 องค์ประกอบการทำงานของ MapServer

(ที่มา: <http://mapserver.org/introduction.html#mapserver-overview>)

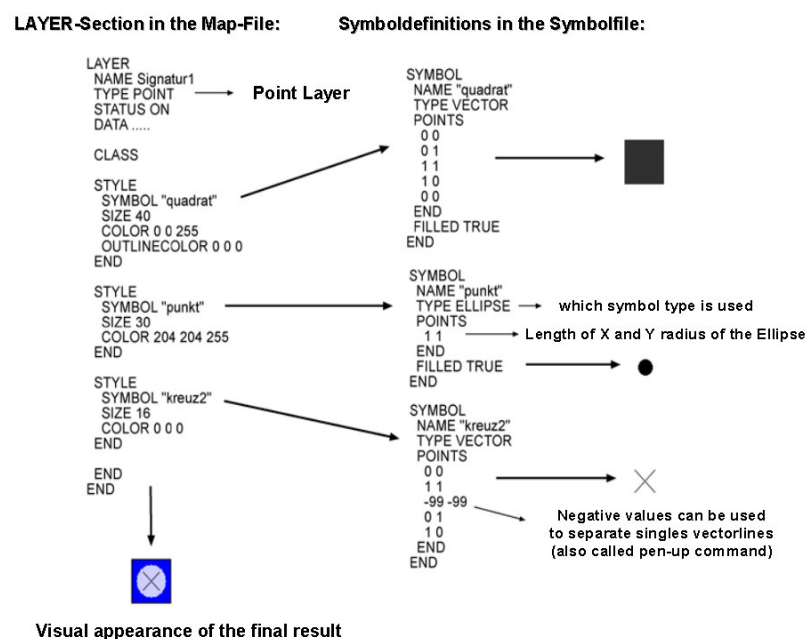
ปัจจุบัน MapServer ได้ถูกพัฒนาต่อยอดให้สามารถทำงานร่วมกับสภาวะแวดล้อมของโปรแกรมภาษาอื่น ๆ เช่น PHP, Python, Perl, Ruby, Java และ .NET การทำงานของโปรแกรมประยุกต์ผ่าน MapServer มีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่จะเป็น ดังนี้

- Map File เป็นแฟ้มข้อมูลที่จัดการค่าของชั้นข้อมูลแผนที่ที่จะให้บริการผ่าน MapServer ประกอบด้วยตำแหน่งของข้อมูลที่จะให้บริการตำแหน่งของภาพแผนที่ที่ใช้จัดเก็บรูปแบบการแสดง ระบบพิกัด การฉายแผนที่ และสัญลักษณ์แผนที่ต่าง ๆ เป็นต้น
- แหล่งข้อมูลแผนที่ซึ่ง MapServer สนับสนุนรูปแบบหลายชนิดทั้งเวกเตอร์ (Vector) และแรสเตอร์ (Raster)
- หน้าเว็บของโปรแกรมประยุกต์ เป็นส่วนติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับ MapServer ในส่วนนี้จะอยู่ในรูปแบบของ HTML โดยจะมีการกำหนดพื้นที่การแสดงผลภาพแผนที่ไปยัง URL ของภาพแผนที่ที่ถูกสร้างขึ้นโดย MapServer
- MapServer CGI เป็นส่วนสำคัญของ MapServer ซึ่งเป็นส่วนการประมวลผลข้อมูล โดยรับการร้องขอจากผู้ใช้งานและทำการประมวลผลตามคำร้องขอพร้อมกับส่งผลลัพธ์ กลับไปยังส่วนผู้ใช้งานตามค่าที่ตั้ง MapServer CGI จะเรียกผ่านโปรแกรมชื่อ mapserv
- HTTP Server เป็นส่วนที่ให้บริการข้อมูลในลักษณะของเว็บ เพื่อให้ผู้ใช้บริการเรียกใช้งานและโต้ตอบกับผู้ใช้งานผ่านเบราว์เซอร์ได้ตาม โปรโตคอลมาตรฐาน HTTP MapServer สนับสนุนข้อมูลทั้งเวกเตอร์และแรสเตอร์ ดังนี้

ก) ข้อมูลเวกเตอร์ ได้แก่ Shapefile, PostGIS/PostgreSQL, OGR, Mapinfo, WFS, GML, ArcInfo, ArcSDE, DGN, ESRI Personal Geodatabase, KML, Oracle Spatial, MySQL, MSSQL, NTF, SDTS, USGS, Tiger, GPS Exchange Format

ข) ข้อมูลแรสเตอร์ ได้แก่ Tiff/GeoTiff, World File Images (GIF/PNG,JPEG), GDAL Raster

หลักการให้บริการชุดข้อมูลของ MapServer มีแนวคิดลักษณะเดียวกับการใช้งาน Desktop GIS ทั่วไป คือ เมื่อผู้ใช้ต้องการเรียกดูชุดข้อมูลแผนที่ใดๆ ให้ทำการเพิ่มขึ้นข้อมูลที่ต้องการแล้วบันทึกไว้เป็นแฟ้มข้อมูลโครงการนั้นๆ (Project File) และเมื่อต้องการเรียกดูอีกครั้งให้เปิดแฟ้มข้อมูลโครงการนั้นอีกครั้ง ภาพแผนที่ที่กำหนดไว้ก็จะแสดงขึ้นมาอีกครั้ง การบันทึกค่าชุดข้อมูลแผนที่ที่ให้บริการของ MapServer มีหลักการเดียวกัน คือ โดยการกำหนดชุดข้อมูลแผนที่ที่ต้องการพร้อมค่าตั้งต้นต่าง ๆ ที่จำเป็น เช่น รูปแบบการแสดงผล ระบบพิกัดแผนที่ เป็นต้น โดยบันทึกเป็น Map File (.map) และผู้ใช้งานต้องการเรียกดูข้อมูลแผนที่ใดก็เรียกดูชั้นข้อมูลแผนที่ผ่านทาง Map File ที่ต้องการด้วยลักษณะการทำงานดังกล่าว ในส่วนของผู้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์จำเป็นต้องมีความเข้าใจรายละเอียดหลักการให้บริการอย่างไร โดยทั่วไปการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ GIS บนเว็บนั้น ผู้พัฒนามักจะเป็นผู้กำหนดค่า Map File ขึ้นมา โดยการเรียกใช้บริการ MapServer เป็นการเรียกใช้ mapserv และกำหนดค่า Map File ที่มีชั้นข้อมูลที่ต้องการแสดงนั้นมีโปรโตคอลในการแสดงผลข้อมูลเป็นแบบใด (ภาพที่ 2-4)



ภาพที่ 2-4 Map File ในการแสดงสัญลักษณ์ข้อมูล จุด

(ที่มา: www.mapserver.org/mapfile/symbology/construction.html)

เมื่อ OGC ได้พัฒนาและเผยแพร่มาตรฐาน WMS ออกมา MapServer ได้ปรับปรุงการให้บริการโดยให้สามารถรองรับ OGC WMS ที่ผู้ใช้ทั่วไปสามารถตรวจสอบรายการแผนที่ที่มีให้บริการของระบบให้บริการผ่าน MapServer ด้วยมาตรฐานการร้องขอ GetCapabilities แต่เนื่องจาก MapServer ได้ถูกออกแบบตามลักษณะการใช้งานแบบ Desktop GIS คือ มีการกำหนดไว้เป็นแต่ละ Map File สำหรับชุดรายการชั้นข้อมูลแผนที่ ด้วยเหตุนี้การเรียกดูรายการผ่าน GetCapabilities นั้นระบบให้บริการแผนที่จะต้องกำหนดให้ Map File ใดเป็นค่าตั้งต้น (Default) สำหรับการเรียกใช้ผ่าน WMS ซึ่งเป็นการเรียกใช้บริการผ่านเฉพาะ Map File เดียวในกรณีที่ต้องการเรียกใช้บริการ Map File อื่น ๆ ที่ไม่เป็นค่าตั้งต้นจำเป็นต้องระบุค่า Map ร่วมกับมาตรฐานการร้องขอ WMS ด้วย

โครงสร้างการทำงานของ OpenLayers

OpenLayers เป็นชุดคำสั่ง Java Script สนับสนุนการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้านภูมิสารสนเทศบนเว็บ ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดตัวหนึ่ง OpenLayers สนับสนุนการเชื่อมต่อระบบให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศที่หลากหลาย เช่น WMS, WFS, WMTS, Google, WorldWind, Yahoo, MultiMap, TileCache, MapGuide, ArcIMS, ArcGIS93Rest เป็นต้น นอกจากนี้ OpenLayers ได้พัฒนาเครื่องมือควบคุมการแสดงผลต่าง ๆ ไว้ให้เป็นจำนวนมาก เช่น เครื่องมือการ Zoom/ Pan การหาตำแหน่งจากตัวชี้ตำแหน่ง มาตรฐาน เครื่องมือควบคุมการเปิด/ ปิดการแสดงผล เครื่องมือวาดรูป เหล่านี้เป็นต้น

OpenLayers อาจกล่าวได้ว่าถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ฝั่ง Web client นอกเหนือจาก Google Maps API เมื่อพิจารณาย้อนกลับไปในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548 (ค.ศ. 2005) Google ได้พัฒนา Google Maps มาให้ใช้งานฟรีพร้อมกับ Google Maps API เพื่อให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถนำไปพัฒนาบน Web Site ของตนเองได้โดยไม่ต้องใช้งานผ่านเว็บไซต์ Google Maps ซึ่งในขณะนั้นถือว่ามีเพียง Google Maps API เท่านั้นที่มีความสามารถในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการแสดงผลข้อมูลแผนที่บนเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) ที่สามารถดึงภาพแผนที่จาก Google Maps มาแสดงผลได้ ต่อมาในช่วงกลางปีเดียวกันนั้น บริษัทเอกชน ชื่อ MetaCarta ร่วมกับ Phil Lindsay ได้ร่วมกันพัฒนาระบบต้นแบบ OpenLayers ขึ้นพร้อมกับเผยแพร่ให้ใช้ฟรีในเดือนมิถุนายน และนำเสนอผลงานใน Where 2.0 Conference ที่ San Francisco หลังจากนั้น 1 ปี ทีมพัฒนาที่ประกอบด้วย Schuyler Erle, Christopher Schmidt และ Erik Uzureau ได้ประกาศใช้ OpenLayers เวอร์ชัน 1.0 อย่างเป็นทางการในวันที่ 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2549 (ค.ศ. 2006) ถัดต่อมาเพียง 1 เดือน ก็ได้พัฒนาเป็นเวอร์ชัน 2.0 และในปี พ.ศ.

2550 (ค.ศ. 2007) OpenLayers ได้เข้าไปอยู่ใน Incubator Project ของ OSGeo และได้มีการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่องจนถึงเวอร์ชันปัจจุบัน คือ 3.14.2 OpenLayers ได้ถูกนำไปพัฒนาต่อยอด และประยุกต์ในหลาย ๆ ซอฟต์แวร์ ด้วยชุดคำสั่งรหัสเปิด เช่น ใช้เป็นเครื่องมือในการแสดงผลข้อมูลแผนที่ใน GeoServer ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับต่อเชื่อมและแสดงข้อมูลใน Google และ QGIS ใช้เป็นเครื่องมือแสดงผลแผนที่ในชุดคำสั่ง Pentaho ซึ่งเป็นชุดคำสั่งทางด้านข้อมูลสถิติ ชุดคำสั่งประยุกต์ MapFish ต่อยอดจาก OpenLayers และชุดคำสั่ง GeoExt ซึ่งเป็นส่วนต่อยอดจาก ExtJs ที่เป็นชุดคำสั่ง JavaScript รวมทั้งงานด้าน IT ที่ได้ผนวกรวมความสามารถเข้ากับ OpenLayers เหล่านี้เป็นต้น

โครงสร้างการทำงานของ GeoServer

GeoServer เป็นชุดคำสั่งหรือซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่ให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษา Java จึงสามารถใช้งานได้กับทุก Platform ทั้งระบบปฏิบัติการ Windows, UNIX และ Linux เป็นต้น GeoServer เป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นตามกรอบแนวคิดของ OGC ตั้งแต่ต้น การกำหนดค่าการใช้งานต่าง ๆ สามารถกระทำได้ผ่านเว็บทำให้สะดวกต่อการดูแล และปรับแต่งค่าการให้บริการต่าง ๆ

GeoServer เริ่มต้นโครงการพัฒนาในปี พ.ศ. 2544 (ค.ศ. 2001) ที่มีชื่อโครงการเรียกว่า The Open Planning Project (TOPP) ที่มีแนวทางการพัฒนาตามกรอบมาตรฐาน OGC ตั้งแต่ต้น ซึ่งเป็นมาตรฐานหลักที่ใช้ในการวางโครงสร้าง Spatial Data Infrastructure ในสหรัฐอเมริกา เริ่มแรกของโครงการ TOPP มุ่งเน้นในด้านการเข้าถึงและการให้บริการข้อมูลการจราจรในมหานครนิวยอร์ก โดยใช้ข้อกำหนดมาตรฐาน WFS (Web Feature Service) ในขณะเดียวกัน โครงการ Cooperative Agreements Program (CAP) ของ FGDC ได้เข้ามาร่วมสนับสนุนทั้งด้านเงินลงทุน และให้ช่องทางในการเผยแพร่ข้อมูลผ่านทาง Clearinghouse ของ FGDC ด้วยเหตุนี้ OGC จึงได้กำหนดให้ GeoServer เป็นซอฟต์แวร์อ้างอิงที่ได้นำเอาข้อกำหนดมาตรฐาน WFS มาใช้ในการพัฒนาเป็นซอฟต์แวร์รุ่นแรก และได้ให้การสนับสนุนเงินทุนในการพัฒนาเพื่อให้ GeoServer สามารถสนับสนุนมาตรฐาน WFS ได้เต็มรูปแบบ จากการสนับสนุนนี้เองทำให้ GeoServer ได้มีการขยายการพัฒนาเพื่อให้สามารถสนับสนุนมาตรฐาน WFS เพิ่มเติมโดยใช้ชุดคำสั่งของ GeoTools ซึ่งขณะนั้นเป็นชุดเครื่องมือที่เกิดขึ้นจากโครงการ การทำแผนที่ของ University of Leeds ในประเทศอังกฤษมาใช้ในการพัฒนา GeoServer และได้ประกาศการใช้งานเวอร์ชัน 1.0 ในเวลาต่อมา

การพัฒนา GeoServer ในเวอร์ชันถัดมามีบริษัทต่าง ๆ ได้เข้าร่วมสนับสนุนการพัฒนา อาทิเช่น บริษัท Refraction Research of British Columbia ได้เข้าร่วมสนับสนุนเงินทุนเพื่อพัฒนา เทคโนโลยี Innovative Validation Engine สำหรับให้ GeoServer สามารถบริหารจัดการผ่าน เครื่องมือบนหน้าเว็บ นอกจากนี้โครงการ GeoConnection ของประเทศแคนาดา ได้เข้ามาให้การ สนับสนุนการพัฒนาโครงสร้าง SDI อีกด้วย และล่าสุดปี พ.ศ. 2547 (ค.ศ. 2004) บริษัท Social Change Online ประเทศออสเตรเลีย ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในหัวข้อ GeoScience Australia และเพิ่มเติมด้วยทุนสนับสนุนจาก Ministry of Sustainable Resource Management (MSRM) ของ British Columbia ได้มีส่วนสนับสนุนให้ GeoServer พัฒนาการรองรับการเชื่อมต่อ ArcSDE ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ได้ตั้งแต่ใน เวอร์ชัน 1.7 เป็นต้นมา ทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพในการ เชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูล และรูปแบบของข้อมูลที่หลากหลายได้ ซึ่งนับเป็นรากฐานของการ พัฒนา GeoServer ในเวอร์ชัน 2 ที่สำคัญ ในเวลาต่อมา GeoServer ได้พัฒนาโมดูลต่าง ๆ ให้รองรับ กับข้อมูลที่จะให้บริการที่หลากหลายมากขึ้น เนื่องจาก GeoServer พัฒนาด้วย Java การใช้งาน จำเป็นต้องทำงานอยู่บน Servlet Engine ซึ่งเป็นระบบเว็บให้บริการบน Platform Java ทำให้ สามารถใช้ประโยชน์การบริหารจัดการเรื่องของภาระการทำงาน และควบคุมหรือกระจายการ ทำงานของระบบให้บริการได้สะดวก ซึ่งเป็นคุณสมบัติเด่นอย่างหนึ่งของซอฟต์แวร์ที่ให้บริการใน ลักษณะดังกล่าว หนึ่งในตัวอย่างที่สำคัญ คือ การจัดการเรื่องของ Load Balancing เพื่อปรับแต่งให้ ระบบให้บริการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น GeoServer ได้ถูกนำไปใช้งานจริงในองค์กรใหญ่ ๆ จำนวนมากทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น

ระบบงานงบประมาณกรุงเทพมหานคร เป็นหนึ่งในระบบงาน MIS หลักที่ทุกหน่วยงาน ภายใต้การกำกับดูแลของ กรุงเทพมหานคร ต้องเข้าใช้งานเพื่อทำการกรอกข้อมูลของอนุมัติ งบประมาณประจำปี เพื่อให้เห็นภาพรวมของโครงการที่เกี่ยวข้องเชิงกายภาพ โดยเฉพาะโครงการ ที่อยู่ในหมวดที่ดินและสิ่งก่อสร้าง สำนักงบประมาณกรุงเทพมหานคร จึงได้พัฒนาระบบ GIS งบประมาณเชื่อมโยงกับระบบ MIS หลักที่มีอยู่ร่วมกับแผนที่มาตราส่วน 1: 4,000 ของ กรุงเทพมหานคร เป็นแผนที่ฐาน (Base Map) เพื่อใช้อ้างอิงในการระบุตำแหน่ง ที่สามารถ ให้บริการผ่านระบบอินเทอร์เน็ตภายในกรุงเทพมหานคร ระบบดังกล่าวใช้ GeoServer เป็นตัว เชื่อมโยงและจัดการกับฐานข้อมูลที่เก็บใน Oracle Spatial ในรูปแบบของ Spatial Data Object หรือ SDO และเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลงบประมาณ MIS ใน Oracle เช่นเดียวกัน ส่วนของภาพแผนที่ฐาน จัดทำเป็น TileCache เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน

ระบบภูมิสารสนเทศการขนส่งและจราจร ของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) เป็นระบบให้บริการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งและจราจร ในโครงการศึกษาพัฒนาระบบฐานข้อมูล ข้อสนเทศและแบบจำลองเพื่อบูรณาการพัฒนาระบบการขนส่งและจราจร การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบและระบบโลจิสติกส์ โดยมีชั้นข้อมูลแผนที่ให้บริการมากกว่า 100 รายการชั้นข้อมูล เช่น เส้นทางนำเข้า/ ส่งออกสินค้าและรายการ ข้อมูลการจดทะเบียนยานพาหนะ อัตราการเกิดอุบัติเหตุ ข้อมูลแบบจำลองความต้องการการเดินทาง ความต้องการขนส่งสินค้า ปริมาณการขนส่งสินค้า ปริมาณการเดินทาง เหล่านี้เป็นต้น การแสดงผลภาพแผนที่ใช้แผนที่จาก Google เป็นพื้นหลังเพื่อขยายรายละเอียดบางส่วนนอกเหนือจากชุดข้อมูลที่มี ระบบให้บริการดังกล่าวใช้ GeoServer เป็นตัวบริหารจัดการชุดข้อมูลเพื่อนำเสนอออกผ่านทางเว็บ โดยแหล่งข้อมูลจัดเก็บในรูปแบบ Shapefiles และชั้นข้อมูลบางส่วนจัดทำเป็น TileCache เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการ

งานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Wilbert J.C. Wouters (1992) ได้กล่าวว่า ในวันนี้อุตสาหกรรมการบินมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอย่างรวดเร็ว สายการบิน และเจ้าหน้าที่การบินต้องจัดการกับค่าตัวเลขการเติบโตของปริมาณความจุของเที่ยวบินปลายทาง อุปกรณ์นำทาง เส้นทางบิน วิธีปฏิบัติการบินเข้าหาส่วนมีความสัมพันธ์กับข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญแทบทุกขั้นตอน ด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และวิทยาการการนำร่องสมัยใหม่ ผลักดันให้เกิดกระแสความต้องการข้อมูลสารสนเทศการเดินทางที่มีความแม่นยำ ที่ทุกประเทศรับผิดชอบในการให้บริการสารสนเทศการเดินทางทั่วโลก ด้วยการเผยแพร่วิธีปฏิบัติการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการเดินทางของประเทศของตนในเอกสารแถลงข่าวการบิน (Aeronautical Information Publication: AIP) ที่นักบินทุกคนจะได้มีแผนที่การเดินทางสำหรับเป็นคู่มือในการเดินทาง ดังนั้น AIP จึงเป็นคู่มือ แผนที่การเดินทางพื้นฐานที่ประเทศต่าง ๆ ต้องจัดให้มีและเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเดินทางทางอากาศ

Kenneth Bible, Robert Barton, Jaimey Sanders (2000) ได้กล่าวว่า จะได้เห็นการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในเวที (Arena) ใหม่ ๆ มากขึ้นเนื่องด้วยเทคโนโลยีเชิงพื้นที่ (Spatial) จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงข้อจำกัดที่ไม่เป็นปัจจุบัน (Non-Real-Time) ในการวิเคราะห์สนับสนุนการตัดสินใจ เข้าสู่การวิเคราะห์ที่ให้ผลลัพธ์ ณ เวลาจริงได้ โดยในการศึกษาวิจัยนี้ยังได้นำเสนอการประยุกต์เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่เป็นการพิสูจน์แนวคิดการพัฒนา ระบบแสดงผลสภาพแวดล้อมทางภูมิศาสตร์ สำหรับการควบคุมสั่งการการบิน ทั้งได้ยืนยันให้เห็น

ถึงอุปสรรคในการรวบรวมข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการศึกษาวิจัย คือ การรวบรวมข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในรูปแบบเอกสารกระดาษ

Lars Schylberg (2001) ได้นำเสนอรูปแบบความคิดในการผลิตแผนที่ การบำรุงรักษาผลิตภัณฑ์แผนที่การเดินอากาศ ด้วยข้อกำหนดของพื้นฉากหลัง (Background) โดยเฉพาะที่กว้างขวางของแผนที่การเดินอากาศให้เป็นไปตามเอกสารภาคผนวก (Annex) ที่ ICAO กำหนดทั้งหมด พร้อมนำเสนอเป็นมาตรฐานสำหรับการจัดเก็บข้อมูล การแลกเปลี่ยนข้อมูล และการจัดรูปแบบโครงสร้างสารสนเทศการเดินอากาศ ที่เป็นข้อเสนอแนะที่จำเป็นสำหรับการออกแบบและให้บริการสารสนเทศการเดินอากาศ (Aeronautical Information Services: AIS) ทั่วโลก และเมื่อข้อมูลสารสนเทศสามารถใช้ประโยชน์จากโครงสร้างข้อมูล สำหรับนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แผนที่ที่หลากหลายได้อีกด้วย อีกทั้งสถาปัตยกรรมระบบซอฟต์แวร์ ฐานข้อมูลที่ดี และส่วนประกอบของซอฟต์แวร์ตัวกลางที่เป็นเครื่องมือในการผลิตแผนที่ กลยุทธ์สำคัญ คือ การมีส่วนร่วมในการผลิตแผนที่ และใช้เพื่อสื่อสารโต้ตอบระหว่างการทำงาน เพื่อวัตถุประสงค์ในการตรวจสอบที่ผู้ใช้ทุกคนจะทำงานบนข้อมูลเดียวกัน โดยไม่คำนึงถึงว่าพวกเขาเหล่านั้นจะเป็นผู้สร้างข้อมูลหรือผู้ใช้ข้อมูล

Chun-Hsing Ho, Pedro Romero (2008) ได้ศึกษาการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับระบบโครงสร้างพื้นฐานการบริหารจัดการ และบำรุงรักษาสนามบิน และได้กล่าวถึงกิจกรรมการบินเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ รวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวกที่สนามบินจะต้องจัดให้มีสำหรับไว้บริการได้อย่างมีคุณภาพที่สูงขึ้นด้วย อีกทั้งยังต้องคอยพัฒนาเพิ่มขีดความสามารถเพื่อรองรับการเจริญเติบโตให้เป็นไปตามที่คาดการณ์ และเป็นการตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้นจากจำนวนผู้โดยสาร และสายการบิน ความมีประสิทธิภาพเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินงานสนามบิน และบำรุงรักษาสิ่งอำนวยความสะดวกสนามบิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับสนามบินเชิงพาณิชย์ขนาดใหญ่ การเข้าใจถึงการใช้ประโยชน์จากโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวางแผนและการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกสนามบินของพวกเขา ร่วมกับการบูรณาการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับระบบกำหนดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ และเครื่องมือดิจิทัลส่วนบุคคลที่มีประสิทธิภาพ จะช่วยให้ผู้ประกอบการสนามบินและวิศวกรสามารถตรวจสอบปรับปรุงสนามบินตามปกติ และรวมถึงกระบวนการรายงานผลในระบบการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับเครื่องมืออื่น ๆ เพื่อช่วยปรับปรุงกระบวนการกลไกการซ่อมบำรุง และแผนการดำเนินงานสิ่งอำนวยความสะดวกสนามบินที่

ประสบผลสำเร็จกับสนามบินนานาชาติเกาสง (Kaohsiung International Airport) ของประเทศไต้หวัน ได้แสดงให้เห็นเป็นที่ประจักษ์ว่าการบูรณาการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถช่วยให้ผู้ประกอบการสนามบิน และวิศวกรได้รับรู้ข้อมูลการประเมินอัตราการเสื่อมของสิ่งอำนวยความสะดวก ณ เวลาปัจจุบัน (Real Time) เพื่อตัดสินใจการบำรุงรักษา และการฟื้นฟูสมรรถภาพได้ในระยะเวลาอันสั้น และอีกหนึ่งโครงการตัวอย่างที่ได้ดำเนินการ ณ สนามบินนานาชาติซอล์ลเคซิติ (Salk Lake City International Airport) รัฐยูทาห์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการประเมินผลความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทางวิ่ง โดยการเพิ่มการฉายภาพข้อมูลไปยังภาพสนามบิน เพื่อประเมินประสิทธิภาพแรงเสียดทานของพื้นผิวทางวิ่ง 16L-34R และจากผลการศึกษาปัจจัย ที่มีผลต่อการลดความต้านทานการลื่นไถลสำเร็จนั้น แสดงให้เห็นแล้วว่าการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในสิ่งที่คล้ายกันกับการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เหมาะสมกับสนามบินบุคคล เพื่อสนับสนุนการปรับปรุงระบบการดำเนินงานของพวกเขาในการเพิ่มประสิทธิภาพความปลอดภัยในการเดินอากาศได้

R.J.J Dost, R.W. van Swol, R.H. Hogenhuis (2010) ได้กล่าวว่า งานศึกษาวิจัยด้านการบินจำนวนมากส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมกับมนุษย์ โดยการสร้างแบบจำลองเพื่อตรวจวัดค่าระดับเสียงรบกวน การปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการที่ใช้ชุดซอฟต์แวร์สำเร็จรูปติดตั้งเต็มพื้นที่ศึกษา ในขณะที่เครื่องมือพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ และดูผล สามารถใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือสนับสนุนหลักอย่างแท้จริงได้ จึงได้พัฒนาโครงสร้างระบบบริการ WebGIS บนพื้นฐานส่วนประกอบทั่วไปให้ผู้ใช้งานผ่าน ArcGIS Server ที่สามารถเข้าถึงฟังก์ชันการวิเคราะห์ประมวลผลข้อมูล การจัดการผู้ใช้งาน ที่รวมถึงการรักษาความปลอดภัย เช่น การตรวจสอบ การอนุมัติ การจัดการข้อมูลและการแปลงข้อมูลที่มีการพัฒนาผ่าน WebGIS ได้

Marc Alain CHIESA, Stephane DUBET (2010) ได้กล่าวว่า ปัจจุบันวิวัฒนาการการจัดการจราจรทางอากาศมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญโดยตรงต่อข้อมูลการบิน ด้วยข้อมูลการบินเป็นรากฐานสำคัญต่อประสิทธิภาพ และความปลอดภัยระหว่างภาคพื้น และระบบควบคุมการบินบนอากาศยาน ในกระบวนการส่งผ่านข้อมูลสารสนเทศ มีความจำเป็นต้องเพิ่มข้อกำหนดด้านคุณภาพข้อมูลในสายการผลิต ซึ่งเป็นขั้นตอนดำเนินการเป็นสิ่งสำคัญที่สุด นับตั้งแต่ผู้สร้างข้อมูล (Data Originator) การจัดเก็บเป็นฐานข้อมูล การออกแบบวิธีปฏิบัติการบิน การผลิตเป็นแผนที่การเดินอากาศ จนถึงการประกาศเผยแพร่ใช้งานในท้ายที่สุด ด้วยห่วงโซ่การผลิตพื้นฐานอยู่บนการตรวจสอบย้อนกลับในการวิเคราะห์ประมวลผลกับตำแหน่งอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ และระดับความสูง

ได้อย่างอัตโนมัติ ด้วยโครงการพัฒนาเครื่องมือผลิตสารสนเทศการเดินอากาศแบบใหม่ (Nouvel Outil de Production de l'Information Aeronautique: NOPIA) เป็นโครงการที่ศึกษาเพื่อพัฒนาระบบให้บริการข้อมูลสารสนเทศการเดินอากาศของประเทศฝรั่งเศสที่เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการให้บริการข้อมูลสารสนเทศการเดินอากาศในอนาคตของโลก ที่เป็นการบูรณาการการบริหารจัดการข้อมูลสารสนเทศการเดินอากาศ (Aeronautical Information Management: AIM) และเป็นกุญแจสู่ความเป็นไปได้ในการปรับปรุงการจัดการจราจรทางอากาศ (Air Traffic Management: ATM) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการดำเนินการโครงการนี้ได้ผสานรวมองค์ประกอบหลักของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และขอบเขตต่อวิทยาการของ ESRI ที่ได้สนับสนุนและปูทางให้โครงการนี้ประสบความสำเร็จลงได้

ESRI (2011) หน่วยงานให้บริการสารสนเทศการเดินอากาศแห่งชาติฝรั่งเศส (French Aeronautical Information Service: SIA) เป็นหน่วยงานรับผิดชอบหลักในการให้บริการสารสนเทศการเดินอากาศที่จำเป็นต่อความปลอดภัย การควบคุม และการบริหารจัดการกิจการบินในประเทศและระหว่างประเทศที่มีต้นกำเนิดหรือจุดหมายปลายทางที่ฝรั่งเศส SIA เป็นหน่วยงานด้านการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อผลิตเป็นแผนที่สำหรับกิจการเดินอากาศ รวมถึงแผนที่วิทยุช่วยเดินอากาศ มาตรฐาน 1: 1,000,000 แผนที่ระดับภูมิภาค มาตรฐาน 1: 250,000 และการบูรณาการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์พื้นฐานกับระบบบริหารจัดการข้อมูลการเดินอากาศ (Aeronautical Information Management: AIM) โดยโครงการนี้เป็นความร่วมมือระหว่าง บริษัท ธารเลส แอร์ซิสเต็ม (Thales Air System) อี เอส อาร์ ไอ ประเทศฝรั่งเศส และ CGx AERO in SYS และนับเป็นครั้งแรกในการบูรณาการระบบบริหารข้อมูลสารสนเทศการเดินอากาศอย่างเต็มรูปแบบ และครบวงจรในยุโรป ก่อนส่งมอบให้กับผู้ใช้งานห้วงอากาศ (Airspace Users)

จากการพัฒนาเครื่องมือผลิตสารสนเทศการเดินอากาศแบบใหม่ (Nouvel Outil de Production de l'Information Aeronautique: NOPIA) ซึ่งจะเป็นระบบบูรณาการข้อมูลสารสนเทศการเดินอากาศ เพื่อแก้ปัญหาการบริหารจัดการข้อมูล การสร้างแผนที่การเดินอากาศ รวมถึงการผลิตเอกสารแถลงข่าวการบินแห่งชาติ เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ด้านการเดินอากาศทั้งหมดที่อยู่ในรูปของเอกสารสำเนา (Hard-Copy) และรูปแบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ การแก้ปัญหานี้ได้ถูกออกแบบมาเพื่อตอบสนองด้านความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูล (Data Integrity) ความสอดคล้อง ความพร้อมของข้อมูลที่จะให้บริการได้ตามมาตรฐานที่องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศกำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และพร้อมที่จะส่งมอบข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพในเวลาที่เหมาะสม โครงการ NOPIA ยังช่วยให้เกิดการดำเนินงานร่วมกันได้ในสภาพแวดล้อมของกลุ่มประเทศยุโรป

โดยการกำหนดรูปแบบที่เหมาะสมกับการแลกเปลี่ยนข้อมูล กับฐานข้อมูลสารสนเทศการเดินอากาศของสหภาพยุโรป (European Aeronautical Database: EAD) ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลการบิน และการผลิตแผนที่การเดินอากาศที่มีคุณภาพสูงร่วมชุดคำสั่งเพิ่มเติมเฉพาะ (Extension) ของ ArcGIS ในการจัดการผังการทำงาน การสนับสนุนการนิยาม การจัดการผังการทำงาน และมาตรฐานงานส่วนบุคคลที่มีขั้นตอนทำงานที่ชัดเจน และเพิ่มประสิทธิภาพในการเปลี่ยนผ่านระบบการผลิตแผนที่การเดินอากาศรูปแบบใหม่ที่อ้างอิงระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (World Geodetic System 1984: WGS-84) ที่ได้จากการสำรวจภูมิประเทศ และทำการถ่าย (Projection) ลงมาบนแผนที่การเดินอากาศสำหรับใช้ในการนำทางได้เป็นผลสำเร็จในการครั้งนี้

Michelle Cooper (2012) ได้กล่าวว่า ในอดีตที่ผ่านมา ประกาศผู้ทำการทางอากาศ (Notices to Airman: NOTAM) สำหรับแจ้งการเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลแผนที่การเดินอากาศ เครื่องช่วยเดินอากาศภาคพื้น จะได้รับการแจกจ่ายทางโทรสาร (Fax) อินเทอร์เน็ต (Internet) หรือเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมข้อมูลการเดินอากาศดาว (Aeronautical Fixed Telecommunication network: AFTN) มาโดยตลอด แต่ปัจจุบันข้อมูลได้กลายเป็นดิจิทัล (Digital) เป็นแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงการนำทางด้วยระบบดาวเทียมนำร่องร่วมกับการแสดงผลข้อมูลแผนที่การบินในห้องนักบินผ่านจอคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพ หรือที่เรียกว่า “Glass Cockpit” เป็นหลักในขณะนี้และในอนาคตที่ไม่ไกลเกินไป การควบคุมจราจรทางอากาศก็จะต้องใช้ระบบดาวเทียมแทนระบบเรดาร์ตรวจวัดภาคพื้นดินในปัจจุบัน ด้วยจุดประสงค์เพื่อพวกเขาจะสามารถรับรู้ข้อมูลได้ทั่วทุกพื้นที่ทั่วโลก จากการศึกษาถึงวิธีการที่แตกต่างในการให้บริการข้อมูลสารสนเทศการเดินอากาศ (Aeronautical Information Services: AIS) ทั่วโลกที่ทับทั้งสองกรณีพบว่า ปัญหาสำคัญเก่าแก่ ที่มีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการให้บริการ คือ การใช้สัญลักษณ์ และมาตราส่วนบนแผนที่เดินอากาศ และขั้นตอนปฏิบัติการบินทั้งสอง

Jeff Roberts, PMP (2013) องค์การบริหารกิจการการบินแห่งรัฐแมริแลนด์ (The Maryland Aviation Administration: MAA) ได้พัฒนาระบบแอร์พอร์ทัล (AIRPortal) สำหรับสืบค้นข้อมูลท่าอากาศยานที่อำนวยความสะดวกทางธุรกิจที่สำคัญของ MAA ให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูล เพื่อการประยุกต์กับงานที่มีความปลอดภัย ด้วยวัตถุประสงค์ของ AIRPortal เพื่อที่จะอำนวยความสะดวกในการแบ่งปันข้อมูล การทำงานร่วมกัน และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความถูกต้อง ให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับไปยังกระบวนการทางธุรกิจผ่านโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพของเทคโนโลยี MAA ตระหนักถึงอำนาจของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่เป็นฐานสำหรับการแสดงผล และการมี

ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งที่มีคุณค่า (Assets) ของสนามบิน MAA ได้พยายามที่จะกระตุ้นศักยภาพของข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่านนวัตกรรมของเทคโนโลยี ArcGIS ที่รวมถึงกรอบงานภูมิสารสนเทศระดับองค์กรที่ให้ผู้ใช้งานสามารถค้นหาข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ และเครื่องมือที่มีฟังก์ชันการจัดการด้านสนามบินโดยเฉพาะ และยังสามารถที่จะรวมประโยชน์ด้านการสร้างแผนที่อัจฉริยะต่าง ๆ ตัวอย่างที่เห็นเด่นชัด ได้แก่ การใช้ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ของ ArcGIS Server ในการแก้ไขปัญหาการบริหารจัดการลานจอดเครื่องบินในเรื่องป้าย (Signage) และเครื่องหมาย (Marking) ของสนามบิน

Lee De Cola (1995) ได้กล่าวว่า โครงสร้างพื้นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของชาติ (National Spatial Data Set: NSDI) เป็นระบบที่จะบูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่จากผู้ให้บริการหลายแหล่งข้อมูลเพื่อตอบสนองผู้ใช้บริการข้อมูลที่หลากหลายวัตถุประสงค์ได้ ดังนั้น ระบบจึงต้องมีคุณลักษณะในการแปลงแกนพิกัดอ้างอิงภายในพื้นที่สำหรับกิจการนั้น ๆ เช่น ตำแหน่งที่ตั้ง เวลา และมาตราส่วน เป็นต้น ตัวอย่างเช่น ผู้ใช้บริการอาจต้องใช้มิติระยะทางของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างที่สร้างขึ้น (Built-up Area) จากข้อมูลขนาดเล็กเท่าเศษผง “Dust” มีลักษณะเป็น จุด (Point) ซึ่ง ไม่มีมิติ กำหนดให้เป็นตัวแทนของสิ่งปลูกสร้าง ที่อยู่ท่ามกลางโครงข่ายถนนที่เป็นข้อมูล 1 มิติ และรูปปิดหลายเหลี่ยม (Polygon) ที่เป็นชุดข้อมูล 2 มิติและในที่สุดอีกครั้งก็กลับมาที่ข้อมูลเดี่ยวที่ไม่มีมิติที่เป็นตัวแทนที่ตั้งเมือง ซึ่งผู้ศึกษาวิจัยได้อธิบายให้เห็นถึงขั้นตอนวิธีการ (Algorithm) ที่ท้าทายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่สามารถวัดเศษส่วนที่จะเปลี่ยนข้อมูลถนนของเมืองเรดแลนด์ในรัฐแคลิฟอร์เนียลงในรูปหลายเหลี่ยมที่เป็นตัวแทนของพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง ซึ่งต่อไปนี้ใช้ความสามารถพิเศษ (Technique) ของระบบที่จะสามารถผลิตแผนที่ตัวเมืองมาตราส่วนกลาง ระหว่าง 1: 50,000 ถึง 1: 500,000 ด้วยขั้นตอนดังกล่าวทำงานจากข้อมูลภายใน NSDI หรืออาจใช้ข้อมูลถนนจากฐานข้อมูลของหน่วยงานด้านการสำรวจทางธรณีวิทยาของสหรัฐอเมริกา (U.S. Geological Survey: USGS) และทำการเปลี่ยนถ่ายข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลรูปหลายเหลี่ยม เพื่อแสดงผลเป็นแผนที่การบินภายในห้องควบคุมการบิน (Cockpit) ของสำนักงานบริหารกิจการการบินแห่งชาติสหรัฐอเมริกาได้

ไพศาล สันติธรรมนนท์ และแมน โชติรัตนพิทักษ์ (2544) ได้กล่าวถึงความเป็นมาของ Minnesota Map Server ประวัติการใช้งานและลิขสิทธิ์ หลักการทำงานร่วมกันระหว่างแม่ข่ายแผนที่ต่าง ๆ การจัดเก็บข้อมูล การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแม่ข่ายแผนที่ด้วยการใช้เทคนิค Tiling และ Indexing ในส่วนของลูกข่ายก็มีการกล่าวถึงวิธีการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ ด้วยเทคนิค HTML และ JavaScript

ภาณุ อุทัยศรี (2546) กล่าวว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านอินเทอร์เน็ต มีวัตถุประสงค์หลักในการนำเสนอข้อมูลภูมิสารสนเทศและข้อสนเทศ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างสะดวกรวดเร็ว แต่เนื่องจากข้อมูลภูมิสารสนเทศมีขนาดใหญ่ จึงจำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานโดยการทำไทม์ (Tile) และการทำภาพพีรามิด (Image Pyramid) ควบคู่กัน ซึ่งซอฟต์แวร์มินิโซดา แมพเชิร์ฟเวอร์ สนับสนุนเทคนิคทั้งสองนี้

สรรเพชญ ชื่อนิติไพศาล (2542) ร่วมกับองค์กร Care International ทำการพัฒนา ระบบ Web Based GIS Application สำหรับแผนที่โรคเอดส์ในแถบดินแดนแม่น้ำโขง ขั้นตอนการทำงาน เริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมายต่าง ๆ ในประเทศแถบอาเซียน ได้แก่ ประเทศลาว ไทย พม่า เวียดนาม และยูนิาน จากนั้นนำเข้าสู่ข้อมูลสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยเก็บข้อมูลเชิงบรรยายที่เกี่ยวข้องกับโรคเอดส์ไว้ในฐานข้อมูล MySQL และทำการเผยแพร่ข้อมูลแบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรม CU Map Server สำหรับบริการข้อมูลแผนที่บนอินเทอร์เน็ต โดยผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเว็บเบราว์เซอร์ทั่วไป และสามารถสืบค้น วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นได้จากระบบ ซึ่งระบบบริการข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตสามารถเผยแพร่ข้อมูลแผนที่ และข้อมูลเชิงบรรยายไปยังผู้ใช้ในที่ต่าง ๆ ภายในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว

ชัยภัทร เนื่องคำมา (2549) การทำงานของข้อกำหนดมาตรฐาน OPEN Geospatial Consortium (OGC) ที่ใช้พัฒนาระบบ Web Services ที่ประกอบด้วย Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS), Web Coverage Service (WCS), Style Layer Descriptor (SLD), Filter Encoding (FE), Web Map Context (WMC) ทำให้ทราบถึงข้อได้เปรียบและข้อจำกัดในการทำงานของโปรโตคอลแต่ละชนิด ทำหน้าที่แตกต่างเฉพาะตัวซึ่งมีจุดหมายหลัก คือ สนับสนุนการทำงานร่วมกับแบบ Interoperability และส่งเสริมการแบ่งปันข้อมูล โดยโปรโตคอล WMS พัฒนารขึ้นมาสำหรับการแสดงผลข้อมูลแผนที่และข้อมูลเชิงอธิบาย โดยทำงานร่วมกับโปรโตคอล SLD ในการกำหนดคุณลักษณะการแสดงผล เช่น การแสดงสีของฟีเจอร์ ขอบเส้น และสัญลักษณ์ต่าง ๆ เป็นต้น สำหรับการเข้าถึงข้อมูลภูมิสารสนเทศประเภท เวกเตอร์ สามารถทำได้ผ่านโปรโตคอล WFS โดยมี GML เป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนข้อมูล และเพื่อแก้ปัญหาเรื่องการแปลงรูปแบบของข้อมูลภูมิสารสนเทศจากระบบหนึ่ง ไปสู่อีกระบบหนึ่ง กรณีที่ผู้ใช้ต้องการค้นหาข้อมูลเฉพาะฟีเจอร์ตามเงื่อนไขต่าง ๆ ก็สามารถทำได้ด้วยโปรโตคอล FE โดยการเข้ารหัสเงื่อนไขแล้วส่งไปพร้อมชุดคำสั่งของโปรโตคอล WFS ส่วนการเข้าถึงข้อมูล แรสเตอร์ สามารถทำได้ด้วยโปรโตคอล WCS ที่มี การเชื่อมต่อกับแม่ข่ายแผนที่ที่หลากหลาย OGC ได้สร้างโปรโตคอล WMC ให้ผู้ใช้สามารถทราบถึง

สถานการณ์เชื่อมโยงแม่ข่ายแผนที่ ตลอดจนสามารถใช้โปรโตคอล WMC ในการบันทึกสถานการณ์ เชื่อมต่อขณะทำงานได้อีกด้วย

Thomas Hachler (2003) ได้ทำการศึกษาวิจัยพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศผ่านอินเทอร์เน็ต สำหรับ The SWISS Nation Park ซึ่งเลือกใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Open Source) ทั้งหมดในการ จัดทำระบบ โดยในส่วนของแม่ข่ายแผนที่ได้เลือกใช้โปรแกรมมินิโซดา แมพเชิร์ฟเวอร์ และเก็บ ข้อมูลภูมิสารสนเทศชนิดเวกเตอร์ ไว้ในฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geospatial Database) โดยใช้ โปรแกรม PostgreSQL/ PostGIS ในการบริหารจัดการข้อมูล ผลการศึกษาพบว่า การใช้ฐานข้อมูล เชิงพื้นที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสืบค้นข้อมูลได้มากกว่าการเก็บในรูปแบบไฟล์ทั่วไป ในส่วนของโปรแกรมประยุกต์ที่ทำงานบนฝั่งลูกข่าย (Client) ได้พัฒนาโดยใช้เทคโนโลยี JavaApplet ในการแสดงผลข้อมูลแผนที่ และใช้ภาษา PHP ในการสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อ นำมาแสดงผลในรูปแบบแผนที่และตาราง แสดงบนหน้าโปรแกรมประยุกต์ซึ่งทำงานบนเว็บ บราวเซอร์ ในลักษณะ Thin Client

Vincent Dessard and Serge Margoulies (2003) กล่าวว่า แม่ข่ายแผนที่ที่ให้บริการตาม มาตรฐานของ OpenGIS จะสามารถบริการข้อมูลแผนที่ในลักษณะการทำงานร่วมกันอย่างมี ประสิทธิภาพ สามารถทำงานได้กับทุกระบบซึ่งผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบบริการข้อมูลภูมิ สารสนเทศผ่านทางโปรแกรมประยุกต์ที่ทำงานบนเว็บเบราว์เซอร์ โปรแกรมประยุกต์จะทำหน้าที่ ในการจัดการข้อมูลภูมิสารสนเทศจากเครื่องแม่ข่ายแผนที่ต่าง ๆ โดยไม่จำกัดลักษณะหรือฟอร์แมต ข้อมูล เช่น การซ้อนทับข้อมูลแผนที่ การกำหนดพิกัดของตำแหน่งเป้าหมาย เป็นต้น โดยใช้เทคโนโลยี JavaScript และ HTML นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาไปใช้งานบนโทรศัพท์มือถือได้อีกด้วย

Aaron Koning (2004) ทำการพัฒนาระบบ Internet Geo Mapping ให้บริการข้อมูลแผนที่ และบริการวิเคราะห์เส้นทางบนระบบอินเทอร์เน็ต โดยใช้โปรแกรมมินิโซดา แมพเชิร์ฟเวอร์ ร่วมกับ PostgreSQL/ PostGIS จากผลการศึกษาวิจัย ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า ระบบที่ดีต้องง่ายและ อำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ กล่าวคือ ผู้ใช้ต้องสามารถสังเคราะห์เอาความรู้จากข้อมูลภูมิ สารสนเทศได้มากที่สุด และสามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจได้ทันที ส่วนตอบรับต้อง ออกแบบให้เข้าใจง่ายเพื่อรองรับผู้ใช้ทุกระดับไม่จำกัดเฉพาะนักภูมิสารสนเทศเท่านั้น เนื่องจาก ส่วนติดต่อ (Interface) กับระบบทำงานอยู่บนเว็บเบราว์เซอร์ จึงเกิดปัญหาในการทำงานกับเว็บ บราวเซอร์ชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะการแสดงผลหรือการเข้าถึงเอกสาร XML ในเว็บเบราว์เซอร์ ผล

การทดลองพบว่า JavaScript ที่ใช้ควบคุมเอกสาร XML มีการตอบสนองคำสั่งที่แตกต่างกันบนเว็บเบราว์เซอร์ที่ต่างชนิดกัน ดังนั้น การพัฒนาจึงจำเป็นต้องวางแผนรองรับการทำงานบนเว็บเบราว์เซอร์ชนิดต่างๆ ด้วย

Alexander Khaemba (2004) ได้ศึกษาวิจัย การออกแบบ พัฒนาระบบต้นแบบ Map Service ที่เมือง Stuttgart ประเทศเยอรมันนี โดยต้องการสร้างระบบที่สามารถทำงานร่วมกันแบบ Interoperability โดยแหล่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ คือ องค์กรต่าง ๆ ที่ผลิตข้อมูลภูมิสารสนเทศ โดยแต่ละองค์กรนั้นมีระบบ GIS และมีรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลที่แตกต่างกันระบบถูกออกแบบให้แม่ข่ายแผนที่ในแต่ละองค์กรต้องทำงานตามมาตรฐาน WMS ของ OGC ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้จากโปรแกรม Portal Client ชื่อ WMS Viewer 2.0 ของ Intergraph สามารถเข้าไปใช้งานได้ที่ URL: <http://www.wmsviewer.com> จากการสรุปผลการวิจัยพบว่า ระบบนี้สามารถส่งเสริมให้มีผู้ใช้งานข้อมูลภูมิสารสนเทศเพิ่มขึ้นมาก การทำงานร่วมกันขององค์กรต่าง ๆ ผ่านทางโปรโตคอล WMS สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และความถูกต้องของข้อมูลสามารถเชื่อถือได้

Athanasios Tom Karlidis (2007) กล่าวว่า การพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเครือข่ายในหน่วยงานที่ดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศแคนาดา โดยใช้โปรแกรมมินิโซตาแมพเชิร์ฟเวอร์ เป็นแม่ข่ายแผนที่ โดยได้พัฒนาระบบให้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐาน Web Map Service (WMS) ของ Open Geospatial Consortium (OGC) เพื่อให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศด้านสิ่งแวดล้อมแก่ประชาชน เช่น ข้อมูลแหล่งน้ำ ข้อมูลคุณภาพน้ำ ข้อมูลระบบนิเวศ ข้อมูลที่อยู่อาศัยของนก ฯลฯ ซึ่งประโยชน์ที่ได้จากการทำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ตามข้อกำหนดมาตรฐาน WMS ทำให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลภูมิสารสนเทศของหน่วยงานสิ่งแวดล้อมกับข้อมูลภูมิสารสนเทศจากหน่วยงานอื่น ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Liping Di (n.d.) ได้กล่าวว่า จากแนวคิดที่ต้องการแบ่งปันข้อมูลภูมิสารสนเทศ และส่งเสริมการทำงานร่วมกันแบบ Interoperability เพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องการผลิตข้อมูลซ้ำซ้อน และส่งเสริมการนำข้อมูลภูมิสารสนเทศไปใช้ในองค์กรต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย จึงเกิดการก่อตั้งองค์กร Open GIS Consortium (OGC) ขึ้นเพื่อทำงานประสานกับองค์กรอื่น ๆ เช่น Federal Geographic Data Committee (FGDC) เพื่อกำหนดมาตรฐานการทำงานร่วมกันแบบ Interoperability และสร้างมาตรฐานการผลิตข้อมูลซึ่งส่งเสริมให้มีการพัฒนาระบบ Geospatial Web Service เพื่อก่อให้เกิด

การแลกเปลี่ยนข้อมูลและทำงานร่วมกันแบบ Interoperability โดยมีอินเทอร์เน็ตเป็นหัวใจสำคัญในการทำงานของระบบ

สรุปผลการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากที่ได้ศึกษาทบทวนเอกสารวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพัฒนาชุดข้อมูล AFGDS ดังกล่าวเพื่อให้เกิดประโยชน์การใช้งานข้อมูลร่วมกัน (Interoperability) อันจะก่อให้เกิดประโยชน์ในเชิงกว้าง ผู้ศึกษาวิจัย จึงพิจารณานำมาเป็นแนวทางการพัฒนาตามกรอบมาตรฐานสากล ISO และมาตรฐาน OGC Web Map Service เพื่อให้เผยแพร่ หรือให้บริการข้อมูล AFGDS ผ่านเครือข่ายการสื่อสารข้อมูลและคอมพิวเตอร์ ในลักษณะเครือข่ายศูนย์กลางข้อมูล (Network Centric) ซึ่งเป็นการใช้ข้อได้เปรียบของเทคโนโลยีสื่อสารโทรคมนาคม และคอมพิวเตอร์ให้สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างกว้างขวาง รวมทั้งจะเป็นการปรับปรุงประสิทธิภาพมาตรฐานความปลอดภัยในการบริการเดินอากาศของประเทศได้ต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ

1. รวบรวมข้อมูลและประเมินคุณภาพตำแหน่งอ้างอิงในการเดินอากาศ (Accuracy Evaluation) ที่ประกาศใช้ในเอกสารแถลงข่าวการบินประเทศไทย (กรมการบินพลเรือน, ม.ป.ป.ช.) กับเกณฑ์มาตรฐานความแม่นยำเชิงตำแหน่ง ที่องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศกำหนด (ICAO, 2013b)
2. ประเมินคุณภาพความแม่นยำเชิงตำแหน่งข้อมูลอ้างอิงในการเดินอากาศ
3. การพัฒนาจัดทำชั้นข้อมูล AFGDS ให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัล ไฟล์
4. การออกแบบจัดทำระบบฐานข้อมูล AFGDS
5. การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ (Application Programming Interface) เชื่อมต่อส่วนแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์

การประเมินคุณภาพข้อมูลตำแหน่งอ้างอิงในการเดินอากาศ

ขั้นตอนการประเมินคุณภาพข้อมูล AFGDS ด้านเกณฑ์ความถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Accuracy) ของข้อมูลอ้างอิงในการเดินอากาศ ที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลที่ประกาศในเอกสารแถลงข่าวการบินประเทศไทย (กรมการบินพลเรือน, ม.ป.ป.ช.) เฉพาะวิธีการได้มาซึ่งข้อมูลด้วยการสำรวจ (Surveyed) ตามเกณฑ์มาตรฐาน (ICAO, 2002) โดยมีขั้นตอนดังนี้

ตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้น (Preliminary Validate) โดยใช้แผนที่ภาพถ่ายออร์โธรีโมสตราส่วน 1: 4,000 เป็นแผนที่ฐานในการตรวจสอบข้อมูลความถูกต้องเชิงตำแหน่งอ้างอิงในการเดินอากาศภาคพื้น ได้แก่ ตำแหน่งทางวิ่ง ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวิทยุเครื่องช่วยเดินอากาศประจำสนามบิน และประจำเส้นทางบิน เป็นต้น

ตรวจสอบข้อมูลภาคพื้น (Ground Validate) โดยการสำรวจรังวัดพิกัดภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม จี พี เอส (Global Positioning System: GPS) ณ ตำแหน่งสำคัญที่ใช้ในการอ้างอิงทางการเดินอากาศ ได้แก่ ตำแหน่งทางวิ่ง ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวิทยุเครื่องช่วยเดินอากาศประจำสนามบิน และสถานีวิทยุเครื่องช่วยเดินอากาศประจำเส้นทางบิน เป็นต้น

การเตรียมข้อมูล การศึกษาครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่จากหลายแหล่ง โดยทำการรวบรวมข้อมูลและจัดรูปแบบใหม่ให้เหมาะสมกับการนำมาใช้งานผ่านโปรแกรมด้านภูมิสารสนเทศ โดยแบ่งประเภทข้อมูล ดังนี้

1. ข้อมูลประเภท Feature

ข้อมูลเชิงพื้นที่ให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศคมนาคมทางอากาศ ได้แก่ ชั้นข้อมูลที่ตั้งสนามบิน ที่ตั้งวิทยุช่วยเดินอากาศ เส้นทางบิน พื้นที่ให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศ เป็นต้นพร้อมทำการแปลงภาพเพื่อรองรับการใช้งานบนเว็บไซต์

2. ข้อมูลประเภท Raster

ข้อมูลประเภท Raster เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photo) โดยมีการเตรียมข้อมูลเพื่อใช้งาน ดังนี้

2.1 ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจากกระทรวงคมนาคม มาตราส่วน 1: 4,000 ทำการแปลงค่าพิกัดเป็นระบบ World Geodetic System 1984 (WGS-84) จากนั้นทำการ โมนิเตอร์ (Mosaic) เป็นภาพเดียวบริเวณเหนือสนามบินพร้อมทำการแปลงภาพเพื่อรองรับการใช้งานบนเว็บไซต์

การพัฒนาจัดทำชั้นข้อมูล AFGDS

ขั้นตอนนี้เป็นการพัฒนาจัดทำชั้นข้อมูล AFGDS ที่ประกาศใช้งานในปัจจุบันในรูปแบบเอกสารข้อความ (Text Document) ที่ประกาศใช้ในเอกสารแถลงข่าวการบินประเทศไทย (AIP-Thailand) หรือรูปแบบ แอนะล็อก (Analog) ให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัลไฟล์ (Digital File) ที่เอื้อประโยชน์ในการใช้งานด้านภูมิสารสนเทศในรูปแบบเชฟไฟล์ (Shapefile) รูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้สามารถนำเข้าจัดเก็บ แก้ไขปรับปรุง แสดงผล และแลกเปลี่ยน บนระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้ประกอบด้วย

1. การพัฒนาชั้นข้อมูล AFGDS ประเภทข้อมูลลายเส้น (Vector) ที่ได้จากการสำรวจข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ตามขั้นตอนที่ 1.2 และจากข้อมูลแผนที่ภาพออร์โธโรส (Raster) เพื่อเป็นใช้เป็นแผนที่ฐาน (Base Map) แสดงผลซ้อนทับร่วมกับข้อมูล AFGDS ที่ผู้ศึกษาวิจัยพัฒนาขึ้นตามกรอบมาตรฐานและข้อเสนอแนะทางเทคนิคสากล (International Standards and Recommended Practices) จำนวน 16 ชั้นข้อมูล รายละเอียดตาม ตารางที่ 3-1 เพื่อสนับสนุนการแสดงผลเป็นข้อมูลแผนที่ โดยผู้ศึกษาวิจัยอ้างอิงคุณภาพของข้อมูลการเดินอากาศ 3 ประเภท คือ ที่ได้จากการสำรวจ (Surveyed) การคำนวณ (Calculated) และการประกาศ (Declared) ที่องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศกำหนด (ICAO, 2002, p2-4)

ตารางที่ 3-1 ชั้นข้อมูล AFGDS

ประเภทข้อมูล	รายการข้อมูล
1. จุด (Point)	1. ตำแหน่งเริ่มต้นทางวิ่ง Threshold Runway (THR) 2. ตำแหน่ง Doppler VHF Omnidirectional Radio Range (DVOR) 3. ตำแหน่ง Non Directional Beacon (NDB) 4. ตำแหน่ง Localizer (LLZ) 5. ตำแหน่ง Glide Slope (GS) 6. ตำแหน่ง Marker Beacon
2. ลายเส้น (Line)	7. เส้นทางบินภายในประเทศ (Domestic Route) 8. เส้นทางบินระหว่างประเทศ (International Route) 9. เส้นทางบินด้วยดาวเทียม (GNSS route)
3. รูปหลายเหลี่ยม (Polygon)	10. พื้นที่แถลงข่าวการบินกรุงเทพ (Bangkok Flight Information Region : Bangkok – FIR) 11. พื้นที่บริการจราจรทางอากาศ (Terminal Control Area) 12. พื้นที่ต้องห้าม (Prohibited) 13. พื้นที่จำกัด (Restricted) 14. พื้นที่อันตราย (Danger area) 15. พื้นผิวจำกัดสิ่งกีดขวาง (Obstacle Limitation Surface)
4. ข้อมูลแผนที่ฐาน (Raster)	16. แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

2. การจัดทำคำอธิบายข้อมูล หรือ เมตาดาต้า (Metadata) ที่เป็นการบ่งชี้รายละเอียดของข้อมูล เช่น ใครเป็นผู้จัดสร้างข้อมูล เนื้อหาข้อมูลคืออะไร ข้อมูลครอบคลุมพื้นที่ใด ติดต่อกับข้อมูลได้ที่ใด วันเวลาที่ผลิตข้อมูลเมื่อใด ปรับปรุงล่าสุดเมื่อใด ข้อมูลถูกจัดสร้างขึ้นอย่างไร ซึ่งจะใช้เป็นเกณฑ์ในการควบคุมและตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลได้ เพื่อสนับสนุนการแบ่งปันข้อมูล AFGDS ได้บนระบบทางด่วนข้อมูลข่าวสาร (Information Superhighways) บนเครือข่ายสื่อสาร (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2548)

การออกแบบจัดทำระบบฐานข้อมูล AFGDS

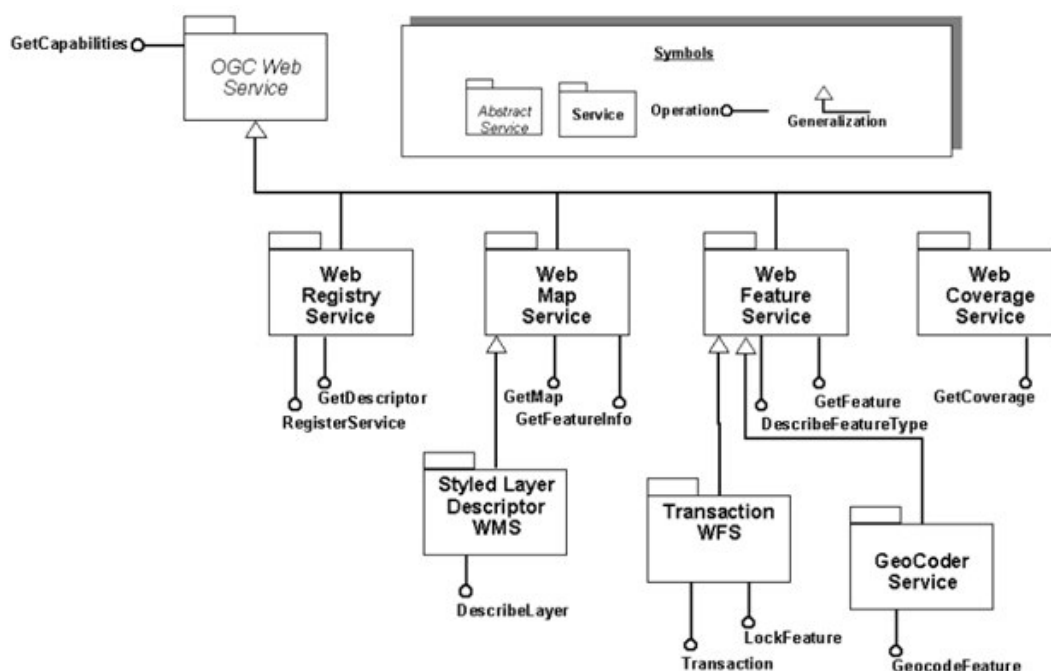
ในขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูล AFGDS จะเป็นฐานข้อมูล 2 ส่วน ที่ซึ่งส่วนแรกจะเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยการจัดการแก้ไขหรือปรับปรุงข้อมูลในรูปของเซฟไฟล์ (Shape File) เนื่องจากฐานข้อมูลเชิงพื้นที่จะต้องมีการแก้ไขหรือปรับปรุงข้อมูลด้วยโปรแกรมเฉพาะด้านภูมิสารสนเทศเท่านั้น สำหรับส่วนที่สอง เป็นฐานข้อมูลระบบบริหารจัดการบนเว็บไซต์ที่มีการจัดเก็บในรูปแบบตารางในฐานข้อมูลเอชคิวแอล SQL ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 คำอธิบายข้อมูล AFGDS

ที่	ชื่อตาราง	ประเภทตาราง	คำอธิบายข้อมูล
1	Th_Aerodrome.dbf	Master File	ตำแหน่งสนามบิน
2	Th_Runway_Threshold.dbf	Master File	ตำแหน่งจุดเริ่มต้นทางวิ่ง
3	Th_RadioNav_DVOR.dbf	Master File	ตำแหน่งวิทยุช่วยเดินอากาศ DVOR
4	Th_RadioNav_NDB.dbf	Master File	ตำแหน่งวิทยุช่วยเดินอากาศ NDB
5	Th_RadioNav_LLZ.dbf	Master File	ตำแหน่งวิทยุช่วยเดินอากาศ LLZ
6	Th_RadioNav_GP.dbf	Master File	ตำแหน่งวิทยุช่วยเดินอากาศ GP
7	Th_RadioNav_Marker.dbf	Master File	ตำแหน่งวิทยุช่วยเดินอากาศ Marker
8	Th_RadioNav_DME.dbf	Master File	ตำแหน่งวิทยุช่วยเดินอากาศ DME
9	Th_Route_Domestic.dbf	Master File	เส้นทางบินภายในประเทศ
10	Th_Route_International.dbf	Master File	เส้นทางบินระหว่างประเทศ
11	Th_Route_GNSS.dbf	Master File	เส้นทางบินด้วยดาวเทียม
12	Th_Area_Prohibited.dbf	Master File	เขตพื้นที่ห้ามบิน
13	Th_Area_Danger.dbf	Master File	เขตพื้นที่อันตรายในการบิน
14	Th_Area_Restriction.dbf	Master File	เขตพื้นที่จำกัดการบิน
15	Th_Area_Flight Information Region.dbf	Master File	เขตพื้นที่ให้บริการเดินอากาศ
16	Th_Area_Country.dbf	Master File	เขตพื้นที่ประเทศ
17	Th_Img_Area2.dbf	Master File	ภาพออร์โธสตีพื้นที่ 2

การออกแบบระบบให้บริการแผนที่ผ่านเครือข่าย (Web Map Design)

การพัฒนาแบบต้นแบบให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อสนับสนุนการเผยแพร่ และแบ่งปันข้อมูลบนระบบเครือข่ายสื่อสาร ซึ่งยึดถือกรอบมาตรฐาน OGC ในการพัฒนาแบบต้นแบบให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศบนเครือข่าย เพื่อสนับสนุนให้เกิดการทำงานร่วมกันในข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานชุดเดียวกัน แบบ Interoperability โดยกำหนดให้ระบบมีบริการพื้นฐานประกอบด้วย ส่วนค้นหาแหล่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ (Data catalogue) โปรแกรม OpenGIS Web Service (OWS) Viewer ที่ผู้ใช้สามารถติดต่อกับระบบ ส่วนแม่ข่ายแผนที่ (Map Server) และส่วนจัดเก็บข้อมูลภูมิสารสนเทศ (Data Server) รายละเอียดดัง (ภาพที่ 3-1)



ภาพที่ 3-1 แสดงโปรโตคอลไดอะแกรมระบบ Web Map Services Implement Specification

(ที่มา: Jeff de La Beaujardiere, 2002)

การพัฒนาแบบให้บริการ AFGDS ผ่านเว็บเบราว์เซอร์

การพัฒนาแบบให้บริการ AFGDS ในครั้งนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

1. การจัดเตรียมข้อมูล AFGDS ตามข้อ 2 และ 3 ให้มีคุณสมบัติได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน OGC Web Service เพื่อให้สามารถบริการข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายสื่อสารได้
2. การติดตั้งระบบแม่ข่ายแผนที่ (Map Server) ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยพิจารณาใช้วิธีการจำลองระบบแม่ข่ายแผนที่ (Map Server) และส่วนผู้ใช้งาน (Client) ให้ทำหน้าที่ทั้งสองอย่าง

บนคอมพิวเตอร์เครื่องเดียวกัน โดยแม่ข่ายแผนที่ผู้ศึกษาวิจัยเลือกใช้ซอฟต์แวร์แม่ข่ายแผนที่รหัสเปิด (Open Source) ซึ่งมีฟังก์ชันและระบบปฏิบัติการรองรับมาตรฐาน OGC ที่มีชื่อเรียกว่าซอฟต์แวร์ OpenGeo Suite ซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานรองรับมาตรฐานตามที่ กำหนดไว้ ออกแบบไว้ ได้แก่ Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS), Web Coverage Service (WCS), Style Layer Descriptor (SLD), Filter Encoding (FE) และ Web Map Context (WMC) และรวมถึงสามารถเชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์ด้านบริหารจัดการระบบฐานข้อมูล และซอฟต์แวร์ด้านการจัดทำข้อมูลภูมิสารสนเทศที่เป็นรหัสเปิดได้อีกด้วย

3. พัฒนาซอฟต์แวร์ OWS Client สำหรับใช้งานระบบให้บริการข้อมูล AFGDS ในครั้งนี้ทำงานบนเว็บเบราว์เซอร์ในลักษณะ Thin Client ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางติดต่อระหว่างผู้ให้บริการ (Server) กับผู้ใช้งาน (Client) ให้สามารถเข้าถึงข้อมูล AFGDS ได้สะดวกซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 2 ขั้นตอน คือ

3.1 ส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้ (Graphic User Interface Design) พัฒนาออกแบบส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้งานด้วยภาษา HTML โดยมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนแสดงผลแผนที่ (Map Viewer), ส่วนควบคุมข้อมูล (Map Control) และแถบเครื่องมือ (Tool Bar)

3.2 การสร้างฟังก์ชันการทำงาน เป็นการเขียน โปรแกรมประยุกต์ เพื่อสนับสนุนการทำงานของซอฟต์แวร์ OWS Client โดยซอฟต์แวร์จะถูกออกแบบให้สามารถทำงานบนเว็บเบราว์เซอร์ทุกชนิด โดยมีฟังก์ชันหลักได้แก่ การค้นหาชั้นข้อมูล (Data Catalogue) การแสดงผลแผนที่ (Map Visualization) การสืบค้นข้อมูล (Data Query) การบริการข้อมูลภูมิสารสนเทศ (Spatial Data Service)

3.2.1 ฟังก์ชันการค้นหาชั้นข้อมูล (Data Catalogue) เป็นระบบงานที่สนับสนุนการค้นหาชั้นข้อมูล AFGDS ที่ให้บริการในระบบแม่ข่ายแผนที่ โดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดคำสำคัญและขอบเขตในการค้นหาได้จากหน้าจอแสดงผลแผนที่ ผลลัพธ์จากการค้นหาจะเป็นรายละเอียดของชั้นข้อมูลภูมิสารสนเทศได้ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด ผู้ใช้สามารถเรียกดูชั้นข้อมูล และสามารถเข้าถึงข้อมูล Metadata ของชั้นข้อมูลได้ทันที

3.2.2 ฟังก์ชันแสดงผลแผนที่ (Map Visualization) เป็นระบบงานย่อยจัดการเกี่ยวกับการแสดงผลข้อมูลแผนที่ผ่านทางหน้าจอของโปรแกรม การทำงานของฟังก์ชันแสดงผลแผนที่จะทำงานบนโปรโตคอล Web Map Service (WMS) ซึ่งจะมีการแสดงผลข้อมูลแผนที่และข้อมูลเชิงบรรยาย ผู้ใช้สามารถเรียกชั้นข้อมูลแผนที่จากแม่ข่ายแผนที่ต่าง ๆ มาซ้อนทับร่วมกันได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้โปรโตคอล SLD ช่วยในการกำหนดรูปแบบแสดงผลแผนที่

3.2.3 ฟังก์ชันให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศ (Spatial Data Service) เป็นระบบงานที่พัฒนาขึ้นเพื่อสนับสนุนการดาวน์โหลดข้อมูลภูมิสารสนเทศ เพื่อนำข้อมูลภูมิสารสนเทศไปใช้ในการวิเคราะห์หรือประมวลผลต่อไป การทำงานจะเป็นไปตามโปรโตคอล Web Feature Service (WFS) สำหรับข้อมูลเวกเตอร์ผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปแบบ Shapefile ส่วนข้อมูลแรสเตอร์เป็นไปตามโปรโตคอล Web Coverage Service (WCS) ผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปแบบ Geotiff นอกจากนี้ยังมีโปรโตคอล Filter Encoding (FE) ในการสืบค้นข้อมูลเฉพาะที่ต้องการดาวน์โหลดได้

3.2.4 ฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูล (Data Query) เป็นระบบงานที่พัฒนาขึ้นเพื่อสืบค้นข้อมูลตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้ต้องการจากแม่ข่ายแผนที่ต่าง ๆ โดยผู้ใช้สามารถกำหนดเงื่อนไขในการค้นหาได้ทั้งแบบการสืบค้นเชิงพื้นที่ และแบบการสืบค้นจากข้อมูลเชิงบรรยาย การสืบค้นอาศัยโปรโตคอลของ WFS ในการรับส่งข้อมูลและใช้ FE ในการกำหนดเงื่อนไขในการสืบค้น ผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปแบบ Shapefile โปรแกรมจะสามารถจัดการแสดงผลให้อยู่ในรูปแบบของตาราง

ทดสอบการแสดงผลข้อมูล AFGDS

การทดสอบระบบให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานด้านคมนาคมผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ในครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. การทดสอบความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลระบบข้อมูลผ่านเครือข่ายสื่อสารข้อมูล (Data Communication Network) ทั้งแบบมีสาย (Online) และแบบไร้สาย (Wireless Location Aera Network: WLAN) ที่เรียกใช้ส่วนนี้ว่า ธินไคลเอ็นท์ (Thin Client) ซึ่งสนับสนุนการเข้าถึงข้อมูล que ผู้ศึกษาวิจัยได้พัฒนาออกแบบไว้ ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ตเอกซ์พลอเรอร์ (Internet Explorer: IE) กูเกิลโครม (Google Chrome) โมซิลล่าไฟร์ฟอกซ์ (Mozilla Firefox) ว่าสามารถเข้าถึงข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานด้านคมนาคมทางอากาศตามที่วัตถุประสงค์ที่กำหนดหรือไม่

2. การทดสอบความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลระบบข้อมูลผ่านเครือข่ายสื่อสารข้อมูล (Data Communication Network) ทั้งแบบมีสาย (Online) และแบบไร้สาย (Wireless Location Aera Network: WLAN) ที่เรียกใช้ส่วนนี้ว่า ธิคไคลเอ็นท์ (Thick Client) สำหรับสนับสนุน ผู้ใช้งานส่วนจัดกระทำ แก้ไข ปรับปรุงข้อมูลภูมิสารสนเทศ บนระบบคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรมซอฟต์แวร์ด้านการวิเคราะห์ประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศได้ทั้งซอฟต์แวร์รหัสเปิด QuantumGIS และซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ ArcGIS ว่าสามารถเข้าถึงข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานด้านคมนาคมทางอากาศตามที่วัตถุประสงค์ที่กำหนดหรือไม่

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ตามที่ผู้ศึกษาวิจัย ได้จำแนกขั้นตอนในการศึกษาออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. รวบรวมข้อมูลและประเมินคุณภาพตำแหน่งอ้างอิงในการเดินอากาศ (Accuracy Evaluation) ที่ประกาศใช้ในเอกสารแถลงข่าวการบินประเทศไทย (กรมการบินพลเรือน, ม.ป.ป. ข.) กับเกณฑ์มาตรฐานความแม่นยำเชิงตำแหน่ง ที่องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศกำหนด (ICAO, 2002)
2. การพัฒนาจัดทำชั้นข้อมูล AFGDS ที่อยู่ในรูปของเอกสารข้อมูล (Text Document) ให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัลไฟล์ที่จะสามารถใช้ในการจัดกระทำได้ด้วยซอฟต์แวร์ประยุกต์ทางภูมิสารสนเทศ หรือเผยแพร่ แลกเปลี่ยน และแบ่งปัน ผ่านระบบเครือข่ายสื่อสารได้
3. การออกแบบจัดทำระบบฐานข้อมูล AFGDS
4. การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ (Application Programming Interface) เชื่อมต่อส่วนแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์

การรวบรวมข้อมูล และการประเมินคุณภาพข้อมูลตำแหน่งอ้างอิงในการเดินอากาศ

การรวบรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศคมนาคมทางอากาศของประเทศไทย (กรมการบินพลเรือน, ม.ป.ป.) ซึ่งเป็นข้อมูลตั้งต้นที่สำคัญ ที่จะใช้ในการพิสูจน์ (Verification) ทวนสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Position Accuracy) ของเครื่องอำนวยความสะดวกในการเดินอากาศ สนามบิน สถานีวิทยุช่วยในการเดินอากาศ พื้นที่บริการเดินอากาศต่าง ๆ ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ที่ www.aisthai.aviation.go.th/webais/download_aip.php และนำมาประเมินคุณภาพข้อมูลตามเกณฑ์มาตรฐานภูมิสารสนเทศ (ISO, 2003; สทอภ., 2550) ที่ระบุไว้ในบทที่ 3 ดังนี้

การตรวจสอบข้อมูลตำแหน่งอ้างอิงในการเดินอากาศเบื้องต้น (Preliminary Validate) กับแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรีโอสีเชิงเลข มาตรฐาน 1 : 4,000 ที่จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์นั้น พบว่า แผนที่ภาพถ่ายดังกล่าวมีรายละเอียดข้อมูลเชิงพื้นที่บริเวณสนามบินจำนวน 13 สนามบิน ได้แก่ สนามบินแม่ฮ่องสอน (VTCH) สนามบินแม่สอด (VTPM) สนามบินเพชรบูรณ์ (VTPB) สนามบินสุโขทัย (VTPO) สนามบินสุราษฎร์ธานี (VTSB) สนามบินชุมพร (VTSE) สนามบินกระบี่ (VTSG) สนามบินภูเก็ต (VTSP) สนามบินตรัง (VTST) สนามบินเลข \

(VTUL) สนามบินบุรีรัมย์ (VTUO) สนามบินนครราชสีมา (VTUQ) และสนามบินร้อยเอ็ด (VTUV) และเมื่อนำข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ของที่ตั้งที่ตำแหน่งที่ตั้งทางวิ่ง และสถานีวิทยุเครื่องช่วยในการเดินอากาศประจำสนามบินที่ประกาศใช้งานในปัจจุบันในเอกสารแถลงข่าวการบินประเทศไทย (กรมการบินพลเรือน, ม.ป.ป.) จะปรากฏผลความแม่นยำของข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ความคลาดเคลื่อนจากการเปรียบเทียบกับแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรี

สนามบิน	ความแม่นยำที่ยอมรับได้ ไม่เกิน 3.0 เมตร				ความแม่นยำที่ยอมรับได้ ไม่เกิน 1.0 เมตร
	DVOR	NDB	Localizer	Glide Path	Threshold runway
1. แม่ฮ่องสอน	11.11	17.56	-	-	THR-11 = 17.97 THR-29 = 17.03
2. แม่สอด	3.60	0.49	-	-	THR-09 = 6.51 THR-27 = 4.33
3. เพชรบูรณ์	3.86	3.10	ไม่มีข้อมูล บนภาพ	ไม่มีข้อมูล บนภาพ	THR-18 = 1.67 THR-36 = 1.63
4. สุโขทัย	-	2.03	ไม่มีข้อมูล บนภาพ	ไม่มีข้อมูล บนภาพ	THR-18 = 0.51 THR-36 = 0.42
5. สุราษฎร์ธานี	3.49	1.64	7.12	15.05	THR-04 = 1.89 THR-22 = 12.83
6. ชุมพร	2.77	2.26	3.10	3.18	THR-06 = 0.79 THR-24 = 1.93
7. กระบี่	6.11	ไม่มี ข้อมูล บนภาพ	6.47	ไม่มีข้อมูล บนภาพ	THR-14 = 1.12 THR-32 = ไม่ปรากฏบนภาพ
8. ภูเก็ต	159.68	-	7.81	67.13	THR-09 = 0.71 THR-27 = 2.79
9. ตรัง	3.05	0.66	ไม่มีข้อมูล บนภาพ	ไม่มีข้อมูล บนภาพ	THR-08 = 2.67 THR-26 = 2.62

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

สนามบิน	ความแม่นยำที่ยอมรับได้				ความแม่นยำที่ยอมรับได้
	3.0 เมตร				1.0 เมตร
	DVOR	NDB	Localizer	Glide Path	Threshold runway
10. เลข	0.49	1.92	-	-	THR-01 = 4.96 THR-19 = 2.71
11. บุรีรัมย์	4.24	2.71	ไม่มีข้อมูล บนภาพ	ไม่มีข้อมูล บนภาพ	THR-04 = 4.04 THR-22 = 3.79
12. นครราชสีมา	2.18	2.75	4.42	2.32	THR-06 = 1.54 THR-24 = 2.38
13. ร้อยเอ็ด	1.90	1.32	3.58	2.17	THR-18 = 1.85 THR-36 = 1.81

จากผลการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นกับแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรี โฟตี พบว่า รายละเอียดข้อมูล ที่ปรากฏบนภาพถ่ายไม่สอดคล้องกับข้อมูลอ้างอิงตำแหน่งในการเดินอากาศ เช่น สนามบิน เพชรบูรณ์ ณ ห้วงเวลาปี 2545 ที่บินบันทึกภาพนั้น สนามบินเพชรบูรณ์ยังไม่ได้มีการติดตั้งระบบ เครื่องช่วยในการบินลงทำให้ไม่ปรากฏสถานี Localizer (LOC) และสถานี Glide Path (GP) บน ภาพถ่ายออร์โธรี โฟตี หรืออีกกรณีที่ สนามบินกระบี่ กรมการบินพลเรือน ได้มีการต่อขยายทางวิ่ง 32 ให้ มีระยะทางเพิ่มขึ้นภายหลัง เป็นต้น ผู้ศึกษาวิจัยจึงได้ทำการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลในลำดับที่ 2 ต่อไป ตามมาตรฐานการประเมินคุณภาพข้อมูล (ISO, 2003; สทอภ., 2550) ด้วยวิธีเปรียบเทียบ ข้อมูลกับข้อมูลอ้างอิงภายใน (Internal) จาก AIP-Thailand และภายนอก (External) จากการสำรวจ ข้อมูลด้วยดาวเทียม (Global Positioning System: GPS) และนำมาเปรียบเทียบตามเกณฑ์มาตรฐาน ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งที่ยอมรับได้ (Standard deviation: SD) (ICAO, 2002) ได้แก่

1. ตำแหน่งเริ่มต้นทางวิ่ง (Threshold Runway: THR) ที่มีค่า DS เท่ากับ 1.0 เมตร ดังแสดงผล ในการตรวจสอบใน ตารางที่ 4-2

2. ตำแหน่งสถานีวิทยุเครื่องช่วยการเดินอากาศประจำสนามบินประกอบด้วย สถานี DVOR/DME สถานี NDB สถานี LLZ และสถานี GP ที่มีค่า SD เท่ากับ 3.0 เมตร ดังแสดงผลในการ ตรวจสอบใน ตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-2 ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง Threshold Runway

ที่	สนามบิน รายการ	ค่าพิกัด UTM AIP-Thailand		ค่าพิกัด UTM การสำรวจจริงวัดภาคพื้นดิน		ความคลาด เคลื่อน ไม่เกิน 1.0 ม
		ตะวันออก	เหนือ	ตะวันออก	เหนือ	
1	แม่ฮ่องสอน (VTCH)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-11	391452.683	2134815.852	391467.213	2134824.562	16.94
	THR-29	393350.853	2134189.500	393366.056	2134197.932	17.38
2	เชียงใหม่ (VTCT)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-03	591668.711	2205134.520	591671.474	2205134.392	2.77
	THR-21	593110.077	2207765.963	593111.719	2207765.785	1.65
3	เชียงใหม่ (VTCC)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-18	496092.199	2076602.732	496092.469	2076602.695	0.27
	THR-36	496084.234	2073502.828	496084.340	2073502.423	1.57
4	ลำปาง (VTCL)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-18	553222.840	2021050.291	553224.485	2021050.183	1.65
	THR-36	553361.044	2019380.877	553362.500	2019381.376	1.54
5	แพร่ (VTCP)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-01	623140.937	2004447.643	623142.957	2004450.688	3.65
	THR-19	623277.219	2005948.264	623278.527	2005944.671	3.82
6	น่าน (VTCN)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-02	687601.188	2079583.385	687600.255	2079577.805	5.66
	THR-20	688285.253	2081450.617	688288.536	2081456.219	6.49
7	แม่สอด (VTPM)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-09	450741.885	1846397.441	450743.062	1846397.343	1.18
	THR-27	452252.896	1846417.040	452254.245	1846416.723	1.39
8	พิษณุโลก (VTPP)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-14	635427.620	1857188.221	635429.132	1857187.813	1.57
	THR-32	637210.815	1854776.475	637212.682	1854775.631	2.05
9	เพชรบูรณ์ (VTPB)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-18	734089.650	1846054.732	734091.227	1846053.789	1.84
	THR-36	734110.994	1843952.528	734112.600	1843952.219	1.64

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

ที่	สนามบิน รายการ	ค่าพิกัด UTM		ค่าพิกัด UTM		ความคลาด เคลื่อน ไม่เกิน 1.0 ม
		AIP-Thailand		การสำรวจจริงวัดภาคพื้นดิน		
		ตะวันออก	เหนือ	ตะวันออก	เหนือ	
10	เลข (VTUL)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-01	151429.277	1930120.154	151430.386	1930119.086	1.54
	THR-19	152074.424	1932125.553	152075.999	1932124.952	1.69
11	อุดรธานี (VTUD)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-12	263662.155	1924370.238	263662.777	1924370.241	0.62
	THR-30	266364.766	1922952.070	266366.825	1922951.474	2.14
12	สกลนคร (VTUI)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-05	405353.469	1900439.663	405354.492	1900439.387	1.06
	THR-23	407203.049	1902271.875	407204.999	1902271.540	1.98
13	นครพนม (VTUW)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-15	461360.900	1923072.775	461362.234	1923072.410	1.38
	THR-33	462799.403	1921024.032	462800.784	1921023.538	1.47
14	อุบลราชธานี (VTUU)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-05	484890.294	1685188.680	484891.863	1685188.149	1.66
	THR-23	487240.072	1687056.849	487240.811	1687055.927	1.18
15	ขอนแก่น (VTUK)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-03	262620.126	1820702.089	262621.701	1820699.740	2.83
	THR-21	264137.529	1822997.896	264138.935	1822997.670	1.42
16	ร้อยเอ็ด (VTUV)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-18	368926.269	1783290.930	368927.648	1783290.437	1.46
	THR-36	368823.170	1781189.669	368824.728	1781189.424	1.58
17	บุรีรัมย์ (VTUO)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-04	311773.401	1683609.005	311776.735	1683611.048	3.33
	THR-22	312998.236	1685322.083	312999.807	1685321.775	1.57
18	นครราชสีมา (VTUQ)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-06	210010.654	1653996.629	210012.099	1653996.256	1.49
	THR-24	211867.325	1654982.681	211869.139	1654982.127	1.90

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

ที่	สนามบิน รายการ	ค่าพิกัด UTM AIP-Thailand		ค่าพิกัด UTM การสำรวจจริงวัดภาคพื้นดิน		ความคลาด เคลื่อน ไม่เกิน 1.0 ม
		ตะวันออก	เหนือ	ตะวันออก	เหนือ	
19	ดอนเมือง (VTBD)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-03L	672443.019	1536913.225	672444.271	1536912.817	1.32
	THR-03R	673045.143	1537200.309	673046.440	1537199.812	1.39
	THR-21R	674199.507	1540171.351	674200.779	1540170.879	1.36
	THR-21L	674517.414	1539852.392	674517.125	1539850.854	1.56
20	หัวหิน (VTPH)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-16	602949.443	1398034.177	602951.173	1398031.724	3.00
	THR-34	603635.800	1396209.644	603636.709	1396210.026	0.99
21	ชุมพร (VTSE)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-06	538641.661	1183544.227	538642.679	1183543.741	1.13
	THR-24	540462.944	1184596.171	540463.842	1184595.447	1.15
22	ระนอง (VTSR)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-02	ผิดรูปแบบ	ผิดรูปแบบ	454136.514	1079937.753	
	THR-20	454944.070	1081768.755	454944.741	1081767.792	1.17
23	สุราษฎร์ธานี (VTSB)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-04	513848.132	1008434.441	513850.658	1008432.999	2.91
	THR-22	515946.523	1010596.030	515946.915	1010594.927	1.17
24	สมุย (VTSM)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-17	616522.855	1056434.602	616522.524	1056436.390	1.82
	THR-35	616681.725	1054842.435	616681.916	1054840.409	2.03
25	นครศรีธรรมราช (VTSF)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-01	603863.476	943033.485	603864.242	943032.435	1.30
	THR-19	604078.473	945129.306	604078.959	945128.192	1.22
26	ภูเก็ต (VTSP)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-09	423244.101	896740.903	423243.840	896740.917	0.26
	THR-27	426230.349	897017.806	426230.347	897017.712	0.09

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

ที่	สนามบิน รายการ	ค่าพิกัด UTM AIP-Thailand		ค่าพิกัด UTM การสำรวจรังวัดภาคพื้นดิน		ความคลาด เคลื่อน ไม่เกิน 1.0 ม
		ตะวันออก	เหนือ	ตะวันออก	เหนือ	
27	กระบี่ (VTSG)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-14	497809.751	896067.989	497811.511	896065.490	3.06
	THR-32	499714.154	893748.186	499714.232	893747.818	0.38
28	ตรัง (VTST)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-08	566988.373	829869.665	566991.054	829869.136	2.73
	THR-26	569064.930	830204.866	569065.788	830203.757	1.40
29	หาดใหญ่ (VTSS)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-08	652515.587	766341.387	652517.792	766340.011	2.60
	THR-26	655536.611	766730.225	655545.549	766729.686	8.95
30	ปัตตานี (VTSK)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-08	737326.603	750510.737	737337.749	750509.081	11.27
	THR-26	738724.987	750610.674	738733.790	750625.187	16.97
31	นราธิวาส (VTSC)			ข้อมูลปี 2557		
	THR-02	802835.492	720125.481	802835.698	720122.035	3.45
	THR-20	803818.255	722425.730	803819.164	722424.413	1.60
32	ตราด (VTBO)			ข้อมูลปี 2549		
	THR-05	207742.219	1357886.914	207742.186	1357886.838	0.08
	THR-23	209158.892	1358999.823	208922.691	1358814.397	300.29
33	อุตะเกา (VTBU)			ข้อมูลปี 2554		
	THR-18	717864.461	1404288.842	717867.530	1404314.007	25.35
	THR-36	717612.088	1400842.254	717610.947	1400814.963	27.13

ตารางที่ 4-3 ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง Navigation Aids

ที่	สนามบิน รายการ	ค่าพิกัด UTM AIP-Thailand		ค่าพิกัด UTM การสำรวจรังวัดภาคพื้นดิน		ความคลาด เคลื่อน ไม่เกิน 3.0 ม
		ตะวันออก	เหนือ	ตะวันออก	เหนือ	
1	แม่ฮ่องสอน (VTCH)					
	NDB	392325.610	2134212.748	392340.902	2134221.111	17.43
	DVOR /DME	385711.900	2136555.326	385715.922	2136567.133	12.47
2	เชียงใหม่ (VTCT)					
	NDB	592401.414	2207270.341	592403.466	2207269.196	2.35
	DVOR /DME	592437.768	2205996.259	592413.958	2206063.316	71.16
	LLZ	593252.002	2208024.954	593252.127	2208022.891	2.07
	GP	591931.861	2205346.479	591933.104	2205345.555	1.55
3	เชียงใหม่ (VTCC)					
	DVOR /DME	495912.389	2074950.777	495917.272	2074946.375	6.57
	LLZ	496093.763	2077082.501	496094.044	2077081.457	1.08
	GP	495965.139	2073830.792	495965.198	2073831.506	0.72
4	ลำปาง (VTCL)					
	NDB	553637.502	2021019.782	553638.988	2021019.578	1.50
	DVOR /DME	552848.706	2020863.628	553096.078	2020864.150	0.76
	LLZ	553199.409	2021348.964	553199.588	2021349.666	0.72
5	แพร่ (VTCP)					
	NDB	622861.812	2004898.666	622864.256	2004899.707	2.66
	DVOR /DME	623371.127	2005413.383	623370.095	2005431.566	18.21
	LLZ	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	623291.607	2006089.221	
	GP	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	623268.902	2004731.104	
6	น่าน (VTCN)					
	NDB	688283.667	2080443.849	688283.698	2080443.840	0.03
	DVOR /DME	687854.080	2080647.403	687859.977	2080645.279	6.27
	LLZ	688337.131	2081591.358	688338.076	2081591.234	0.95
	GP	687591.226	2079905.542	687592.566	2079905.591	1.34

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ที่	สนามบิน รายการ	ค่าพิกัด UTM AIP-Thailand		ค่าพิกัด UTM การสำรวจรังวัดภาคพื้นดิน		ความคลาด เคลื่อน ไม่เกิน 3.0 ม
		ตะวันออก	เหนือ	ตะวันออก	เหนือ	
7	แม่สอด (VTPM)					
	NDB	450958.041	1846638.780	450937.828	1846638.403	20.22
	DVOR /DME	451182.583	1846278.731	451197.024	1846278.130	14.45
8	พิษณุโลก (VTPP)					
	NDB	635948.099	1857420.241	635952.208	1857421.273	4.24
	DVOR /DME	637626.806	1854600.291	637634.197	1854598.338	7.64
	LLZ	635243.341	1857438.770	635242.867	1857439.435	0.82
	GP	637118.077	1855105.059	637118.396	1855105.053	0.32
9	เพชรบูรณ์ (VTPB)					
	NDB	733612.253	1843320.043	733613.784	1843319.774	1.55
	DVOR /DME	734270.156	1845004.114	734263.427	1845002.505	6.92
	LLZ	734086.643	1846354.828	734088.230	1846354.521	1.62
	GP	734228.130	1844244.105	734229.635	1844243.839	1.53
10	เลย (VTUL)					
	NDB	152241.779	1932167.623	152244.347	1932166.553	2.78
	DVOR /DME	151875.763	1931998.143	151882.160	1931996.503	6.60
11	อุดรธานี (VTUD)					
	NDB	263060.676	1923837.502	263060.085	1923837.649	0.61
	DVOR /DME	263604.378	1923463.061	263594.457	1923499.784	38.04
	LLZ	263210.184	1924607.067	263218.629	1924608.347	8.54
	GP	266137.616	1923293.162	266139.219	1923205.799	87.38
12	สกลนคร (VTUI)					
	NDB	พิกัดรูปแบบ	พิกัดรูปแบบ	405877.508	1901561.809	/
	DVOR /DME	408216.162	1903448.724	408213.396	1903451.869	4.19
	LLZ	405204.490	1900291.904	405205.893	1900291.097	1.62
	GP	406926.559	1902139.740	406928.144	1902138.522	2.00

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ที่	สนามบิน รายการ	ค่าพิกัด UTM AIP-Thailand		ค่าพิกัด UTM การสำรวจรังวัดภาคพื้นดิน		ความคลาด เคลื่อน ไม่เกิน 1.0 ม
		ตะวันออก	เหนือ	ตะวันออก	เหนือ	
13	นครพนม (VTUW)					
	NDB	462039.402	1923002.047	462042.973	1923003.618	3.90
	DVOR /DME	461583.268	1922547.469	461581.505	1922551.449	4.35
	LLZ	พิกัดรูปแบบ	พิกัดรูปแบบ	462967.475	1920786.060	/
	GP	461464.741	1922750.825	461471.046	1922750.172	6.34
14	อุบลราชธานี (VTUU)					
	NDB	485346.820	1684932.150	485348.285	1684932.963	1.68
	DVOR /DME	485601.586	1685450.617	485600.975	1685444.011	6.63
	LLZ	484491.565	1684871.868	484502.086	1684878.775	12.59
	GP	487088.697	1686781.336	487091.342	1686781.446	2.65
15	ขอนแก่น (VTUK)					
	NDB	263462.177	1821343.221	263464.465	1821343.225	2.29
	DVOR /DME	263825.490	1822302.351	263841.120	1822317.733	21.93
	DVOR /DME	178318.598	1841765.380	178753.667	1841627.721	456.33
16	ร้อยเอ็ด (VTUV)					
	NDB	369343.845	1781565.219	369344.417	1781565.506	0.64
	DVOR /DME	368689.832	1782249.235	368696.004	1782244.095	8.03
	LLZ	368941.121	1783590.495	368942.485	1783590.195	1.40
	GP	368717.675	1781485.953	368719.058	1781485.727	1.40
17	บุรีรัมย์ (VTUO)					
	NDB	312319.922	1685475.671	312322.746	1685474.908	2.82
	DVOR /DME	312990.370	1685570.204	312996.078	1685566.922	5.71
	LLZ	313280.429	1685717.277	313292.726	1685730.861	12.30
	GP	311869.738	1683898.096	311871.033	1683897.756	1.29

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ที่	สนามบิน รายการ	ค่าพิกัด UTM		ค่าพิกัด UTM		ความคลาด เคลื่อน ไม่เกิน 3.0 ม
		AIP-Thailand		การสำรวจรังวัดภาคพื้นดิน		
		ตะวันออก	เหนือ	ตะวันออก	เหนือ	
18	นครราชสีมา (VTUQ)					
	NDB	211159.885	1655258.821	211162.012	1655257.696	2.41
	DVOR /DME	210770.496	1654167.960	210778.478	1654165.228	8.44
	LLZ	212132.463	1655123.425	212134.159	1655122.791	1.81
	GP	210341.881	1654036.900	210343.345	1654036.356	1.56
19	ดอนเมือง (VTBD)					
	DVOR /DME	672473.196	1536531.114	672472.938	1536530.064	1.08
	GP-03L	672700.910	1537137.456	672701.327	1537137.247	0.47
	GP-21L	ผิดรูปแบบ	ผิดรูปแบบ	674286.716	1539752.887	
	GP-21R	674147.241	1539821.564	674148.339	1539820.666	1.42
	LLZ -03L	674347.152	1540444.031	674347.816	1540443.741	0.72
	LLZ -21L	672935.438	1536995.201	672936.627	1536996.115	1.50
	LLZ -21R	672301.293	1536646.748	672301.132	1536647.215	0.49
20	หัวหิน (VTPH)					
	NDB	603111.448	1397868.560	602762.124	1398064.047	400.30
	DVOR /DME	603299.905	1396899.663	603303.975	1396892.685	8.08
	LLZ	-	-	603670.844	1395972.328	
21	ชุมพร (VTSE)					
	NDB	540032.902	1184795.913	540033.627	1184795.115	1.08
	DVOR /DME	539974.232	1184067.305	539975.177	1184069.656	2.53
	LLZ	538382.727	1183394.661	538383.335	1183393.712	1.13
	GP	540271.880	1184347.158	540272.486	1184346.357	1.00
22	ระนอง (VTSR)					
	NDB	455145.696	1081481.655	455145.233	1081479.789	19.2
	DVOR /DME	454368.537	1080968.786	454345.552	1080891.915	80.23
	LLZ	455064.735	1082042.564	455064.518	1082039.053	3.52
	GP	454147.404	1080261.443	454147.144	1080253.244	8.20

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ที่	สนามบิน รายการ	ค่าพิกัด UTM		ค่าพิกัด UTM		ความคลาด เคลื่อน ไม่เกิน 1.0 ม
		AIP-Thailand		การสำรวจรังวัดภาคพื้นดิน		
		ตะวันออก	เหนือ	ตะวันออก	เหนือ	
23	สุราษฎร์ธานี (VTSB)					
	NDB	515981.422	1009574.607	515981.905	1009573.533	1.18
	DVOR /DME	514805.312	1009173.377	514805.620	1009171.618	1.79
	LLZ	513636.084	1008214.787	513633.398	1008211.918	3.93
	GP	515793.141	1010264.601	515793.019	1010264.257	0.36
24	สมุย (VTSM)					
	NDB	-	-	616322.472	1056270.223	
	DVOR /DME	616525.987	1055515.264	616527.080	1055513.856	1.78
25	นครศรีธรรมราช(VTSF)					
	NDB	603530.651	944862.291	603531.211	944861.143	1.28
	DVOR /DME	604204.618	944307.100	604204.024	944306.353	0.95
	LLZ	603832.434	942724.121	603832.628	942722.959	1.18
	GP	604164.020	944778.764	604163.774	944777.264	1.52
26	ภูเก็ต (VTSP)					
	DVOR /DME	423574.943	897102.115	423650.939	896961.216	160.09
	LLZ	423483.981	896883.914	423483.031	896883.951	0.95
	GP	426008.266	896896.557	425948.280	896864.514	68.01
27	กระบี่ (VTSG)					
	NDB	497192.176	895936.590	497193.675	895951.243	14.73
	DVOR /DME	497523.314	896188.076	497522.807	896182.307	5.79
	LLZ	497624.615	896293.402	497624.894	896292.659	0.79
	GP	499589.903	894093.969	499588.192	894090.773	3.63
28	ตรัง (VTST)					
	NDB	568414.024	830378.987	568414.635	830378.221	0.98
	DVOR /DME	569068.202	830059.919	569069.007	830058.653	1.50
	LLZ	569359.084	830252.273	569360.109	830251.254	1.45
	GP	567260.634	830014.993	567261.641	830013.909	1.48

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ที่	สนามบิน รายการ	ค่าพิกัด UTM AIP-Thailand		ค่าพิกัด UTM การสำรวจรังวัดภาคพื้นดิน		ความคลาด เคลื่อน ไม่เกิน 1.0 ม
		ตะวันออก	เหนือ	ตะวันออก	เหนือ	
29	หาดใหญ่ (VTSS)					
	NDB	653441.720	766941.522	653443.597	766941.595	1.88
	DVOR /DME	653331.964	766687.791	653336.677	766689.254	4.93
	LLZ	651911.136	766263.457	651916.840	766262.718	5.75
	GP	655258.985	766573.054	655261.666	766571.798	2.96
30	ปัตตานี (VTSK)					
	NDB	737399.563	750889.947	737336.890	750884.036	62.95
31	นราธิวาส (VTSC)					
	NDB	803991.803	721780.165	804121.756	722417.402	650.35
	DVOR /DME	803611.602	722320.080	803611.270	722318.376	1.74
	LLZ	803917.523	722658.684	803942.053	722712.069	58.75
	GP	803254.597	720801.315	803082.872	720396.596	439.64
32	ตราด (VTBO)					
	NDB	207795.943	1358361.477	207796.062	1358361.260	0.25
33	อุตะเกา (VTBU)					
	NDB	716669.666	1400548.271	716599.716	1400566.228	72.22
	DVOR /DME	717208.663	1401105.648	717259.236	1401107.625	50.61
	LLZ	717576.468	1400370.790	717579.879	1400390.255	19.76
	GP	717911.688	1403877.335	717958.135	1403887.137	47.47
	MM	717178.969	1404978.219	717943.752	1405351.426	850.99
34	DVOR /DME ระยอง	790782.864	1414320.365	790586.010	1414163.302	251.83

ผลการศึกษาเพื่อประเมินคุณภาพข้อมูลตำแหน่งอ้างอิงในการเดินอากาศของประเทศที่ประกาศใช้งานใน AIP-Thailand ดังกล่าว เพื่อใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นในการพัฒนาชุดข้อมูล AFGDS ในครั้งนี้ ได้จำแนกกลุ่มตัวอย่างไว้ 2 ประเภท คือ

กลุ่มตัวอย่างที่ 1 ได้แก่ ตำแหน่งจุดเริ่มต้นทางวิ่ง (Threshold Runway) จำนวน 33 สนามบินประกอบด้วยสมาชิก จำนวน 68 ข้อมูล ซึ่งจัดอยู่เป็นข้อมูลสำคัญอย่างยิ่งยวด (Critical Data)

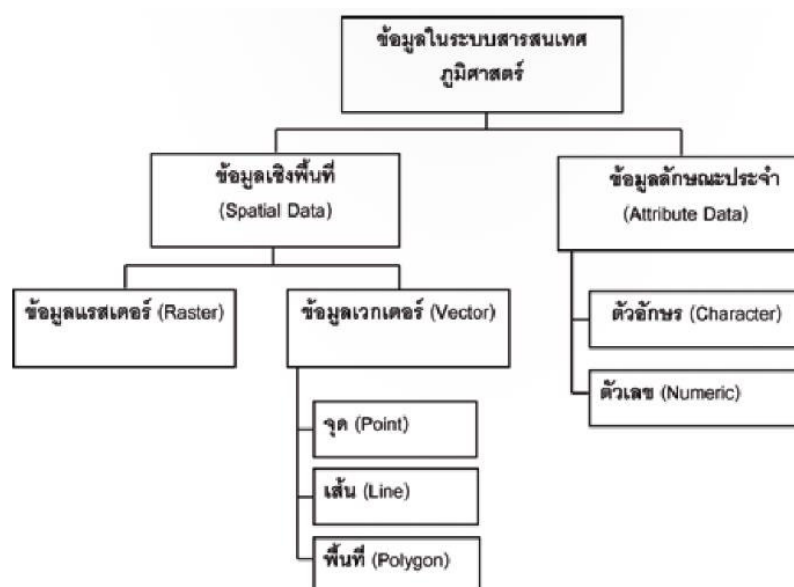
เพื่อระบุตำแหน่งในการลงจอด (Landing) เพื่อยืนยันความมั่นใจในกระบวนการลงจอดได้อย่างปลอดภัย (ICAO, 2002; ICAO, 2013b; และ ICAO, 2014) โดยเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ เท่ากับ 1.0 เมตร พบว่า กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 6 ข้อมูล มีค่าความแม่นยำเชิงตำแหน่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และข้อพึงปฏิบัติสากลกำหนด ได้แก่ THR 12 สนามบินอุดรธานี THR 34 สนามบินหัวหิน THR 09 และ THR 27 สนามบินภูเก็ต THR 32 สนามบินกระบี่ และ THR 05 สนามบินตราด นอกนั้นข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 62 ข้อมูล ที่เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญอย่างยิ่งยวดในการบินลงจอดได้อย่างปลอดภัยตามเกณฑ์มาตรฐานพบว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน กำหนด สามารถวัดเป็นระยะทางได้ตั้งแต่ 1.06 เมตร ถึง 27.13 เมตร ตามลำดับ และพบว่าข้อมูล THR 23 สนามบินตราด ปัจจุบันสนามบินที่ได้มีการต่อขยายความยาวทางวิ่งออกไปเป็นระยะทางที่วัดได้ 300 เมตร นั้นข้อมูลจึงไม่สัมพันธ์กับผลการรังวัดเดิม (ตารางที่ 4-2)

กลุ่มตัวอย่างที่ 2 ได้แก่ ตำแหน่งสถานีวิทยุเครื่องช่วยการเดินอากาศ (Navigation Aids) ที่ใช้ในการกำหนดเส้นทางบิน (En-Route) และจัดอยู่ในประเภทข้อมูลสำคัญ (Essential Data) ที่ระบุถึงตำแหน่งอ้างอิงต่าง ๆ ที่อาจมีความผิดพลาดได้จากการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก (Catastrophe) ที่ส่งผลเป็นความผิดพลาดโดยตรงต่อเครื่องบินให้เบี่ยงเบนออกนอกพื้นที่ ที่กำหนดขึ้นเพื่อปกป้องจากภูมิประเทศภายนอก เช่น สถานีวิทยุเครื่องช่วยการเดินอากาศประจำสนามบิน และประจำเส้นทางบิน จำนวน 33 สนามบิน ที่มีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ เท่ากับ 3.0 เมตร ประกอบด้วยสมาชิกของกลุ่มตัวอย่างข้อมูลนี้ จำนวน 118 ข้อมูล จากผลการศึกษาพบว่าตัวอย่างข้อมูล จำนวน 25 ข้อมูล อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งที่มาตรฐานกำหนด สำหรับตำแหน่งสถานีอ้างอิงภาคพื้น จำนวน 93 ข้อมูล ที่เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการบินตามเส้นทางบิน และการบินเข้าหาเพื่อลงจอดได้อย่างปลอดภัยพบว่า มีความคลาดเคลื่อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดสามารถวัดเป็นระยะทางได้ตั้งแต่ 3.90 – 850.99 เมตร (ตารางที่ 4-3)

สรุปผลการประเมินคุณภาพข้อมูลเชิงตำแหน่งเพื่อใช้ไปเป็นข้อมูลตั้งต้น ในการพัฒนาชุดข้อมูล AFGDS ด้วยวิธีเปรียบเทียบข้อมูลกับข้อมูลอ้างอิงภายใน (Internal) และภายนอก (External) ตามกรอบมาตรฐานสากล (ISO, 2013) พบว่า เกณฑ์คุณภาพข้อมูลศึกษา มีเกณฑ์ความแม่นยำ ต่ำกว่าตามเกณฑ์มาตรฐาน และข้อพึงปฏิบัติสากลกำหนด (ICAO, 2002; ICAO, 2013b) ดังนั้น ผู้ศึกษาวิจัยจึงพิจารณาใช้ข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ได้จากการสำรวจด้วยดาวเทียม GPS (ตารางที่ 4-2 และ 4-3) เป็นข้อมูลตั้งต้นในการพัฒนาชุดข้อมูล AFGDS และเพื่อให้ข้อมูลที่วิจัยศึกษานี้สามารถใช้งานร่วมกับชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานอื่น ๆ ของประเทศได้ จึงยึดหลักปฏิบัติตามร่างมาตรฐานข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน 13 ชั้นข้อมูล (สทอภ., 2556) โดยมีรายละเอียดการพัฒนาดังต่อไปนี้

การพัฒนาจัดทำชุดข้อมูล AFGDS

การพัฒนาชุดข้อมูล AFGDS ในครั้งนี้ เป็นการสร้างข้อมูล Simple Feature ร่วมกับข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) ที่ประกาศใน AIP-Thailand (กรมการบินพลเรือน, ม.ป.ป.) สำหรับใช้งานกับผู้ใช้งานซอฟต์แวร์ด้านภูมิสารสนเทศทั่วไปได้ที่มีโครงสร้างข้อมูล (Structure Data) ที่มีความสัมพันธ์เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกันได้ (ภาพที่ 4-1) โดยมีชั้นข้อมูลดังที่กำหนด จำนวน 16 ชั้นข้อมูล รายละเอียดตาม ตารางที่ 4-4 เพื่อสนับสนุนการแสดงผลเป็นข้อมูลแผนที่ โดยผู้ศึกษาวิจัย ได้อ้างอิงคุณภาพของข้อมูลการเดินทางอากาศ 3 ประเภท คือ ที่ได้จากการสำรวจ (Surveyed) การคำนวณ (Calculated) และการประกาศ (Declared) ที่องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กำหนด (ICAO, 2002, p2-4)



ภาพที่ 4-1 โครงสร้างข้อมูลภูมิสารสนเทศ

(ที่มา : สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2552)

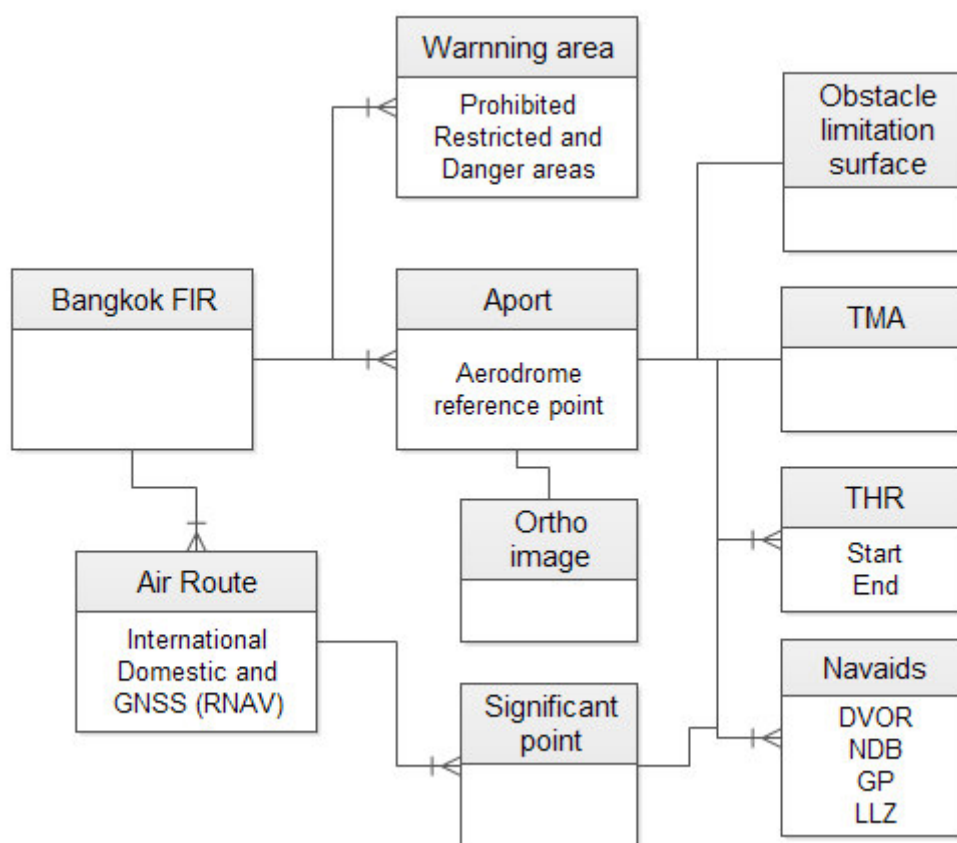
การพัฒนาชุดข้อมูล AFGDS ตามที่กล่าวข้างต้นสำหรับการศึกษาวิจัยนี้ ได้แบ่งประเภทชั้นข้อมูล (Feature Type) เป็น 4 ประเภท จำนวน 16 ชั้นข้อมูล (Feature Layer) ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 รายละเอียดลักษณะข้อมูล AFGDS

ประเภทข้อมูล	รายการข้อมูล/ที่มาของข้อมูล
1. จุด (Point)	1. ตำแหน่งอ้างอิงสนามบิน (Aerodrome Reference Point) 2. ตำแหน่งเริ่มต้นทางวิ่ง Threshold Runway (THR) 3. ตำแหน่ง Doppler VHF Omnidirectional Radio Range (DVOR) 4. ตำแหน่ง Non Directional Beacon (NDB) 5. ตำแหน่ง Localizer (LLZ) 6. ตำแหน่ง Glide Slope (GS) ใช้ข้อมูลที่ประกาศในหมวด Aerodrome ที่ AD2_1 AD2_39
2. ลายเส้น (Line)	7. เส้นทางบินภายในประเทศ (Domestic Route) 8. เส้นทางบินระหว่างประเทศ (International Route) 9. เส้นทางบินด้วยดาวเทียม (GNSS Route) ใช้ข้อมูลที่ประกาศในหมวด ENR 3. ATS Route ที่ ENR 3.1 ATS Routes International และ ENR 3.3-1 ENR 3.3 Aera Navigation RNAV Route
3. รูปหลายเหลี่ยม (Polygon)	10. พื้นที่แถลงข่าวการบินกรุงเทพ (Bangkok Flight Information Region : Bangkok – FIR) 11. พื้นที่บริการจราจรทางอากาศ (Terminal Control Area) ใช้ข้อมูลที่ประกาศในหมวด ENR 2. Air Traffic Services Airspace ที่ ENR 2.1 FIR, UIR, TMA 12. พื้นที่ต้องห้าม (Prohibited) 13. พื้นที่จำกัด (Restricted) 14. พื้นที่อันตราย (Danger area) ใช้ข้อมูลที่ประกาศในหมวด ENR 5.1 Prohibited, Restricted, and Danger Areas 15. พื้นผิวจำกัดสิ่งกีดขวาง (Obstacle Limitation Surface) เอกสารภาคผนวกที่ 14 (ICAO, 2013d)
4. ข้อมูลแผนที่ฐาน (Raster)	16. แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

สำหรับขั้นตอนการสร้างข้อมูลจุด (Point) ข้อมูลสายเส้น (Line) และข้อมูลรูปปิดหลายเหลี่ยม (Polygon) หรือเรียกรวมว่า Simple Feature Layer พื้นฐานนั้นจะไม่ขอกล่าวรายละเอียดไว้ ณ ที่นี้แต่ผู้ที่มีความสนใจสามารถศึกษาค้นคว้าทำความเข้าใจได้จากตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (สทอภ., 2552) หรือตำราภูมิสารสนเทศทั่วไป รวมถึงการกำหนดคำอธิบายข้อมูลหรือ เมตาดาต้า (Metadata) สำหรับชุดข้อมูล AFGDS ผู้ศึกษาวิจัยถือปฏิบัติตามมาตรฐาน ISO 19115 ที่มีรายละเอียดครอบคลุม Core Metadata ที่กำหนด (ราชกิจจานุเบกษา, 2548)

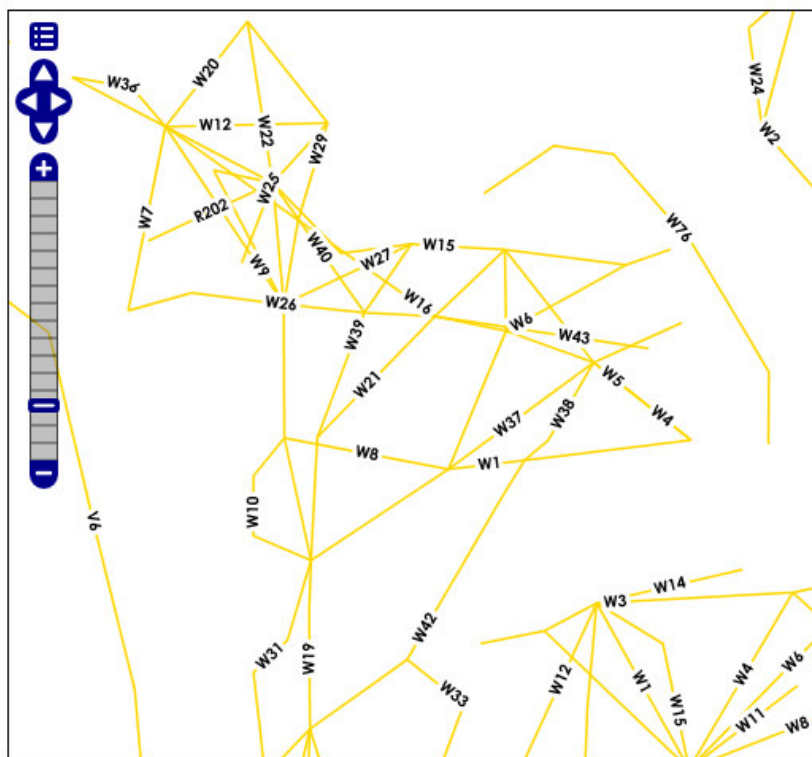
การออกแบบฐานข้อมูล AFGDS จะเป็นฐานข้อมูล 2 ส่วน ซึ่งส่วนแรกจะเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยการจัดการแก้ไขหรือปรับปรุงข้อมูลในรูปของเซฟไฟล์ (Shape File) เนื่องจากฐานข้อมูลเชิงพื้นที่จะต้องมีการแก้ไขหรือปรับปรุงข้อมูลด้วยโปรแกรมเฉพาะด้านภูมิสารสนเทศเท่านั้น สำหรับส่วนที่สอง เป็นฐานข้อมูลระบบบริหารจัดการบนเว็บไซต์ที่มีการจัดเก็บในรูปแบบตารางในฐานข้อมูลเอสคิวแอล SQL ดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 ความสัมพันธ์ของชั้นข้อมูล AFGDS

การนำเข้าข้อมูล AFGDS สู่อะบบฐานข้อมูล

ด้วยผู้ศึกษาวิจัยเลือกระบบปฏิบัติการรหัสเปิด (Open Source) เพื่อสะดวกต่อการพัฒนาต่อ ยอดด้าน โปรแกรมประยุกต์ต่าง ๆ ได้ในอนาคตจึงพิจารณาใช้ Geoserver เป็นซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่สำหรับให้บริการข้อมูล AFGDS ผ่านเครือข่ายได้ทุก Platform ของระบบปฏิบัติการ Windows และ Linux โดยพัฒนาตามกรอบแนวคิดของ OGC และสามารถกำหนดคุณสมบัติด้านรูปแบบข้อมูล (Style Layer Discription: SLD) เพื่อให้สนับสนุนการแสดงผลแผนที่ ดังตัวอย่าง ข้อมูลเส้นทางบินภายในประเทศ (Th_Route_Domestic) (ภาพที่ 4-3)



ภาพที่ 4-3 การแสดงผลชั้นข้อมูลเส้นทางบินภายในประเทศ

การพัฒนาระบบให้บริการข้อมูล AFGDS ผ่านเว็บเบราว์เซอร์

การพัฒนาระบบให้บริการ AFGDS ในครั้งนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

การจัดเตรียมข้อมูล AFGDS ตามข้อ 2 และ 3 ให้มีคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐาน OGC Web Service เพื่อให้สามารถบริการข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายสื่อสารได้

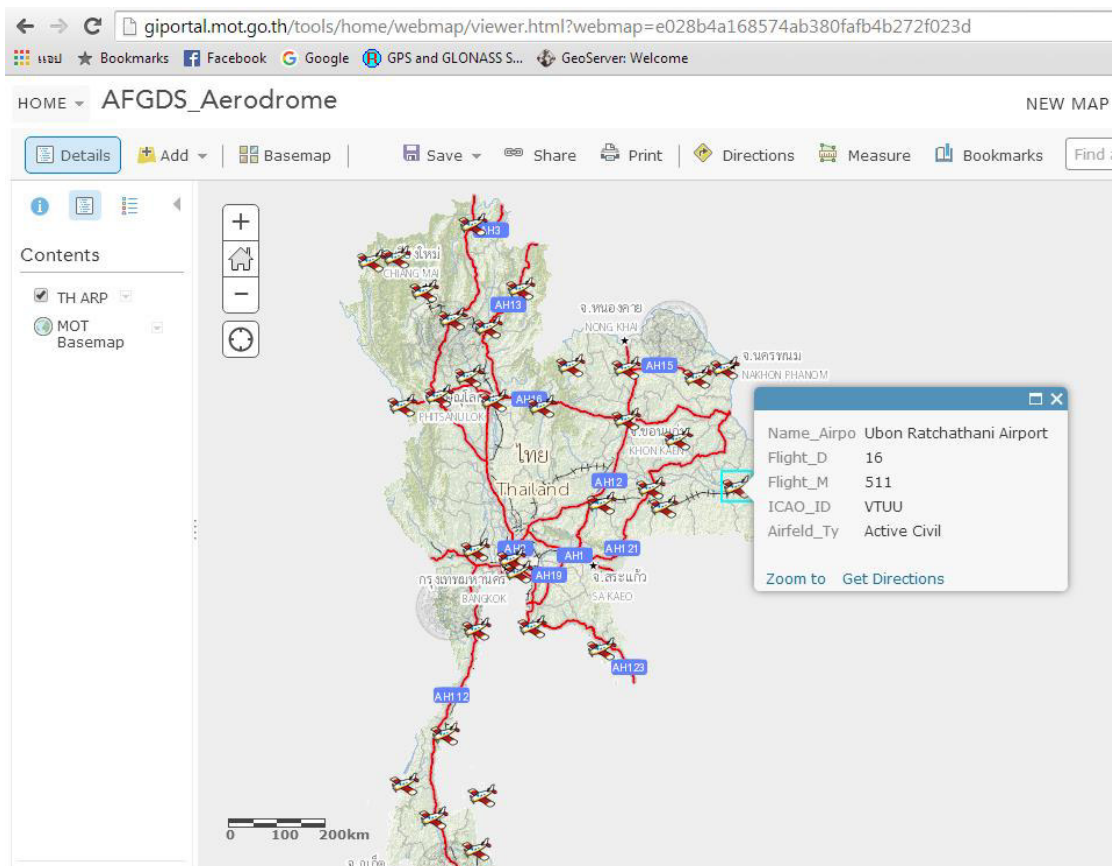
การติดตั้งระบบแม่ข่ายแผนที่ (Map Server) ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยพิจารณาใช้วิธีการจำลองระบบแม่ข่ายแผนที่ (Map Server) และส่วนผู้ใช้งาน (Client) ให้ทำหน้าที่ทั้งสองอย่าง

บนคอมพิวเตอร์เครื่องเดียวกัน โดยแม่ข่ายแผนที่ผู้ศึกษาวิจัยเลือกใช้ซอฟต์แวร์แม่ข่ายแผนที่รหัสเปิด (Open Source) ซึ่งมีฟังก์ชันและระบบปฏิบัติการรองรับมาตรฐาน OGC ที่มีชื่อเรียกว่าซอฟต์แวร์ OpenGeo Suite ซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานรองรับมาตรฐานตามที่ กำหนดไว้ ออกแบบไว้ ได้แก่ Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS), Web Coverage Service (WCS), Style Layer Descriptor (SLD), Filter Encoding (FE) และ Web Map Context (WMC) และรวมถึงสามารถเชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์ด้านบริหารจัดการระบบฐานข้อมูล และซอฟต์แวร์ด้านการจัดทำข้อมูลภูมิสารสนเทศที่เป็นรหัสเปิดได้อีกด้วย

การทดสอบการแสดงผลชุดข้อมูล AFGDS

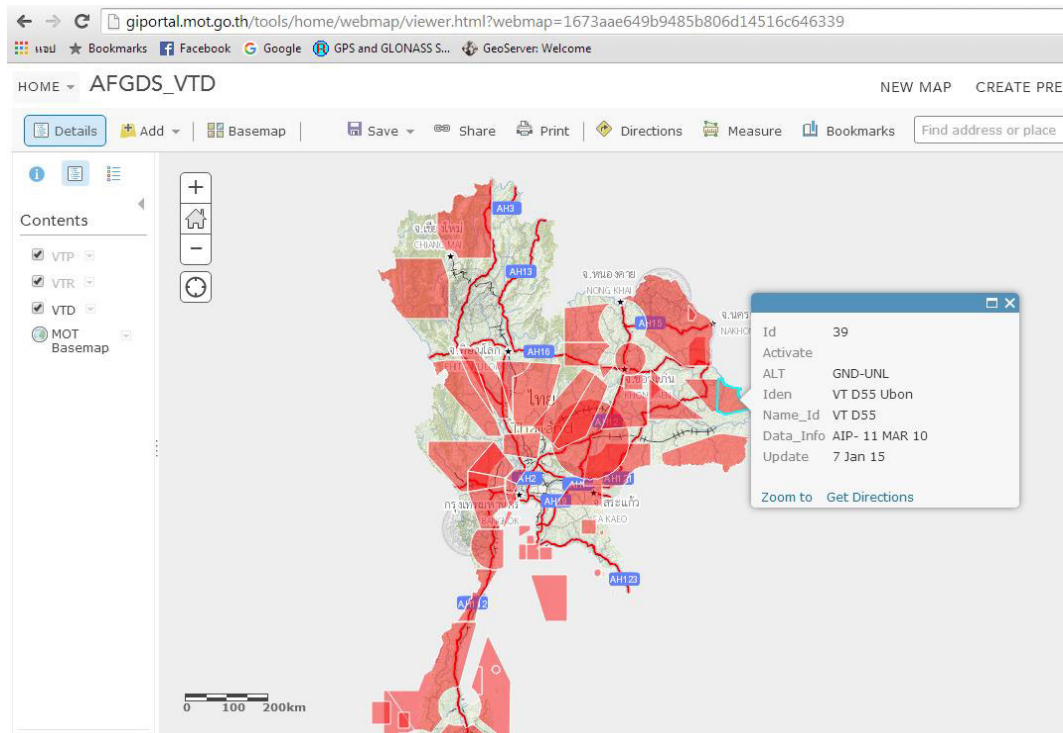
การทดสอบระบบให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานด้านคมนาคมผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ในครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

การทดสอบความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลระบบข้อมูลผ่านเครือข่ายสื่อสารข้อมูล (Data Communication Network) ทั้งแบบมีสาย (Online) และแบบไร้สาย (Wireless Location Area Network: WLAN) ที่เรียกผู้ใช้นี้ว่า Thin Client เพื่อสนับสนุนการเข้าถึงข้อมูล AFGDS ที่ผู้ศึกษาวิจัยได้พัฒนาออกแบบไว้ ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ตเอกซ์พลอเรอร์ (Internet Explorer: IE) กูเกิล โครม (Google Chrome) โมซิลลา ไฟร์ฟอกซ์ (Mozilla Firefox) ว่าสามารถเข้าถึงข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานด้านคมนาคมทางอากาศตามที่วัตถุประสงค์ที่กำหนด และรวมถึงการทดสอบการเผยแพร่ข้อมูล AFGDS บนระบบเว็บทำภูมิสารสนเทศ กระทรวงคมนาคม ประกอบด้วย การแสดงข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งสนามบินพาณิชย์ของประเทศไทยผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ดังภาพที่ 4-4



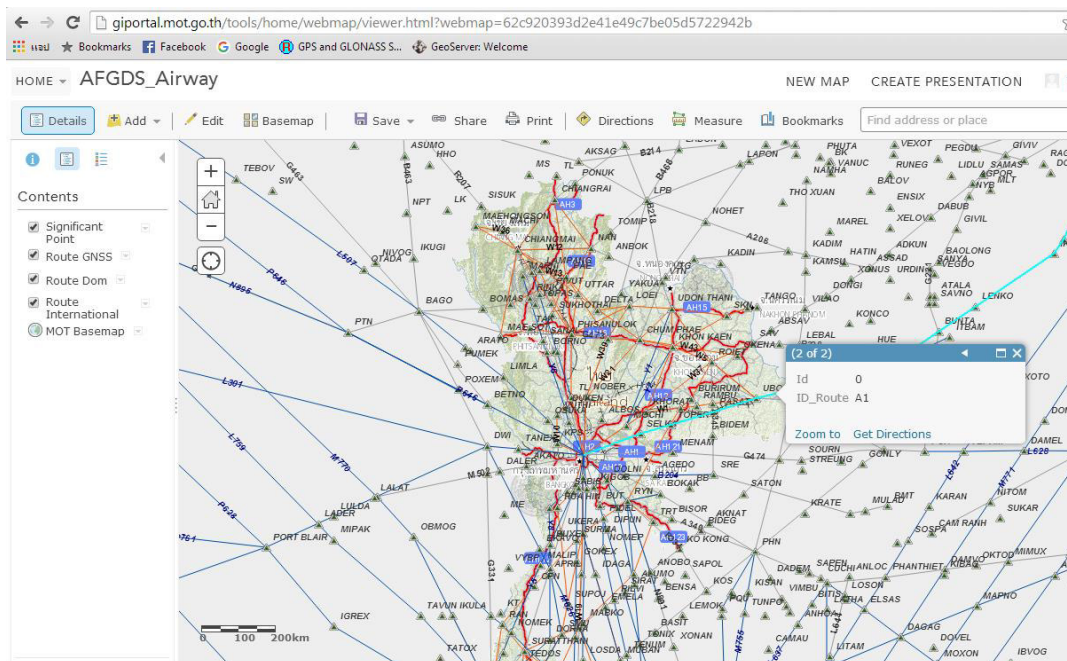
ภาพที่ 4-4 การแสดงชั้นข้อมูลตำแหน่งอ้างอิงสนามบิน

และการแสดงข้อมูลพื้นที่ห้ามบิน (Prohibited Area: VTP) พื้นที่จำกัดการบิน (Restricted Area: VTR) และพื้นที่อันตราย (Danger Area: VTD) ของประเทศไทยผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ดังภาพที่ 4-5

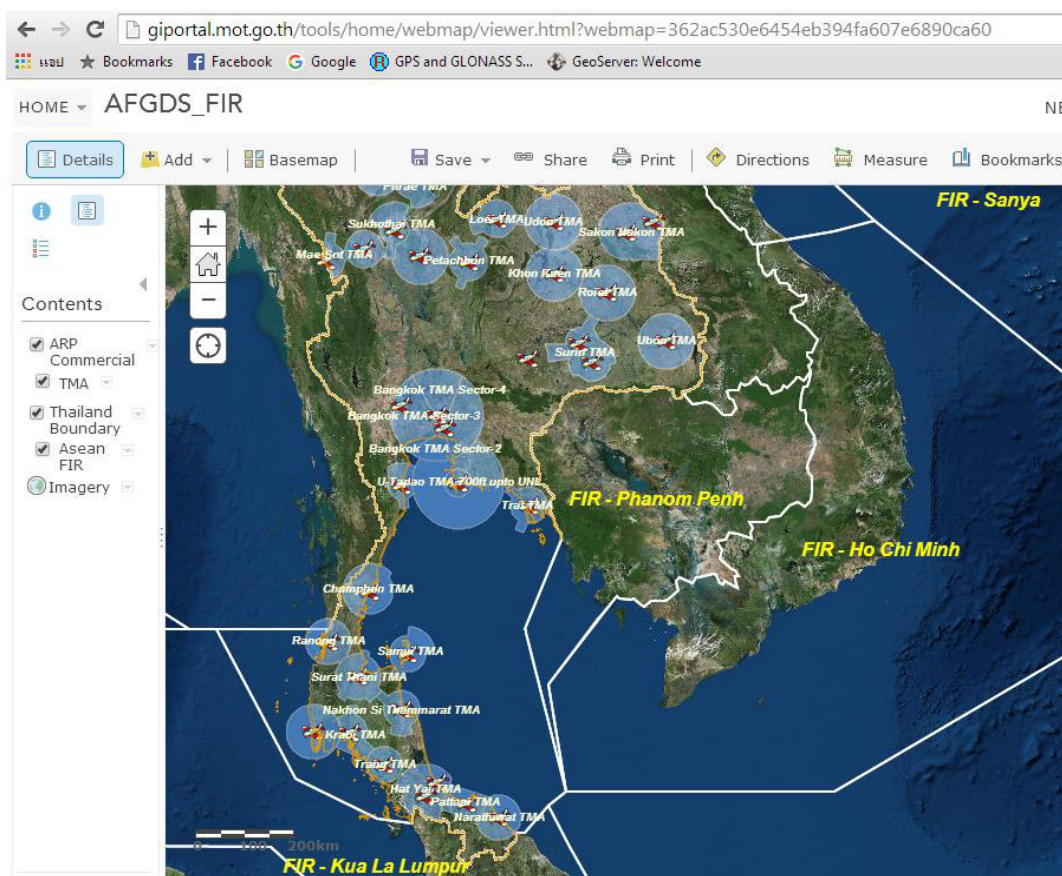


ภาพที่ 4-5 การแสดงชั้นข้อมูล VTD VTR และข้อมูล VTP

และการแสดงภาพข้อมูลเส้นทางบินภายในประเทศ เส้นทางบินระหว่างประเทศ พร้อมกับเส้นทางบินด้วย GNSS หรือ Area Navigation Route (RNAV Route) ของประเทศไทยผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ดังภาพที่ 4-6 และการแสดงผลข้อมูลขอบเขตให้บริการข้อมูลการเดินอากาศประเทศไทย (Flight Information Region – Bangkok) และประเทศข้างเคียงต่าง ๆ ซ้อนทับกับข้อมูลพื้นที่ควบคุมการบินประจำสนามบิน (Terminal Control Area: TMA) ทางอากาศของประเทศไทยผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ดังภาพที่ 4-7

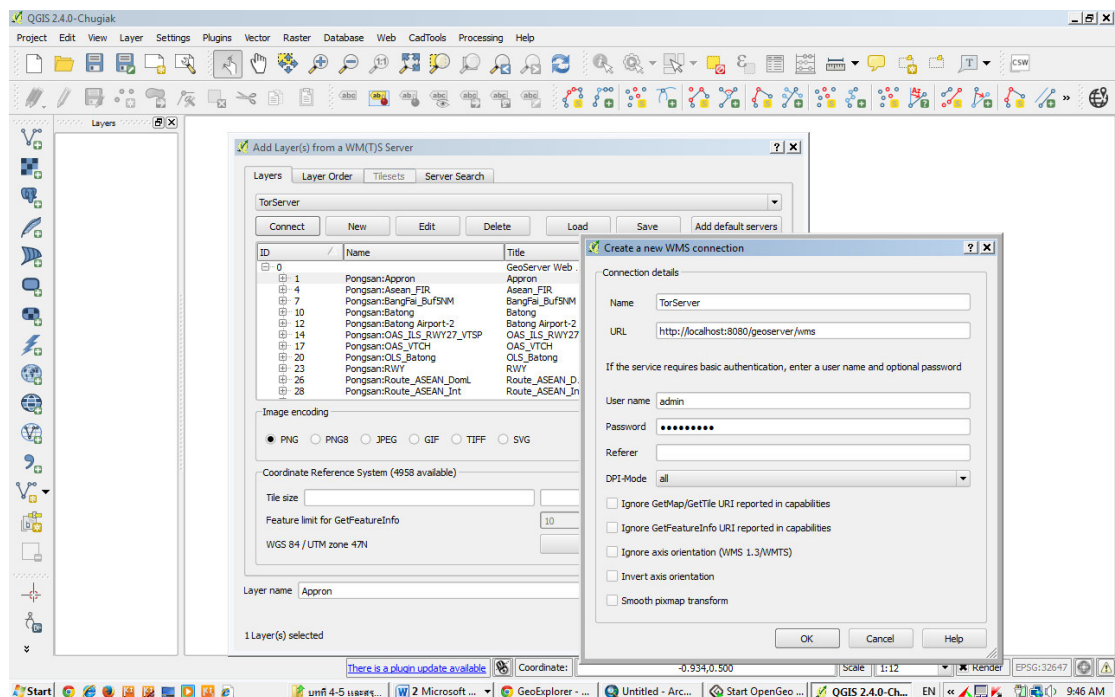


ภาพที่ 4-6 การแสดงชั้นข้อมูลเส้นทางบินภายในประเทศ และเส้นทางบินระหว่างประเทศ



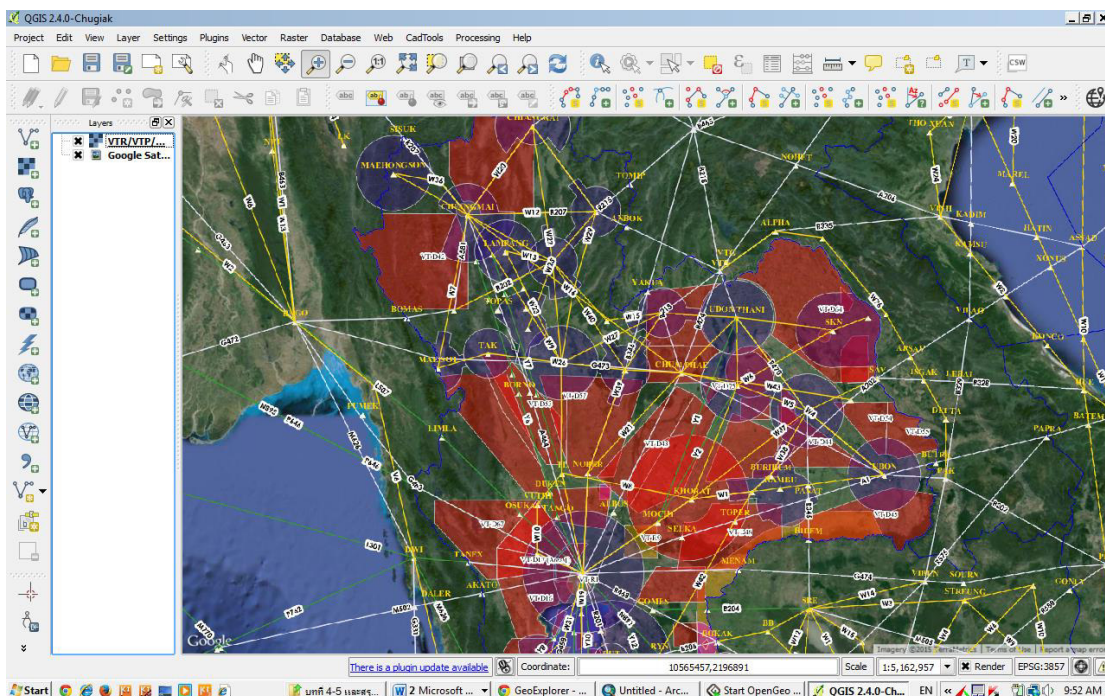
ภาพที่ 4-7 การแสดงชั้นข้อมูล Bangkok - FIR ซ้อนทับกับข้อมูล TMA

การทดสอบความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลระบบข้อมูลผ่านเครือข่ายสื่อสารข้อมูล (Data Communication Network) ทั้งแบบมีสาย (Online) และแบบไร้สาย (Wireless Location Aera Network: WLAN) เพื่อสนับสนุนการใช้งานให้กับผู้ใช้งานฝั่ง ธิคไคลเอนท์ (Thick Client) ในการจัดการกระทำข้อมูล การแก้ไขข้อมูล ปรับปรุงข้อมูล AFGDS ให้มีความเป็นปัจจุบันตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาได้บนระบบคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรมซอฟต์แวร์วิเคราะห์ประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศได้ทั้งซอฟต์แวร์รหัสเปิด QuantumGIS และซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ ArcGIS ผ่านระบบ Web Map Service (WMS) เพื่อสนับสนุนการแสดงผลชั้นข้อมูล AFGDS ผ่าน โปรแกรมวิเคราะห์ประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ ดังภาพที่ 4-8 เป็นลำดับต้นก่อนที่ระบบจะแสดงผลการซ้อนทับข้อมูล AFGDS ได้ตามที่เลือกเพื่อ

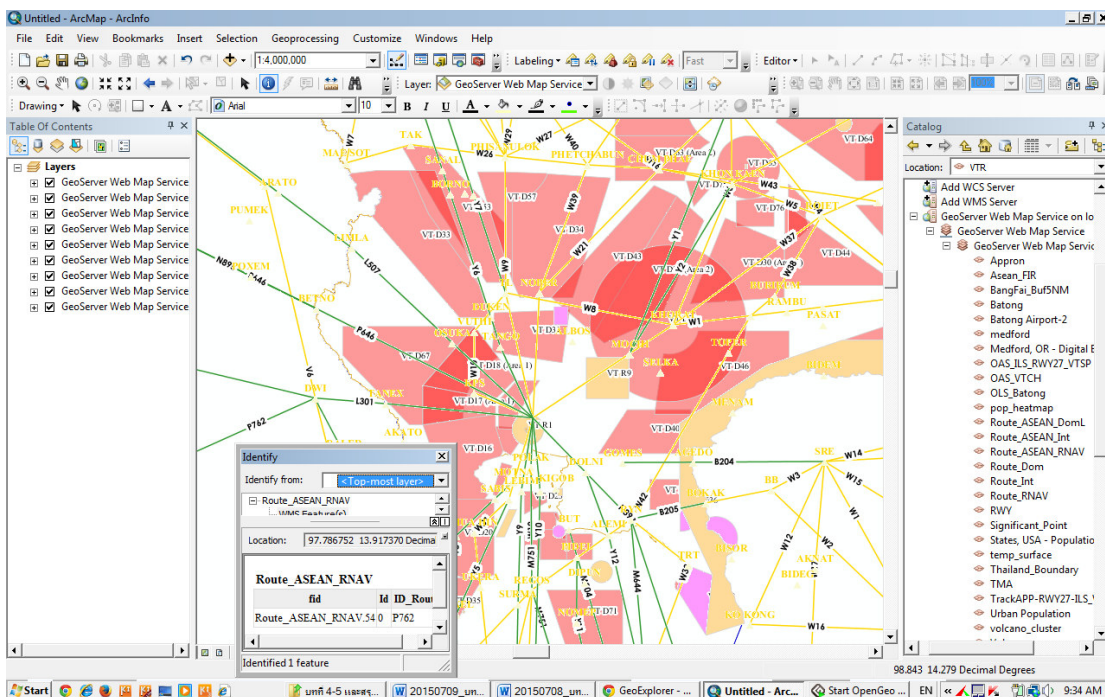


ภาพที่ 4-8 การปรับค่าการเชื่อมต่อฐานข้อมูล AFGDS ผ่านระบบ WMS กับซอฟต์แวร์ภูมิสารสนเทศรหัสเปิด

แสดงผลข้อมูล AFGDS ตามที่จะแสดงได้จากระบบฐานข้อมูลที่อยู่บนระบบแม่ข่ายแผนที่ (Map Server) ดังที่ได้พัฒนาไว้ตามตารางที่ 4-4 ซึ่งผู้ศึกษาได้ทดลองแสดงผลข้อมูลเส้นทางบินภายในประเทศ เส้นทางบินระหว่างประเทศ เส้นทางบินด้วย GNSS หรือ Area Navigation Route (RNAV Route) ข้อมูลพื้นที่ห้ามบิน พื้นที่จำกัดการบิน พื้นที่อันตราย และพื้นที่ควบคุมการบินประจำสนามบินของประเทศไทยผ่านระบบ WMS ดังภาพที่ 4-9 และภาพที่ 4-10

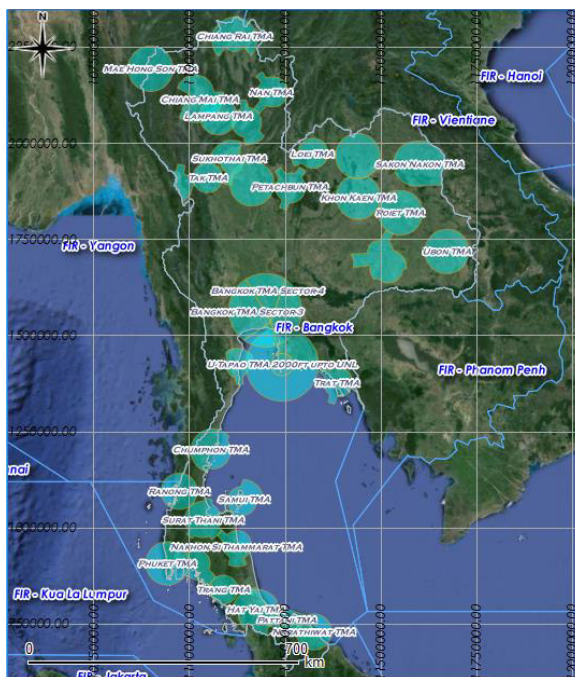


ภาพที่ 4-9 การแสดงผลข้อมูล AFGDS กับซอฟต์แวร์ภูมิสารสนเทศรหัสเปิดผ่าน WMS

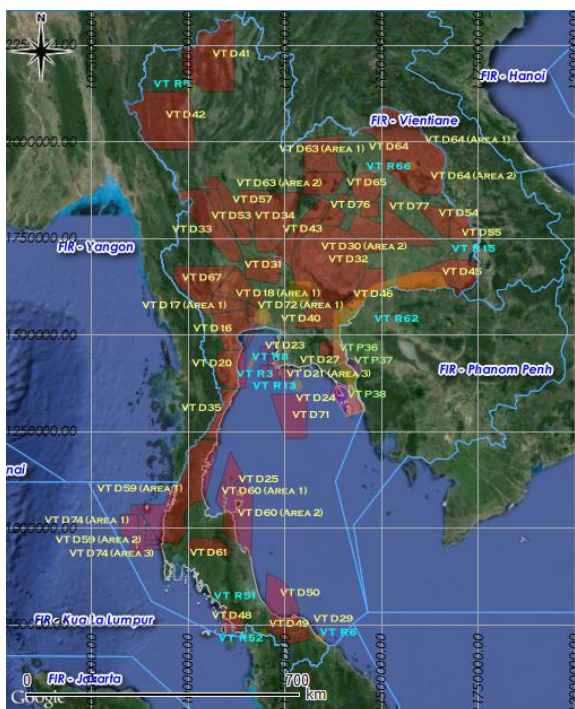


ภาพที่ 4-10 การแสดงผลข้อมูล AFGDS กับซอฟต์แวร์ภูมิสารสนเทศเชิงพาณิชย์ผ่าน WMS

และการแสดงผลข้อมูลพื้นที่ Bangkok – FIR ซ้อนทับร่วมกับข้อมูลพื้นที่ควบคุมการบินประจำสนามบินพาณิชย์ของประเทศไทย และข้อมูลพื้นที่จำกัดการบินต่าง ๆ ดังภาพที่ 4-11 และภาพที่ 4-12

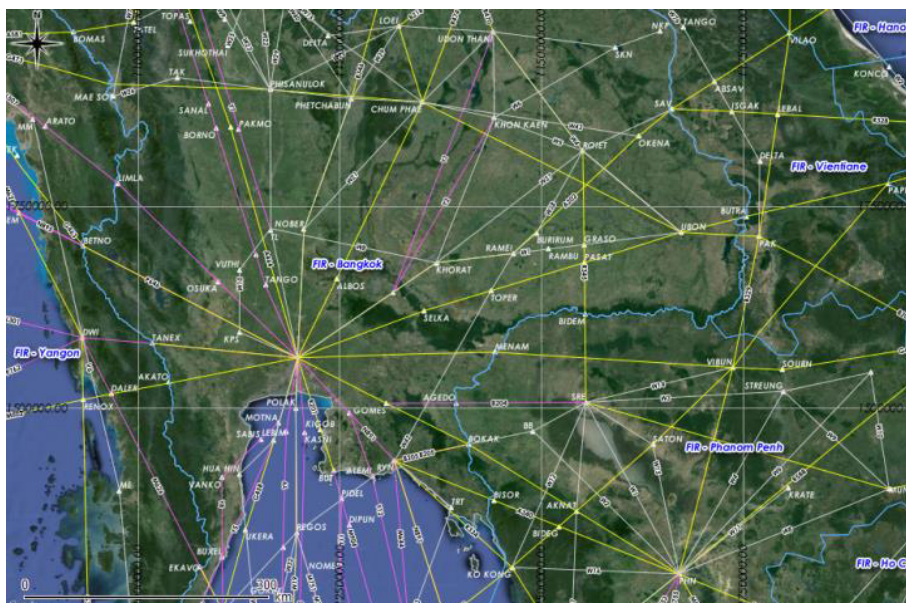


ภาพที่ 4-11 แสดงผลชั้นข้อมูล Bangkok FIR และชั้นข้อมูล TMA

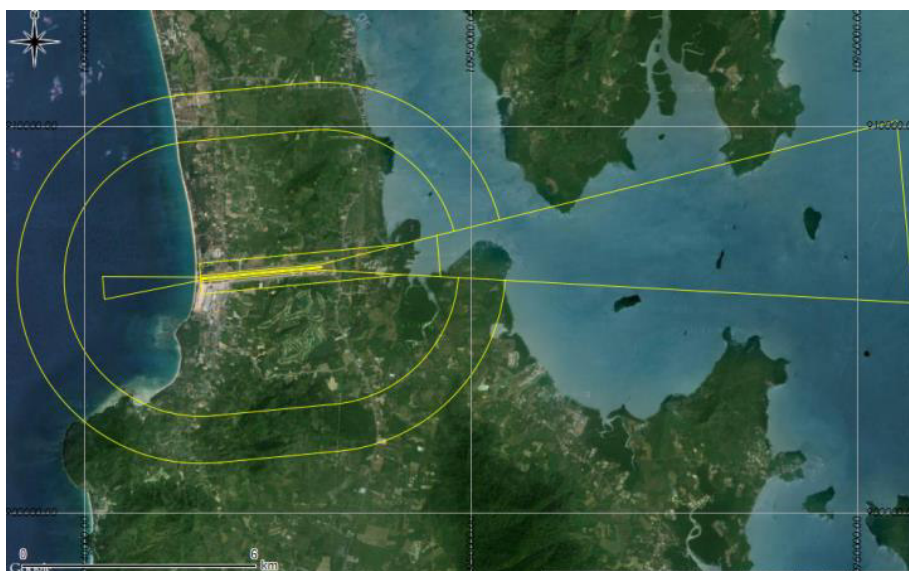


ภาพที่ 4-12 แสดงผลชั้นข้อมูลพื้นที่ Prohibited, Restricted และ Danger Area

และ การแสดงผลข้อมูลเส้นทางบินภายในประเทศ ร่วมกับข้อมูลเส้นทางบินระหว่างประเทศ และข้อมูลตำแหน่งจุดสำคัญทางการบิน (Significant Points) ดังภาพที่ 4-13 และการแสดงผลข้อมูลพื้นที่จำกัดสิ่งกีดขวางการบินลงทางวิ่ง 27 ของสนามบินภูเก็ต ดังภาพที่ 4-14



ภาพที่ 4-13 แสดงผลชั้นข้อมูลเส้นทางบินระหว่างประเทศ เส้นทางบินภายในประเทศ เส้นทางบินด้วยดาวเทียม GNSS และข้อมูลตำแหน่งสำคัญทางการบิน Significant Points



ภาพที่ 4-14 แสดงผลชั้นข้อมูลพื้นที่จำกัดสิ่งกีดขวางการบินลงทางวิ่ง 27 สนามบินภูเก็ต

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัย เพื่อพัฒนาชุดข้อมูล AFGDS จำนวน 16 ชั้นข้อมูล เพื่อแสดงผลเป็นแผนที่ออนไลน์เผยแพร่แบ่งปันข้อมูล AFGDS ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต กับผู้ใช้งานทั่วไปในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้มาตรฐานคุณภาพข้อมูลเชิงพื้นที่ขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศกำหนด (ICAO, 2002) และแนวคิดวิธีปฏิบัติด้านการเผยแพร่ข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเครือข่ายสื่อสารข้อมูล และคอมพิวเตอร์ของ Open Geospatial Consortium หรือ OGC ตามที่นักวิจัยหลาย ๆ ท่านได้ศึกษาไว้เป็นกรอบในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

จากผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ พบว่ามาตรฐาน และข้อพึงปฏิบัติสากล ด้านการให้บริการข้อมูลสารสนเทศการเดินอากาศ (ICAO,2010) และมาตรฐานสากลด้านระบบข้อมูลภูมิสารสนเทศ ISO/ TC211 สามารถใช้เป็นหลักในการพัฒนาชุดข้อมูล AFGDS ในระบบขนส่งหลักที่สำคัญของประเทศ เพื่อเผยแพร่ในระบบเว็บท่า (Web Portal) ให้สามารถใช้งานข้อมูลร่วมกัน (Interoperability) ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสารข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันจะก่อให้เกิดการนำข้อมูล AFGDS ไปพัฒนาต่อยอดให้เกิดเป็นนวัตกรรม (Innovation) หรือผลิตภัณฑ์เพิ่มค่า (Value Added) ที่สำคัญในกิจการคมนาคมทางอากาศของประเทศได้ต่อไป และรวมถึงส่งเสริมให้เกิดการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อลดการพึ่งพาเทคโนโลยี ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปเชิงพาณิชย์ จากภายนอกที่มีราคาสูง

สรุปผลการวิจัย

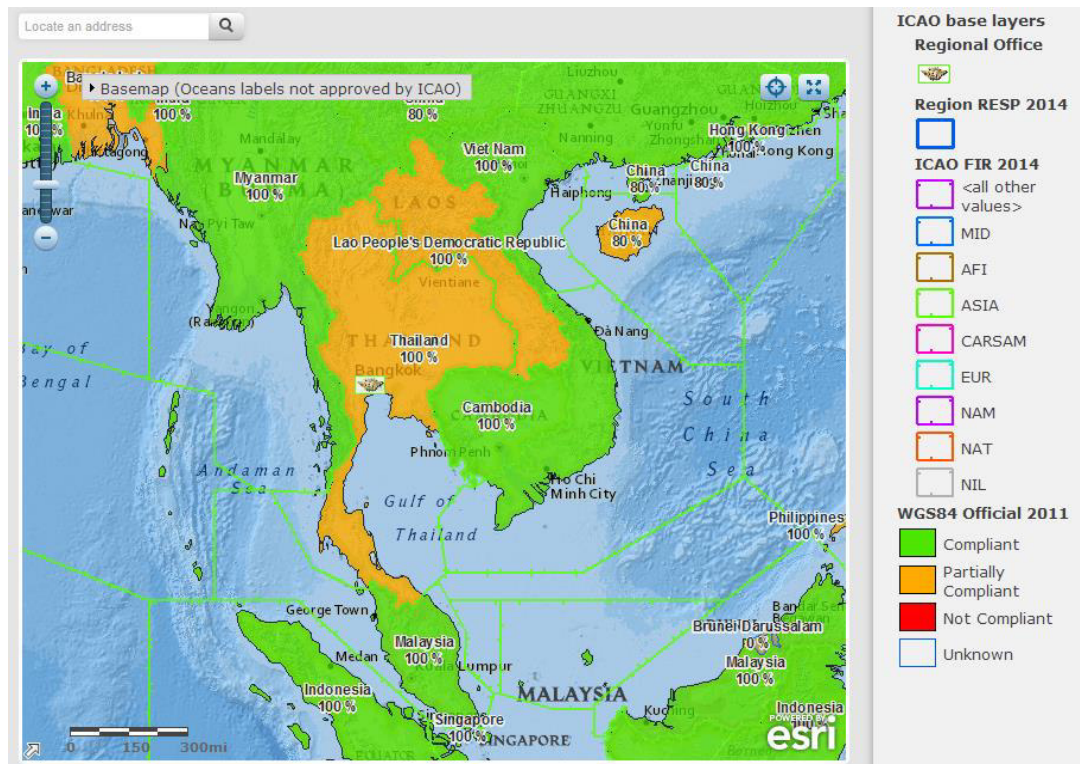
ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดข้อมูล AFGDS ให้อยู่ในรูปของข้อมูลดิจิทัล ที่จะอำนวยความสะดวกต่อการสืบค้นข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลและคอมพิวเตอร์ หรือระบบเว็บท่า (Web Portal / Data Clearinghouse) ให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศที่จะสนับสนุนให้เกิดการใช้งานข้อมูลร่วมกัน (Interoperability) ที่จะเป็นกลไกในการลดการทำงานที่ซ้ำซ้อนหรือการผลิตข้อมูลที่ไม่ได้คุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานสากลลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากที่ผู้ศึกษาวิจัยได้พัฒนาชุดข้อมูล AFGDS ให้อยู่ในรูปข้อมูลดิจิทัลที่เรียกว่า Simple Feature Layers หรือข้อมูลลายเส้น (Vector) เพื่อสะดวกต่อการใช้งานข้อมูลร่วมกับซอฟต์แวร์ด้านภูมิสารสนเทศทั้งซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Open Source Software) และซอฟต์แวร์เชิง

พาณิชย์ (Commercial software) ทั่วไป รวมทั้งการนำเข้ระบบฐานข้อมูลผ่านซอฟต์แวร์ QGIS ร่วมกับซอฟต์แวร์แม่ข่ายแผนที่รหัสเปิด GeoServer และจำลองระบบให้บริการข้อมูลแผนที่ AFGDS พบว่าสามารถเผยแพร่ข้อมูลผ่านเครือข่ายการสื่อสารข้อมูล และคอมพิวเตอร์ เพื่อให้เกิดการใช้งานข้อมูลร่วมกัน (Interoperability) ทั้งผู้ใช้งานแผนที่ออนไลน์ผ่าน (Web Client) และผู้ใช้งานบนซอฟต์แวร์ภูมิสารสนเทศทั่วไป (GIS Desktop) ผ่านเว็บแมพเซอร์วิส (Web Map Service: WMS) ได้ผลสัมฤทธิ์ตามที่ตั้งวัตถุประสงค์ในการศึกษาไว้ทุกประการ และสุดท้ายในปัจจุบันได้นำข้อมูล AFGDS ดังกล่าว เผยแพร่บนเว็บไซต์ของกระทรวงคมนาคม เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ข้อมูลร่วมกันกับหน่วยงานในสังกัดกระทรวงคมนาคมต่อไป

อภิปรายผล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ชี้ให้เห็นถึงข้อบกพร่อง และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับความปลอดภัยในการเดินอากาศจากคุณภาพความแม่นยำเชิงตำแหน่ง ที่เผยแพร่ในเอกสารแถลงข่าวการบินประเทศไทยใน AIP-Thailand รวมถึงผลิตภัณฑ์สารสนเทศการเดินอากาศต่าง ๆ ที่ใช้ข้อมูลจากที่มีคุณภาพต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพิ่มค่าต่าง ๆ เพื่อใช้ในกิจการการบินพลเรือนระหว่างประเทศทั่วโลก และจากข้ออุปสรรคด้านคุณภาพข้อมูลการเดินอากาศของประเทศไทย จึงมีความคล้ายคลึงกับการเปลี่ยนถ่ายวิธีการผลิตแผนที่การเดินอากาศ ในช่วงวิกฤตการณ์ Stick-up ของสหรัฐอเมริกา (Charles L.(Chuck) McGaugh Jr., 2004) ได้กล่าวไว้ อีกทั้งผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ที่เป็นการพัฒนาจัดทำข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geospatial Data) ที่จัดอยู่ในรูปแบบข้อมูล Simple Feature Layer ที่สามารถใช้ประโยชน์เป็นชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานของประเทศได้ ในขณะที่หน่วยงานต่าง ๆ ภาครัฐยังขาดแนวทางที่ชัดเจนในการดำเนินงานเพื่อพัฒนาให้เป็นฐานข้อมูลที่มีมาตรฐานเดียวกัน (คณะกรรมการภูมิสารสนเทศแห่งชาติ, 2554) ได้กล่าวไว้

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่ประเทศไทยต้องเร่งแก้ไขข้อบกพร่องที่มีนัยสำคัญต่อความปลอดภัยทางการบิน (Significant Safety Concern: SSC) จากผลการตรวจสอบตามโครงการ Universal Safety Oversight Audit Program หรือ USOAP ในประเด็นเรื่องการดำเนินงานด้าน WGS-84 (ภาพที่ 5-1) ที่ไม่สามารถจัดหาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการต่าง ๆ มาแสดงให้เห็นถึงการได้มาของข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อตรวจสอบย้อนกลับตามปกติในการควบคุมคุณภาพการผลิต หรือการกำหนดเส้นทางบินต่าง ๆ ของประเทศไทยได้ และจากผลศึกษาวิจัยนี้ สามารถเป็นแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่อง (Corrective Action Alan) ในหัวข้อที่เกี่ยวข้องดังกล่าว ทั้งจะเป็นการแสดงให้เห็นถึงความจริงจัง และความต่อเนื่องในการแก้ไขของทุกภาคส่วน ซึ่งจะส่งผลด้านบวกต่อประเทศไทย



ภาพที่ 5-1 สถานะการทำให้เกิดผลในทางปฏิบัติด้าน WGS-84 ในกิจการบินของประเทศ
(ที่มา: www.gis.icao.int/icaostatus/map.html?webmap=9885f8bf33434879b7afec57d2e5d687)

ในการเร่งยกระดับมาตรฐานการให้บริการข้อมูลสารสนเทศการเดินอากาศของประเทศให้เทียบเท่ากับประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาค ด้วยคุณภาพผลิตภัณฑ์บริการในการเดินอากาศที่ประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานสากล เป็นปัจจัยสำคัญในกิจการบินพลเรือนระหว่างประเทศ ทั้งที่เกี่ยวกับความปลอดภัย (Safety) ในการเดินอากาศโดยตรง หรือใช้ในกิจการบริการทั่วไป (Non Safety) ต้องสามารถตรวจสอบย้อนกลับในขั้นตอนกระบวนการผลิตเพื่อยืนยันคุณภาพของข้อมูลนั้น ๆ

อีกทั้งผลการศึกษาวิจัยนี้ ที่ได้พัฒนาข้อมูลให้อยู่ในรูปของข้อมูลดิจิทัลเพื่อที่สอดคล้องกับเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูล และคอมพิวเตอร์ ที่สะดวกต่อการเปลี่ยนรูปข้อมูล (Data transform) จาก Simple Feature Layer ไปเป็นข้อมูลในรูปแบบ Geography Markup Language (GML) และ Extensible Markup Language (XML) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดของนักวิจัยหลาย ๆ ท่านที่ได้พัฒนาระบบให้บริการข้อมูลสารสนเทศการเดินอากาศต่าง ๆ เช่น Brett K Brunk and Eddy Porosnicu (2004) ผู้คิดค้นวิธีการแลกเปลี่ยน และแสดงผลข้อมูลสารสนเทศการเดินอากาศแบบใหม่ (Aeronautical Information Exchange Model: AIXM) ด้วยข้อมูลภาษาพื้นฐานจากการเปลี่ยนรูปแบบจากภาษา XML ที่กำหนดเป็นตัวแทนคุณสมบัติทางภูมิศาสตร์ที่จะสร้าง

มาตรฐานองค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อปรับปรุงความสามารถในการอ่านข้อมูล AIXM การบูรณาการข้อมูล GML ตามกรอบมาตรฐาน OGC และมาตรฐาน ISO เพื่อประยุกต์การให้บริการข้อมูลผ่านเว็บฟีเจอร์เซอร์วิส (Web Feature Service: WFS) กับระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information System: MIS) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับหลักความคิดของ Willington ed (2009) ที่ได้กล่าวว่าแผนที่การบินแบบเดิมมีความซับซ้อนเนื่องจากความหนาแน่นของข้อมูลที่แตกต่างกันหลากหลายประเภท จึงได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาความซับซ้อนดังกล่าว โดยใช้แพลตฟอร์มพื้นฐานของภูมิสารสนเทศตามมาตรฐานระบบข้อมูล OGC และ ISO ที่มีสถาปัตยกรรมระบบโครงข่ายเว็บ (Distributed Web Architecture) ที่จะเอื้ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลเพื่อใช้งาน ปรับปรุงข้อมูล และแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้ใช้งาน Charles L. (Chuck) McGaugh, Jr.(2004) ผู้คิดค้นวิธีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบเอกสารข้อมูลสารสนเทศการเดินทางอากาศ และการวางแผนการบิน และกระบวนการผลิตแผนที่การเดินทางอากาศแห่งชาติ ประสบผลสำเร็จในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบวิธีการผลิต ชุดเครื่องมือในการผลิต และบำรุงรักษาข้อมูลสารสนเทศการเดินทางอากาศเพื่อสนับสนุนการสร้างและบำรุงรักษาข้อมูลแผนที่ดิจิทัลที่มีคุณภาพและความถูกต้องเพื่อใช้ในกิจการบินทั่วโลกได้สำเร็จ

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ที่ได้ผลลัพธ์เป็นชุดข้อมูล AFGDS ที่อยู่ในรูปแบบข้อมูลฐานข้อมูลเชิงพื้นที่นั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการข้อมูลสารสนเทศการเดินทางอากาศ (Aeronautical Information Service: AIS) ได้แก่ สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย กรมท่าอากาศยาน บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) และหน่วยงานด้านกำกับดูแลที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาจัดทำข้อมูล และเผยแพร่ข้อมูลสามารถนำไปเป็นแนวทางในการประเมิน และตรวจสอบคุณภาพข้อมูล และปรับปรุงข้อมูลให้มีคุณภาพได้ตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด (ICAO, 2010) อันจะเป็นการยกระดับมาตรฐานการให้บริการข้อมูลการเดินทางอากาศของประเทศได้ตามเกณฑ์มาตรฐานสากล ทั้งยังจะเป็นการช่วยลดสถิติของอุบัติเหตุทางการบินประเภท การควบคุมการบินเข้าหาภูมิประเทศ (CFIT) ที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนของข้อมูลภูมิสารสนเทศที่ไม่ได้คุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญได้

ด้วยมีผลสืบเนื่องมาจากปัญหาอุปสรรคในการพัฒนาข้อมูลภูมิสารสนเทศของประเทศที่ คณะกรรมการภูมิสารสนเทศแห่งชาติ (2554) ได้กล่าวไว้ชัดเจนครอบคลุมทุกมิติของปัญหา เช่น ปัญหาด้านการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยงานที่ยังเป็นการติดต่อโดยตรง มีเงื่อนไขกฎระเบียบที่เป็นข้อจำกัดต่อการใช้งานข้อมูล หรือมีไว้ใช้เฉพาะภายในหน่วยงานของรัฐ

เท่านั้น ผู้ใช้ข้อมูลไม่ทราบได้ว่าข้อมูลที่ต้องการมีการจัดทำไว้แล้วหรือไม่ หรือหน่วยงานใดเป็นผู้รับผิดชอบข้อมูล ข้อมูลสารสนเทศที่มีอยู่นั้นกระจัดกระจายอยู่ในหน่วยงานต่าง ๆ มากมายอย่างไม่เป็นระบบ ข้อมูลจำนวนมากไม่ได้มีการจัดทำหรือรวบรวมให้เป็นฐานข้อมูลที่มีมาตรฐานเดียวกัน อีกทั้งข้อมูลไม่มีการจัดทำเอกสารหรือข้อมูลที่อธิบายคุณสมบัติของข้อมูล (Metadata) ที่เป็นปัจจัยสำคัญให้เกิดความซ้ำซ้อนในการจัดทำข้อมูลสารสนเทศ และส่งผลให้มีการใช้เงินงบประมาณในการจัดทำชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศต่าง ๆ ของทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เป็นเงินทั้งสิ้น 19,997,128,572 บาท

ดังนั้น เพื่อให้เกิดเป็นมาตรการแก้ไขปัญหาอุปสรรคด้านคุณภาพข้อมูลสารสนเทศในการเดินอากาศของประเทศให้มีคุณภาพมาตรฐานอย่างยั่งยืน หน่วยงานที่เกี่ยวข้องดังกล่าว ควรที่จะทำการกำหนดมาตรฐานกลางในการจัดทำข้อมูลเฉพาะทาง (Specific Data) พร้อมกับเผยแพร่ข้อมูลผลิตภัณฑ์ให้กับผู้ใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าถึงข้อมูลที่มาจากแหล่งเดียวกัน และเป็นมาตรฐานเดียวกัน ได้ผ่านระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลและคอมพิวเตอร์ อันจะเป็นการส่งเสริมให้เกิดการบูรณาการข้อมูลร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ ลดความซ้ำซ้อนในการจัดทำข้อมูล และประหยัดเงินงบประมาณด้านการจัดทำข้อมูลภูมิสารสนเทศการเดินอากาศได้เป็นอย่างมาก และที่สำคัญยิ่งคือ การยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยในกิจการให้บริการข้อมูลสารสนเทศการเดินอากาศของประเทศ ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) และองค์การการบินสากลระหว่างประเทศต่าง ๆ ได้ให้ความสนใจในขณะนี้

อีกทั้งผู้ศึกษาวิจัย มีประเด็นเสนอแนะสำหรับนิสิตนักศึกษา และผู้ที่มีความสนใจทั่วไป ที่มีความรู้ด้านการพัฒนาเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ในการศึกษาวิจัยต่อยอดการนำชุดข้อมูล AFGDS ที่จะเป็นการเพิ่มมูลค่า (Value Added) เกิดเป็นผลิตภัณฑ์บริการใหม่ ๆ โดยมีตัวอย่างหัวข้อวิจัยที่เสนอแนะ ดังต่อไปนี้

ศึกษาพัฒนาชุดคำสั่งแปลงข้อมูล (Data Transform) จากข้อมูล Simple Feature Layer ให้มีรูปแบบเป็นภาษา Extensible Markup Language: XML สำหรับใช้งานในกิจการเดินอากาศ ที่เรียกว่า Aeronautical Information Exchange Model: AIXM เพื่อลดการพึ่งพาเทคโนโลยีซอฟต์แวร์สำเร็จรูปที่มีราคาสูงมาก

ศึกษาพัฒนาระบบแสดงผลข้อมูลอุตุนิยมวิทยาการเดินอากาศ ร่วมกับชุดข้อมูล AFGDS เพื่อสนับสนุนการวางแผนการบิน (Briefing /Flight Plan) และการแสดงผลแผนที่การบินในช่วงเวลาปัจจุบัน (Real Time Mapping) เพื่อระบุอากาศยานแปลกปลอม (Aircraft Identify) และติดตามการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศในเขตประชิดสนามบิน และการบินตามเส้นทางบิน

ศึกษาพัฒนาระบบให้บริการข่าวนักบิน (Notification to Airman : NOTAM) รูปแบบใหม่ que แสดงผลร่วมกับข้อมูลแผนที่การเดินอากาศ ที่เรียกว่า NOTAM Graphic ที่แสดงรายละเอียดข้อมูลสนามบิน ได้อย่างสมบูรณ์ครบถ้วน

บรรณานุกรม

- กระทรวงคมนาคม. (2552). [ออนไลน์]. *แผนยุทธศาสตร์ภูมิสารสนเทศคมนาคม ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2553 – 2556*. วันที่ค้นข้อมูล 18 พฤศจิกายน 2557, เข้าถึงได้จาก
http://motfgds.mot.go.th/joomla1512/index.php?option=com_content&view=article&id=92&Itemid=133
- _____. (2555). [ออนไลน์]. *แผนยุทธศาสตร์กระทรวงคมนาคม พ.ศ. 2554-2558*. วันที่ค้นข้อมูล 18 พฤศจิกายน 2557, เข้าถึงได้จาก
http://www.vigportal.mot.go.th/RegisterWeb/Link/planing/files/mot_plan2554-2558.pdf
- _____. (2555). [ออนไลน์]. *แผนยุทธศาสตร์กระทรวงคมนาคม เพื่อสนับสนุนการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของประเทศ พ.ศ. 2555 – 2559*. วันที่ค้นข้อมูล 18 พฤศจิกายน 2557, เข้าถึงได้จาก
http://www.otp.go.th/images/stories/PDF/2555/11November/2_draft%20Logistics.pdf
- _____ ก. (2556). [ออนไลน์]. *แผนปฏิบัติการปรับปรุงชุดข้อมูลพื้นฐานเชิงพื้นที่ ด้านเส้นทางคมนาคม ประจำปี 2556*. วันที่ค้นข้อมูล 18 พฤศจิกายน 2557, เข้าถึงได้จาก
http://motfgds.mot.go.th/joomla1512/doc/plan_fgds.pdf
- _____ ข. (2556). *แผนปฏิบัติการ ภายใต้แผนยุทธศาสตร์ภูมิสารสนเทศคมนาคม ฉบับที่ 4 พ.ศ. 2557 – 2561*. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคม.
- กรมการบินพลเรือน. (ม.ป.ป.). [ออนไลน์]. *ผลการสอบสวนอุบัติเหตุกรณี เครื่องบินของบริษัท วัน นูโกแอร์ไลน์ จำกัด แบบ DC-9-82 (MD-82) เครื่องหมายสัญชาติและทะเบียน HS-OMG ประสบอุบัติเหตุ ณ ท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต*. วันที่ค้นข้อมูล 6 เมษายน 2557, เข้าถึงได้จาก <http://www.aviation.go.th/doc/เปิดเผยการสอบสวน%20HS-OMG.pdf>
- _____ ข. (ม.ป.ป.). [ออนไลน์]. *เอกสารแถลงข่าวการบินประเทศไทย* วันที่ค้นข้อมูล 6 เมษายน 2556, เข้าถึงได้จาก. http://www.aishai.aviation.go.th/webais/download_aip.php
- การทำอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน). (2555). [ออนไลน์]. *รายงานความรับผิดชอบต่อสังคม 2555*, วันที่ค้นข้อมูล 24 เมษายน 2557, เข้าถึงได้จาก
http://www.airportthai.co.th/ewtadmin85_aot/ewt/aot_web/download/about_usTHAISocialResp2555.pdf
- แก้ว นวลฉวี. (2551). *สื่อการสอน. ความสำคัญของมาตรฐานภูมิสารสนเทศ. คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*.

- คณะกรรมการภูมิสารสนเทศแห่งชาติ. (2554). [ออนไลน์]. *แผนปฏิบัติงานในการขับเคลื่อนโครงสร้างพื้นฐานภูมิสารสนเทศของประเทศ (พ.ศ. 2554-2558)*. สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). วันที่ค้นข้อมูล 24 เมษายน 2557, เข้าถึงได้จาก http://thaisdi.gistda.or.th/index.php?option=com_phocadownload&view=section&id=1&Itemid=57
- ครรชิต มาลัยวงศ์. (2529). *ระบบข้อมูลภูมิศาสตร์*. ไมโครคอมพิวเตอร์ 24: 60-64.
- จุฬา สุขมานพ. (2556). [ออนไลน์]. *ยุทธศาสตร์การเชื่อมโยงโครงข่ายการขนส่งทางอากาศเพื่อรองรับการเข้าสู่ประชาคมอาเซียน*. สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม. วันที่ค้นข้อมูล 28 พฤศจิกายน 2557, เข้าถึงได้จาก <http://www.vigportal.mot.go.th/RegisterWeb/Link/>
- ชัยภัทร เนื่องคำมา. (2549). *การออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิผ่านเว็บเซอร์วิส*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาระบบสารสนเทศภูมิทางวิศวกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. (ม.ป.ป.). [ออนไลน์]. *Implement Web GIS with UMN Map Server*. วันที่ค้นข้อมูล 24 กรกฎาคม 2557, เข้าถึงได้จาก <http://www.emap.files.wordpress.com/2009/08/webmapping.pdf>
- ชัยวัฒน์ พรหมทอง, ศราวุธ อยู่สำราญ, และเฉลิมชนม์ สติระพจน์. (2550). *ความบิดเบี้ยวของโครงข่ายหมุดหลักฐาน GPS ของกรมแผนที่ทหาร สืบเนื่อง จากเหตุการณ์ธรณีพิบัติ เมื่อ 26 ธันวาคม 2547*. วันที่ค้นข้อมูล 10 พฤศจิกายน 2557, เข้าถึงได้จาก <http://203.146.189.74/researchdb/>
- โชตินารถ รัตนสาขา, พรพรรณ แสนบุญศิริ และสุดาวรรณ ไวเจริญ. (2546). *การผลิตแผนที่ภูมิประเทศด้วยวิธีภาพคณิต, โครงการศูนย์พัฒนาโครงการหลวงอ่างขาง ตำบลแม่งอน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่*. ฝ่ายสำรวจและทำแผนที่ภูมิประเทศ กองแผนที่ กรมแผนที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- พงศ์สันต์ มิตราชนันท์. (2553). *การประเมินความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของข้อมูลการเดินทางอากาศหลังจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวครั้งใหญ่ พ.ศ. 2547 กรณีศึกษา สนามบินภูเก็ต*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีภูมิศาสตร์, คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ไพศาล สันติธรรมนนท์. (2553). *การรังวัดด้วยภาพดิิจิตอล*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ไพศาล สันติธรรมนนท์ และ แมน โขติรัตน์พิทักษ์. (2544). *ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต Minnesota*. การประชุมวิชาการ การแผนที่และภูมิสารสนเทศแห่งชาติ 17-18 ธันวาคม 2544 ณ โรงแรมณเทยริเวอร์ไซด์ กรุงเทพฯ.
- ภาณุ อุทัยศรี. (2546). *การนำเสนอแผนที่พลวัตผ่านอินเทอร์เน็ตด้วยซอฟต์แวร์รหัสเปิด*. วิทยานิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม, คณะ วิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ราชกิจจานุเบกษา. (2548). [ออนไลน์]. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. *เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สารสนเทศภูมิศาสตร์ – การอธิบายข้อมูล*. ราชกิจจานุเบกษา. หน้า 6. วันที่ค้นข้อมูล 6 ธันวาคม 2558, เข้าถึงได้จาก <http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2548/00177137.PDF>
- _____. (2556). [ออนไลน์]. ประกาศกรมการบินพลเรือน. *เรื่อง มาตรฐานการออกแบบและการก่อสร้างสนามบิน พ.ศ. 2556* (2556. 7 มีนาคม). ราชกิจจานุเบกษา. หน้า 23. วันที่ค้นข้อมูล 26 ธันวาคม 2558, เข้าถึงได้จาก <http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2556/D/024/23.PDF>
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (องค์การมหาชน). (2550). [ออนไลน์]. รายงานผลการศึกษา โครงการศึกษามาตรฐานคุณภาพและการประเมินคุณภาพข้อมูล วันที่ค้นข้อมูล 26 ธันวาคม 2557, เข้าถึงได้จาก http://www.thaisdi.gistda.or.th/index.php?option=com_phocadownload&view=section&id=1&Itemid=57
- _____. (2552). [ออนไลน์]. ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. วันที่ค้นข้อมูล 26 ธันวาคม 2557, เข้าถึงได้จาก http://www.issuu.com/iskd/docs/space_geo
- _____. (2556). [ออนไลน์]. *แผนปฏิบัติงานในการขับเคลื่อนโครงสร้างพื้นฐานภูมิสารสนเทศของประเทศ (พ.ศ. 2554-2548)*. วันที่ค้นข้อมูล 26 ธันวาคม 2557, เข้าถึงได้จาก <http://www.file:///C:/Users/dell/Downloads/nsdi%20action%20plan%20gistda.pdf>
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2548). [ออนไลน์]. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สารสนเทศภูมิศาสตร์ – การอธิบายข้อมูล (มอก. 19115-2548)*. วันที่ค้นข้อมูล 20 พฤศจิกายน 2557, เข้าถึงได้จาก <http://www.sites.google.com/site/standardizationservice/matrthan-phumi-sarsntes-thi-prakas-hi-laew/matrthan-phlitphanth-xutsahkrrm-sarsntes-phumisatr-kar-xthibay-khxmul-tam-matrthan-lekh-thi-mxk-19115-2548>

- สำนักนายกรัฐมนตรี. (2554). [ออนไลน์]. *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบเอ็ด พ.ศ. 2555-2559*. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. วันที่ค้นข้อมูล 20 พฤศจิกายน 2557, เข้าถึงได้จาก <http://www.nesdb.go.th/Default.aspx?tabid=395>
- สัมพันธ์ พงศ์ไทย. (ม.ป.ป.). [ออนไลน์]. กรมการบินพลเรือน. *มาตรฐานความปลอดภัยเพื่อความอุ่นใจในทุกเที่ยวบิน*. วันที่ค้นข้อมูล 10 พฤษภาคม 2556, เข้าถึงได้จาก <http://www.aviation.go.th/project/6.มาตรฐานความปลอดภัย.pdf>
- สรรเพชญ์ ชื่อนิติไพศาล. (2542). *การศึกษาการเผยแพร่สารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านอินเทอร์เน็ต*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุเพชร จิระจรกุล. (2552). *เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.3.1* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: เอส.อาร์. ฟรินด์ติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด.
- สมพร สง่างศ์. (2552). *การสำรวจจากระยะไกลในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน และการประยุกต์*. กรุงเทพฯ : วี.พรีนท์ (1991)
- อนุเทพ ภาณุมาศตระกูล. (2543). *โครงข่ายจีพีเอสที่มีความถูกต้องสูง*. วิทยานิพนธ์การศึกษา มหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Andy Pasztor. (2015). [Online]. *U.N. Agency Officials to Press Asian Nationals on Air Safety*. Retrieved February 15, 2015, from <http://www.wsj.com/articles/u-n-agency-officials-to-press-asian-nations-on-air-safety-1423277278>
- Aaron Koning. (2004). [Online]. *Developing an Open Source Internet Geo-mapping Framework*. Retrieved October 14, 2013, from <http://www.gis.unbc.ca/projects/gmf/course-descript.pdf>
- Aircraft Accident Investigation Committee Ministry of Transport, THAILAND. (1980). [Online]. *Aircraft Accident Final Report, One Two Go Airline Company Limited Madonell Douglas DC-9-82 (MD-82) HS-OMG, Phuket International Airport THAILAND*. Retrieved April 6, 2013, from <http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/1980.pdf>
- Alexander Khaemba. (2004). *Conception and design of a GIS-Portal that combines different Web Map Services –Implementation of a prototype with services around Stuttgart area*. Masters Thesis, HFT Stuttgart, unveroffentlicht.

- Athanasios Tom Karlidis. (2007). [Online]. Chapter 22, *Geospatial Web Services: The Evolution of Geospatial Data Infrastructure*. The Geospatial Web. Retrieved August 7, 2013, from http://www.link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-84628-827-2_22#page-1
- Australian Transport Safety Bureau (ATSB). (2004). *AIRCRAFT ACCIDENT REPORT, Controlled Flight into Terrain, Ilyushin IL-76 TD, RDPL-34141 Baucau, Timor-Leste 31 January 2003*. Republica Democratica de Timor-Leste, Ministry of transport, communication and public works.
- Brett K Brunk and Eddy Porosnicu. (2004). *A Tour of the AIXM Concepts*: Retrieved August 7, 2015, from http://www.researchgate.net/publication/229037503_A_Tour_of_the_AIXM_Concepts
- Boeing. (2013). [Online]. *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations 1959-2012*: Retrieved August 7, 2013, from <http://www.boeing.com/news/techissues/pdf/statsum.pdf>
- Charles L.(Chuck) McGaugh Jr. (2004). *AERONAUTICAL TRANSFORMATION: PAPER TO DIGITS*. Office of Global Navigation-Aeronautical Division. National Geospatial Intelligence Officer for Aeronautical Services. National Geospatial-Intelligence Agency (NGA). Bethesda, MD.
- Chun-Hsing Ho, Pedro Romero. (2008). [Online]. *Applications of Geographic Information System in Airfield Infrastructure System Management and Maintenance*. Transportation Research Record: Journal of The Transportation Research Board. Washinton, DC. Retrieved August 7, 2013, from <http://www.trjournalonline.trb.org/doi/abs/10.3141/2052-12>
- Davis-Monthan Aviation Field Register. (n.d.). [Online]. *Elrey Borge Jeppesen*. Retrieved December 20, 2015, from http://www.dmairfield.com/people/jeppesen_eb/
- Environmental System Research Institute (ESRI). (2011). *ArcGIS Provides Foundation for National Aeronautical Information Management System in France*. ESRI International User Conference 2011. July 11 – 15, 2011. San Diego, California.
- Flight Standards Service. (2011). [Online]. *InFO 11011*. DATE:5/13/11. The Apple iPad and Other Suitable Tablet Computing Devices as Electronic Flight Bags (EFB). Information for Operators. U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration.

Washington, DC. . Retrieved November 4, 2013, from

http://www.faa.gov/other_visit/aviation_industry/airline_operators/airline_safety/info/all_infos/media/2011/InFO11011.pdf

Gregory J.W. (2000). *Non-precision Instrument Approach Procedure Design Philosophy*. Obstacle Clearance Panel(OCP) VNAV Working group meeting. Madrid, Spain. International Civil Aviation Organization.

International Civil Aviation Organization. (2002). Document 9674, *World Geodetic System-1984 (WGS-84) Manual* (2nd ed.). 999 University Street, Montreal, Quebec, Canada.

_____. (2006). Document 9157, *Aerodrome Design Manual, Part 1 Runways* (3rd ed.). 999 University Street, Montreal, Quebec, Canada.

_____. a. (2013). Annex 14, *Aerodromes Volume 1, Aerodrome Design and Operation* (6th ed.). 999 University Street, Montreal, Quebec, Canada.

_____. b. (2013). *Annex 15, Aeronautical Information Services* (14th ed.). 999 University Street, Montreal, Quebec, Canada.

_____. (2014). Document 8168, Aircraft Operations Volume II, *Construction of Visual and Instrument Flight Procedures* (6th ed.). 999 University Street, Montreal, Quebec, Canada.

_____. (n.d.). [Online]. ICAO World Representation of WGS84 Compliance. Retrieved November 4, 2014, from <http://www.gis.icao.int/icaostatus/map.html?webmap=9885f8bf33434879b7afec57d2e5d687>

International Standards Organization. (2013). [Online]. ISO 19157/2013 Geographic Information – Data Quality. Retrieved November 6, 2014, from <http://www.iso.org>

Jeff de La Beaujardiere. (2002). [Online]. Web Map Service Implementation Specification. Retrieved November 6, 2013, from <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>

Jeff Roberts, PMP. (2013). *A Gateway of Geospatial Information for Maryland Aviation Administration*. ESRI International User Conference 2013. July 8 – 12, 2013. San Diego, California.

Kenneth Bible, Robert Barton, Jaimey Sanders. (2000). *GIS in Aviation Command and Control System*. ESRI International User Conference 2000. June 26 – 30, 2000. San Diego, California.

- Lars Schylberg. (2001). *Dynamic Cartographic Design for Aeronautical application*. 20th International Cartographic Conference (ICC). August 6 – 10, 2001. Beijing, China.
- Lee De Cola. (1995). *Dimensional Transportation of Spatial Data*. 91st Annual meeting of the Association of American Geographers, March 14 -118, 1995, Chicago, Illinois.
- Liping Di. (n.d.). [Online]. *Geospatial Semantic Web Research at LAITS*. George Mason University. Retrieved October 14, 2013, from http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/nga/docs/Di_Position.pdf
- MapServer. (n.d.). [Online]. *An Introduction to MapServer*. Retrieved October 16, 2013, from <http://www.mapserver.org/introduction.html>
- _____. (n.d.). [Online]. *Cartographical Symbol Construction with MapServer*. Retrieved October 16, 2013, from <http://www.mapserver.org/mapfile/symbology/construction.html>
- Marc Alain CHIESA, Stephane DUBET. (2010). *NOPIA: GIS serving Aeronautical Information Management Transition*. ESRI International User Conference 2010. July 12 – 16, 2010. San Diego, California.
- Michelle Cooper. (2012). *A Study of Two Age-Old Issues in Modern Aviation Cartography*. International Cartographic Association (ICA) Conference. August 28 – 31, 2012. Auckland, New Zealand.
- National Aeronautical and Space Administration. (n.d.). [Online]. *History of Flight*. Available from <http://www.grc.nasa.gov/WWW/k-12/UEET/StudentSite/historyofflight.html>
- R.J.J Dost, R.W. van Swol, R.H. Hogenhuis. (2010). *Designing a WebGIS architecture for aviation impact assessment*. ESRI International User Conference 2010. July 12 – 16, 2010. San Diego, California.
- Thomas Hachler. (2003). [Online]. *Online Visualization of Spatial Data*. Diploma Thesis, Department of Geography University of Zurich. Retrieved August 7, 2013, from http://www.carto.net/papers/thomas_haechler/thomas_haechler_open_source_webgis_2003.pdf
- Vincent Dessard and Serge Margoulies. (2003). [Online]. *Interoperability on the Web (Using OpenGIS Interface)*. Retrieved October 14, 2015, from <http://www.pplcrwlr.be/docs/s./dessard>

- Wilbert J.C. Wouters. (1992). *Aeronautical Information is Always Out of Date, Better Go By Train?*. Third European Conference on Geographical Information System, March 23 – 26, 1992. Munich, Germany.
- Williams E. Huxhold. (1995). *Managing geographic information system project*. New York: Oxford University Press.
- Willington Siabato, Javier Moya, Diana Benavides, Miguel Angel Manso and Miguel Angel Bernabe. (2009). *Aeronautical Information Geoservices*. . Retrieved August 14, 2015, from http://www.oa.upm.es/13971/1/Eurocontrol_geo_20091202.pdf

ภาคผนวก
อภิธานศัพท์ และคำย่อ

อภิธานศัพท์ และคำย่อ

ศัพท์	คำอธิบายศัพท์
Accuracy	หมายถึง ความถูกต้องของข้อมูลเชิงตำแหน่ง ที่แสดงผลในรูประยะทางภายในของตำแหน่งที่แน่นอน และจะมีผลต่อความเชื่อมั่นน้อยลง เมื่อระยะทางห่างจากตำแหน่งจริงออกไป
Aeronautical chart	หมายถึง แผนที่แสดงข้อมูลที่มีความสัมพันธ์บางส่วนทางภูมิศาสตร์ เช่น ความสูงต่ำของแผ่นดิน ที่กำหนดขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการในการเดินอากาศ โดยเฉพาะ
Aeronautical data	หมายถึง ตัวแทนของข้อเท็จจริงในการเดินอากาศได้แก่ แนวคิด คำแนะนำ ที่เป็นทางการเหมาะสำหรับการติดต่อสื่อสาร การแปลความหมาย หรือการประมวลผล
Aeronautical information publication (AIP)	หมายถึง สิ่งพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับการเดินอากาศที่ออกให้โดยผู้มีอำนาจของรัฐ ที่บรรจุข้อมูลที่มีคุณลักษณะคงทนถาวร และจำเป็นในการนำทางการบิน
Aeronautical information service (AIS)	หมายถึง การจัดหา และให้บริการข้อมูลการเดินอากาศที่จำเป็นตามข้อกำหนด และกฎระเบียบ เพื่อความปลอดภัย และความมีประสิทธิภาพในการเดินอากาศ ภายในขอบเขตพื้นที่ที่กำหนด

ศัพท์	คำอธิบายศัพท์
Aeronautical fundamental geographic data set (AFGDS)	หมายถึง ชุดข้อมูลที่เป็นสื่อกลางสำหรับแลกเปลี่ยน และใช้ประโยชน์ร่วมกันด้านภูมิสารสนเทศในกิจการคมนาคมทางอากาศ และรวมถึงการใช้งานร่วมกับชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานอื่น ๆ ได้
Australian transport safety bureau (ATSB)	หมายถึง สำนักงานด้านความปลอดภัยขนส่งแห่งชาติออสเตรเลีย
Controlled flight into terrain (CFIT)	หมายถึง อุบัติเหตุทางการบินในลักษณะควบคุมการบินเข้าหาภูมิประเทศ ภูเขา ผิวน้ำ หรือสิ่งกีดขวางโดยไม่ได้ตั้งใจ
Danger area	หมายถึง ขนาดมิติของห้วงอากาศที่กำหนดขึ้นสำหรับกิจกรรมทางอากาศ ในช่วงระยะเวลาที่กำหนด ที่อาจเกิดอันตรายต่ออากาศยาน
Data quality	หมายถึง ค่าระดับความเชื่อมั่นของข้อมูลที่ให้บริการเพื่อตอบสนองความต้องการต่อผู้ใช้งานข้อมูลในแง่ของความถูกต้อง ความละเอียด และความสมบูรณ์ของข้อมูล
En-route chart	หมายถึง แผนที่เส้นทางบิน
Environmental system research institute (ESRI)	หมายถึง สถาบันวิจัยพัฒนาระบบสิ่งแวดล้อม
Federal aviation administration (FAA)	หมายถึง หน่วยงานบริหารกิจการการบินแห่งชาติสหรัฐอเมริกา
Flight information publications (FLIP)	หมายถึง สิ่งพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับการบินที่ออกให้โดยผู้มีอำนาจของรัฐ ที่บรรจุข้อมูลที่มีคุณลักษณะคงทนถาวร และจำเป็นในการนำทางการบิน

ศัพท์	คำอธิบายศัพท์
Flight information region	หมายถึง ขนาดมิติของห้วงอากาศที่กำหนดขึ้นสำหรับให้บริการข้อมูลเกี่ยวกับการเดินอากาศและบริการแจ้งเตือนการเดินอากาศต่าง ๆ
Glide path (GP)	หมายถึง ส่วนกำหนดโครงร่างมุมร่อนเพื่อเป็นข้อแนะนำในการบินลดระดับความสูงในการบินเข้าหาสนามบินช่วงสุดท้าย
Instrument approach procedure (IAP)	หมายถึง ชุดแผนการที่ปฏิบัติการบินที่กำหนดขึ้นตามหลักวิธีการบินควบคุมการบินด้วยเครื่องวัดประกอบการบิน เพื่อให้รอดพ้นจากอุปสรรคสิ่งกีดขวางต่าง ๆ นับแต่ตำแหน่งเริ่มบินเข้าหาหรือ ตำแหน่งที่ปรับออกจากเส้นทางบินหลักสำหรับบินเข้าหาเพื่อลงจอด ณ สนามบินที่กำหนดได้สำเร็จ ที่รวมถึงการบินไปยังตำแหน่งร่อนกรณีที่ยินลงจอดไม่สำเร็จหรือ ที่ปลอดภัยจากอุปสรรคสิ่งกีดขวางตามหลักเกณฑ์ของเส้นทางบิน
International Civil Aviation Organization: (ICAO)	หมายถึง องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ เป็นหน่วยงานผู้ชำนาญการพิเศษขึ้นตรงกับสหประชาชาติ
Non precision approach (NPA)	หมายถึง การบินเข้าหาด้วยเครื่องตรวจวัดที่ใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์นำทางในแนวราบเพียงอย่างเดียว โดยไม่ได้ใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์กำหนดมุมร่อนแต่อย่างใด
National Geospatial-Intelligence Agency (NGA)	หมายถึง หน่วยงานด้านการพัฒนาจัดทำข้อมูลภูมิสารสนเทศอัจฉริยะ แห่งชาติ สหรัฐอเมริกา

ศัพท์	คำอธิบายศัพท์
Notices to airmen (NOTAM)	หมายถึง การแจ้งกระจายข้อมูลให้ทราบล่วงหน้าผ่านเครือข่ายโทรคมนาคมข่าวสาร การเดินอากาศ ที่ประกอบด้วยข้อมูลสำคัญ เช่น การเปลี่ยนแปลงเครื่องอำนวยความสะดวก การบริการ วิธีปฏิบัติ หรือ ข้อควรระวัง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่บุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการบินควรได้รับรู้ก่อนล่วงหน้า
Precision approach procedure (PA)	หมายถึง ขั้นตอนวิธีการใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์เครื่องมือนำร่อง และนำร่องที่ได้รับข้อมูลจากระบบอุปกรณ์ช่วยในการลงจอด
Prohibited area	หมายถึง ขนาดมิติของห้วงอากาศเหนือที่ดิน พื้นที่ พื้นน้ำ ของรัฐที่กำหนดขึ้นเพื่อห้ามอากาศยานทำการบินเด็ดขาด ตามเงื่อนไขหรือข้อจำกัดบางอย่าง
Restricted area	หมายถึง ขนาดมิติของห้วงอากาศเหนือที่ดิน พื้นที่ พื้นน้ำ ของรัฐ ที่กำหนดขึ้นเพื่อห้ามอากาศยานทำการบิน ตามเงื่อนไขหรือข้อจำกัดบางอย่าง
Runway	หมายถึง พื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งกำหนดขึ้นบนพื้นสนามบินเพื่อจัดเตรียมไว้สำหรับการบินขึ้น และบินลงของอากาศยาน
Runway Strip	หมายถึง พื้นที่ที่กำหนดและที่รวมถึงทางวิ่งและทางหยุด ที่มีเพื่อลดความเสี่ยงที่อาจจะมีต่ออากาศยานเมื่อวิ่งออกนอกทางวิ่งและเพื่อป้องกันอากาศยานที่บินอยู่เหนือพื้นที่ดังกล่าวระหว่างการบินขึ้นหรือบินลง

ศัพท์	คำอธิบายศัพท์
Standard instrument departure (SID)	หมายถึง เส้นทางการบินออก ด้วยกฎการบินด้วยเครื่องวัดประกอบการบิน ที่เชื่อมโยงกับสนามบินหรือทางวิ่งที่เจาะจง เฉพาะสนามบินกับจุดสำคัญทางการบิน เพื่อส่งให้บินไปยังเส้นทางบินปกติ
Standard terminal arrival route (STAR)	หมายถึง เส้นทางการบินเข้าหา ด้วยกฎการบินด้วยเครื่องวัดประกอบการบิน ที่เชื่อมโยงกับตำแหน่งสำคัญทางการบินบน เส้นทางบินปกติกับตำแหน่งตั้งต้นที่ประกาศในวิธีปฏิบัติการบินเข้าหาสนามบิน ด้วยเครื่องวัดประกอบการบิน
Threshold	หมายถึง จุดเริ่มต้นของทางวิ่งส่วนที่ใช้ สำหรับการบินลงของอากาศยาน
Visual approach procedure	หมายถึง ชุดแผนการที่กำหนดควตามวิธีการบินที่อาศัยหลักการมองเห็นในการควบคุมบินให้รอดพ้นจากอุปสรรคสิ่งกีดขวางต่าง ๆ นับแต่ตำแหน่งเริ่มบินเข้าหาหรือตำแหน่งที่ปรับออกจากเส้นทางบินหลัก สำหรับบินเข้าหาเพื่อลงจอด ณ สนามบินที่กำหนดได้สำเร็จ ที่รวมถึงการบินไปยังตำแหน่งรอนในกรณีที่บินลงจอดไม่สำเร็จ หรือ ที่ปลอดภัยจากอุปสรรคสิ่งกีดขวางตามหลักเกณฑ์ของเส้นทางบิน

คำย่อ	ความหมาย
VTBD	หมายถึง สนามบินดอนเมือง
VTCC	หมายถึง สนามบินเชียงใหม่
VTCT	หมายถึง สนามบินเชียงราย
VTSP	หมายถึง สนามบินภูเก็ต
VTBS	หมายถึง สนามบินสุวรรณภูมิ
VTBU	หมายถึง สนามบินอุตะเถา
VTSS	หมายถึง สนามบินหาดใหญ่
VTUO	หมายถึง สนามบินบุรีรัมย์
VTSE	หมายถึง สนามบินชุมพร
VTUK	หมายถึง สนามบินขอนแก่น
VTSG	หมายถึง สนามบินกระบี่
VTCL	หมายถึง สนามบินลำปาง
VTUL	หมายถึง สนามบินเลย
VTCH	หมายถึง สนามบินแม่ฮ่องสอน
VTUW	หมายถึง สนามบินนครพนม
VTUQ	หมายถึง สนามบินนครราชสีมา
VTSF	หมายถึง สนามบินนครศรีธรรมราช
VTCN	หมายถึง สนามบินน่าน
VTSC	หมายถึง สนามบินนราธิวาส
VTSK	หมายถึง สนามบินปัตตานี
VTPB	หมายถึง สนามบินเพชรบูรณ์
VTPP	หมายถึง สนามบินพิษณุโลก
VTCP	หมายถึง สนามบินแพร่
VTPH	หมายถึง สนามบินหัวหิน
VTSR	หมายถึง สนามบินระนอง
VTUV	หมายถึง สนามบินร้อยเอ็ด
VTUI	หมายถึง สนามบินสกลนคร
VTPO	หมายถึง สนามบินสุโขทัย

VTSB	หมายถึง สนามบินสุราษฎร์ธานี
VTSM	หมายถึง สนามบินสมุย
VTUJ	หมายถึง สนามบินสุรินทร์
VTPT	หมายถึง สนามบินตาก
VTPM	หมายถึง สนามบินแม่สอด
VTST	หมายถึง สนามบินตรัง
VTBO	หมายถึง สนามบินตราด
VTUU	หมายถึง สนามบินอุบลราชธานี
VTUD	หมายถึง สนามบินอุดรธานี