ภาษาจำเพาะโดเมนสำหรับสนับสนุนการตัดสินใจร่วมการจราจรทางอากาศ

นายสกนธ์ ศิลปกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

DOMAIN SPECIFIC LANGUAGE FOR AIR TRAFFIC COLLABORATIVE DECISION SUPPORT

Mr. Sakon Sinlapakun

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Software Engineering

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ภาษาจำเพาะโดเมนสำหรับสนับสนุนการตัดสินใจร่วมการจราจรทางอากาศ
โดย	นายสกนธ์ ศิลปกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมซอฟต์แวร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ญาใจ ลิ่มปิยะกรณ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.บุญเสริม กิจศิริกุล)

……... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาใจ ลิ่มปิยะกรณ์)

…… กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ภาสกร อภิรักษ์วรพินิต)

สกนธ์ ศิลปกุล: ภาษาจำเพาะโดเมนสำหรับสนับสนุนการตัดสินใจร่วมการจราจรทางอากาศ. (Domain Specific Language for Air Traffic Collaborative Decision Support) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.ญาใจ ลิ่มปิยะกรณ์, 86 หน้า.

การเพิ่มขึ้นของการจราจรทางอากาศทั่วโลกที่ปรากฏอย่างเห็นได้ชัดทำให้ภาคอุตสาหกรรมต้องใช้งานพื้นที่อากาศให้มากที่สุด หนึ่งในแนวทางที่น่าจะสัมฤทธิ์ผลคือการใช้สารสนเทศจากข้อมูลที่มีอยู่แล้วให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในช่วงแรก กฎการจราจรทางอากาศทั้งหมดสามารถโปรแกรมและบูรณาการเข้ากับระบบโดยใช้ภาษาวัตถุประสงค์ทั่วไปเช่น ซี ชาร์ป ซีพลัสพลัส หรือ จาวา อย่างไรก็ตาม ภาษาวัตถุประสงค์ทั่วไปมีความซับซ้อนมากเกินไปสำหรับผู้ใช้งานที่จะเข้าใจและบำรุงรักษา รวมทั้งยังต้องแปลโปรแกรมใหม่ทุกครั้งที่รหัสคำสั่งเปลี่ยนแปลง เพื่อเพิ่มความยั่งยืนของระบบ งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาภาษาจำเพาะโดเมนเรียกว่า ภาษาสคริปต์กฎการจราจรทางอากาศ (เออาร์เอสแอล) ภาษาดังกล่าวถูกออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับสภาพแวดล้อมการทำงานร่วมกันเพื่อระบุระยะห่างที่น้อยที่สุดระหว่างอากาศยานที่เฟสวางแผน เออาร์เอสแอลสามารถใช้เป็นภาษารูปนัยสำหรับการกำหนดค่าใช้งานกฎการจราจรทางอากาศและใช้แบ่งปันข้อมูล ในฐานะที่เป็นภาษาจำเพาะโดเมน เออาร์-เอสแอลจึงสามารถเข้าใจได้ง่ายและบำรุงรักษาได้เองโดยผู้เชี่ยวชาญโดเมนการจราจรทางอากาศ ภาษาที่พัฒนาขึ้นได้ถูกบูรณาการเข้าไปในโครงการการตัดสินใจร่วมกัน (ซีดีเอ็ม)ของบริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทยเพื่อช่วยรวบรวมองค์ประกอบหลักที่สำคัญจำเป็นสำหรับการระบุระยะห่างที่ปลอดภัยสำหรับเส้นทางบินตามแนวราบ ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าเออาร์เอสแอลและฟังก์ชันการให้บริการทำงานได้อย่างถูกต้องเช่นเดียวกับคำตอบที่ได้รับจากผู้เชี่ยวชาญ

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์	ลายมือชื่อนิสิต
สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
ปีการศึกษา2555	

5471017121 : MAJOR SOFTWARE ENGINEERING

KEYWORDS : COLLABORATIVE DECISION SUPPORT / DOMAIN SPECIFIC LANGUAGE / AERONAUTICAL

SAKON SINLAPAKUN: DOMAIN SPECIFIC LANGUAGE FOR AIR TRAFFIC COLLABORATIVE DECISION SUPPORT : ASSOC. PROF. YACHAI LIMPIYAKORN, Ph.D. 86 pp.

Phenomenal growth in air traffic across the world is leading industries to maximize the use of airspace. One of the promising approaches would be to optimize the utilization of information derived from existing data. In early period, all air traffic rules can be programmed and integrated to the system using a general-purpose language like C#, C++, or Java. However, general-purpose languages are too complicated for the users to understand and maintain. They must be recompiled every time the code has been changed as well. To increase sustainability of the system, this research has thus developed a domain specific language called Aeronautical Rules Script Language (ARSL). The language is particularly designed for collaborative environment aiming at determining separation minima required between aircrafts at planning phase. ARSL can be used as a formal language for configuring air traffic rules and information sharing. As a domain specific language, ARSL is easy to understand and maintain for aeronautical domain experts. The language has been implemented and integrated into the Collaborative Decision Making (CDM) project of Aeronautical Radio of Thailand to help integrate the major elements essential for defining safety longitudinal aircraft separation. The evaluation results show that the implemented ARSL and its services function accurately, providing the same answers as obtained from the specialist.

Department : Computer Engineering Student's Signature .....

Field of Study : Software Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year :2012 .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ ดร.ญาใจ ลิ่มปิยะกรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้สละเวลาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ตรวจสอบ ให้คำแนะนำแนวทางการวิจัย และสนับสนุน จนทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จออกมาด้วยดีข้าพเจ้าจึงขอกราบระลึกถึงพระคุณของรองศาสตราจารย์ ดร.ญาใจ ลิ่มปิยะกรณ์ไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.บุญเสริม กิจศิริกุล และ ดร.ภาสกร อภิรักษ์วรพินิต กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลา ให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ท้ายที่สุด ผู้เสนอวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว สำหรับกำลังใจที่มีค่ายิ่ง รวมถึงขอขอบพระคุณผู้บังคับบัญชาในสายงาน เพื่อนร่วมงาน และมิตรสหาย ที่คอยติดตามให้กำลังใจ ให้การสนับสนุนและความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และท่านอื่นๆ ที่มิได้กล่าวชื่อไว้ ณ ที่นี้ที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าสำเร็จไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น 2

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.7 วิธีดำเนินงานวิจัย 3

1.8 ลำดับการจัดเรียงเนื้อหาในวิทยานิพนธ์ 4

1.9 ผลงานที่ตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 22

3.1 แนวคิดในการพัฒนา 22

3.2 เออาร์เอสแอลสำหรับข้อกำหนดการจราจรทางอากาศ 22

บทที่ 4 การออกแบบและพัฒนาระบบ 30

4.1 สถาปัตยกรรมระบบ 30

4.2 สภาพแวดล้อมและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา 30

4.3 การพัฒนาระบบ 31

บทที่ 5 การประเมินและการวัดผล 53

หน้า

5.1 แนวทางการประเมินและการวัดผล 53
5.2 การประเมินแนวทางที่ 1 (เปรียบเทียบผลลัพธ์กับผู้เชี่ยวชาญ) 53
5.3 การประเมินแนวทางที่ 2 (ปริมาณข้อมูลปกติเปรียบเทียบกับเออาร์เอสแอล) 63
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 68
6.1 สรุปผลการวิจัย 68
6.2 ข้อจำกัด 68
6.3 แนวทางการวิจัยต่อ 68
รายการอ้างอิง 70
ภาคผนวก 71
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 86

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 รายการอุปกรณ์ของอากาศยาน 25
ตารางที่ 2 ตารางแสดงรายการพีบีเอ็น 27
ตารางที่ 3 เออาร์เอสแอลสามารถจำแนกตามคุณสมบัติ 29
ตารางที่ 4 ผลลัพธ์จากซอฟต์แวร์ของระบบและจากผู้เชี่ยวชาญแนวทางที่ 1 ตัวอย่างที่ 1 54
ตารางที่ 5 ผลลัพธ์จากซอฟต์แวร์ของระบบและจากผู้เชี่ยวชาญแนวทางที่ 1 ตัวอย่างที่ 2 56
ตารางที่ 6 ผลลัพธ์จากซอฟต์แวร์ของระบบและจากผู้เชี่ยวชาญแนวทางที่ 1 ตัวอย่างที่ 3 57
ตารางที่ 7 ผลลัพธ์จากซอฟต์แวร์ของระบบและจากผู้เชี่ยวชาญแนวทางที่ 1 ตัวอย่างที่ 4 59
ตารางที่ 8 ผลลัพธ์จากซอฟต์แวร์ของระบบและจากผู้เชี่ยวชาญแนวทางที่ 1 ตัวอย่างที่ 5 62
ตารางที่ 9 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบปริมาณข้อมูล 64
ตารางที่ 10 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบปริมาณข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการระบุระยะห่างที่ต้องการ
ระหว่างอากาศยานเท่านั้น 67

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ตัวอย่างภาษาที่ถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยรูปแบบเอ็กซ์เอ็มแอล 6
ภาพที่ 2 ตัวอย่างภาษาที่ถูกสร้างขึ้นโดยใช้แนวคิดแบบดีเอสแอล 7
ภาพที่ 3 ดีเอสแอลสคริปต์ที่ใช้คุณลักษณะอ้างอิงมาจากโดเมนปัญหา 9
ภาพที่ 4 รูปแบบการนำดีเอสแอลไปใช้ 10
ภาพที่ 5 ระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่อไม่มีเครื่องช่วยการเดินอากาศ 11
ภาพที่ 6 ระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่อมีเครื่องช่วยการเดินอากาศ 12
ภาพที่ 7 ระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่อใช้ DME 12
ภาพที่ 8 ระยะห่างระหว่างอากาศยานโดยใช้ RNAV 13
ภาพที่ 9 ตัวอย่างการระบุระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยาน 14
ภาพที่ 10 การหาระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่อเคลื่อนที่เข้าหาจุดเดียวกัน 14
ภาพที่ 11 การหาระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่อเคลื่อนที่ไปคนละทิศทาง 15
ภาพที่ 12 การหาระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่ออยู่บนเส้นทางเดียวกันและมุ่งหน้าไปทางเดียวกัน 15
ภาพที่ 13 การหาระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่ออยู่บนเส้นทางเดียวกันและมุ่งหน้าไปต่างทิศทาง 15
ภาพที่ 14 การหาระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่ออยู่บนเส้นทางเดียวกันแต่คนละด้าน 16
ภาพที่ 15 การหาระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่ออยู่บนเส้นทางบินขนานกัน 16
ภาพที่ 16 ระยะห่างระหว่างอากาศยานมาตรฐาน 16
ภาพที่ 17 ภาพรวมการทำงานของผู้เกี่ยวข้องในการจัดการจราจรทางอากาศ 18
ภาพที่ 18 ภาพรวมการใช้งานภาษาจำเพาะโดเมนของงานวิจัย A Domain Specific Approach to Aviation Data 19
ภาพที่ 19 สัญลักษณ์ที่ใช้ในภาษา Habitation 20
ภาพที่ 20 แผนภาพแสดงการสร้างภาษา Habitation 20
ภาพที่ 21 การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเพื่อสร้างเออาร์เอสแอล 23
ภาพที่ 22 ตัวอย่างการกำหนดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยาน 24
ภาพที่ 23 แผนภาพคลาสแสดงคุณสมบัติของส่วนประกาศข้อกำหนด 24
ภาพที่ 24 แผนภาพคลาสแสดงคุณสมบัติของการนำข้อกำหนด 28

หน้า

ภาพที่ 25 ภาพรวมระบบที่พัฒนา 30
ภาพที่ 26 การสร้างคลาสไวยากรณ์ของเออาร์เอสแอล 32
ภาพที่ 27 ตัวอย่างการประกาศโหนดของเออาร์เอสแอล 33
ภาพที่ 28 ตัวอย่างการสร้างไวยากรณ์ให้กับโหนด 33
ภาพที่ 29 ตัวอย่างฟังก์ชันช่วยเพื่อระบุเทอร์มินอลที่ไอโรนีไม่ได้รองรับ 34
ภาพที่ 30 เลือกใช้แกรมมาร์เอ็กพลอเรอร์ของไอโรนี 34
ภาพที่ 31 หน้าจอแกรมมาร์เอ็กพลอเรอร์ 35
ภาพที่ 32 ส่วนแก้ไขเออาร์เอสแอลและส่วนต่อประสาน 35
ภาพที่ 33 ส่วนต่อประสานเพื่อส่งเออาร์เอสแอลสคริปต์ 36
ภาพที่ 34 ส่วนต่อประสานเพื่อรับเออาร์เอสแอลสคริปต์ 36
ภาพที่ 35 หน้าจอเพิ่มเซอร์วิส 37
ภาพที่ 36 ฟังก์ชันตรวจสอบเออาร์เอสแอล 38
ภาพที่ 37 ฟังก์ชันส่งเออาร์เอสแอลที่แก้ไขและตรวจสอบแล้ว 38
ภาพที่ 38 หน้าจอแก้ไขเออาร์เอสแอลที่เชื่อมต่อกับเซอร์วิส 39
ภาพที่ 39 หน้าจอแก้ไขเออาร์เอสแอลเมื่อส่งข้อมูลสำเร็จ 39
ภาพที่ 40 โค้ดส่วนตรวจสอบการนำกฎบนเส้นทางบินไปใช้ซ้ำซ้อน 40
ภาพที่ 41 ส่วนแจ้งเตือนเมื่อนำจุดบนเส้นทางบินไปใช้ซ้ำซ้อน 41
ภาพที่ 42 โค้ดส่วนตรวจสอบชื่อกฎซ้ำซ้อน 42
ภาพที่ 43 ส่วนแจ้งเตือนเมื่อชื่อกฎซ้ำซ้อน 43
ภาพที่ 44 โค้ดส่วนตรวจสอบเมื่อหากฎที่นำไปใช้ไม่พบ 44
ภาพที่ 45 ส่วนแจ้งเตือนเมื่อไม่พบกฎที่ถูกนำไปใช้ 44
ภาพที่ 46 โค้ดส่วนตรวจสอบเมื่อกฎไม่ถูกนำไปใช้ 45
ภาพที่ 47 ส่วนแจ้งเตือนเมื่อกฎไม่ถูกนำไปใช้ 46
ภาพที่ 48 คลาสแผนการบิน 47
ภาพที่ 49 ส่วนต่อประสานร้องขอระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยาน 48
ภาพที่ 50 อ่านไฟล์เออาร์เอสแอลมาเก็บไว้ในหน่วยความจำ 48
ภาพที่ 51 สร้างโครงสร้างต้นไม้แจงส่วนจากข้อมูลเออาร์เอสแอลในหน่วยความจำ 48
ภาพที่ 52 ดึงข้อมูลรายละเอียดกฎจากโครงสร้างต้นไม้แจงส่วน 49
ภาพที่ 53 ค้นกลับส่วนอธิบายกฎของเออาร์เอสแอล 49

หน้า

ภาพที่ 54 อ็อบเจกต์ระยะห่าง (Separation) 50
ภาพที่ 55 หน้าจอระบบซีดีเอ็ม 50
ภาพที่ 56 ส่วนแจ้งเตือนเมื่อระยะห่างระหว่างอากาศยานไม่เพียงพอ 51
ภาพที่ 57 ข้อกำหนดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ต้องการของจุด PASAT 53
ภาพที่ 58 ข้อกำหนดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ต้องการของจุด PASVA(1) 55
ภาพที่ 59 ข้อกำหนดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ต้องการของจุด PASVA(2) 56
ภาพที่ 60 ข้อกำหนดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ต้องการของจุด PASVA(3) 58
ภาพที่ 61 ข้อกำหนดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ต้องการของจุด LIMLA 60
ภาพที่ 62 เอกสารข้อกำหนด A16/11(ผนวก ค) 63
ภาพที่ 63 เอกสารข้อกำหนด A4/11(ผนวก ค) 66
ภาพที่ 64 เอกสารแผนการบิน 72
ภาพที่ 65 รูปแบบแผนการบินที่ต้องส่งก่อนทำการบิน 73
ภาพที่ 66 รูปแบบข้อความแก้ไขแผนการบิน 74
ภาพที่ 67 รูปแบบข้อความยกเลิกแผนการบิน 75
ภาพที่ 68 รูปแบบข้อความเลื่อนเวลาทำการบิน 75
ภาพที่ 69 รูปแบบข้อความยืนยันการขึ้นบิน 76
ภาพที่ 70 ข้อความยืนยันการลงจอด 76
ภาพที่ 71 ตัวอย่างการประกาศคลาสของไอโรนี 79
ภาพที่ 72 ตัวอย่างประกาศตัวแปรโหนดของไอโรนี 80
ภาพที่ 73 ตัวอย่างการประกาศกฎให้กับไวยากรณ์ในไอโรนี 80
ภาพที่ 74 ตัวอย่างการประกาศโอเปอร์เรเตอร์ของไอโรนี 80
ภาพที่ 75 ตัวอย่างการประกาศวรรคตอนในไอโรนี 81
ภาพที่ 76 ตัวอย่างการประกาศสร้างโหนดนามธรรม 81
ภาพที่ 77 ข่าวสารการเดินอากาศ A4/11 หน้าที่ 1 82
ภาพที่ 78 ข่าวสารการเดินอากาศ A4/11 หน้าที่ 2 83
ภาพที่ 79 ข่าวสารการเดินอากาศ A16/11 หน้าที่ 1 84
ภาพที่ 80 ข่าวสารการเดินอากาศ A16/11 หน้าที่ 2 85

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาษาจำเพาะโดเมน หรือ ดีเอสแอล (Domain Specific Language – DSL) คือ ภาษาขั้นสูงซึ่งรูปแบบถูกกำหนดขึ้นด้วยโครงสร้างของตัวภาษาซึ่งมีความซับซ้อนน้อยที่สุด การออกแบบและใช้งานภาษาจำเพาะโดเมนมีจุดประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาในโดเมนปัญหาที่สนใจ โดยคำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่ภาษาถูกนำไปใช้งาน

ความคับคั่งทางด้านการจราจรทางอากาศที่เพิ่มขึ้นมากในปัจจุบันเป็นที่มาของโครงการการตัดสินใจร่วมหรือซีดีเอ็ม (Collaborative Decision Making – CDM) เพื่อประสานความร่วมมือระหว่างผู้เกี่ยวข้องในการบริหารข้อมูล ทำให้การวางแผนและตัดสินใจสามารถกระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความสามารถระบุระยะห่างที่ต้องการ (Required Separation) ระหว่างอากาศยานที่จุดสนใจ (Waypoint) มีความสำคัญมากในการประสานความร่วมมือเพื่อให้ข้อมูลและแจ้งเตือนแก่ผู้เกี่ยวข้อง ปัจจุบัน การคำนวณระยะห่างที่ต้องการถูกดำเนินการโดยฝังลงไปในโค้ดของซอฟต์แวร์ซึ่งง่ายในการดำเนินงาน แต่ก็มีข้อเสียอย่างมากในการนำไปใช้งานจริง เนื่องจากขาดความยืดหยุ่น ผู้ใช้งานไม่สามารถปรับแก้กฎได้เอง ทั้งนี้ เนื่องจากความซับซ้อนของข้อมูลและกฎที่มีความหลากหลายตามปริมาณข้อมูล ดังนั้น เพื่อจัดการกับความซับซ้อนของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจราจรทางอากาศ เอฟเอเอ(FAA) และ ยูโรคอนโทรล(EUROCONTROL) ได้ร่วมมือกันเพื่อสร้างมาตรฐานการแลกเปลี่ยนข้อมูลในรูปแบบดิจิตอลที่มีโครงสร้างครอบคลุมข้อมูลที่จำเป็นในการจราจรทางอากาศ เรียกว่า แบบจำลองแลกเปลี่ยนข่าวสารสายการบิน หรือ เอไอเอ็กซ์เอ็ม (Aeronautical Information Exchange Model-AIXM) [1] ซึ่งใช้เอ็กซ์เอ็มแอล (XML: Extensible Markup Language) เป็นมาตรฐานในการออกแบบ อย่างไรก็ตาม เอไอเอ็กซ์เอ็มไม่สามารถระบุระยะห่างที่ต้องการของอากาศยานได้ด้วยโครงสร้างที่มีอยู่

ปัจจุบัน การระบุระยะห่างบริเวณขอบที่ต้องการหรือเอฟไออาร์ (Flight Information Region – FIR) ถูกกำหนดขึ้นด้วยข้อตกลงระหว่างประเทศ ซึ่งมีความหลากหลายมาก การสร้างแอปพลิเคชันให้สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงการคำนวนระยะห่างที่ต้องการเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ ตามข้อตกลงที่เปลี่ยนแปลงโดยอาจไม่มีเค้าโครงของการคำนวนแบบเก่าอยู่เลยนั้นเป็นการยากมาก ทางเดียวที่ทำได้คือสร้างอุปกรณ์ที่รองรับข้อมูลที่พิสูจน์ได้ว่าครบถ้วน และมีความยืดหยุ่นในการสร้างกฎเพื่อคำนวณระยะห่างตามข้อมูลที่รองรับนั้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพัฒนาภาษาจำเพาะโดเมนหรือดีเอสแอล เพื่อใช้ในการจัดการ

ข้อมูลและสร้างข้อกำหนดโดยผู้ใช้งานระบบอย่างอิสระ เพื่อให้ผู้ใช้งานระบบมีความยืดหยุ่นในการปรับแต่งข้อมูลและกฎได้ตามต้องการ ภาษาที่ได้มีลักษณะเด่นที่สามารถอ่านทำความเข้าใจและสามารถแก้ไขได้อย่างรวดเร็วโดยผู้ที่มีประสบการณ์ และมีความเชี่ยวชาญในด้านข้อมูลการจราจรทางอากาศ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาภาษาจำเพาะโดเมนและซอฟต์แวร์สำหรับสร้างกฎและข้อมูลการจราจรทางอากาศเพื่อระบุระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยาน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. พัฒนาภาษาจำเพาะโดเมนและตัวแจงส่วน โดยมีความสามารถต่อไปนี้เป็นอย่างน้อย
    - สามารถรองรับข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการระบุระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานได้
    - รูปแบบภาษาจำเพาะโดเมนที่สร้างเป็นแบบภาษาจำเพาะโดเมนภายนอก (External DSLs)
    - ตัวแจงส่วนสามารถแจ้งเตือนได้เมื่อพบรูปแบบที่ผิดพลาด
    - ตัวแจงส่วนสามารถใช้งานได้บนแพลตฟอร์ม .net framework version 4.0
2. พัฒนาส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้งานเพื่อแก้ไขภาษาจำเพาะโดเมน โดยมีความสามารถต่อไปนี้เป็นอย่างน้อย
    - สามารถแก้ไขไฟล์ภาษาจำเพาะโดเมนได้
    - สามารถแจ้งเตือนได้เมื่อพบรูปแบบที่ผิดพลาด
    - สามารถเปิดไฟล์ภาษาจำเพาะโดเมนได้ผ่านเครือข่ายภายใน

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ข้อมูลอากาศยานใช้ข้อมูลจากแผนการบินรูปแบบ 2013
2. ซอฟต์แวร์สามารถรายงานข้อผิดพลาดหากพบว่าภาษาที่เขียนไม่ตรงตามรูปแบบที่กำหนดไว้และไม่รวมการแจ้งเตือนเมื่อข้อกำหนดที่ได้มีความซ้ำซ้อนหรือข้อผิดพลาด
3. ประเมินผลงานวิจัยจากการตรวจสอบความสมบูรณ์ของภาษาด้วยวิธีการ

เปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างข้อมูลกับผลลัพธ์ที่ได้จากระบบที่พัฒนาขึ้น

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย

1. ความสามารถซอฟต์แวร์ไม่รวมการแจ้งเตือนเมื่อข้อกำหนดที่ได้มีความซ้ำซ้อนหรือข้อผิดพลาด
2. เออาร์เอสแอล (Aeronautical Rules Script Language – ARSL) ที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ไม่สามารถแปลงรูปแบบไปยังภาษาอื่นได้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ภาษาจำเพาะโดเมนที่มีโครงสร้างครอบคลุมเพียงพอเพื่อใช้ในการระบุระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยาน
2. ได้ตัวแจงส่วนและส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้งานเพื่อแก้ไขภาษาจำเพาะโดเมนที่สามารถประยุกต์ใช้กับโดเมนปัญหาเดียวกันอื่นได้

1.7 วิธีดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาและทำความเข้าใจการออกแบบภาษาจำเพาะโดเมนภายนอก
2. ศึกษาและทำความเข้าใจเอไอเอ็กซ์เอ็ม
3. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการระบุระยะห่างที่ต้องการ
4. คัดเลือกข้อมูลที่จำเป็นเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากเอไอเอ็กซ์เอ็ม
5. วิเคราะห์และกำหนดภาพรวมของงานวิจัย
6. เลือกเครื่องมือที่เหมาะสมในการสร้างระบบสนับสนุนเพื่อช่วยในการสร้างตัวแจงส่วน
7. ออกแบบภาษาจำเพาะโดเมน
8. พัฒนาตัวแจงส่วนและส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้งานเพื่อแก้ไขภาษาจำเพาะโดเมน
9. ทดสอบและประเมินผลงานวิจัย
10. ตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการ
11. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
12. จัดทำวิทยานิพนธ์

1.8 ลำดับการจัดเรียงเนื้อหาในวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บทดังต่อไปนี้ บทที่ 1 เป็นบทนำกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและผลงานตีพิมพ์ บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องบทที่ 3 กล่าวถึงวิธีดำเนินการวิจัย บทที่ 4 กล่าวถึงการออกแบบและพัฒนาระบบตามแนวทางการวิจัยที่นำเสนอ บทที่ 5 กล่าวถึงวิธีการประเมินและวัดผลการทดลองและบทที่ 6 สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะและแนวทางสำหรับการวิจัยต่อในอนาคต

1.9 ผลงานที่ตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์

ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์นี้ได้รับการตีพิมพ์เป็นบทความวิชาการเรื่อง “ARSL: A Domain Specific Language for Aircraft Separation Minima Determination”, Sakon Sinlapakun and Yachai Limpiyakorn in Proceedings of Intermational Conference on 2012 Advanced Software Engineering & Its Applications (ASEA2012), published in Computer Applications for Software Engineering, Disaster Recovery, and Business Continuity.,vol 340, pp 78-87, ณ เกาะเจจู ประเทศเกาหลี , วันที่ 28 พฤศจิกายน ถึง 2 ธันวาคม 2555

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ภาษาโดเมนจำเพาะ หรือ ดีเอสแอล (Domain Spacific Language - DSL)

ในด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์และวิศวกรรมจำเพาะโดเมนแล้ว [2] ภาษาจำเพาะโดเมนเป็นรูปแบบภาษาหนึ่งที่ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาเฉพาะด้านภายใต้โดเมนนั้นๆ ตัวอย่างเช่น HTML, VHDL, SQL, Regular Expression เป็นต้น

ภาษาจำเพาะโดเมนได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากตัวภาษามักสร้างโดยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในโดเมนนั้นๆ ทำให้ภาษาจำเพาะโดเมนสามารถแก้ไขได้ง่ายและสำหรับผู้อ่านสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายไม่จำเป็นต้องมีความรู้ด้านโปรแกรมมิง ทำให้การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เชี่ยวชาญภายในโดเมนนั้นกระทำได้สะดวกรวดเร็ว และยังช่วยให้การสื่อสารระหว่างโปรแกรมเมอร์หรือผู้ออกแบบระบบกับผู้ใช้งานที่เป็นผู้เชี่ยวชาญเป็นไปอย่างราบรื่น

ข้อกำหนดที่อยู่ในรูปแบบของข้อความหรือแบบจำลองของภาษาที่สร้างขึ้นอาจมีความซับซ้อน จนคอมพิวเตอร์ไม่สามารถทำความเข้าใจได้ การสร้างภาษาหนึ่งขึ้นมาในโลกของคอมพิวเตอร์นั้น หากต้องการให้ผู้ใช้งานสามารถปรับแก้และทำความเข้าใจได้ง่ายควรออกแบบให้ภาษานั้นมีความเรียบง่ายและเป็นสัดส่วน ดังนั้น ดีเอสแอลจึงเข้ามามีบทบาทในการสร้างภาษาเพื่อให้ทั้งคอมพิวเตอร์และมนุษย์สามารถเข้าใจและแปลความหมายได้ตรงกัน ดังเห็นได้จากความซับซ้อนของภาษาใน

ภาพที่ 1 เปรียบเทียบกับความเรียบง่ายที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายของภาษาในภาพที่ 2

```
<stateMachine start = "idle">
  <event name="doorClosed" code="D1CL"/>
  <event name="drawerOpened" code="D2OP"/>
  <event name="lightOn" code="L1ON"/>
  <event name="doorOpened" code="D1OP"/>
  <event name="panelClosed" code="PNCL"/>

  <command name="unlockPanel" code="PNUL"/>
  <command name="lockPanel" code="PNLK"/>
  <command name="lockDoor" code="D1LK"/>
  <command name="unlockDoor" code="D1UL"/>

  <state name="idle">
    <transition event="doorClosed" target="active"/>
    <action command="unlockDoor"/>
    <action command="lockPanel"/>
  </state>

  <state name="active">
    <transition event="drawerOpened" target="waitingForLight"/>
    <transition event="lightOn" target="waitingForDrawer"/>
  </state>

  <state name="waitingForLight">
    <transition event="lightOn" target="unlockedPanel"/>
  </state>

  <state name="waitingForDrawer">
    <transition event="drawerOpened" target="unlockedPanel"/>
  </state>

  <state name="unlockedPanel">
    <action command="unlockPanel"/>
    <action command="lockDoor"/>
    <transition event="panelClosed" target="idle"/>
  </state>

  <resetEvent name = "doorOpened"/>
</stateMachine>
```

ภาพที่ 1 ตัวอย่างภาษาที่ถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยรูปแบบเอ็กซ์เอ็มแอล

```
events
  doorClosed  D1CL
  drawerOpened  D2OP
  lightOn     L1ON
  doorOpened  D1OP
  panelClosed PNCL
end

resetEvents
  doorOpened
end

commands
  unlockPanel PNUL
  lockPanel   PNLK
  lockDoor    D1LK
  unlockDoor  D1UL
end

state idle
  actions {unlockDoor lockPanel}
  doorClosed => active
end

state active
  drawerOpened => waitingForLight
  lightOn    => waitingForDrawer
end

state waitingForLight
  lightOn => unlockedPanel
end

state waitingForDrawer
  drawerOpened => unlockedPanel
end
```

ภาพที่ 2 ตัวอย่างภาษาที่ถูกสร้างขึ้นโดยใช้แนวคิดแบบดีเอสแอล

องค์ประกอบสำคัญของภาษาจำเพาะโดเมนประกอบด้วย

1. ภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Programming Language) : ภาษาจำเพาะโดเมน คือภาษาเขียนที่มนุษย์ใช้เพื่อสั่งคอมพิวเตอร์ให้ทำงานบางสิ่ง โดยมนุษย์สามารถแก้ไขและอ่านทำความเข้าใจตัวภาษาได้ง่ายแต่ยังต้องให้คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลจากภาษานั้นได้อยู่
2. ธรรมชาติของภาษา (Language Nature) : ภาษาจำเพาะโดเมนคือภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรม ซึ่งสามารถในการใช้งานในโดเมนที่สนใจอย่างคล่องแคล่ว และรวมการทำงานที่เป็นชุดคำสั่งไว้ด้วยกัน

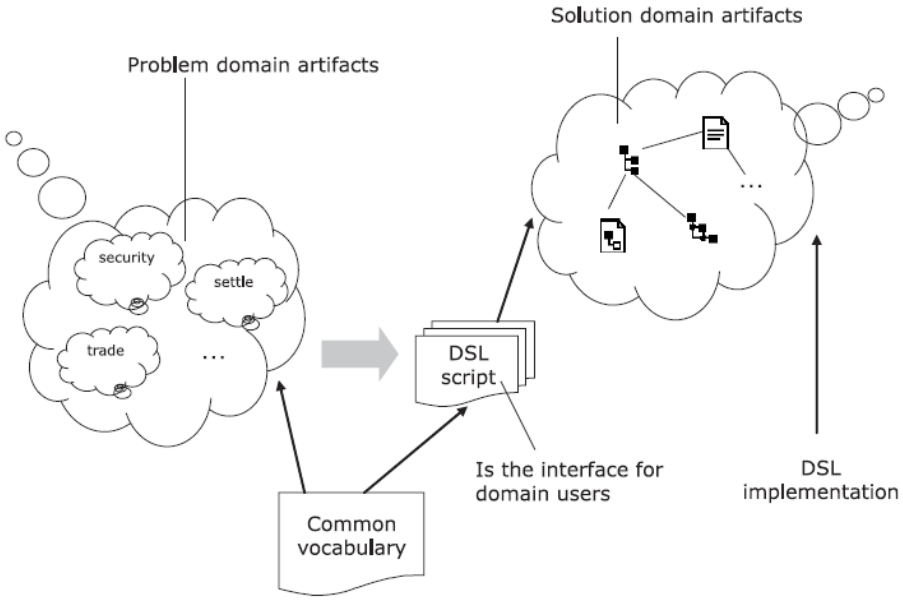
3. การประยุกต์ลึกซึ้งอย่างจำกัด (Limited expressiveness) : ภาษาการเขียนโปรแกรมทั่วไปออกแบบให้รองรับความสามารถจำนวนมาก เช่น รองรับชนิดข้อมูล การควบคุม และ โครงสร้างที่หลากหลาย ซึ่งการรองรับความสามารถมากขนาดนั้นจะเป็นปัญหาในการทำความเข้าใจและใช้งานโดยเฉพาะผู้ที่ไม่มีพื้นฐานด้านโปรแกรมมิงมาก่อน ดังนั้น ภาษาจำเพาะโดเมนควรสนับสนุนเฉพาะความสามารถที่ต้องการเท่านั้น หมายความว่า เราไม่สามารถสร้างระบบทั้งระบบขึ้นมาจากภาษาจำเพาะโดเมนได้ แต่เราสามารถใช้ภาษาจำเพาะโดเมนเพื่อสร้างบางส่วนในระบบเท่านั้น
4. โดเมนโฟกัส (Domain Focus) : ภาษาที่ถูกจำกัดอยู่ภายในโดเมนนั้นมีประโยชน์ถ้าสามารถระบุโดเมนที่สนใจได้อย่างชัดเจน ดังนั้น จึงต้องระบุให้ชัดเจนถึงโดเมนที่ภาษานั้นๆดำรงอยู่

Martin Fowlerได้แบ่งภาษาจำเพาะโดเมนออกเป็น 3 ประเภทคือ 1) ภาษาจำเพาะโดเมนภายนอก (External DSLs), 2) ภาษาจำเพาะโดเมนภายใน (Internal DSLs), และ 3) การปรับแต่งภาษา (Language Workbenches)

1. ภาษาจำเพาะโดเมนภายนอก คือ ภาษาที่แยกออกมาจากภาษาหลักของแอปพลิเคชันที่มันทำงานอยู่ โดยทั่วไปแล้วภาษาจำเพาะโดเมนภายนอกอยู่ในรูปของไวยากรณ์ที่กำหนดเอง หรืออาจมีรากฐานมาจากมาตรฐานอื่นเช่น เอ็กซ์เอ็มแอล สคริปต์ที่ได้จากภาษาจำเพาะโดเมนภายนอกจะถูกแปลโดยแอปพลิเคชันหลัก ตัวอย่างของ ภาษาจำเพาะโดเมนภายนอก เช่น regular expression, SQL, Awk, XML configuration file เป็นต้น
2. ภาษาจำเพาะโดเมนภายใน เป็นอีกทางหนึ่งในการใช้งานภาษาหลักเพิ่มเติมโดยสคริปต์ที่เป็นภาษาจำเพาะโดเมนภายในจะถูกผนวกอยู่ในภาษาหลัก กล่าวคือเป็นการเพิ่มความสามารถเข้าไปในภาษาหลักเพื่อรับผิดชอบประมวลผลในส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบหลัก ตัวภาษาที่อยู่ในโค้ดดูเหมือนภาษาที่กำหนดเองแทนที่จะเป็นภาษาหลัก ตัวอย่างภาษาที่มีการประยุกต์ใช้ภาษาจำเพาะโดเมนภายนอก เช่น Lisp, Ruby เป็นต้น
3. การปรับแต่งภาษา คือการปรับปรุง Integrated Development Environment (IDE) เพื่อสร้างรูปแบบเฉพาะในการเขียนโปรแกรม การปรับแต่งภาษาไม่เพียงใช้ระบุโครงสร้างของภาษาจำเพาะโดเมนแต่ยังใช้เพื่อการสร้างสภาพแวดล้อมที่กำหนดเองเพื่อเขียนภาษาจำเพาะโดเมน ผลลัพธ์ที่ได้เป็นการผสมผสานกัน

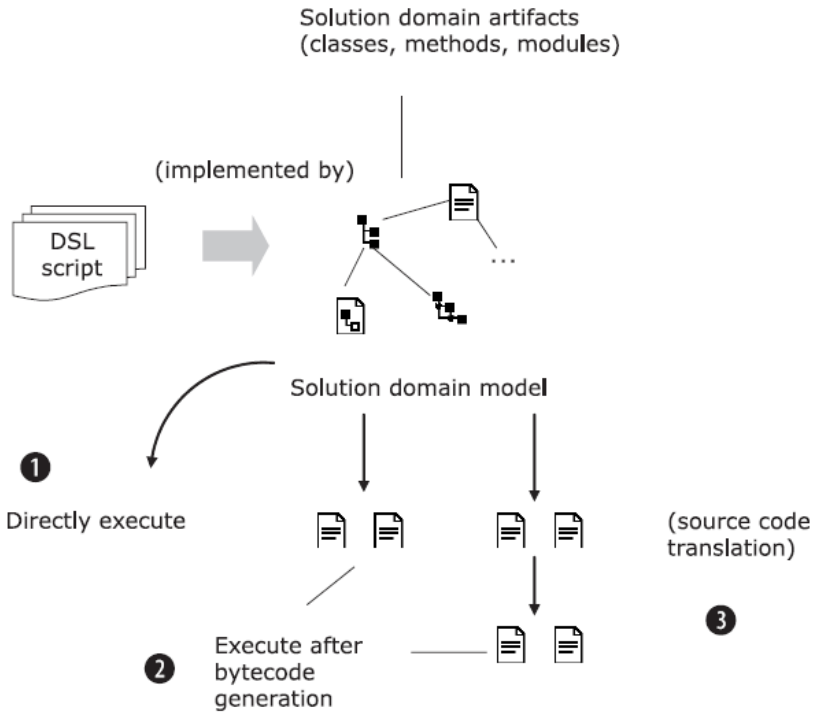
ระหว่างสภาพแวดล้อมที่ถูกปรับปรุงและตัวภาษา

การออกแบบดีเอสแอลต้องกำหนดความเกี่ยวข้องของกรอบงานและความสัมพันธ์กระบวนการ เพื่อใช้วิเคราะห์หาความเชื่อมโยงและสิ่งที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดคุณสมบัติของภาษา เช่น รูปแบบอัตลักษณ์ ความเชื่อมโยงภายในภาษา โดยอาจเริ่มต้นจากการกำหนดโดเมนปัญหาและกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าเอนทิตีต่างๆ ภายในโดเมนปัญหานั้นๆ ซึ่งสิ่งที่ได้เป็นคำศัพท์พื้นฐานที่เกี่ยวข้อง หรือกิจกรรมในโดเมนนั้นๆ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ดีเอสแอลสคริปต์ที่ใช้คุณลักษณะอ้างอิงมาจากโดเมนปัญหา

รูปแบบการนำดีเอสแอล ไปใช้งานสามารถทำได้โดยให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีความเข้าใจแบบจำลองของโดเมน และกฎทางธุรกินนั้น และผู้พัฒนาต้องนำดีเอสแอลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาใช้งานบนเทคโนโลยีที่ใช้งาน ส่วนมากดีเอสแอลไม่ได้เป็นมากกว่าภาษานามธรรมที่อยู่บนภาษามนุษย์ ให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายโดยผู้เชี่ยวชาญ อย่างไรก็ตาม ไม่มีข้อกำหนดใดๆบังคับให้ดีเอสแอลต้องกำหนดขึ้นจากภาษามนุษย์เท่านั้น การนำไปใช้งานตามภาพที่ 4 ก็เช่นกัน



ภาพที่ 4 รูปแบบการนำดีเอสแอลไปใช้

ภาพที่ 4 แสดงการนำดีเอสแอลไปใช้แบบพื้นฐานอธิบายได้ดังนี้

1. สคริปต์ถูกนำไปใช้ทันทีโดยไม่มีการสร้างโค้ดใหม่นั้น หมายถึง การนำสคริปต์ไปผ่านตัวแปลภาษาแล้วใช้งานทันที ตัวอย่างการใช้งานเช่นนี้ เช่น ภาษา awk บน UNIX
2. ดีเอสแอลที่สร้างด้วยวิธีที่สอง สคริปต์ถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องอ่านผ่านตัวอ่านเฉพาะซึ่งอาจใช้ร่วมกับภาษาอื่นๆ ตัวอย่างการใช้งาน เช่น การใช้ส่วนแปลสคริปต์ภาษาจาวาแล้วนำไปใช้งานบน JVM (Java Virtual Machine)
3. ดีเอสแอลที่สร้างด้วยวิธีที่สองสคริปต์จะถูกแปลให้อยู่ในรูปของภาษาหลักก่อน ที่ตัวแปลภาษาหลักจะจำภาษาหลักที่ได้ไปใช้งานต่อไป ตัวอย่างการใช้งาน เช่น LISP

2.1.2 **การจัดระยะห่างระหว่างอากาศยานตามแนวราบ** (Longitudinal separation) [7]

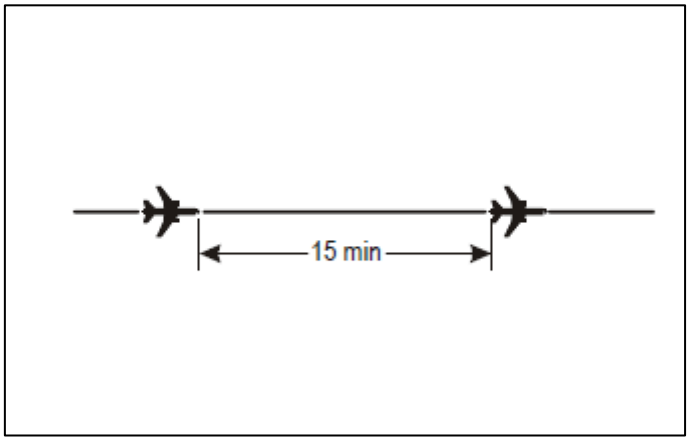
การจัดระยะห่างระหว่างอากาศยานตามแนวราบ (Longitudinal separation) ใช้เพื่อจัดการระยะห่างระหว่างอากาศยานไม่ให้มีค่าที่น้อยกว่าค่าน้อยที่สุดที่กำหนด การจัดระยะห่างตามแนวราบใช้กับอากาศยานที่อยู่ในเส้นทางเดียวกัน หรือบนเส้นทางต่างกันก็ได้โดย ใช้เทคนิคการควบคุมความเร็วของอากาศยาน

ในการประยุกต์การควบคุมระยะห่างด้วยเวลา(time-base)หรือระยะทาง(distance-base)ระหว่างอากาศยานนั้น ผู้ปฏิบัติงานต้องมั่นใจได้ว่าระยะห่างระหว่างอากาศยานไม่ละเมิดข้อกำหนดระยะห่างที่น้อยที่สุดที่เป็นไปได้กับอากาศยานอื่นที่มีความเร็วมากกว่าหรือน้อยกว่าเมื่ออากาศยานเข้าใกล้จนอยู่ในระยะห่างน้อยที่สุดที่เป็นไปได้แล้วผู้ปฏิบัติงานต้องใช้วิธีควบคุมความเร็วเพื่อรักษาระยะห่างระหว่างอากาศยานไม่ให้ละเมิดข้อกำหนด

การควบคุมในทางปฏิบัติเพื่อรักษาระยะห่างระหว่างอากาศยานอาจทำได้โดย ควบคุมเวลาขึ้นบิน หรือกำหนดเวลาที่เครื่องถึงจุดที่สนใจด้วยการลดความเร็วหรือเวคเตอร์เครื่องเพื่อเพิ่มระยะทาง หรือควบคุมให้บินวนบนจุดที่กำหนดเพื่อควบคุมระยะห่าง

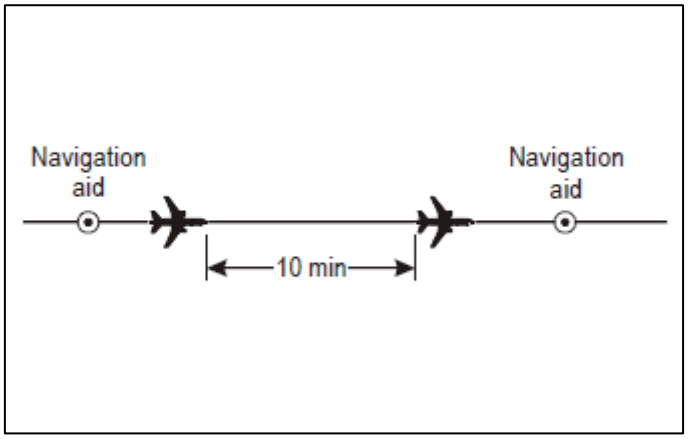
การควบคุมระยะห่างระหว่างอากาศยานที่อยู่บนความสูงเดียวกัน สามารถใช้เทคนิคได้หลายวิธีดังนี้

1. การควบคุมระยะห่างโดยเวลา
    - 15 นาทีหากไม่มีเครื่องช่วยการเดินอากาศภาคพื้นดินดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่อไม่มีเครื่องช่วยการเดินอากาศ

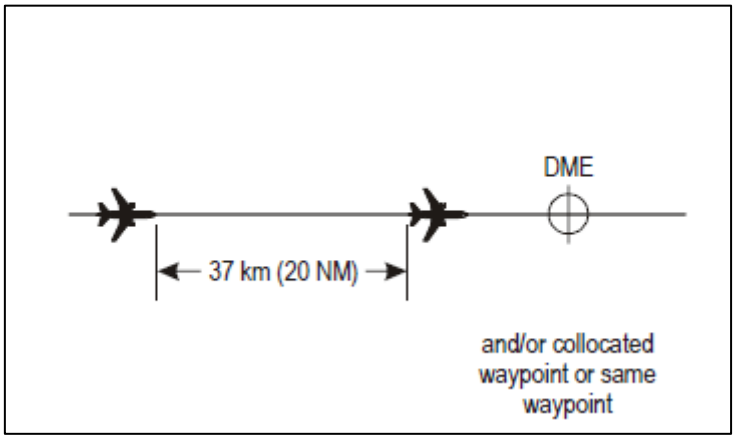
- 10 นาทีหากมีเครื่องช่วยการเดินอากาศดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่อมีเครื่องช่วยการเดินอากาศ

2. การควบคุมระยะห่างด้วยระยะทางโดยอาศัยอุปกรณ์ช่วย Distance Measuring Equipment (DME) และ/หรือ GNSS

    1. ให้อากาศยานมีระยะห่างน้อยที่สุดที่ 20 NM เมื่ออากาศยานอยู่บนเส้นทางบินเดียวกัน หรืออากาศยานเครื่องหนึ่งใช้ DME และอีกลำหนึ่งใช้ GNSS หรือ ทั้งสองลำใช้ GNSS ดังภาพที่ 7



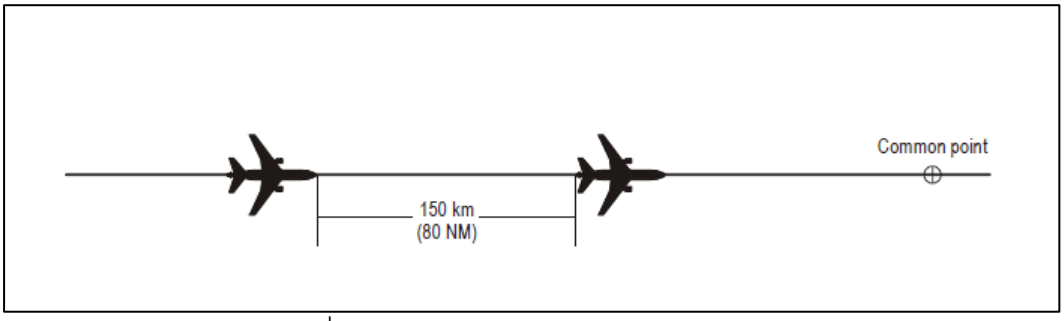
ภาพที่ 7 ระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่อใช้ DME

3. การควบคุมระยะห่างด้วยเวลาโดยอาศัยเทคนิคควบคุมความเร็วของอากาศยาน

    - อากาศยานต้องบินด้วยความเร็วที่ผู้ควบคุมการจราจรทางอากาศสั่งการ และหากต้องการเปลี่ยนความเร็วต้องร้องขอไปยังผู้ควบคุมการจราจรทางอากาศเท่านั้น ระยะหว่ามตรฐานด้วยเวลาเวลามาตรฐานเมื่อควบคุมอากาศยานโดยอาศัยความเร็วของอากาศยานที่อยู่บนเส้นทาง

เดียวกันคือ 10 นาทีและน้อยลงตามความแตกต่างของความเร็วของอากาศยาน

4. การควบคุมระยะห่างด้วยระยะทางโดยอาศัยเทคนิคควบคุมความเร็วของอากาศยานโดยใช้ RNAV
    1. อากาศยานต้องบินด้วยความเร็วที่ผู้ควบคุมการจราจรทางอากาศสั่งการและหากต้องการเปลี่ยนความเร็วต้องร้องขอไปยังผู้ควบคุมการจราจรทางอากาศเท่านั้น
    2. หากอุปกรณ์นำร่องของอากาศยานเสียหายผู้ควบคุมการจราจรทางอากาศไม่สามารถใช้วิธีนี้ได้
    3. ระยะห่างระหว่างอากาศยานขะต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้โดยใช้การแจ้งตำแหน่งของ RNAV Equipment การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ควบคุมและนักบินต้องรักษาไว้
    4. ระยะห่างมาตรฐานระหว่างอากาศยานคือ 80 NM หรือ 10 นาที ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ระยะห่างระหว่างอากาศยานโดยใช้ RNAV

5. การควบคุมระยะห่างด้วยระยะทางโดยอาศัยเทคนิคควบคุมความเร็วของอากาศยานโดยใช้ RNAP เมื่อระบุ RNP
    1. ระยะห่างระหว่างอากาศยานต้องไม่น้อยกว่าค่าน้อยที่สุดที่กำหนดเพื่อความปลอดภัยโดยคิดระยะห่างจากจุดที่อยู่ถัดไป
    2. หากอากาศยานมี RNP ไม่ถึงระดับที่กำหนดผู้ควบคุมการจราจรทางอากาศต้องเปลี่ยนวิธีการควบคุมระยะห่างระหว่างอากาศยาน
    3. ผู้ควบคุมการจราจรทางอากาศต้องติดต่อนักบินผ่านเสียงหรือ CPDLC เพื่อความปลอดภัย

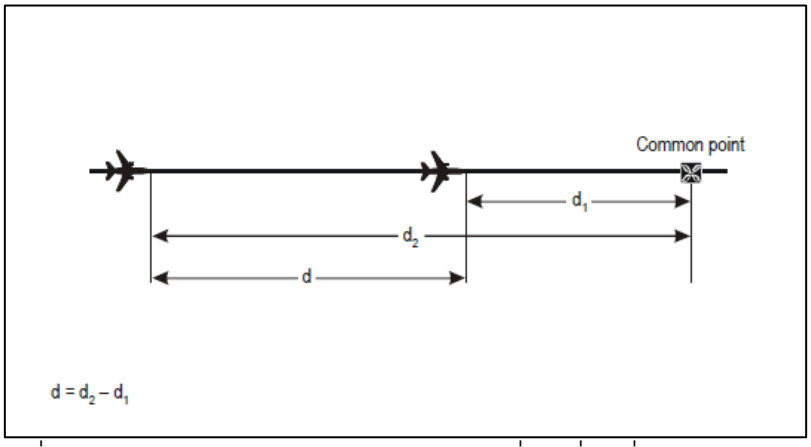
4. เมื่ออากาศยานต้องการลดความเร็วต้องเปลี่ยนการควบคุมระยะห่างไปใช้วิธีอื่น

6. การควบคุมระยะห่างด้วยระยะทางโดยอาศัยเทคนิคควบคุมความเร็วของอากาศยานโดยใช้ RNAP เมื่อระบุ RNP และไม่ใช้ ADS-C ตัวอย่างดังภาพที่ 9
    1. ใช้กับอากาศยานเมื่อต้องการเปลี่ยนระดับความสูงบนเส้นทางเดียวกัน
    2. ผู้ควบคุมการจราจรทางอากาศต้องติดต่อนักบินผ่านเสียงหรือ CPDLC เพื่อความปลอดภัย

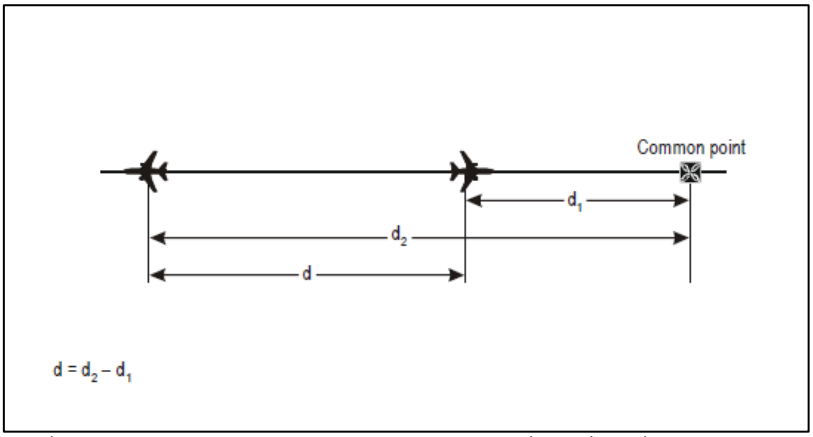
Separation minimum	*RNP type*	*Communication requirement*	*Surveillance requirement*	*Distance verification requirements*
93 km (50 NM)	10	Direct controller-pilot communications	Procedural position reports	At least every 24 minutes

ภาพที่ 9 ตัวอย่างการระบุระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยาน

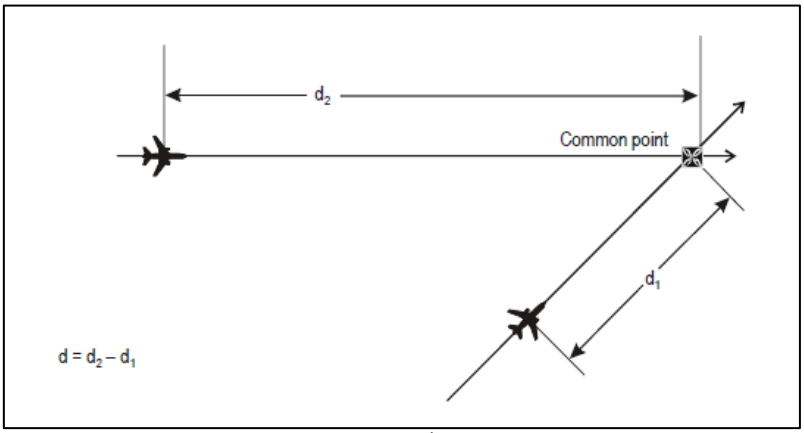
7. การควบคุมระยะห่างด้วยระยะทางโดยอาศัยเทคนิคควบคุมความเร็วของอากาศยานโดยใช้ RNAP เมื่อระบุ RNP และใช้ ADS-C
    1. เมื่อใช้งาน ADS-C ระยะห่างระหว่างอากาศยานต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดโดยมีวิธีการระบุระยะห่างที่ต้องการตามภาพที่ 10,ภาพที่ 11 ภาพที่ 12,ภาพที่ 13, ภาพที่ 14และภาพที่ 15



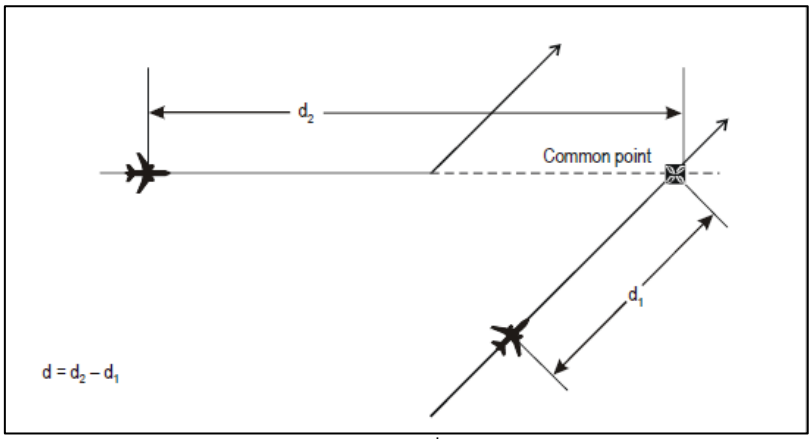
ภาพที่ 10 การหาระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่อเคลื่อนที่เข้าหาจุดเดียวกัน



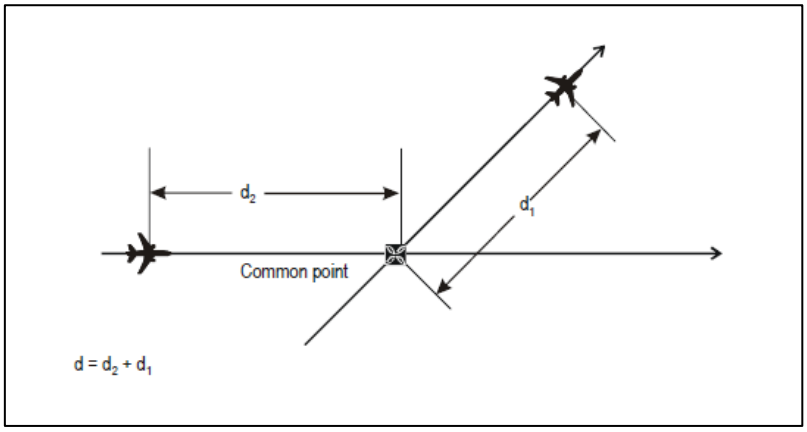
ภาพที่ 11 การหาระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่อเคลื่อนที่ไปคนละทิศทาง



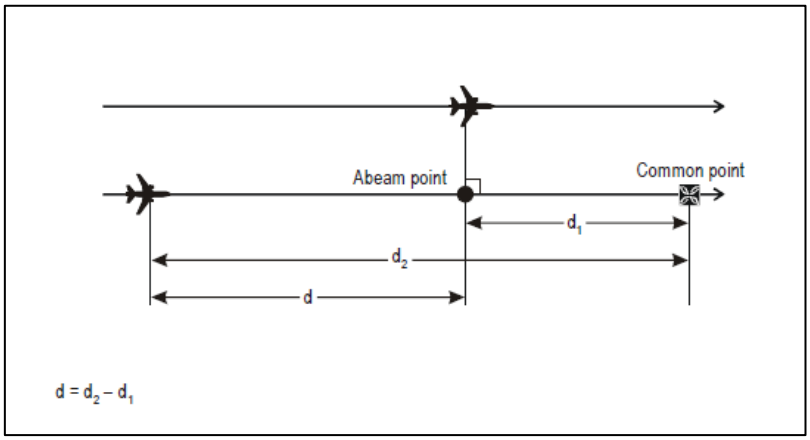
ภาพที่ 12 การหาระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่ออยู่บนเส้นทางเดียวกันและมุ่งหน้าไปทางเดียวกัน



ภาพที่ 13 การหาระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่ออยู่บนเส้นทางเดียวกันและมุ่งหน้าไปต่างทิศทาง



ภาพที่ 14 การหาระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่ออยู่บนเส้นทางเดียวกันแต่คนละด้าน



ภาพที่ 15 การหาระยะห่างระหว่างอากาศยานเมื่ออยู่บนเส้นทางบินขนานกัน

เมื่ออากาศยานอยู่บนเส้นทางบินเดียวกันระยะห่างมาตรฐานที่องค์กรณ์การบินระหว่างประเทศกำหนดตามภาพที่ 16

Separation minima	*RNP type*	*Maximum ADS-C periodic reporting interval*
93 km (50 NM)	10	27 minutes
	4	32 minutes
55.5 km (30 NM)	4	14 minutes

ภาพที่ 16 ระยะห่างระหว่างอากาศยานมาตรฐาน

2.1.3 **การตัดสินใจร่วม หรือ ซีดีเอ็ม** (Collaborative Decision Making – CDM)

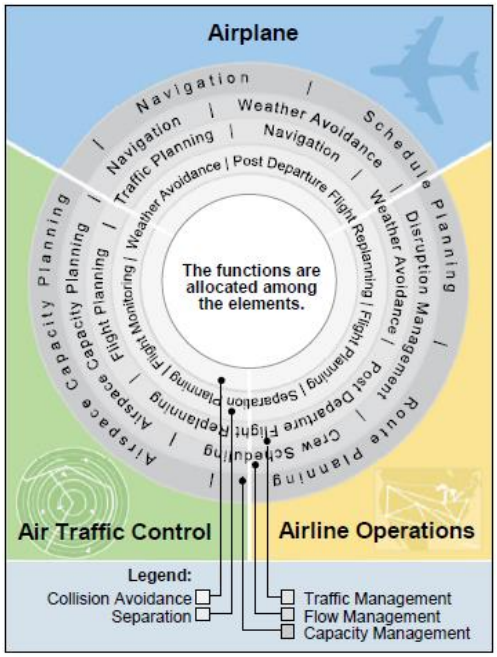
ซีดีเอ็ม คือ การควบรวมซอฟต์แวร์เพื่อการสื่อสารและปัญญาธุรกิจ (Business Intelligence - BI) การควบรวมนี้เพื่อเพิ่มคุณภาพในการตัดสินใจโดยนำข้อมูลที่จำเป็นในการตัดสินใจซึ่งต้องถูกจัดรูปแบบให้เหมาะสมและเอื้อประโยชน์ในการตัดสินใจของผู้เกี่ยวข้อง

การประสานความร่วมมือที่แท้จริงต้องการการจัดการข้อมูล วิเคราะห์ และรับผิดชอบต่อปัญหาที่เกิดขึ้น สิ่งสำคัญที่สุดในซีดีเอ็มคือการทำงานเป็นทีม ซึ่งในแง่ของอุตสาหกรรมการบิน การนำกระบวนการซีดีเอ็ม เข้ามาใช้งาน มีเป้าหมายเพื่อให้การบริหารการจราจรทางอากาศ (Air Traffic Management) มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลและเหตุการณ์ที่เป็นปัจจุบัน (Real-time Information and actual events) ระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการเดินอากาศ ที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอนการทำการบิน (Phases of Flight) ได้แก่ หน่วยงานภาครัฐ (Government) หน่วยงานให้บริการเดินอากาศ (Air Navigation Service Providers - ANSP) สายการบิน (Airlines) หน่วยงานให้บริการที่สนามบิน (Airport Operators) และผู้ปฏิบัติการบิน (Aircraft Operators) เป็นต้น ซึ่งจะนำข้อมูลที่มีการแลกเปลี่ยนกันนั้นไปประกอบการตัดสินใจในการทำงานที่อยู่ในความรับผิดชอบให้เกิดประโยชน์กับทุกฝ่าย (Win-win solution)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 AIR TRAFFIC FUNCTIONS IN THE NEXTGEN AND SESAR AIRSPACE [4]

เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ ระบบ NextGen และ SESAR ซึ่งถูกดำเนินการโดย เอฟเอเอ และ ยูโรคอนโทรลตามลำดับโดยแสดงให้เห็นถึงผลที่ได้จากการดำเนินการทั้งสองระบบนั้นในช่วงเริ่มต้น และแสดงให้เห็นถึงการดำเนินงานของผู้เกี่ยวข้องโดยแบ่งเป็นเฟสซึ่งสามารถทำให้เห็นภาพรวมของการปฏิบัติงานที่เป็นสากล ตามภาพที่ 17 และสามารถนำมาช่วยประยุกต์ใช้ในการวางแผนการทำงานของผู้เกี่ยวข้องในการใช้งานเออาร์เอสแอลในโครงการซีดีเอ็มได้

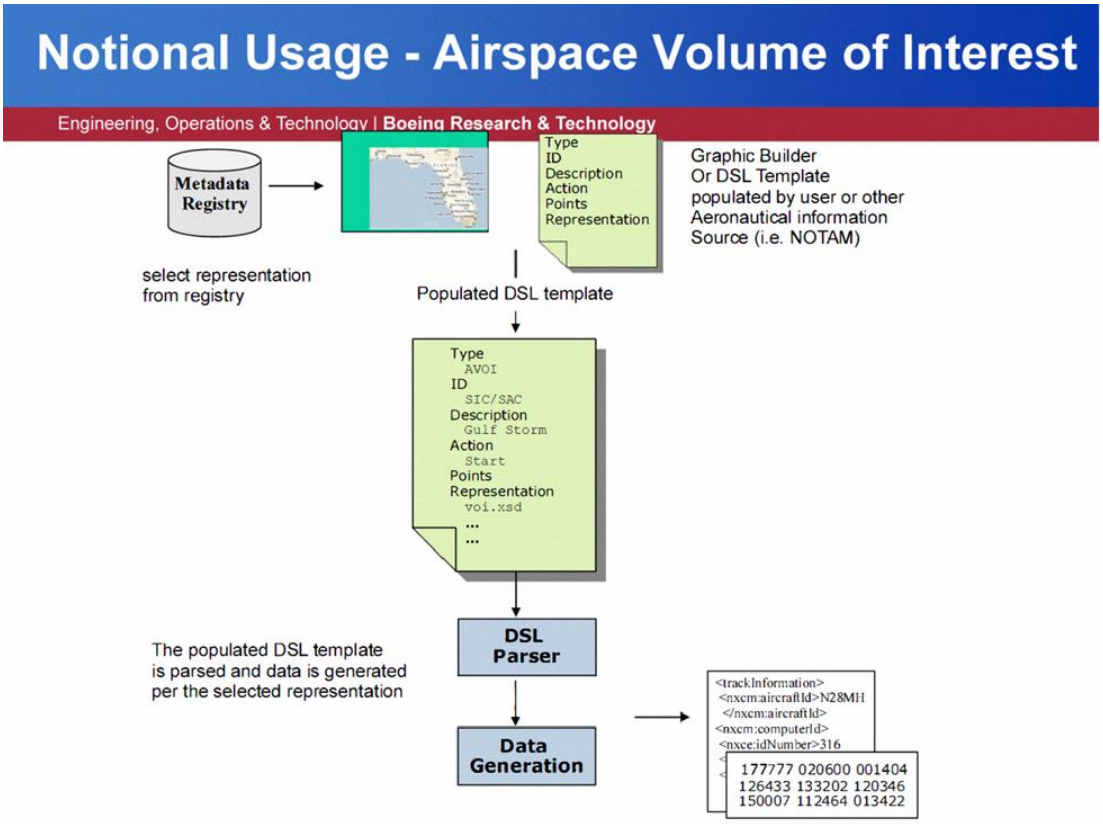


ภาพที่ 17 ภาพรวมการทำงานของผู้เกี่ยวข้องในการจัดการจราจรทางอากาศ

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงรูปแบบความร่วมมือของผู้กี่ยวข้องผ่านการให้บริการข้อมูลแบบดิจิตอลโดยระบบที่ใช้งาน แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการประสานความร่วมมือเวลาที่เหมาะสมที่ต้องได้ข้อมูล รูปแบบการจัดการระยะห่างระหว่างอากาศยานและความรับผิดชอบของผู้เกี่ยวข้อง ซึ่งจะถูกนำมาใช้เป็นต้นแบบในการออกแบบการใช้งานและกำหนดตัวผู้เกี่ยวข้อง

2.2.2 A Domain Specific Approach to Aviation Data [5]

เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเริ่มสร้างภาษาจำเพาะโดเมนเพื่อนำมาใช้กับอุตสาหกรรมการบินเป็นการเริ่มต้นโดย ภาษาที่งานวิจัยนี้สร้างเป็นภาษาที่ใช้เพื่อเก็บข้อมูลที่มีและสามารถแปลงเป็นรูปแบบอื่นได้เช่น AIXM, binary, Asterix งานวิจัยได้ชี้ให้เห็นถึงปัญหาของระบบการส่งข้อมูลในอุตสาหกรรมการบินในปัจจุบันที่มีขนาดใหญ่และเต็มไปด้วยข้อจำกัดมากมาย ทั้งด้านโครงข่ายที่ไม่มีประสิทธิภาพที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการรับส่งข้อมูลรูปแบบข้อมูลที่มีหลายมาตรฐานแต่ละมาตรฐานอ่านและทำความเข้าใจเข้าใจได้ยากโดยมนุษย์ งานวิจัยนี้สร้างภาษาจำเพาะโดเมนเบื้องต้นที่สามารถเก็บข้อมูลที่อ่านเข้าใจได้ง่ายและสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นแปลงเป็นมาตรฐานอื่นๆได้ดังภาพที่ 18

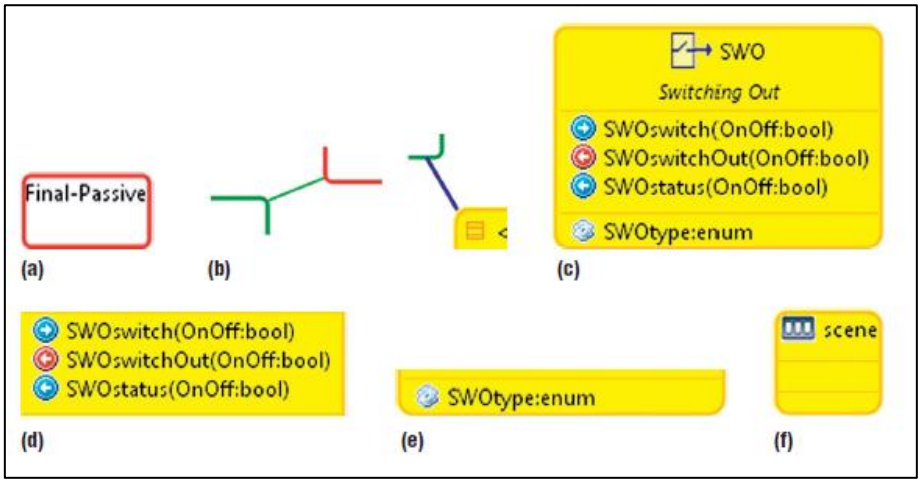


ภาพที่ 18 ภาพรวมการใช้งานภาษาจำเพาะโดเมนของงานวิจัย A Domain Specific Approach to Aviation Data

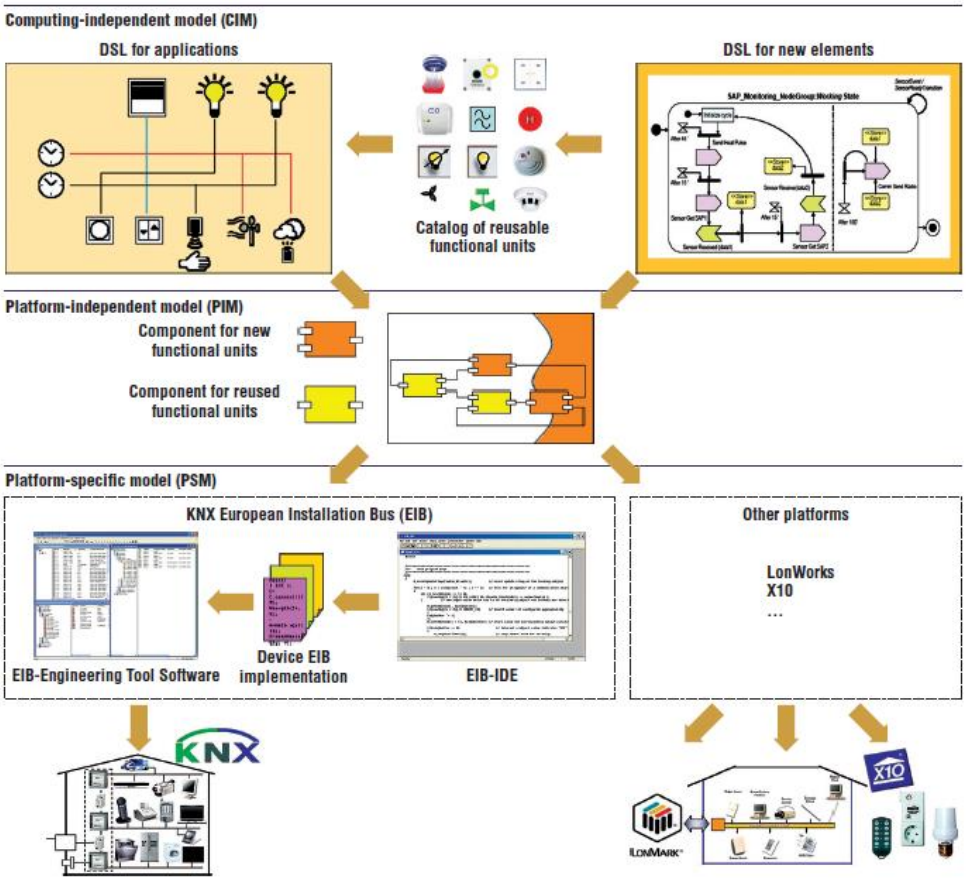
งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างโครงสร้างเก็บข้อมูลที่สามารถเปลี่ยนไปเป็นภาษาอื่นได้ โดยอาศัยโครงสร้างของภาษาที่มีอยู่แล้วเพียงแต่ทำให้ง่ายขึ้นโครงสร้างของดีเอสแอลในงานสิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้ในงานนี้ได้

2.2.3 Habitation: A Domain-Specific Language for Home Automation [10]

เป็นงานวิจัยเพื่อสร้างภาษาดีเอสแอลเพื่อใช้กับ ระบบอัตโนมัติภายในบ้านดีเอสแอลที่ใช้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ ตามภาพที่ 19



ภาพที่ 19 สัญลักษณ์ที่ใช้ในภาษา Habitation



ภาพที่ 20 แผนภาพแสดงการสร้างภาษา Habitation

ภาษาถูกสร้างขึ้นโดยใช้วิธีพัฒนาที่ขับเคลื่อนด้วยรูปจำลอง (Model Driver Development)ตามภาพที่ 20 ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ได้ และแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้งานภาษาดีเอสแอล ที่พัฒนาขึ้นโดยคำนึงถึงความสามารถในการทำความเข้าใจของมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าภาษาเดิม

งานวิจัยนี้ใช้วิธีการประเมินโดยเปรียบเทียบกับ ภาษาอยู่ในตลาดโดยใช้การประเมินการใช้งานโดยผู้มีประสบการณ์

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แนวคิดในการพัฒนา

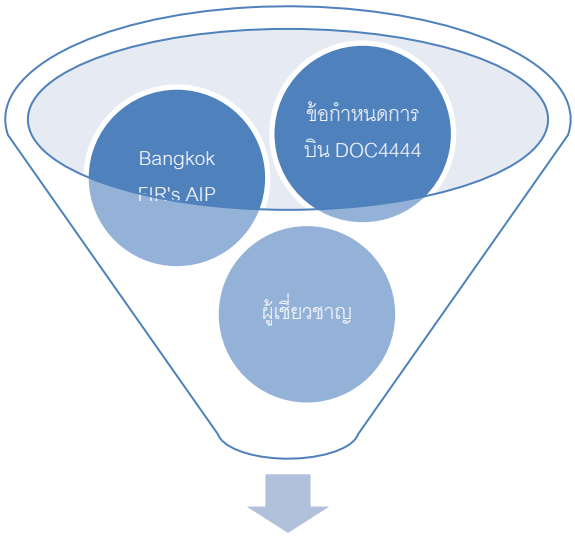
งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการสร้างข้อกำหนดรูปนัยในลักษณะของดีเอสแอล ในการสร้างภาษาสำหรับอธิบายข้อกำหนดการบินเพื่อใช้ประสานความร่วมมือระหว่างผู้เกี่ยวข้องในการกำหนดระยะห่างระหว่างอากาศยานบนจุดที่สนใจ โดยการพัฒนาเริ่มจากการออกแบบเอดีเอสแอลสำรับอธิบายข้อกำหนดการบินโดยรวบรวม[9] ข้อมูลของทั้งที่ระบุอยู่ในมาตรฐานขององค์กรณ์การบินระหว่างประเทศ และข้อกำหนดการเดินอากาศภายในราชอาณาจักรไทย หลังจากได้รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดจึงนำภาษาที่ได้มากำหนดเป็นวายกสัมพันธ์สำหรับใช้ในการแจงส่วน ซึ่งการแจงส่วนนั้นทำการแปลงข้อมูลจากบทคำสั่งของภาษาเอเอสดีแอลเป็นแผนภาพต้นไม้ข้อมูลของเออาร์เอสแอลประกอบด้วยวัตถุ, ความสัมพันธ์ของกฎและรายละเอียดการประยุกต์ใช้กฎ เพื่อสร้างแบบจำลองของกฎการบินที่สามารถตอบสนองการร้องขอระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานได้

3.2 เออาร์เอสแอลสำหรับข้อกำหนดการจราจรทางอากาศ

การออกแบบเออาร์เอสแอลเริ่มทำการออกแบบจากการรวบรวม รวบรวมคุณลักษณะจากการประกาศข้อกำหนดซึ่งพบว่าการประกาศข้อกำหนดแต่ละครั้งนั้นการประกาศจะระบุระยะห่างที่ต้องการรวมทั้งวิธีทำงานไว้อย่างชัดเจนโดยคำนึงถึงความสามารถของอากาศยานและลักษณะของเส้นทางบินเป็นสำคัญ ดังนั้น เออาร์เอสแอลจึงมีส่วนประกอบสองส่วนสำคัญคือ ส่วนประกาศข้อกำหนดที่สร้างขึ้นจากการรวบรวมคุณลักษณะที่จำเป็นในการระบุระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานและส่วนการนำข้อกำหนดไปใช้งานที่จะนำข้อกำหนดที่สร้างได้ในส่วนแรกมาประกาศใช้กับจุดที่สนใจโดยคำนึงถึงช่วงเวลาที่นำข้อกำหนดนั้นไปใช้ด้วย

3.2.1 ส่วนประกาศข้อกำหนดของเออาร์เอสแอล

เป็นส่วนที่ใช้เพื่อสร้างข้อกำหนดตามคุณลักษณะของอากาศยานเพื่อกำหนดลักษณะระยะห่างที่น้อยที่สุดระหว่างอากาศยานที่สามารถมีได้ ผู้วิจัยได้รวบรวมคุณลักษณะทั้งหมดที่เกี่ยวข้องด้วยวิธีตามภาพที่ 21



ภาพที่ 21 การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเพื่อสร้างเออาร์เอสแอล

หากพิจารณาจากกฎการบินจากข้อกำหนดการบินภายในน่านฟ้าประเทศไทย [8] นั้นใช้มาตรฐานมาจากมาตรฐานขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศโดยกำหนดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานทิศทางและวิธีการควบคุมความเร็วซึ่งวิธีการควบคุมนั้นผู้ควบคุมการจราจรทางอากาศต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์แต่ต้องอยู่ในมาตรฐานขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ

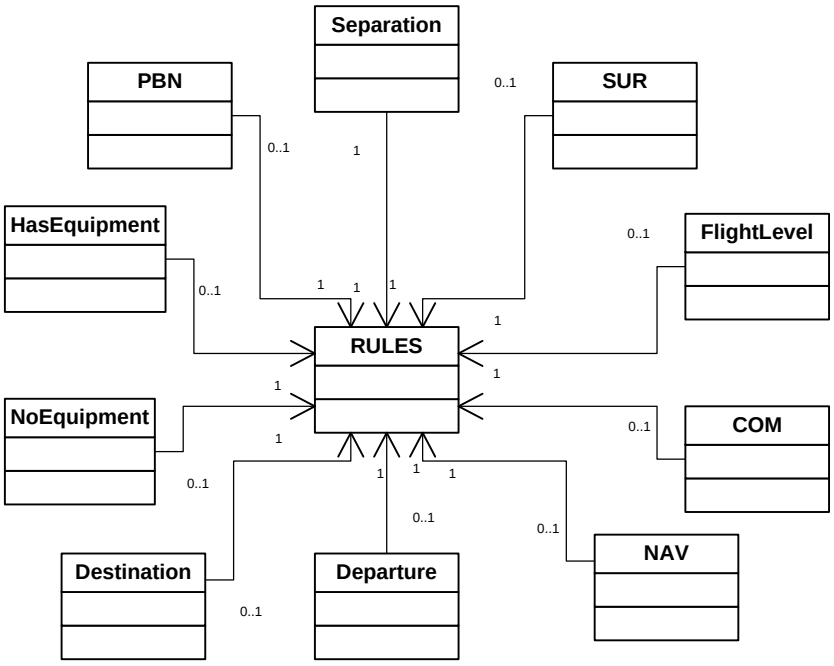
ตัวอย่างการกำหนดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานจากเอกสาร Bangkok FIR's AIP ตามภาพที่ 22

สามารถแปลผลจากภาพที่ 22 จากตัวอย่างจะเห็นได้ว่าระยะห่างที่ต้องการไม่ความซับซ้อนใดๆเลยเนื่องจากไม่ใช่ เส้นทางบินที่มีข้อตกลงระหว่างประเทศ หรืออาจจะมีระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่เป็นข้อยกเว้นประกาศไว้บนเอกสารชุดอื่น

Route designator Name of significant Points Coordinates (WGS-84)	Track MAG(GEO) VOR RDL DIST (COP)	Upper limits Lower limits Minimum flight altitude Airspace classification (Refer to ENR 1.4-1)	Lateral limits NM	Direction of Cruising levels		Remarks Controlling units Frequency
				Odd	Even	
1	2	3	4	5		6
A1 ▲ BANGKOK DVOR/DME (BKK) 135336.8N 1003546.3E ▲ SELKA 142135.9N 1015947.5E ▲ PASAT 145507.93N 1034728.55E ▲ UBON DVOR/DME (UBL) 151442.71N 1045157.30E ▲ BUTRA 152505.8N 1053545.9E	071 251 86 NM 072 253 109 NM 072 253 65 NM 076 256 44 NM	FL 460 FL 75 FL 80 FL 460 FL 95 FL 100	*	↓	↑	Longitudinal separation between aircraft 10 mins.

ภาพที่ 22 ตัวอย่างการกำหนดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยาน

3.2.1.1 ส่วนประกาศข้อกำหนดของเออาร์เอสแอล



ภาพที่ 23 แผนภาพคลาสแสดงคุณสมบัติของส่วนประกาศข้อกำหนด

จากภาพที่ 23 ส่วนประกาศกฎประกอบด้วยคุณสมบัติทั้งหมด 9 คุณสมบัติซึ่งแต่ละคุณสมบัติมีรายละเอียดดังนี้

- HasEquipment (รายการอุปกรณ์ของอากาศยานที่มี) และ NoEquipment (รายการอุปกรณ์ของอากาศยานที่ไม่มี)

  ประกอบด้วยรายการอุปกรณ์ อ้างอิงอุปกรณ์ของอากาศยานเป็นอักษรย่อ ตามรูปแบบของแผนการบิน ปรับปรุง 2012

ประกอบด้วย ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายการอุปกรณ์ของอากาศยาน

อักษรย่อ	**คำอธิบาย**
N	ไม่มีอุปกรณ์ช่วยนำร่องและสื่อสารใดๆ
S	มีอุปกรณ์ช่วยนำร่องและสื่อสาร
Z	มีอุปกรณ์นอกเหนือจากปกติ
E1	มีระบบสื่อสารแบบ Flight Management Computer (FMC) WayPoint Reporting(WPR)Communication Addressing Reporting System(ACARS)
E2	มีระบบสื่อสารแบบ Data link(D)-Flight Information Services (FIS)Aircraft Communication Addressing Reporting System(ACARS)
E3	มีระบบสื่อสารเพื่อขอขึ้นบิน Pre-Departure Clearance(PDC) Aircraft Communications Addressing Reporting System(ACARS)
H	มีวิทยุคลื่นความถี่สูง (ย่าน HF)
J1	มีระบบซีพีดีแอลซีแบบวีดีแอลโหมดสอง
J2	มีระบบซีพีดีแอลซีแบบแบบเอฟเอเอ็น1/Aย่านความถี่สูง
J3	มีระบบซีพีดีแอลซีแบบแบบเอฟเอเอ็น1/A โหมดA
J4	มีระบบซีพีดีแอลซีแบบแบบเอฟเอเอ็น1/A โหมด2
J5	มีระบบซีพีดีแอลซีแบบแบบเอฟเอเอ็น1/A ผ่านเครือข่ายดาวเทียวอินมาแซท
J6	มีระบบซีพีดีแอลซีแบบแบบเอฟเอเอ็น1/A ผ่านเครือข่ายดาวเทียวเอ็มทีแซท
J7	มีระบบซีพีดีแอลซีแบบแบบเอฟเอเอ็น1/A ผ่านเครือข่ายดาวเทียวอิริเดียม
M1	มีระบบสื่อสารผ่านเสียงโดยใช้เครือข่ายดาวเทียมอินมาแซท
M2	มีระบบสื่อสารผ่านเสียงโดยใช้เครือข่ายดาวเทียมเอ็มทีแซท
M3	มีระบบสื่อสารผ่านเสียงโดยใช้เครือข่ายดาวเทียมอิริเดียม
U	มีระบบสื่อสารผ่านเสียงโดยใช้วิทยุความถี่ย่านยูเอชเอฟ
V	มีระบบสื่อสารผ่านเสียงโดยใช้วิทยุความถี่ย่านวีเอชเอฟ

Y	รองรับการสื่อสารย่านวีเอชเอฟที่มีช่องความถี่ 8.33 กิโลเฮร์ต
P1-P9	จองไว้สำหรับ Required Communication Performance
A	ระบบการระบุพิกัดแบบจีแบส
B	มีอุปกรณ์นำร่องแบบ Localizer Performance with Vertical guidance (LPV). Approach with Vertical Guidance
K	มีระบบช่วยลงจอดด้วยไมโครเวฟ
L	มีระบบช่วยลงจอดแบบไอแอลเอส
C	มีระบบ Long Range Navigation
D	มีระบบดีเอ็มอี (Distance Measuring Equipment – DME)
F	มีระบบเอดีเอฟ (Automatic Direction Finder - ADF)
G	มีระบบจีเอ็นเอสเอส (Global Navigation Satellite System - GNSS)
I	มีระบบนำร่องแบบเฉื่อย (Inertial Navigation)
O	มีระบบนำร่องด้วยวีโออาร์ (VHF Omni direction Range - VOR)
R	มีการระบุพีบีเอ็น (Performance Based Navigation – PBN)
T	มีระบบนำร่องแบบ TACAN
W	สามารถบินในเส้นทางบินอาร์วีเอสเอ็มได้ (Reduced Vertical Separation Minima)
X	ได้รับการรับรองเอ็มเอ็นพีเอส (Minimum Navigation Performance Specification – MPNS)

- Destination (สนามบินปลายทาง)
  กำหนดเพื่อระบุสนามบินปลายทาง
- Departure (สนามบินต้นทาง)
  กำหนดเพื่อระบบสนามบินต้นทาง
- NAV (Navigation - นำร่อง)
  กำหนดเพื่อระบุประสิทธิภาพการนำร่องนอกเหนือจากที่ระบุไว้ในพีบีเอ็น (PBN)
- PBN (พีบีเอ็น)
  กำหนดเพื่อระบุประสิทธิภาพการนำร่องตามตารางที่ 2

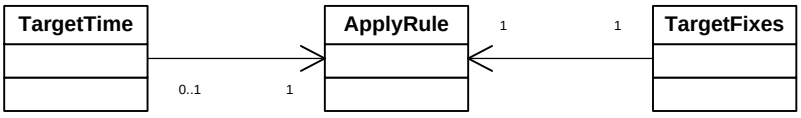
ตารางที่ 2 ตารางแสดงรายการพีบีเอ็น

รายการ PBN	**คำอธิบาย**
PBN/A1	อาร์นาฟ 10 (อาร์เอ็นพี 10)
PBN/B1	อาร์นาฟ 5 ทุกเซ็นเซอร์
PBN/B2	อาร์นาฟ 5 จีเอ็นเอสเอส
PBN/B3	อาร์นาฟ 5 ดีเอ็มอี
PBN/B4	อาร์นาฟ 5 วีโออาร์/ดีเอ็มอี
PBN/B5	อาร์นาฟ 5 ไอเอ็นเอสหรือไออาร์เอส
PBN/B6	อาร์นาฟ 5 โรแลน ซี
PBN/C1	อาร์นาฟ 2 ทุกเซ็นเซอร์
PBN/C2	อาร์นาฟ 2 จีเอ็นเอสเอส
PBN/C3	อาร์นาฟ 2 ดีเอ็มอี
PBN/C4	อาร์นาฟ 2 ดีเอ็มอี/ดีเอ็มอีไอ/อาร์ยู
PBN/D1	อาร์นาฟ 1 ทุกเซ็นเซอร์
PBN/D2	อาร์นาฟ 1 จีเอ็นเอสเอส
PBN/D3	อาร์นาฟ 1 ดีเอ็มอี/ดีเอ็มอี
PBN/D4	อาร์นาฟ 1 ดีเอ็มอี/ดีเอ็มอี/ไออาร์ยู
PBN/L1	อาร์พีเอ็น 4
PBN/O1	อาร์พีเอ็นพื้นฐาน 1 ทุกเซ็นเซอร์
PBN/O2	อาร์พีเอ็นพื้นฐาน 1 จีเอ็นเอสเอส
PBN/O3	อาร์พีเอ็นพื้นฐาน 1 ดีเอ็มอี/ดีเอ็มอี
PBN/O4	อาร์พีเอ็นพื้นฐาน 1 ดีเอ็มอี/ดีเอ็มอี/ไออาร์ยู
PBN/S1	อาร์เอ็นพี เอพีซีเอช
PBN/S2	อาร์เอ็นพี เอพีซีเอชวิท บาร์โร วีนาฟ
PBN/T1	อาร์เอ็นพี เออาร์ เอพีซีเอช มี อาร์เอฟ
PBN/T2	อาร์เอ็นพี เออาร์ เอพีซีเอชไม่มี อาร์เอฟ

- FlightLevel (ความสูงของอากาศยาน)
  ในการกำหนดกฎนั้นจะมีการอ้างอิงถึงระดับความสูงของอากาศยาน ด้วยกล่าวคือ ในแต่ละความสูงนั้นการจัดระยะห่างระหว่างอากาศยานจะแตกต่างกัน เพื่อให้ง่ายต่อการเขียนกฎ จึงใช้เลขบอกระดับความสูง พร้อมด้วยโอเปอร์เรเตอร์อีก 5 ชนิดเพื่อช่วยให้ความสะดวกในการระบุความสูง โอเปอร์เรเตอร์ทั้ง 5 ชนิดคือ ("=") , ">" , "<" , "<=" , ">="

เมื่อได้โครงสร้างของคุณลักษณะของข้อกำหนดแล้วการออกแบบภาษาจะใช้การระบุคุณลักษณะเรียงไปตามข้อกำหนดที่ถอดออกมาได้จาก เอกสารข้อกำหนด

3.2.1.2 **ส่วนนำข้อกำหนดไปใช้งาน**



ภาพที่ 24 แผนภาพคลาสแสดงคุณสมบัติของการนำข้อกำหนด

จากภาพที่ 24 การนำข้อกำหนดไปใช้งานกล่าวคือเมื่อสร้างข้อกำหนดได้แล้วจะประยุกต์ใช้กับจุดใดบ้าง

เนื่องจากบางข้อตกลงอาจเป็นเพียงข้อตกลงพื้นฐานที่จะใช้กับทุกๆ จุดที่เรียกถาม กล่าวคือ ในการนำข้อกำหนดไปประยุกต์นั้นจะทำทีละข้อกำหนดเรียงกันเมื่อไม่ผ่านข้อกำหนดแรกจึงจะตรวจสอบไปยังข้อกำหนดต่อไปและ เมื่อพบข้อกำหนดที่ตรงกับข้อมูลที่ร้องขอแล้วจึงส่งคืนค่าระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานกลับไป

3.2.2 **แบบแผนวากยสัมพันธ์ภาษาเออาร์เอสแอล**

วากยสัมพันธ์ของภาษาเออาร์เอสแอลสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนตามหัวข้อ 3.2.1.1 และ 3.2.1.2 โครงสร้างของภาษาเออาร์เอสแอลเริ่มด้วยการสร้างกฎโดยใช้คุณสมบัติทั้ง 9 ในภาพที่ 23 แล้วจึงนำกฎที่สร้างขึ้นไปใช้กับเส้นทางการบินที่ต้องการโดยการนำไปใช้ต้องประกาศคุณสมบัติตามภาพที่ 24 วิธีการเขียนเออาร์เอสแอลสามารถจำแนกตามคุณสมบัติได้ตามตารางที่ 3

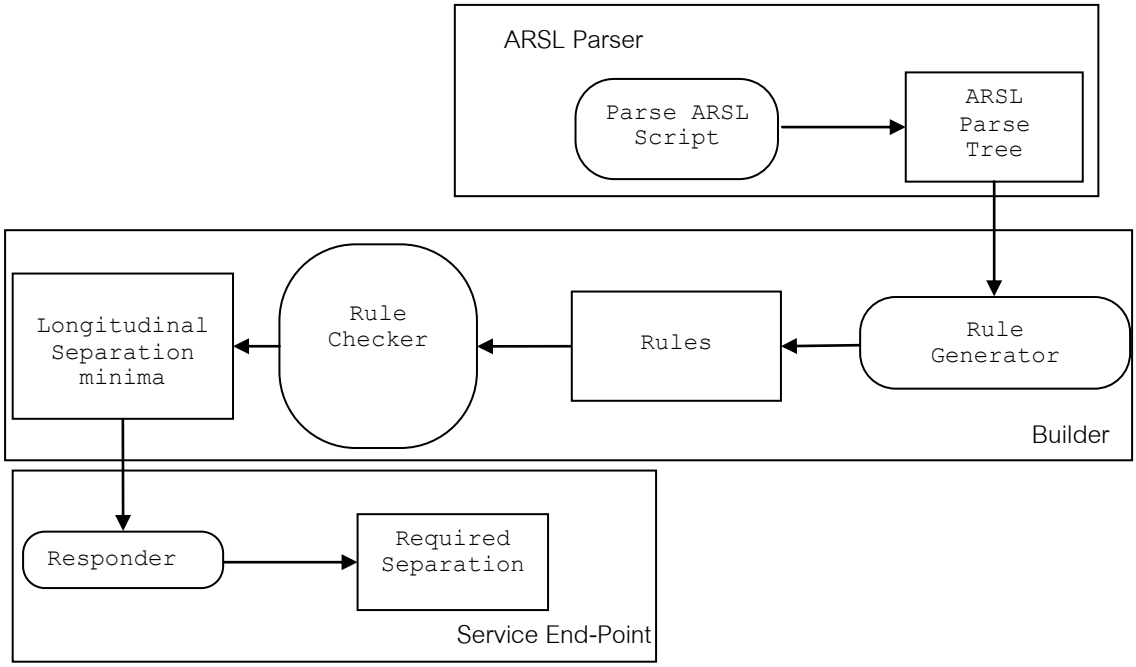
ตารางที่ 3 เออาร์เอสแอลสามารถจำแนกตามคุณสมบัติ

การประกาศ	**ความต้องการ**	**ตัวอย่าง**
<Rules>	ต้องมี	Rules : rulename;
<HasEquipment>	ไม่จำเป็น	HasEquipemnt: S, R;
<NoEquipemnt>	ไม่จำเป็น	NoEquipment: V;
<Destination>	ไม่จำเป็น	Destination: VTBS;
<Departure>	ไม่จำเป็น	Departure:VTBS,VTBD;
<NAV>	ไม่จำเป็น	NAV:RNP10;
<COM>	ไม่จำเป็น	COM:CPDLC
<FlightLevel>	ไม่จำเป็น	FlightLevel:>270
<SUR>	ไม่จำเป็น	SUR:ADSC
<PBN>	ไม่จำเป็น	PBN:A1;
<Separation>	ต้องมี	Separation : 10 mins, 80 nm;
<TargetFix>	ต้องมี	targetFix :TAMOS;
<TargetTime>	ต้องมี	targetTime : between 1200 and 1245;
<TargetRules>	ต้องมี	TargetRules : Basic15Minute;

บทที่ 4
การออกแบบและพัฒนาระบบ

4.1 สถาปัตยกรรมระบบ

ระบบที่พัฒนาขึ้นแบ่งออกเป็นสามส่วนหลัก คือ ส่วนการแจงส่วนเออาร์เอสแอลส่วนเซอร์วิสการตอบการร้องขอระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยาน และส่วนแก้ไขและตรวจสอบเออาร์เอสแอล โดยส่วนแจงส่วนและส่วนเซอร์วิสการตอบการร้องขอระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานมีความสัมพันธ์กันตามภาพที่ 25 การแจงส่วนเออาร์เอสแอลจะทำหน้าที่แปลงสคริปต์เออาร์เอสแอลที่เขียนขึ้นให้อยู่ในรูปของวายกสัมพันธ์แบบต้นไม้แล้วแปลงให้อยู่ในรูปของแบบจำลองข้อมูลข้อกำหนดเมื่อได้แบบจำลองแล้วจึงให้ส่วนตรวจสอบข้อกำหนดใช้ข้อมูลของอากาศยานที่ผู้ร้องขอส่งให้ทำการตรวจสอบกับแบบจำลองข้อกำหนดเพื่อหาระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานต่อไป



ภาพที่ 25 ภาพรวมระบบที่พัฒนา

4.2 สภาพแวดล้อมและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

สภาพแวดล้อมและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒาระบบประกอบด้วยรายการฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ดังต่อไปนี้

4.2.1 สภาพแวดล้อม

1. หน่วยประมวลผลอินเทล คอร์ ไอ5-24502.50 กิกะเฮิร์ต (CPU Intel Core i52450M

2.50GHz)

2. หน่วยความจำ 8 กิกะไบต์ (8 GB RAM)
3. ฮาร์ดดิสก์ความจุ 500 กิกะไบต์ (500 GB HDD)
4. ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดว์ 7เอ็นเตอร์ไพรซ์ เซอร์วิสแพค 1 (Microsoft Windows 7Enterprise Service pack 1) แบบ 64 บิท

4.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

1. ไมโครซอฟต์ วิชวลสตูดิโอ 2010(Microsoft Visual Studio 2010)
2. ไมโครซอฟต์ ดอทเน็ตเฟรมเวิร์ค4.0 (Microsoft.Net Framework 4.0)
3. ไอโรนี 2012_09_29(Irony -.Net Language Workbench 2019_09_29)
4. เอเอสพีดอทเน็ต 4.0 (ASP.NET 4.0)

4.3 การพัฒนาระบบ

4.3.1 การพัฒนาตัวแจงส่วน (Parser)

การพัฒนาตัวแจงส่วนจะใช้เครื่องมือพัฒนาไอโรนี เพื่อสร้างไวยากรณ์ของระบบและตัวแจงส่วน การพัฒนาวายกสัมพันธ์โดยใช้เครื่องมือพัฒนาไอโรนีนั้นสามารถทำได้ง่ายและมีความต่อเนื่องไปยังตัวแจงส่วนรูปแบบวายกสัมพันธ์สำหรับไวยากรณ์ที่ออกแบบไว้ในบทที่ 3 เริ่มต้นด้วยการสร้างคลาสที่สืบทอดมาจากคลาสไวยากรณ์จากไอโรนีตาม

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using Irony.Parsing;

namespace ARSL
{
   [Language("ARSL", "1.0", "ARSL grammar")]
    public class ARSLGrammar : Grammar
    {
        public ARSLGrammar() : base(caseSensitive: false)
        {
        }
    }
}
```

ภาพที่ 26 การสร้างคลาสไวยากรณ์ของเออาร์เอสแอล

ประกาศโหนดจากชุดคุณสมบัติที่ได้จากบทที่ 3 ตามภาพที่ 27

```
var program = new NonTerminal("program");
var rule = new NonTerminal("rule");
var ruleList = new NonTerminal("ruleList");
var ruleName = new NonTerminal("ruleName");
var nameOfRule = new NonTerminal("nameOfRule");
var applyRule = new NonTerminal("applyRule");
var equipment = new NonTerminal("equipment");
var stringList =  new NonTerminal("valueList");
var requiredSeparation = new NonTerminal("requiredSeparation");
var aircraftType = new NonTerminal("aircraftType");
var destination = new NonTerminal("destination");
var departure = new NonTerminal("departure");
var passingTime = new NonTerminal("passingTime");
var BinOp = new NonTerminal("BinOp", "operator");
var hasEquipmentExp = new NonTerminal("hasEquipmentExp");
var noEquipmentExp = new NonTerminal("noEquipmentExp");
var hasEquipment = new NonTerminal("hasEquipment");
var noEquipment = new NonTerminal("noEquipment");
```

```
var item10 = new NonTerminal("item10");
var separation = new NonTerminal("separation");
var timeSeparation = new NonTerminal("timeSeparation");
var distanceSeparation = new NonTerminal("distanceSeparation");
var flightLevel = new NonTerminal("flightLevel");
var PBN = new NonTerminal("PBN");
var NAV = new NonTerminal("NAV");
var Departure = new NonTerminal("Departure");
var Destination = new NonTerminal("Destination");
var ITEM18 = new NonTerminal("ITEM18");
var COM = new NonTerminal("COM");
var SUR = new NonTerminal("SUR");
var targetFix = new NonTerminal("targetFix");
var targetRules = new NonTerminal("targetRules");
var applyList = new NonTerminal("applyList");
var targetTime = new NonTerminal("targetTime");
```

ภาพที่ 27 ตัวอย่างการประกาศโหนดของเออาร์เอสแอล

หลังจากนั้นให้จึงสร้างไวยากรณ์ให้กับโหนดแต่ละโหนด โดยบางโหนดอาจจะเป็นไวยากรณ์ย่อยให้กับโหนดอื่นได้ดังภาพที่ 28

```
PBN.Rule = Empty | Empty + "PBN" + ":" + stringList + ";";
NAV.Rule = Empty | Empty + "NAV" + ":" + stringList + ";";
COM.Rule = Empty | Empty + "COM" + ":" + stringList + ";";
SUR.Rule = Empty | Empty + "SUR" + ":" + stringList + ";";
BinOp.Rule = ToTerm("=") | ">" | "<" | "<=" | ">=";
targetFix.Rule =  Empty + "targetFix" + ":" + stringList + ";";
```

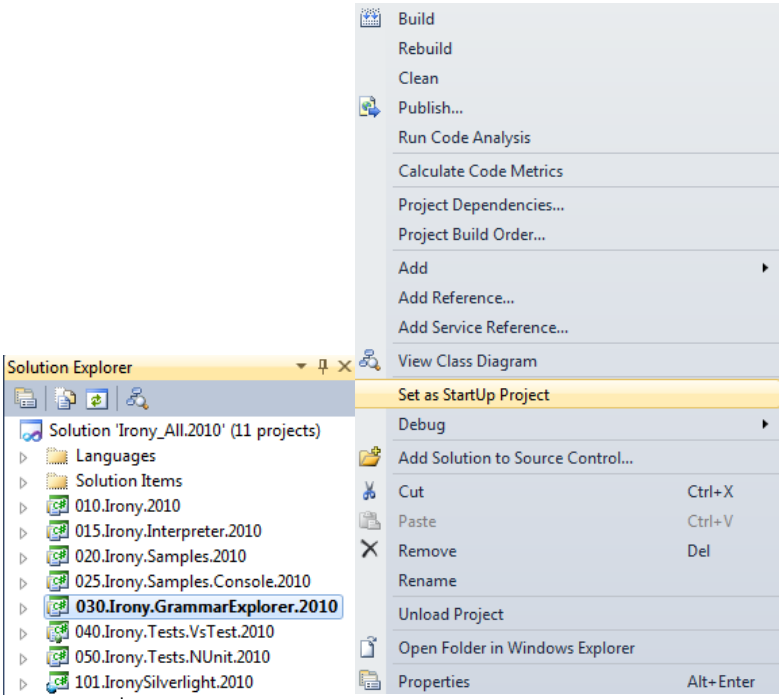
ภาพที่ 28 ตัวอย่างการสร้างไวยากรณ์ให้กับโหนด

สร้างฟังก์ชันช่วยเพื่อระบุเทอร์มินอลที่ไอโรนีไม่ได้รองรับโดยพื้นฐานเช่นรูปแบบของเวลาหรือข้อความที่ต้องขึ้นต้นด้วยพยัญชณะพิเศษตามภาพที่ 29

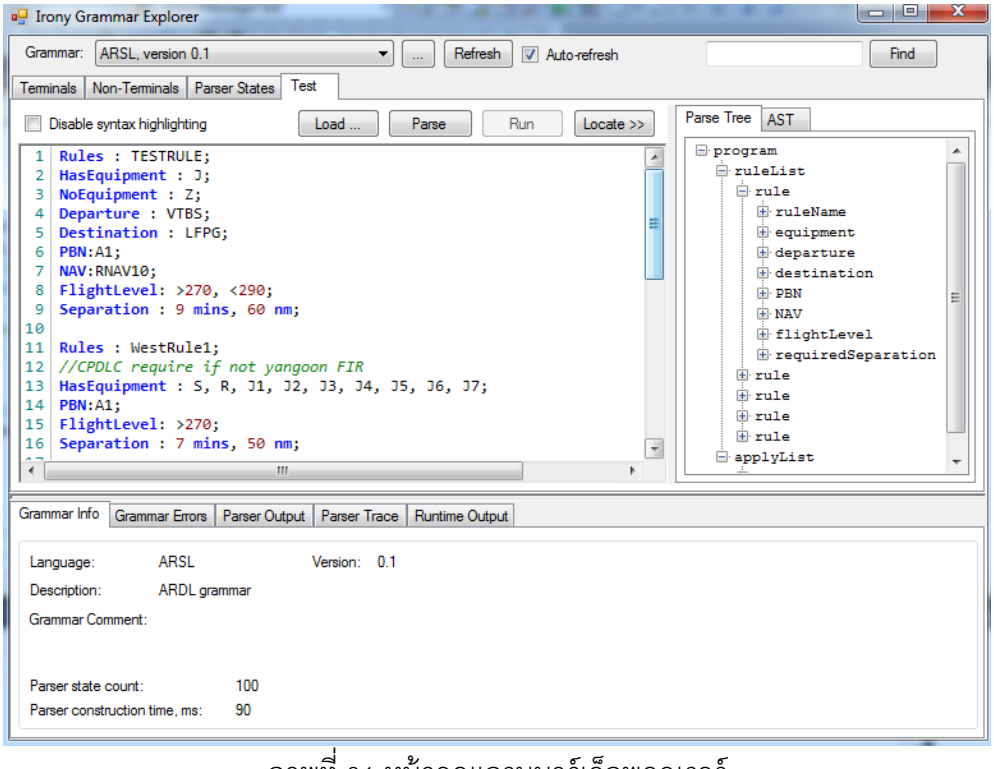
```
      public static IdentifierTerminal
CreateARSLExtIdentifier(Grammar grammar, string name)
      {
      var id = new IdentifierTerminal(name);
      StringLiteral term = new StringLiteral(name + "_qouted");
      term.AddStartEnd("[", "]", StringOptions.NoEscapes);
      term.AddStartEnd("\"", StringOptions.NoEscapes);
      term.SetOutputTerminal(grammar, id);
      //term will be added to NonGrammarTerminals automatically
      return id;
      }
```

ภาพที่ 29 ตัวอย่างฟังก์ชันช่วยเพื่อระบุเทอร์มินอลที่ไอโรนีไม่ได้รองรับ

เมื่อสร้างไวยากรณ์บนเออาร์เอสแอลเรียบร้อยแล้วให้ใช้แกรมมาเอ็กพลอเรอร์ของ ไอโรนี เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของไวยากรณ์ที่สร้างขึ้นว่าตรงกับที่ออกแบบไว้หรือไม่ตาม ภาพที่ 30 และ ภาพที่ 31



ภาพที่ 30 เลือกใช้แกรมมาร์เอ็กพลอเรอร์ของไอโรนี

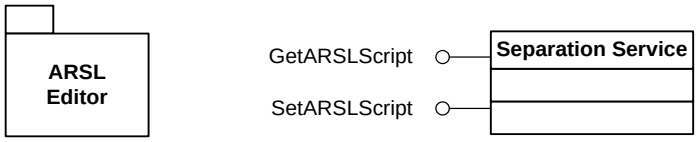


ภาพที่ 31 หน้าจอแกรมมาร์เอ็กพลอเรอร์

การใช้งานแกรมมาร์เอ็กพลอเรอร์นั้นต้องคอมไพล์คลาสของไวยากรณ์ที่ต้องการเสียก่อน และใช้ปุ่ม .... เพื่อเลือกไวยากรณ์ที่สร้าง แล้วจึงนำสคริปต์ที่เตรียมไว้ใส่ไปที่หน้าต่างทดสอบแล้วกดปุ่ม Parse เพื่อทดสอบโปรแกรมจะแสดงแผนภาพต้นไม้การแจงส่วนที่หน้าต่างด้านขวา

4.3.2 ส่วนแก้ไขและตรวจสอบเออาร์เอสแอล

ส่วนแก้ไขและตรวจสอบเออาร์เอสแอลในโครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของเซอร์วิสการร้องของระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานกล่าวคือสคริปต์เออาร์เอสแอลจะถูกฝังอยู่ไรเซอร์วิสการร้องขอระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยาน ดังนั้น ส่วนแก้ไขที่สามารถเปิดที่ใดก็ได้ภายในเครื่องข่ายภายในดังนั้น เซอร์วิสการร้องขอระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานจึงต้องมีส่วนต่อประสานเพื่อให้ส่วนแก้ไขและตรวจสอบเออาร์เอสแอลสามารถดึงสคริปต์เออาร์เอสแอลมาแก้ไขได้ตามภาพที่ 32



ภาพที่ 32 ส่วนแก้ไขเออาร์เอสแอลและส่วนต่อประสาน

ส่วนต่อประสานมีสองส่วนประกอบด้วย

- ส่วนต่อประสานเพื่อส่งเออาร์เอสแอลสคริปต์ (GetARSLScript)
  ซึ่งจะทำหน้าที่ดึงสคริปต์แล้วส่งข้อมูลออกมาในรูปข้อความเพื่อให้ส่วนแก้ไข

นำไปใช้งานต่อ

```
public string GetARSLScript()
        {
            try
            {
                var serverPath =
System.Web.Hosting.HostingEnvironment.MapPath
("~/ARSL.txt");
                using (StreamReader sr = new
StreamReader(serverPath))
                {
                    return sr.ReadToEnd();
                }
            }
            catch (Exception e)
            {
                throw new Exception();
            }
        }
```

ภาพที่ 33 ส่วนต่อประสานเพื่อส่งเออาร์เอสแอลสคริปต์

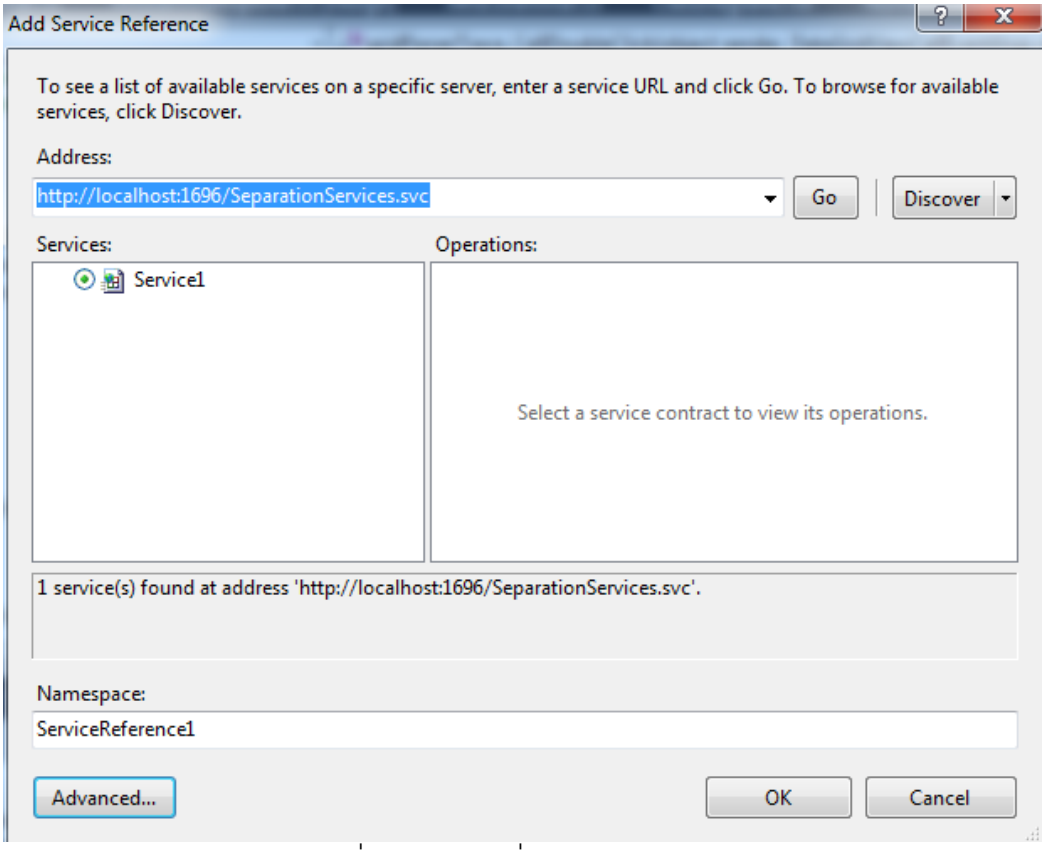
- ส่วนต่อประสานเพื่อรับเออาร์เอสแอลสคริปต์ (SetARSLScript)

  ซึ่งจะทำหน้าที่ดึงสคริปต์แล้วส่งข้อมูลออกมาในรูปข้อความเพื่อให้ส่วนแก้ไขนำไปใช้งานต่อ

```
public bool SetARSLScript(string ARSLString)
        {
            try
            {
                var serverPath =
System.Web.Hosting.HostingEnvironment.MapPath
("~/ARSL.txt");
                System.IO.File.WriteAllText(serverPath, ARSLString);
                return true;
            }
            catch (Exception e)
            {
                return false;
            }
        }
```

ภาพที่ 34 ส่วนต่อประสานเพื่อรับเออาร์เอสแอลสคริปต์

เพิ่มเพิ่มเซอร์วิสรับเออาร์เอสแอลสคริปต์และส่งเออาร์เอสแอลสคริปต์ ลงในโปรเจคตาม ภาพที่ 35



ภาพที่ 35 หน้าจอเพิ่มเซอร์วิส

แล้วจึงสร้างส่วนแก้ไขโดยเพื่อโปรเจคใหม่แล้วดำเนินการเพิ่มเซอร์วิสรับเออาร์เอสแอลสคริปต์และส่งเออาร์เอสแอลสคริปต์ แล้วใช้ฟังก์ชันแยกส่วนที่ได้จากไอโรนีแปลงข้อความที่ได้จากเซอร์วิสพร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องเบื้องต้นตามภาพที่ 36

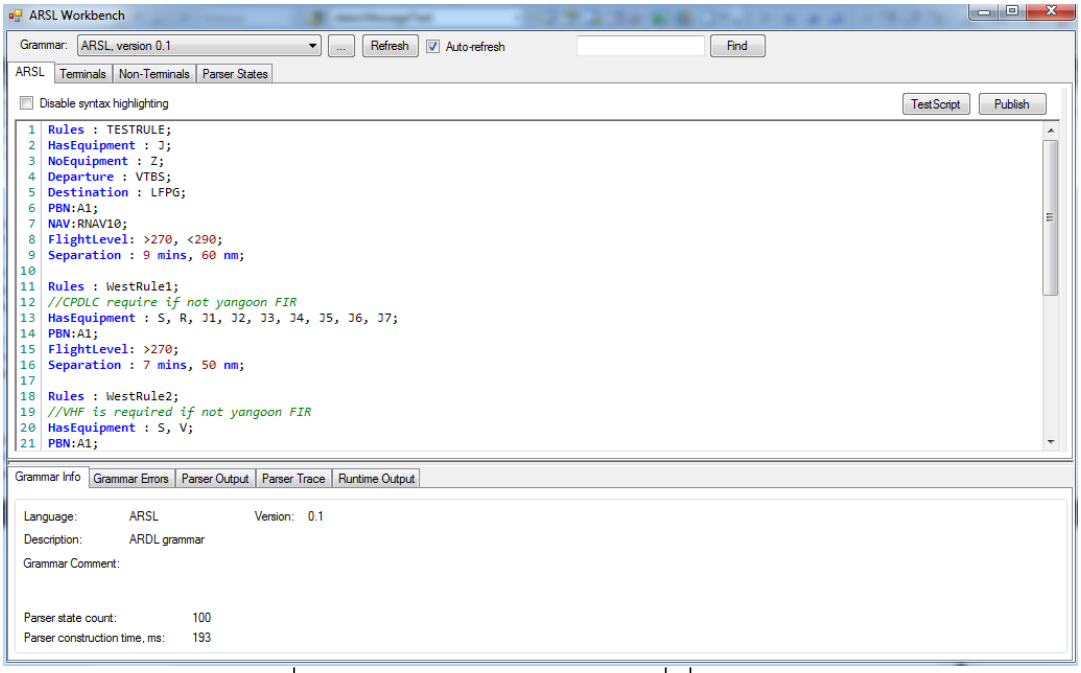
```
private void ParseSample() {
      ClearParserOutput();
      if (_parser == null || !_parser.Language.CanParse()) return;
      _parseTree = null;
      GC.Collect(); //to avoid disruption of perf times with
occasional collections
      _parser.Context.TracingEnabled = chkParserTrace.Checked;
      try {
        _parser.Parse(txtSource.Text, "<source>");
      } catch (Exception ex) {
        gridCompileErrors.Rows.Add(null, ex.Message, null);
        tabBottom.SelectedTab = pageParserOutput;
        throw;
      } finally {
        _parseTree = _parser.Context.CurrentParseTree;
        ShowCompilerErrors();
        if (chkParserTrace.Checked) {
          ShowParseTrace();
        }
        ShowCompileStats();
        ShowParseTree();
        ShowAstTree();
      }
    }
```

ภาพที่ 36 ฟังก์ชันตรวจสอบเออาร์เอสแอล

เมื่อการแก้ไขเออาร์เอสแอลเสร็จสิ้นต้องตรวจสอบอีกครั้งหากไม่มีปัญหาให้ส่งเออาร์เอสแอลกลับไปยังเซอร์วิสตามภาพที่ 37

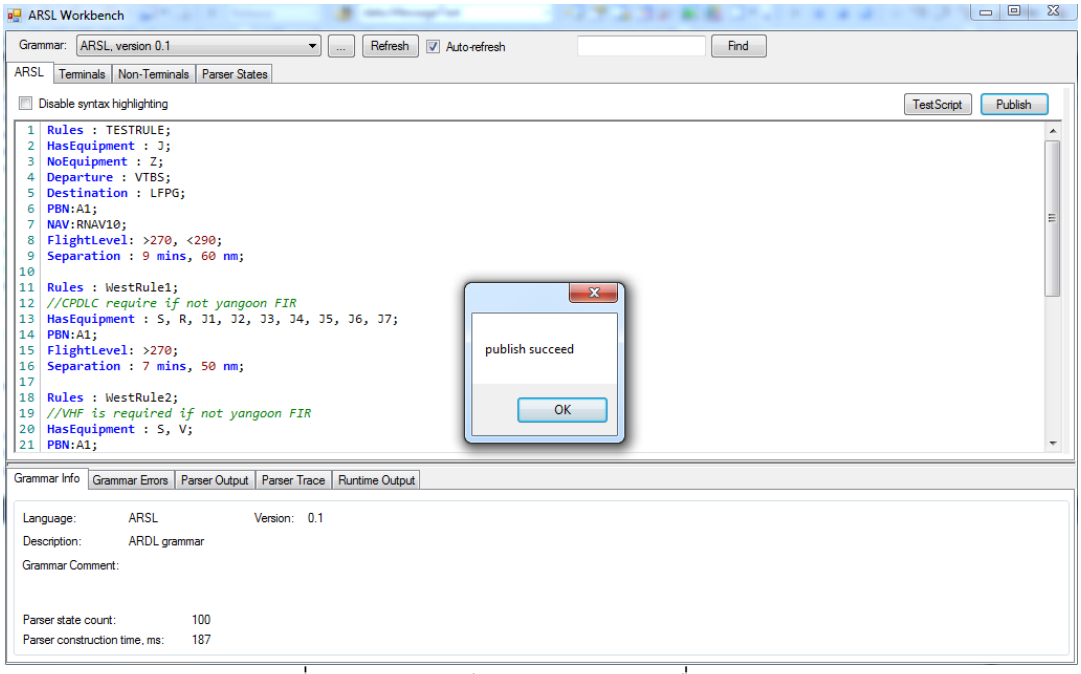
```
private void PublishBtn_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        ParseSample();
        if (lblParseErrorCount.Text != "0")
        {
            MessageBox.Show("cannot publish with error");
        }
        else
        {
            SeparationService.Service1Client separationClient = new
SeparationService.Service1Client();
            if (separationClient.SetARSLScript(txtSource.Text))
            {
                MessageBox.Show("publish succeed");
            }
            else
            {
                MessageBox.Show("publish failed due to publication
service is unavailable");
            }
        }
    }
```

ภาพที่ 37 ฟังก์ชันส่งเออาร์เอสแอลที่แก้ไขและตรวจสอบแล้ว



ภาพที่ 38 หน้าจอแก้ไขเออาร์เอสแอลที่เชื่อมต่อกับเซอร์วิส

และเมื่อแก้ไขเออาร์เอสแอลสำเร็จให้กดปุ่ม Publish ที่ด้านบนขวาหากไม่มีข้อผิดพลาดระบบจะแจ้งว่าสำเร็จตามภาพที่ 39



ภาพที่ 39 หน้าจอแก้ไขเออาร์เอสแอลเมื่อส่งข้อมูลสำเร็จ

4.3.3 **ส่วนตรวจสอบกฎเออาร์เอสแอล**

ตัวแจงส่วนที่ได้จากไอโรนีสามารถตรวจสอบได้เพียงความผิดพลาดของไวยกรณ์เท่านั้น การนำเออาร์เอสแอลไปใช้นั้นเพื่อลดความผิดพลาดในการแก้ไขส่วนแก้ไขเออาร์เอสแอลยังได้ผนวกความสามารถในการตรวจสอบความผิดพลาดในการเขียนอีกประกอบด้วย

4.3.3.1 **ส่วนตรวจสอบการนำจุดบนเส้นทางบินไปใช้ซ้ำซ้อน**

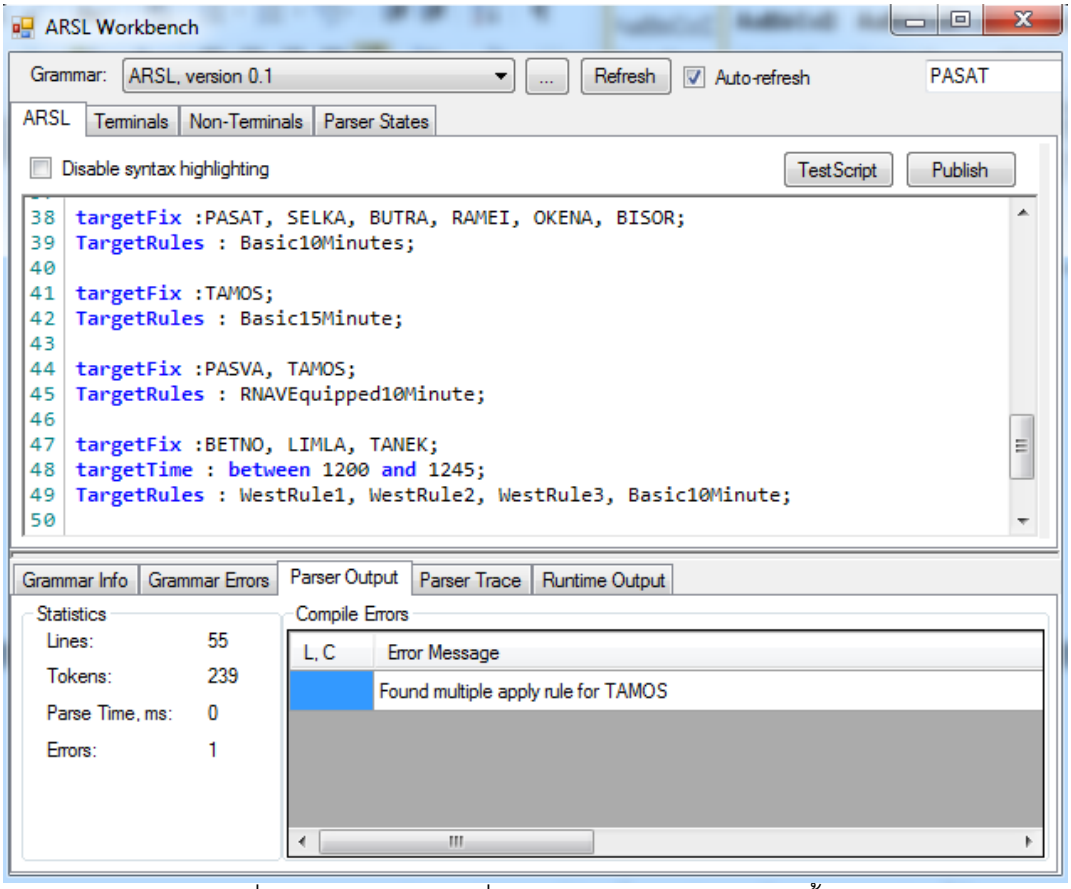
เพื่ลดความผิดพลาดในการแก้ไขเออาร์เอสแอลจึงต้องมีการตรวจสอบการนำจุดบนเส้นทางบินไปใช้ซ้ำซ้อนกล่าวคือหากส่วนการนำกฎไปใช้ นำจุดบนเส้นทางบินไปใช้ซ้ำส่วนแก้ไขจะรายงานความผิดพลาดและไม่อนุญาติให้นำเออาร์เอสแอลนั้นไปใช้โดยโค้ดส่วนตรวจสอบตามภาพที่ 40

```
foreach (ParseTreeNode waypoint in waypoints.ChildNodes)
            {
                string name = waypoint.Token.Text;
                bool foundWP = false;
                foreach (waypointCountInfo wp in WPCount)
                {
                    if (wp.WPName == name)
                    {
                        wp.Count++;
                        foundWP = true;
                    }
                }

                if (!foundWP)
                {
                    waypointCountInfo wpInfo = new
                    waypointCountInfo();
                    wpInfo.WPName = name;
                    wpInfo.Count = 1;
                    WPCount.Add(wpInfo);
                }
            }
        }

        foreach (waypointCountInfo WPC in WPCount)
        {
            if (WPC.Count > 1)
            {
                _conflictMultipleWP++;
                gridCompileErrors.Rows.Add("1", "Found multiple apply
                rule for " + WPC.WPName, "");
            }
        }
```

ภาพที่ 40 โค้ดส่วนตรวจสอบการนำกฎบนเส้นทางบินไปใช้ซ้ำซ้อน



ภาพที่ 41 ส่วนแจ้งเตือนเมื่อนำจุดบนเส้นทางบินไปใช้ซ้ำซ้อน

จากภาพที่ 41 ส่วนแจ้งเตือนเมื่อนำจุดบนเส้นทางบินไปใช้ซ้ำซ้อนพิจารณาจากบรรทัดที่ 40 และ 44 ซึ่งเป็นส่วนการนำกฎไปใช้จะเห็นได้ว่าทั้งสองกฎนั้นมีเป้าหมายที่จุด TAMOS ซึ่งซ้ำซ้อนกัน ส่วนแก้ไขจะแสดงความผิดพลาดที่ด้านล่างและไม่อนุญาตให้นำเออาร์เอสแอลนี้ไปใช้

4.3.3.2 **ส่วนตรวจสอบชื่อกฎซ้ำซ้อน**

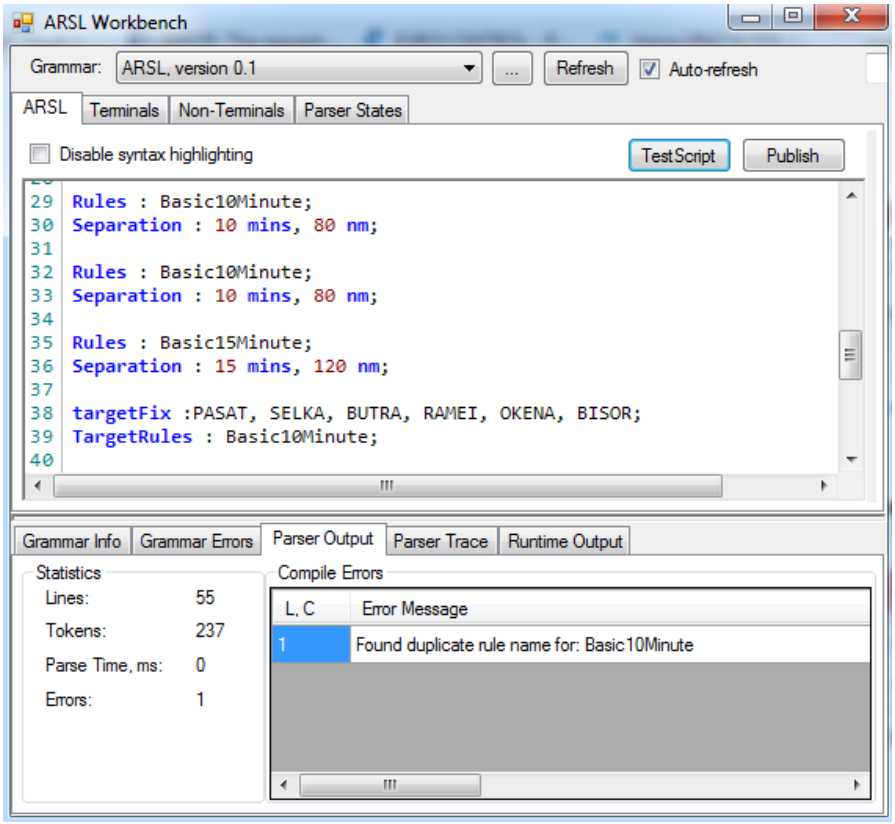
เพื่อลดความผิดพลาดในการแก้ไขเออาร์เอสแอลจึงต้องมีการตรวจสอบชื่อกฎที่ซ้ำซ้อน กล่าวคือหากมีชื่อกฎซ้ำกัน ส่วนแก้ไขจะรายงานความผิดพลาดและไม่อนุญาติให้นำเออาร์เอสแอลนั้นไปใช้ โดยโค้ดส่วนตรวจสอบตามภาพที่ 42

```
foreach (ParseTreeNode rule in RulesNode.ChildNodes)
        {
            string RuleName =
           rule.ChildNodes[0].ChildNodes[0].ChildNodes[0]
           .Token.ValueString;
            bool foundRC = false;
            foreach (RuleCountInfo rc in RCount)
            {
                if (rc.RuleName == RuleName)
                {
                    //found
                    rc.Count++;
                    foundRC = true;
                }
                else
                {
                   //not found
                }
            }

            if (!foundRC)
            {                RuleCountInfo rcc = new RuleCountInfo();
                rcc.RuleName = RuleName;
                rcc.Count = 1;
                RCount.Add(rcc);
            }
        }

        foreach (RuleCountInfo rc in RCount)
        {
            if (rc.Count > 1)
            {
                //multiple rule name
                _conflictMultipleWP++;
                gridCompileErrors.Rows.Add("1", "Found duplicate rule
               name for: " + rc.RuleName, "");
            }
        }
```

ภาพที่ 42 โค้ดส่วนตรวจสอบชื่อกฎซ้ำซ้อน



ภาพที่ 43 ส่วนแจ้งเตือนเมื่อชื่อกฎซ้ำซ้อน

จากภาพที่ 41 ส่วนแจ้งเตือนเมื่อชื่อกฎซ้ำซ้อนซ้อน พิจารณาจากบรรทัดที่ 29 และ 32 ซึ่งเป็นส่วนการประกาศกฎจะเห็นได้ว่าทั้งสองกฎนั้นมีชื่อเดียวกันคือ Basic10Minute ซึ่งซ้ำซ้อนกัน ส่วนแก้ไขจะแสดงความผิดพลาดที่ด้านล่างและไม่อนุญาตให้นำเออาร์เอสแอลนี้ไปใช้

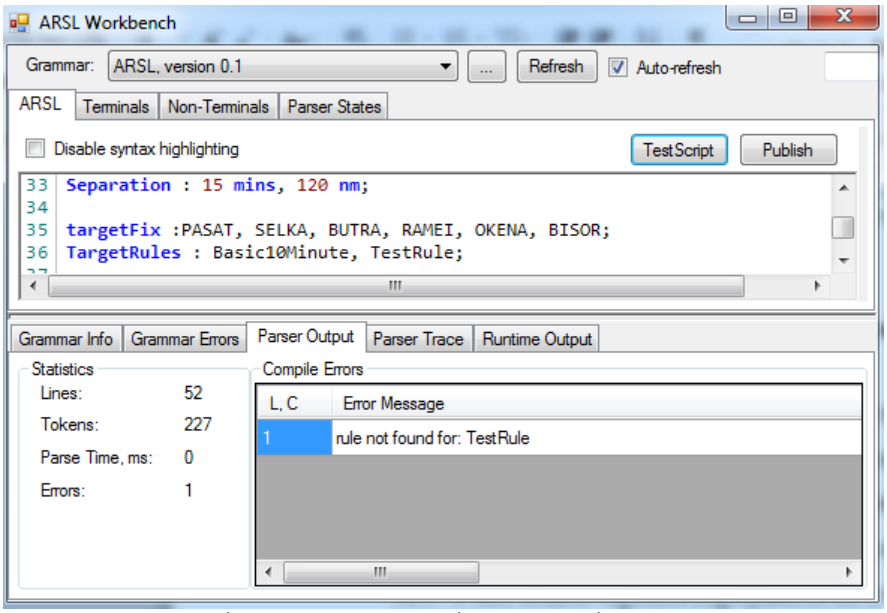
4.3.3.3 ส่วนตรวจสอบเมื่อหากฎที่นำไปใช้ไม่พบ

เพื่อลดความผิดพลาดในการแก้ไขเออาร์เอสแอลจึงต้องมีการตรวจสอบเมื่อการนำกฎไปใช้แล้วตรวจสอบไม่พบในการประกาศอาจเนื่องมาจากลืมหรือพิมพ์ผิดป้องกันตั้งแต่เบื้องต้น ส่วนแก้ไขจะรายงานความผิดพลาดและไม่อนุญาติให้นำเออาร์เอสแอลนั้นไปใช้ โดยโค้ดส่วนตรวจสอบตามภาพที่ 44

```
foreach (ParseTreeNode applyOne in applyListNode.ChildNodes)
        {
            ParseTreeNode applyRules = applyOne.ChildNodes[2];
            ParseTreeNode RuleName = applyRules.ChildNodes[1];
            foreach (ParseTreeNode aRule in RuleName.ChildNodes)
            {
                string name = aRule.Token.Text;
                //check one by one
                bool RNF = false;
                foreach (RuleCountInfo rc in RCount)
                {
                    if (rc.RuleName == name)
                    {
                        RNF = true;
                        break;
                    }
                    else
                    {
                    }
                }

                if (!RNF)
                {
                    _conflictMultipleWP++;
                    gridCompileErrors.Rows.Add("1", "rule not found
                    for: " + name, "");
                }
            }
        }
```

ภาพที่ 44 โค้ดส่วนตรวจสอบเมื่อหากฎที่นำไปใช้ไม่พบ



ภาพที่ 45 ส่วนแจ้งเตือนเมื่อไม่พบกฎที่ถูกนำไปใช้

จากภาพที่ 45 ส่วนแจ้งเตือนเมื่อชื่อกฎซ้ำซ้อนซ้อน พิจารณาจากบรรทัดที่ 36 ซึ่งเป็นส่วนการนำกฎไปใช้จะเห็นได้ว่ามีการนำกฎ TestRule ไปใช้แต่ส่วนแก้ไขไม่พบ TestRule ในส่วน

ประกาศกฎ ส่วนแก้ไขจะแสดงความผิดพลาดที่ด้านล่างและไม่อนุญาตให้นำเออาร์เอสแอลนี้ไปใช้

4.3.3.4 ส่วนตรวจสอบเมื่อกฎไม่ถูกนำไปใช้

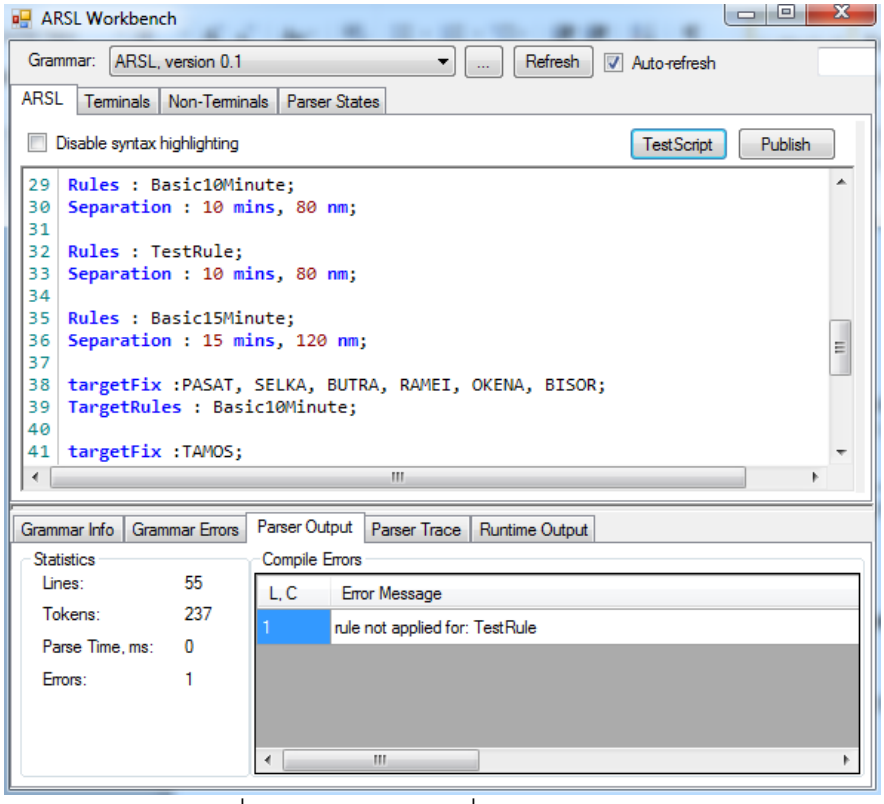
เพื่อลดความผิดพลาดในการแก้ไขเออาร์เอสแอลจึงต้องมีการตรวจสอบเมื่อการนำกฎไม่ถูกนำไปใช้ ในส่วนการนำกฎไปใช้งานอาจเนื่องมาจากหลงลืมหรือพิมพ์ผิดเพื่อป้องกันตั้งแต่เบื้องต้น ส่วนแก้ไขจะรายงานความผิดพลาดและไม่อนุญาติให้นำเออาร์เอสแอลนั้นไปใช้ โดยโค้ดส่วนตรวจสอบตามภาพที่ 46

```
foreach (RuleCountInfo rc in RCount)
        {
            bool applied = false;
            foreach (ParseTreeNode applyOne in
            applyListNode.ChildNodes)
            {
                //check Target Fix
                ParseTreeNode applyRules = applyOne.ChildNodes[2];
                ParseTreeNode RuleName = applyRules.ChildNodes[1];

                foreach (ParseTreeNode aRule in RuleName.ChildNodes)
                {
                    string name = aRule.Token.Text;
                    if (rc.RuleName == name)
                    {
                        ///this rule is applied
                        applied = true;
                        break;
                    }
                    else
                    {
                        //this rule is not applied
                    }
                }
            }

            if (!applied)
            {
                _conflictMultipleWP++;
                gridCompileErrors.Rows.Add("1", "rule not applied
                for: " + rc.RuleName, "");
            }
        }
```

ภาพที่ 46 โค้ดส่วนตรวจสอบเมื่อกฎไม่ถูกนำไปใช้

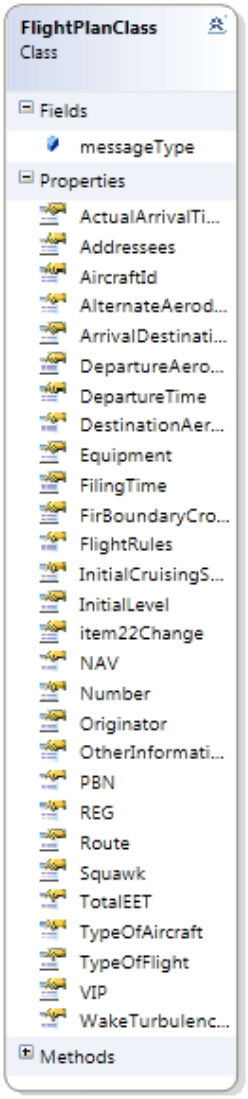


ภาพที่ 47 ส่วนแจ้งเตือนเมื่อกฎไม่ถูกนำไปใช้

จากภาพที่ 47 ส่วนแจ้งเตือนเมื่อชื่อกฎซ้ำซ้อนซ้อน พิจารณาจากบรรทัดที่ 32 ซึ่งเป็นส่วนการประกาศกฎจะเห็นได้ว่ามีการประกาศกฎ TestRule ไปใช้แต่ส่วนการนำกฎไปใช้ไม่พบการนำ TestRule ไปใช้งาน ส่วนแก้ไขจะแสดงความผิดพลาดที่ด้านล่างและไม่อนุญาตให้นำเออาร์เอสแอลนี้ไปใช้

4.3.4 การพัฒนาส่วนเซอร์วิสเพื่อรองรับการร้องขอระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยาน

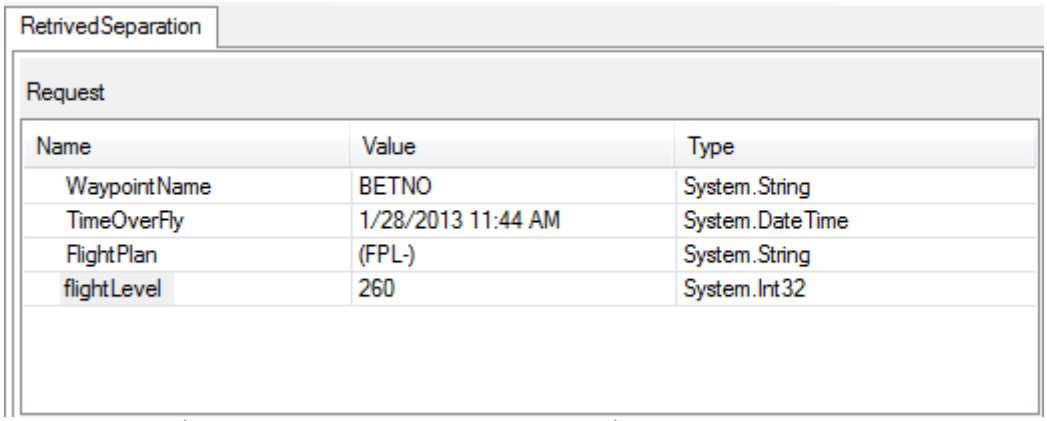
การพัฒนาส่วนเซอร์วิสเพื่อรองรับการร้องขอระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานในงานวิจัยนี้ได้ใช้วินโดว์ คอมมูนิเคชัน ฟาวเดชัน (Windows Communication Foundation) เพื่อสร้างส่วนรองรับการร้องขอ และนำไปติดตั้งบนเอเอสพีดอทเน็ต 4.0 เมื่อพิจารณาการออกแบบภาษาจากบทที่ 3 สิ่งที่ผู้ร้องขอจะต้องส่งให้คือ ข้อมูลของอากาศยานที่ทำการร้องขอระยะห่างที่ต้องการ เซอร์วิสนี้เลือกใช้รูปแบบข้อมูลคุณสมบัติของอากาศยานจากแผนการบินรูปแบบ 2012 ซึ่งระบบคุณสมบัติของอากาศยานไว้อย่างชัดเจน แต่รูปแบบของแผนการบินอยู่ในรูปของข้อความจึงจำเป็นต้องสร้างส่วนแปลงข้อมูลแผนการบินซึ่งมีโครงสร้างตามภาพที่ 48



ภาพที่ 48 คลาสแผนการบิน

ส่วนต่อประสานตามภาพที่ 49 ต้องการข้อมูลที่เป็นพลวัตประกอบด้วย

- ชื่อจุดที่สนใจ
- เวลาที่บินผ่าน
- แผนการบิน
- ความสูงที่ใช้



ภาพที่ 49 ส่วนต่อประสานร้องขอระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยาน

ระบบทำการแปลงข้อมูลแผนการบินโดยแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของ คลาสนามธรรม (Abstract Class) ของแผนการบิน ตามภาพที่ 48 แล้วนำคุณสมบัติของอากาศยานที่ได้จากแผนการบินมาเปรียบเทียบกับข้อกำหนดที่ได้สร้างขึ้นด้วยเออาร์เอสแอลผ่านตัวแปลงข้อกำหนดซึ่งได้สร้างรอไว้

เซอร์วิสเริ่มด้วยการอ่านไฟล์เออาร์เอสแอลที่สร้างเตรียมไว้เก็บไว้ในหน่วยความจำตามภาพที่ 50

```
var serverPath =
System.Web.Hosting.HostingEnvironment.MapPath("~/ARSL.txt");
using (StreamReader sr = new StreamReader(serverPath))
{
ARSLText = sr.ReadToEnd();
}
```

ภาพที่ 50 อ่านไฟล์เออาร์เอสแอลมาเก็บไว้ในหน่วยความจำ

แล้วจึงนำข้อมูลเออาร์เอสแอลที่ได้มาสร้างโครงสร้างต้นไม้แจงส่วนในภาพที่ 51

```
ARSL.ARSLGrammar grammar = new ARSL.ARSLGrammar();
LanguageData language = new LanguageData(grammar);
Parser parser = new Parser(language);
parser.Parse(ARSLText, "<source>");
ParseTree parseTree = parser.Context.CurrentParseTree;
```

ภาพที่ 51 สร้างโครงสร้างต้นไม้แจงส่วนจากข้อมูลเออาร์เอสแอลในหน่วยความจำ

แล้วจึงดึงข้อมูลรายละเอียดการนะข้อกำหนดไปใช้ออกจากโครงสร้างต้นไม้แจงส่วนตามภาพที่ 52

```
ParseTreeNode RulesNode = treeNode.ChildNodes[0];
ParseTreeNode applyListNode = treeNode.ChildNodes[1];
ParseTreeNode Rule = null;
foreach (ParseTreeNode applyOne in applyListNode.ChildNodes)
{
      //check Target Fix
      ParseTreeNode targetFixes = applyOne.ChildNodes[0];
      ParseTreeNode waypoints = targetFixes.ChildNodes[1];

      foreach (ParseTreeNode waypoint in waypoints.ChildNodes)
      {
      if (waypoint.Token.Text == WaypointName)
      {
//found target waypoint store apply rule
Rule = applyOne;
      }
      }
}
```

ภาพที่ 52 ดึงข้อมูลรายละเอียดกฎจากโครงสร้างต้นไม้แจงส่วน

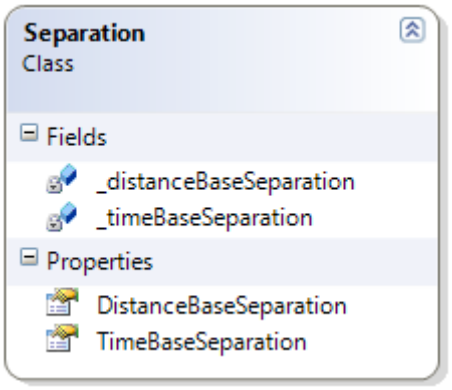
นำข้อกำหนดที่ได้ไปค้นกลับส่วนอธิบายข้อกำหนดของเออาร์เอสแอลเพื่อค้นหาระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานตามภาพที่ 53 โดยหากอากาศยานและจุดที่สนใจให้ทำการคืนค่าระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานทันที

```
List<string> ruleNames = new List<string>();
ParseTreeNode rules = Rule.ChildNodes[2].ChildNodes[1];
foreach (ParseTreeNode arule in rules.ChildNodes)
{
      ruleNames.Add(arule.Token.Text);
}

bool ruleFoundAndClick = false;
foreach (string ruleName in ruleNames)
{
      bool ruleClickz = checkRule(WaypointName, ruleName, FlightPlan,
      RulesNode, out separation, FlightLevel);
      if (ruleClickz)
      {
      ruleFoundAndClick = true;
separation = getSeparationformRuleName(ruleName, RulesNode);
return separation;
      }
}
```

ภาพที่ 53 ค้นกลับส่วนอธิบายกฎของเออาร์เอสแอล

เซอร์วิสตอบกลับผู้ร้องขอในรูปแบบของอ็อบเจกต์ระยะห่าง (Separation)ตามภาพที่ 54 แสดงให้เห็นโครงสร้างของข้อมูลการตอบกลับดังจะเห็นได้ว่าเออาร์เอสแอลสามารถรองรับการระบุระยะห่างที่ต้องการได้สองรูปแบบคือด้วยระยะห่างและเวลา

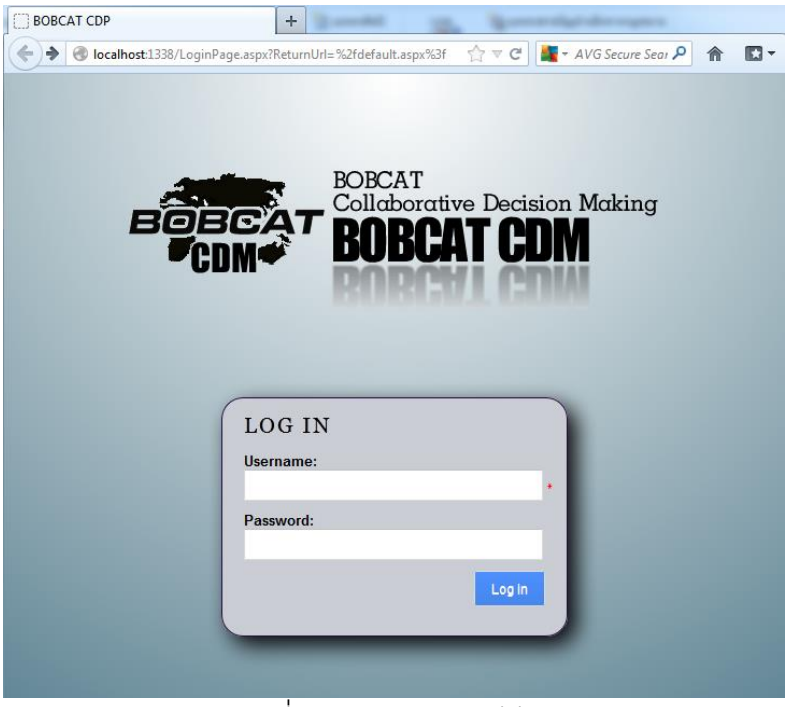


ภาพที่ 54 อ็อบเจกต์ระยะห่าง (Separation)

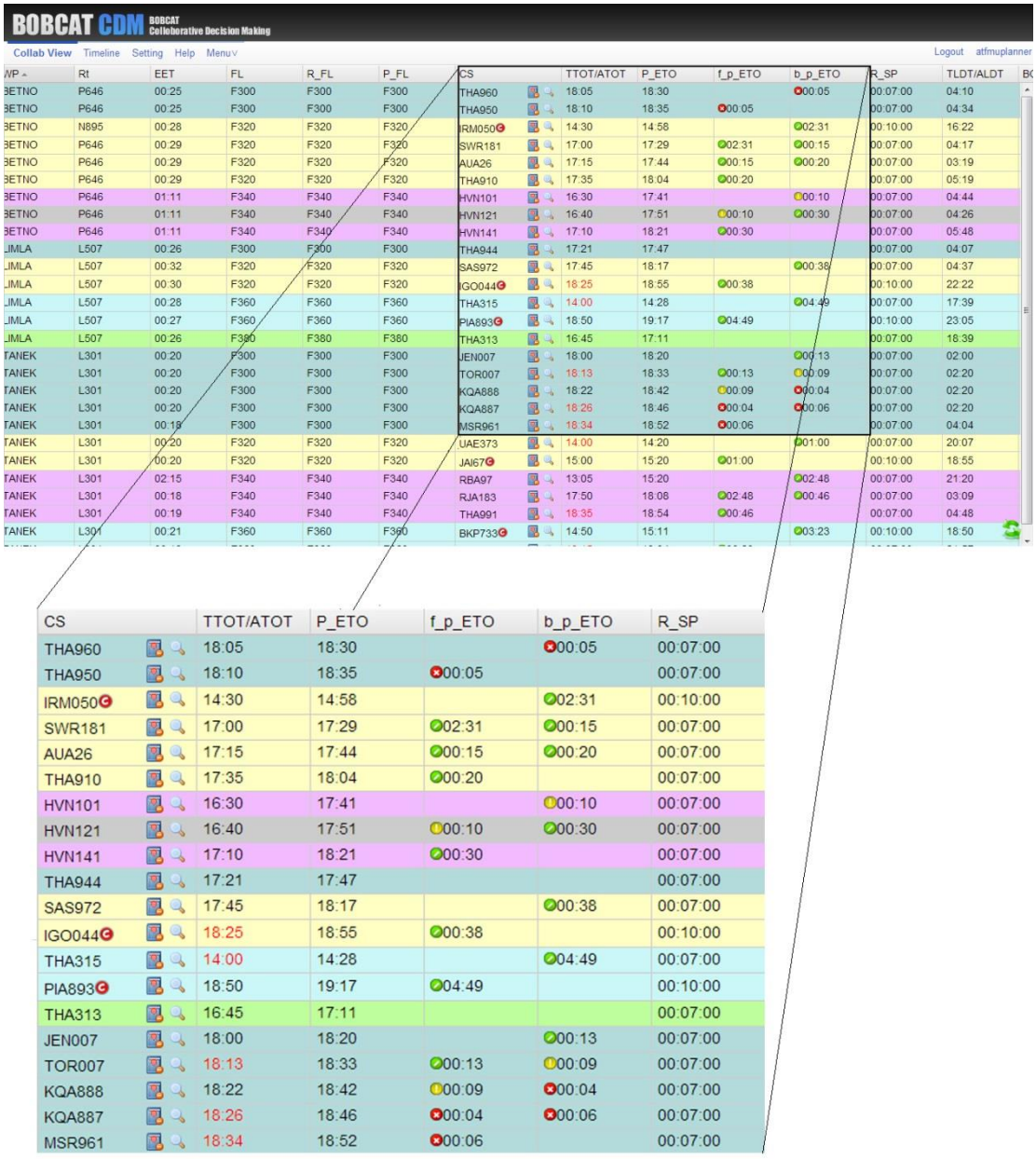
4.3.5 การพัฒนาส่วนเรียกใช้เซอร์วิสในระบบซีดีเอ็ม (CDM)

เดิมระบบซีดีเอ็มได้สร้างส่วนคำนวณระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานไว้อย่างหยาบๆ และไม่สามารถปรับแต่งได้ การนำเซอร์วิสนี้ไปประยุกต์ใช้สามารถช่วยให้การระบุระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานได้แม่นยำขึ้น ยืดหยุ่นมากขึ้นและสามารถปรับแต่งได้ง่ายและสะดวก

ดังแสดงในหน้าจอแสดงผลในระบบ ซีดีเอ็ม ตามภาพที่ 55 และ ภาพที่ 56



ภาพที่ 55 หน้าจอระบบซีดีเอ็ม



ภาพที่ 56 ส่วนแจ้งเตือนเมื่อระยะห่างระหว่างอากาศยานไม่เพียงพอ

จากภาพที่ 56 คอลัมน์ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย

1. CS (CallSign) คือชื่อเรียกของอากาศยาน
2. TTOT (Target Take Off Time) คือเวลาเป้าหมายที่อากาศยานจะทำการขึ้นบิน
3. ATOT (Actual Take Off Time) คือเวลาจริงที่อากาศยานทำการบินโดยใช้ข้อมูลจากข้อความยืนยันการทำการบิน (Departure Message)
4. P_ETO (Plan ETO) คือเวลาที่อากาศยานทำการบินผ่านจุดบนเส้นทางบิน
5. f_P_ETO คือระยะเวลาที่อากาศยานนั้นทำการบินห่างจากอากาศยานที่อยู่ข้างหน้า

6. b_P_ETO คือระยะเวลาที่อากาศยานทำการบินห่างจากอากาศยานที่อยู่ด้านหลัง
7. R_SP (Required Separation) คือระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานนั้นเพื่อให้สามารถทำการบินได้ปลอดภัย

ระบบซีดีเอ็มจะทำการร้องขอระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานเมื่อมีแผนการบินเข้ามาในระบบโดยจะสร้างข้อมูลรายละเอียดการเดินทางของอากาศยานพร้อมเวลาที่บินผ่านจุดบนเส้นทางบินโดยระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานจะแสดงในคอลัมน์ R_SP (Required Separation) แล้วจึงคำนวณส่วนแจ้งเตือนคือ f_P_ETO และ b_P_ETO โดยการแจ้งเตือนจะแบ่งออกเป็นสามระดับตามสีคือ

- สีเขียว คือ ปลอดภัยระยะห่างระหว่างอากาศยานมากกว่าระยะห่างที่ต้องการบวกสามนาที
- สีเหลือง คือ แจ้งเตือนระยะห่างระหว่างอากาศยานใกล้เคียงระยะห่างที่ต้องการแต่ไม่มากกว่าสามนาที
- สีแดง คือ แจ้งเตือนเมื่อระยะห่างระหว่างอากาศยานน้อยกว่าระยะห่างที่ต้องการ

บทที่ 5
การประเมินและการวัดผล

5.1 แนวทางการประเมินและการวัดผล

แนวทางการประเมินใช้วิธีประเมิณสองวิธีคือเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จาก การประเมิณของผู้เชี่ยวชาญเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้สคริปต์เออาร์เอสแอลโดยมีข้อมูลตั้งต้นเป็นข้อมูลจากเอกสารข้อกำหนดการบินของน่านฟ้าประเทศไทยและคัดเลือกแผนการบินบนเส้นทางบินที่ได้สร้างข้อกำหนดโดยเออาร์เอสแอลแล้ว โดยแนวทางการประเมินใช้วิธีการแปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากซอฟต์แวร์ของระบบ โดยข้อมูลตัวอย่างใช้เอกสารที่ได้จากเอกสารข้อกำหนดการบินของน่านฟ้าประเทศไทยทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจได้ว่าข้อมูลตัวอย่างมีความถูกต้อง

การประเมินวิธีที่สองใช้การเปรียบเทียบปริมาณข้อมูลที่สร้างขึ้นโดยใช้แบบแผนปกติดังที่ระบุไว้ในเอกสารข้อกำหนดปรียบเทียบกับปริมาณข้อมูลที่ได้จาก การเปลี่ยนข้อกำหนดดังกล่าวให้อยู่ในรูปของเออาร์เอสแอล

5.2 การประเมินแนวทางที่ 1 (เปรียบเทียบผลลัพธ์กับผู้เชี่ยวชาญ)

5.2.1 ผลการเปรียบเทียบด้วยแนวทางที่ 1 ตัวอย่างที่ 1

ตัวอย่างที่ 1 ภาพที่ 57 แสดงให้เห็นถึงการใช้เออาร์เอสแอลเพื่อหาระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ต้องการ บนข้อกำหนดแบบง่าย

Route designator Name of significant Points Coordinates (WGS-84)	Track MAG(GEO) VOR RDL DIST (COP)	Upper limits / Lower limits Minimum flight altitude Airspace classification (Refer to ENR 1.4-1)	Lateral limits NM	Direction of Cruising levels		Remarks Controlling units Frequency
				Odd	Even	
1	2	3	4	5		6
A1 ▲ BANGKOK DVOR/DME (BKK) 135336.8N 1003546.3E	071 251 86 NM	FL 460 FL 75 FL 80	*	↓		
▲ SELKA 142135.9N 1015947.5E	072 253 109 NM					
▲ PASAT 145507.93N 1034728.55E	072 253 65 NM					Longitudinal separation between aircraft 10 mins.
▲ UBON DVOR/DME (UBL) 151442.71N 1045157.30E	076 256 44 NM	FL 460 FL 95 FL 100			↑	
▲ BUTRA 152505.8N 1053545.9E						

ภาพที่ 57 ข้อกำหนดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ต้องการของจุด PASAT

5.2.1.1 แปลงข้อกำหนดเป็นเออาร์เอสแอล

จากตัวอย่างที่ 1 สามารถเขียนให้อยู่ในรูปเออาร์เอสแอลได้ดังต่อไปนี้

Rules : Basic10Minute;

Separation : 10 mins, 80 nm;

targetFix :PASAT;

TargetRules : Basic10Minutes;

5.2.1.2 ข้อมูลนำเข้าสำหรับทดสอบ

- ข้อมูลแผนการบิน

  (FPL-HSPSL-IG -C550/L-SDFHM3RWXYZ/S -VTBD0300 - N0384F370 DCT BKK A1 PASAT/N0370F410 A1 IKELA P901 IDOSI IDOSI4B -VHHH0257 VMMC -PBN/A1B3B4O3 NAV/RNVE99 DOF/121227 REG/HSPSL EET/VLVT0108 VVTS0121 ZJSA0142 VHHK0210 SEL/HKLP RVR/550 OPR/MJETS LIMITED PER/C RMK/TCAS EQUIPPED E/0502 P/2 A/WHT)
- จุดที่สนใจ PASAT
- ความสูง 370 NM
- เวลา 15:00

5.2.1.3 ผลลัพธ์จากซอฟต์แวร์ของระบบและจากผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 4 ผลลัพธ์จากซอฟต์แวร์ของระบบและจากผู้เชี่ยวชาญแนวทางที่ 1 ตัวอย่างที่ 1

ผลลัพธ์จากซอฟต์เวร์	ผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ
10 นาที 80 นอติคอลไมล์	10 นาที 80 นอติคอลไมล์

5.2.1.4 ข้อสังเกต

จากข้อกำหนดที่สร้างโดยเออาร์เอสแอล อากาศยานใดที่ผ่านจุด PASAT ผู้ควบคุมการจราจรทางอากาศจะต้องจัดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ 10 นาทีทั้งหมด โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการร้องขอระยะห่างโดยผู้เชี่ยวชาญจึงเท่ากับผลลัพธ์ที่ได้จากซอฟต์แวร์คือ 10 นาที ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมื่อใช้เออาร์เอสแอลกับตัวอย่างที่ 1 สามารถใช้ได้จริงในเชิงปฏิบัติ

5.2.2 ผลการเปรียบเทียบด้วยแนวทางที่ 1 ตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างที่ 2 ภาพที่ 58 แสดงให้เห็นถึงการใช้เออาร์เอสแอลเพื่อหาระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ต้องการ บนข้อกำหนดแบบง่าย

A334 ▲ HAT YAI DVOR/DME (HTY) 065602.75N 1002316.47E ▲ PASVA 061529N 1020431E ▲ KOTA BHARU VOR/DME (VKB) 060948.3N 1021851.1E	112 292 108 NM 112 292 15 NM	FL 460 FL 95 FL 100	20	↓ ↑	10 mins longitudinal separation between RNAV-equipped aircraft apply Mach Number Technique. 15 mins longitudinal separation between other aircraft

ภาพที่ 58 ข้อกำหนดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ต้องการของจุด PASVA(1)

5.2.2.1 แปลงข้อกำหนดเป็นเออาร์เอสแอล

จากตัวอย่างที่ 2 สามารถเขียนให้อยู่ในรูปเออาร์เอสแอลได้ดังต่อไปนี้

Rules : RNAVEquipped;

PBN : R;

Separation : 10 mins, 80 nm;

Rules : Basic15Minutes;

Rules : 15;

Separation : 15 mins, 120 nm;

targetFix : PASVA;

TargetRules : RNAVEquipped, Basic15Minutes;

5.2.2.2 ข้อมูลนำเข้าสำหรับทดสอบ

- ข้อมูลแผนการบิน

  (FPL-9MATM-IG -CL60/M-SDFGHIRWXYZ/S -WBGG0230 -M082F350 IGEVU1F IGEVU DCT AGOBA M761 VPK/N0473F390 M751 VKB A334 PASVA/N0477F380 A334 HTY W14 TRN TRN1 -VTSP0157 VTSS -PBN/A1 DAT/SV DOF/121226 REG/9MATM EET/WIIF0008 WBFC0012 WSJC0019 WMFC0052 VTBB0121 OPR/HORNBILL SKYWAYS SDN PER/C RMK/TCAS EQUIPPED VVIP

FLIGHT THAILAND ATD 10300122012 E/0617 P/12 D/2 30

YELLOW A/BLACK RED WHITE YELLOW C/LIM)

- จุดที่สนใจ PASVA
- ความสูง 370 NM
- เวลา 15:00

5.2.2.3 ผลลัพธ์จากซอฟต์แวร์ของระบบและจากผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 5 ผลลัพธ์จากซอฟต์แวร์ของระบบและจากผู้เชี่ยวชาญแนวทางที่ 1 ตัวอย่างที่ 2

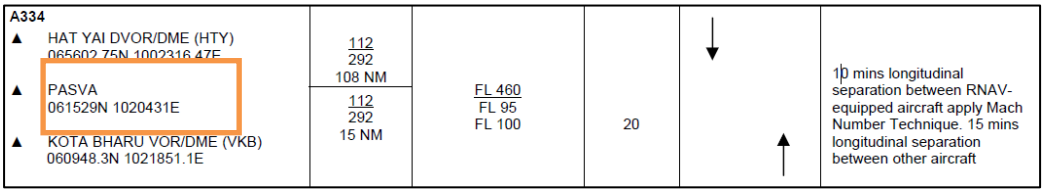
ผลลัพธ์จากซอฟต์เวร์	ผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ
10นาที 80 นอติคอลไมล์	10นาที 80 นอติคอลไมล์

5.2.2.4 ข้อสังเกต

จากข้อกำหนดที่สร้างโดยเออาร์เอสแอล อากาศยานใดที่ผ่านจุด PASVA ผู้ควบคุมการจราจรทางอากาศจะต้องจัดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ 10 นาทีเมื่ออากาศยานระบุความสามารถในการนำร่อง(RNAV) จากแผนการบินมีการระบุความสามารถในการนำร่องที่ไอเท็ม 10 โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการร้องขอระยะห่างโดยผู้เชี่ยวชาญจึงเท่ากับผลลัพธ์ที่ได้จากซอฟต์แวร์คือ 10 นาที ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมื่อใช้เออาร์เอสแอลกับตัวอย่างที่ 2 สามารถใช้ได้จริงในเชิงปฏิบัติ

5.2.3 ผลการเปรียบเทียบด้วยแนวทางที่ 1 ตัวอย่างที่ 3

ตัวอย่างที่ 3 ภาพที่ 59 แสดงให้เห็นถึงการใช้เออาร์เอสแอลเพื่อหาระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ต้องการบนจุดเดียวกับตัวอย่างที่ 2 แต่เปลี่ยนข้อมูลแผนการบินให้ไม่ระบุความสามารถในการนำร่อง



ภาพที่ 59 ข้อกำหนดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ต้องการของจุด PASVA(2)

5.2.3.1 แปลงข้อกำหนดเป็นเออาร์เอสแอล

จากตัวอย่างข้างต้นสามารถเขียนให้อยู่ในรูปอาร์เอสแอลได้ดังต่อไปนี้

Rules : RNAVEquipped;

PBN : R;

Separation : 10 mins, 80 nm;

Rules : Basic15Minutes;

Rules : 15;

Separation : 15 mins, 120 nm;

targetFix : PASVA;

TargetRules : RNAVEquipped, Basic15Minutes;

5.2.3.2 ข้อมูลนำเข้าสำหรับทดสอบ

- ข้อมูลแผนการบิน

  (FPL-THA112-IG -CL60/M-SDFGHIWXYZ/S -WBGG0830 -
  M082F350 IGEVU1F IGEVU DCT AGOBA M761 VPK/N0473F390
  M751 VKB A334 PASVA/N0477F380 A334 HTY W14 TRN TRN1 -
  VTSP0157 VTSS -DAT/SV DOF/121226 REG/9MATM EET/WIIF0008
  WBFC0012 WSJC0019 WMFC0052 VTBB0121 OPR/HORNBILL
  SKYWAYS SDN PER/C RMK/TCAS EQUIPPED VVIP FLIGHT
  THAILAND ATD 10300122012 E/0617 P/12 D/2 30
  YELLOW A/BLACK RED WHITE YELLOW C/LIM)
- จุดที่สนใจ PASVA
- ความสูง 370 NM
- เวลา 15:00

5.2.3.3 ผลลัพธ์จากซอฟต์แวร์ของระบบและจากผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 6 ผลลัพธ์จากซอฟต์แวร์ของระบบและจากผู้เชี่ยวชาญแนวทางที่ 1 ตัวอย่างที่ 3

ผลลัพธ์จากซอฟต์เวร์	ผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ
15 นาที 120 นอติคอลไมล์	15 นาที 120 นอติคอลไมล์

5.2.3.4 ข้อสังเกต

จากข้อกำหนดที่สร้างโดยเออาร์เอสแอล อากาศยานใดที่ผ่านจุด PASVA ผู้ควบคุม

การจราจรทางอากาศจะต้องจัดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ 15 นาทีเมื่ออากาศยานไม่ระบุความสามารถในการนำร่อง(RNAV) จากแผนการบินไม่ระบุความสามารถในการนำร่องที่ไอเท็ม 10 โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการร้องขอระยะห่างโดยผู้เชี่ยวชาญจึงเท่ากับผลลัพธ์ที่ได้จากซอฟต์แวร์คือ 15 นาที ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมื่อใช้เออาร์เอสแอลกับตัวอย่างที่ 3 สามารถใช้ได้จริงในเชิงปฏิบัติ

5.2.4 ผลการเปรียบเทียบด้วยแนวทางที่ 1 ตัวอย่างที่ 4

ตัวอย่างที่ 4 ภาพที่ 60 แสดงให้เห็นถึงการใช้เออาร์เอสแอลเพื่อหาระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ต้องการ บนข้อกำหนดแบบง่าย

A334 ▲ HAT YAI DVOR/DME (HTY) 065602.75N 1002316.47E ▲ PASVA 061529N 1020431E ▲ KOTA BHARU VOR/DME (VKB) 060948.3N 1021851.1E	112 292 108 NM 112 292 15 NM	FL 460 FL 95 FL 100	20	↓ ↑	10 mins longitudinal separation between RNAV-equipped aircraft apply Mach Number Technique. 15 mins longitudinal separation between other aircraft

ภาพที่ 60 ข้อกำหนดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ต้องการของจุด PASVA(3)

5.2.4.1 แปลงข้อกำหนดเป็นเออาร์เอสแอล

จากตัวอย่างที่ 4 สามารถเขียนให้อยู่ในรูปอาร์เอสแอลได้ดังต่อไปนี้

Rules : RNAVEquipped;

PBN : R;

Separation : 10 mins, 80 nm;

Rules : Basic15Minutes;

Rules : 15;

Separation : 15 mins, 120 nm;

targetFix : PASVA;

TargetRules : RNAVEquipped, Basic15Minutes;

5.2.4.2 ข้อมูลนำเข้าสำหรับทดสอบ

- ข้อมูลแผนการบิน
  (FPL-RTN1113-IM -D228/L-S/C -WMKD0300 -N0180F100 DCT GUNBO W540 VKB DCT PASVA A334 DCT SKL -VTSH0130 WMKE WMKC -EET/VTBB0050 DIP DOR/UD/1018/12 DOF/120711)
- จุดที่สนใจ PASVA
- ความสูง 180 NM
- เวลา 12:00

5.2.4.3 ผลลัพธ์จากซอฟต์แวร์ของระบบและจากผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 7 ผลลัพธ์จากซอฟต์แวร์ของระบบและจากผู้เชี่ยวชาญแนวทางที่ 1 ตัวอย่างที่ 4

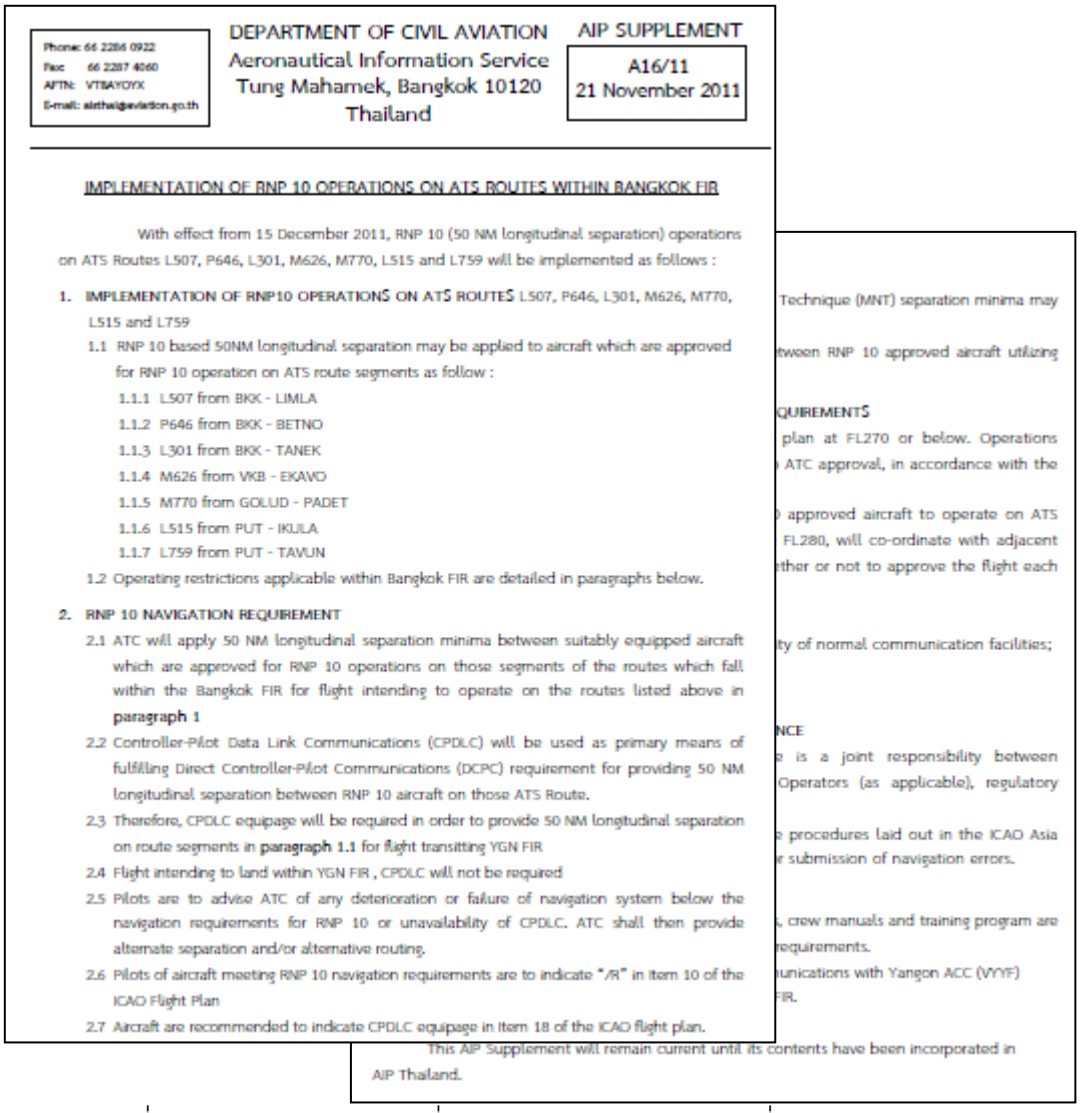
ผลลัพธ์จากซอฟต์เวร์	ผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ
15 นาที 120 นอติคอลไมล์	15 นาที 120 นอติคอลไมล์

5.2.4.4 ข้อสังเกต

จากข้อกำหนดที่สร้างโดยเออาร์เอสแอล อากาศยานใดที่ผ่านจุด PASVA ผู้ควบคุมการจราจรทางอากาศจะต้องจัดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ 15 นาทีเมื่ออากาศยานไม่ระบุความสามารถในการนำร่อง(RNAV) จากแผนการบินไม่ระบุความสามารถในการนำร่องที่ไอเท็ม 10 โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการร้องขอระยะห่างโดยผู้เชี่ยวชาญจึงเท่ากับผลลัพธ์ที่ได้จากซอฟต์แวร์คือ 15 นาที ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมื่อใช้เออาร์เอสแอลกับตัวอย่างที่ 4 สามารถใช้ได้จริงในเชิงปฏิบัติ

5.2.5 ผลการเปรียบเทียบด้วยแนวทางที่ 1 ตัวอย่างที่ 5

ตัวอย่างที่ 4 ภาพที่ 61 แสดงให้เห็นถึงการใช้เออาร์เอสแอลเพื่อหาระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ต้องการ บนข้อกำหนดเฉพาะ



Phone: 66 2286 0922
Fax: 66 2287 4060
AFTN: VTBAYOYX
E-mail: aisthai@aviation.go.th

DEPARTMENT OF CIVIL AVIATION
Aeronautical Information Service
Tung Mahamek, Bangkok 10120
Thailand

AIP SUPPLEMENT
A16/11
21 November 2011

IMPLEMENTATION OF RNP 10 OPERATIONS ON ATS ROUTES WITHIN BANGKOK FIR

With effect from 15 December 2011, RNP 10 (50 NM longitudinal separation) operations on ATS Routes L507, P646, L301, M626, M770, L515 and L759 will be implemented as follows :

1. **IMPLEMENTATION OF RNP10 OPERATIONS ON ATS ROUTES** L507, P646, L301, M626, M770, L515 and L759
   - 1.1 RNP 10 based 50NM longitudinal separation may be applied to aircraft which are approved for RNP 10 operation on ATS route segments as follow :
     - 1.1.1 L507 from BKK - LIMLA
     - 1.1.2 P646 from BKK - BETNO
     - 1.1.3 L301 from BKK - TANEK
     - 1.1.4 M626 from VKB - EKAVO
     - 1.1.5 M770 from GOLUD - PADET
     - 1.1.6 L515 from PUT - IKULA
     - 1.1.7 L759 from PUT - TAVUN
   - 1.2 Operating restrictions applicable within Bangkok FIR are detailed in paragraphs below.
2. **RNP 10 NAVIGATION REQUIREMENT**
   - 2.1 ATC will apply 50 NM longitudinal separation minima between suitably equipped aircraft which are approved for RNP 10 operations on those segments of the routes which fall within the Bangkok FIR for flight intending to operate on the routes listed above in **paragraph 1**
   - 2.2 Controller-Pilot Data Link Communications (CPDLC) will be used as primary means of fulfilling Direct Controller-Pilot Communications (DCPC) requirement for providing 50 NM longitudinal separation between RNP 10 aircraft on those ATS Route.
   - 2.3 Therefore, CPDLC equipage will be required in order to provide 50 NM longitudinal separation on route segments in **paragraph 1.1** for flight transitting YGN FIR
   - 2.4 Flight intending to land within YGN FIR , CPDLC will not be required
   - 2.5 Pilots are to advise ATC of any deterioration or failure of navigation system below the navigation requirements for RNP 10 or unavailability of CPDLC. ATC shall then provide alternate separation and/or alternative routing.
   - 2.6 Pilots of aircraft meeting RNP 10 navigation requirements are to indicate "/R" in item 10 of the ICAO Flight Plan
   - 2.7 Aircraft are recommended to indicate CPDLC equipage in Item 18 of the ICAO flight plan.

Technique (MNT) separation minima may

tween RNP 10 approved aircraft utilizing

QUIREMENTS

plan at FL270 or below. Operations
ATC approval, in accordance with the

approved aircraft to operate on ATS
FL280, will co-ordinate with adjacent
ther or not to approve the flight each

ty of normal communication facilities;

NCE

is a joint responsibility between
Operators (as applicable), regulatory

procedures laid out in the ICAO Asia
submission of navigation errors.

, crew manuals and training program are
requirements.
unications with Yangon ACC (VYYF)
FIR.

This AIP Supplement will remain current until its contents have been incorporated in AIP Thailand.

ภาพที่ 61 ข้อกำหนดระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานที่ต้องการของจุด LIMLA (ภาคผนวก ค)

5.2.5.1 แปลงข้อกำหนดเป็นเออาร์เอสแอล

จากตัวอย่างข้างต้นสามารถเขียนให้อยู่ในรูปอาร์เอสแอลได้ดังต่อไปนี้

Rules : WestRule1;

//CPDLC require if not yangoon FIR

HasEquipment : S, R, J;

PBN:A1;

FlightLevel: >270;

Separation : 7 mins, 50 nm;

Rules : WestRule2;

//VHF is required if not yangoon FIR

HasEquipment : S, V;

PBN:A1;

Separation : 7 mins, 50 nm;

Rules : WestRule3;

//no CPDLC require when destination in Yangoon FIR

HasEquipment : R;

NoEquipment : N;

//destination in yangoon FIR

Destination : VYMM, VYYY, VYNT, VYBG, VYMD, VYHH, VYLS, VYHL, VYSH, VYTD, VYPN;

PBN:A1;

Separation : 7 mins, 50 nm;

Rules : WestRule4;

Separation : 10 mins, 80 nm;

targetFix :BETNO, LIMLA, TANEK;

targetTime : between 1200 and 1245;

TargetRules : WestRule1, WestRule2, WestRule3, WestRule4;

5.2.5.2 ข้อมูลนำเข้าสำหรับทดสอบ

- ข้อมูลแผนการบิน

  (FPL-EVA67-IS -B77W/H-SDE1E2E3FGHIJ3J5M1RWY/LB1D1 -VTBS0610 -M083F300 JEANS1B LIMLA L507 BGO/M083F320 L507 CEA/N0500F320 R460 LLK M890 SAMAR A466 DI N644 PAVLO/N0498F320 N644 LEMOD/K0900F320 N644

MEKOL/K0893F340 N644 RODAR/N0477F360 N644 ADEKI L850 BANUT/K0879F360 B147 TISOM L850 OGATA/N0472F360 UL850 TIRVO UL624 GLT/N0474F380 UL624 LABUK UY444 ELMEK/N0469F360 UL602 RKN UP20 GORLO UL980 LOGAN LAM3A -EGLL1248 EGCC -PBN/A1B1C1D1O1S1S2 DOF/121228 REG/B16712 EET/VYYF0028 VECF0128 VGFR0141 VECF0155 VIDF0250 OPLR0419 OAKX0506 UTAV0551 UTAA0609 UTAK0650 UBBA0718 UGGG0748 URRV0833 UKFV0855 UKOV0934 LRBB0935 LHCC1025 LZBB1037 LKAA1051 EDUU1123 EDVV1144 EHAA1158 EGTT1222 SEL/APHL OPR/EVA RALT/VYYY OPKC LTAC EGLL RMK/TCAS)

- จุดที่สนใจ LIMLA
- ความสูง 320 NM
- เวลา 12:00

5.2.5.3 ผลลัพธ์จากซอฟต์แวร์ของระบบและจากผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 8 ผลลัพธ์จากซอฟต์แวร์ของระบบและจากผู้เชี่ยวชาญแนวทางที่ 1 ตัวอย่างที่ 5

ผลลัพธ์จากซอฟต์เวร์	ผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ
7 นาที 50 นอติคอลไมล์	7 นาที 50นอติคอลไมล์

5.2.5.4 ข้อสังเกต

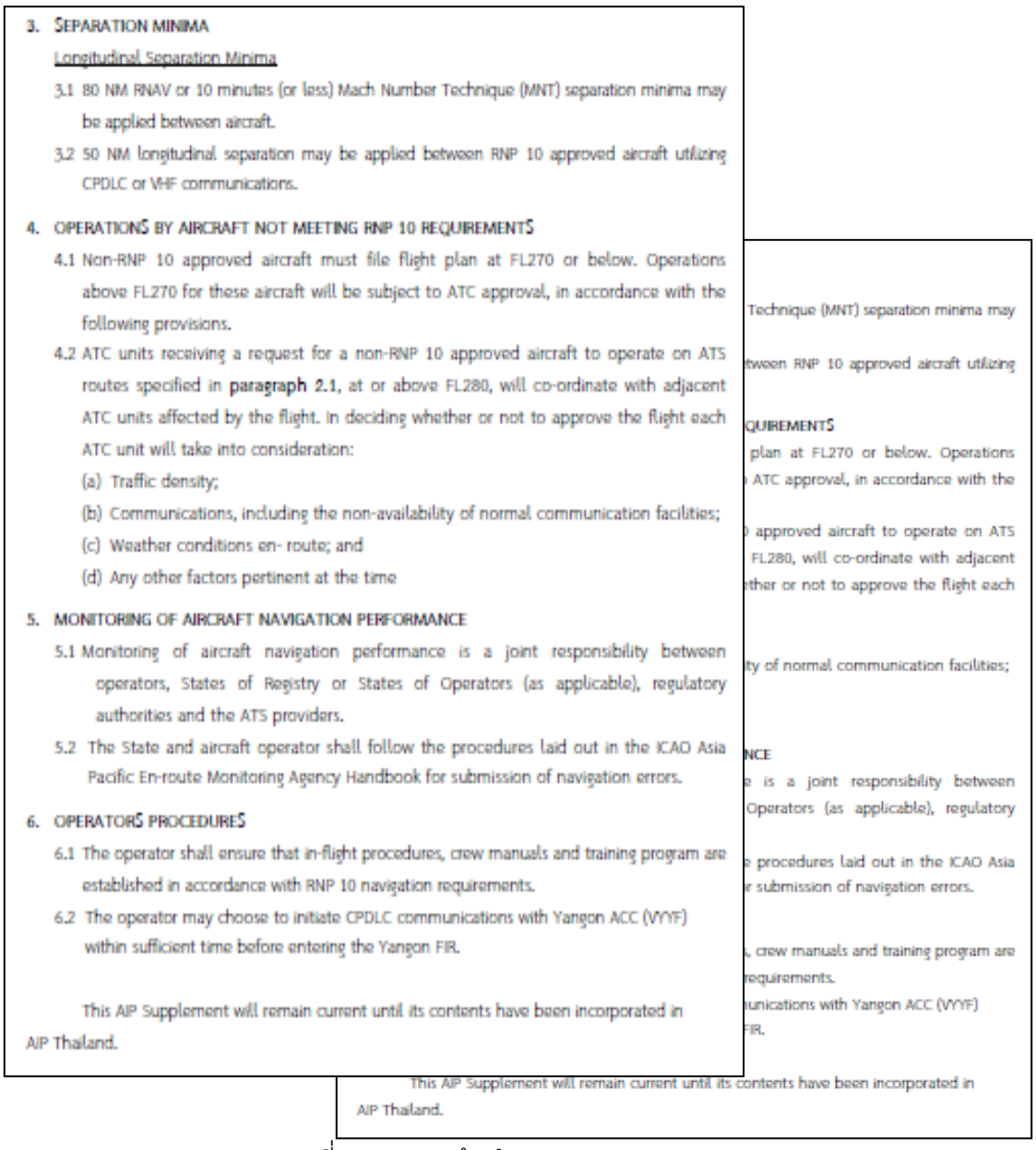
จากข้อกำหนดที่สร้างโดยเออาร์เอสแอล อากาศยานที่ผ่านจุด LIMLA ผู้ควบคุมการจราจรทางอากาศจะต้องจัดระยะห่างระหว่างอากาศยานที่ 7 นาทีเมื่ออากาศยานระบุความสามารถในการนำร่อง(RNAV)และปลายทางไม่อยู่ในประเทศพม่าเมื่อความสูงของอากาศยานมากกว่า 27,000 ฟุต จากแผนการบินระบุความสามารถในการนำร่องที่ไอเท็ม 10 และระบุพีบีเอ็นไว้ที่ไอเท็ม 18 โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการร้องขอระยะห่างโดยผู้เชี่ยวชาญจึงเท่ากับผลลัพธ์ที่ได้จากซอฟต์แวร์คือ 7 นาที ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมื่อใช้เออาร์เอสแอลกับตัวอย่างที่ 5 สามารถใช้ได้จริงในเชิงปฏิบัติ

5.3 การประเมินแนวทางที่ 2 (ปริมาณข้อมูลปกติเปรียบเทียบกับเออาร์เอสแอล)

5.3.1 ผลการเปรียบเทียบด้วยแนวทางที่ 2 ตัวอย่างที่ 1

เปรียบเทียบจำนวนพยัญชนะจากเอกสารข้อกำหนดตามภาพที่ 62กับเออาร์เอสแอลที่แปลงจากภาพที่

62



3. SEPARATION MINIMA

Longitudinal Separation Minima

3.1 80 NM RNAV or 10 minutes (or less) Mach Number Technique (MNT) separation minima may be applied between aircraft.

3.2 50 NM longitudinal separation may be applied between RNP 10 approved aircraft utilizing CPDLC or VHF communications.

4. OPERATIONS BY AIRCRAFT NOT MEETING RNP 10 REQUIREMENTS

4.1 Non-RNP 10 approved aircraft must file flight plan at FL270 or below. Operations above FL270 for these aircraft will be subject to ATC approval, in accordance with the following provisions.

4.2 ATC units receiving a request for a non-RNP 10 approved aircraft to operate on ATS routes specified in **paragraph 2.1**, at or above FL280, will co-ordinate with adjacent ATC units affected by the flight. In deciding whether or not to approve the flight each ATC unit will take into consideration:

(a) Traffic density;

(b) Communications, including the non-availability of normal communication facilities;

(c) Weather conditions en- route; and

(d) Any other factors pertinent at the time

5. MONITORING OF AIRCRAFT NAVIGATION PERFORMANCE

5.1 Monitoring of aircraft navigation performance is a joint responsibility between operators, States of Registry or States of Operators (as applicable), regulatory authorities and the ATS providers.

5.2 The State and aircraft operator shall follow the procedures laid out in the ICAO Asia Pacific En-route Monitoring Agency Handbook for submission of navigation errors.

6. OPERATORS PROCEDURES

6.1 The operator shall ensure that in-flight procedures, crew manuals and training program are established in accordance with RNP 10 navigation requirements.

6.2 The operator may choose to initiate CPDLC communications with Yangon ACC (VYYF) within sufficient time before entering the Yangon FIR.

This AIP Supplement will remain current until its contents have been incorporated in AIP Thailand.

ภาพที่ 62 เอกสารข้อกำหนด A16/11(ผนวก ค)

5.3.1.1 แปลงข้อกำหนดเป็นเออาร์เอสแอล

จากภาพที่ 62 สามารถแปลงเป็นเออาร์เอสแอลได้ดังนี้

Rules : WestRule1;

//CPDLC require if not yangoon FIR

HasEquipment : S, R, J;

PBN:A1;

FlightLevel: >270;

Separation : 7 mins, 50 nm;

Rules : WestRule2;

//VHF is required if not yangoon FIR

HasEquipment : S, V;

PBN:A1;

Separation : 7 mins, 50 nm;

Rules : WestRule3;

//no CPDLC require when destination in Yangoon FIR

HasEquipment : R;

NoEquipment : N;

//destination in yangoon FIR

Destination : VYMM, VYYY, VYNT, VYBG, VYMD, VYHH, VYLS, VYHL, VYSH, VYTD, VYPN;

PBN:A1;

Separation : 7 mins, 50 nm;

Rules : WestRule4;

Separation : 10 mins, 80 nm;

targetFix :BETNO, LIMLA, TANEK;

TargetRules : WestRule1, WestRule2, WestRule3, WestRule4;

5.3.1.2 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบปริมาณข้อมูล

ตารางที่ 9 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบปริมาณข้อมูล

ปริมาณข้อมูลจากข้อกำหนด(ตัวอักษร)	ปริมาณข้อมูลจากเออาร์เอสแอล(ตัวอักษร)
3,055	560

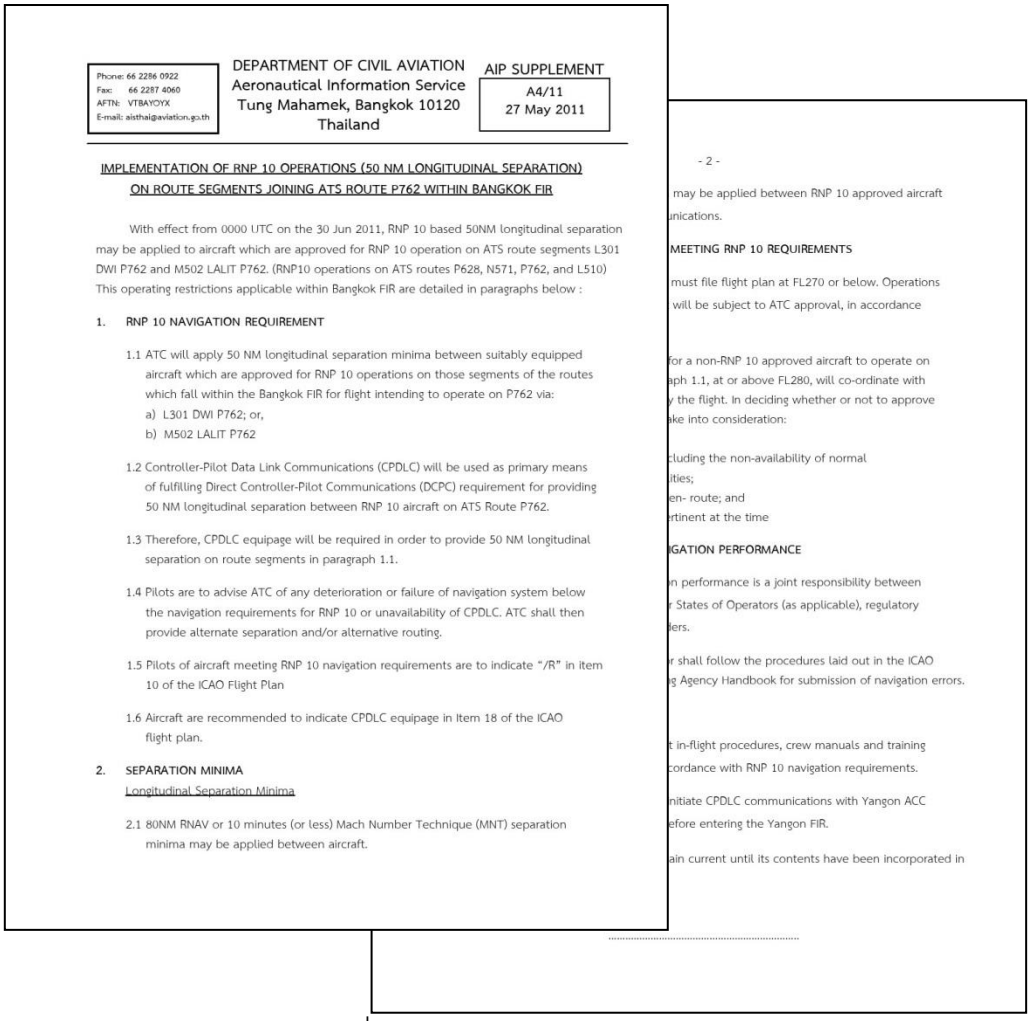
ปริมาณข้อมูลน้อยลง = $\frac{3,055-560}{3,055} \times 100$= 81.660%

5.3.1.3 **ข้อสังเกต**

จากตารางที่ 9 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบปริมาณข้อมูลจากข้อกำหนดเดิมที่อยู่ในรูปแบบภาษาที่ใช้ในปัจจุบันพบว่าเมื่อแปลงให้อยู่ในรูปของ ภาษาเออาร์เอสแอลแล้วสามารถลดจำนวนตัวอักษรได้เป็นจำนวนมากถึง 81.660 % ในตัวอย่างที่ 1 แต่อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตุว่าในเอกสารข้อกำหนดนั้นไม่ได้ระบุเฉพาะข้อกำหนดเกี่ยวกับการระบุระยะห่างเท่านั้นยังระบุวิธีปฏิบัติที่ใช้ในการควบคุมอีกด้วยดังนั้นเออาร์เอสแอลยังไม่สามารถแทนเอกสารข้อกำหนดตัวอย่างที่ 1 ได้ทั้งฉบับ เพียงแต่เพียงพอในการแปลงให้อยู่ในรูปเออาร์เอสแอลที่สามารถใช้คอมพิวเตอร์อ่านได้และสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายโดยมนุษย์

5.3.2 **ผลการเปรียบเทียบด้วยแนวทางที่ 2 ตัวอย่างที่ 2**

เปรียบเทียบจำนวนพยัญชนะจากเอกสารข้อกำหนดตามภาพที่ 65 กับเออาร์เอสแอลที่แปลงจาก ภาพที่ 63



Phone: 66 2286 0922
Fax: 66 2287 4060
AFTN: VTBAYOYX
E-mail: aisthai@aviation.go.th

DEPARTMENT OF CIVIL AVIATION
Aeronautical Information Service
Tung Mahamek, Bangkok 10120
Thailand

AIP SUPPLEMENT
A4/11
27 May 2011

IMPLEMENTATION OF RNP 10 OPERATIONS (50 NM LONGITUDINAL SEPARATION) ON ROUTE SEGMENTS JOINING ATS ROUTE P762 WITHIN BANGKOK FIR

With effect from 0000 UTC on the 30 Jun 2011, RNP 10 based 50NM longitudinal separation may be applied to aircraft which are approved for RNP 10 operation on ATS route segments L301 DWI P762 and M502 LALIT P762. (RNP10 operations on ATS routes P628, N571, P762, and L510) This operating restrictions applicable within Bangkok FIR are detailed in paragraphs below :

1. RNP 10 NAVIGATION REQUIREMENT

1.1 ATC will apply 50 NM longitudinal separation minima between suitably equipped aircraft which are approved for RNP 10 operations on those segments of the routes which fall within the Bangkok FIR for flight intending to operate on P762 via:
a) L301 DWI P762; or,
b) M502 LALIT P762

1.2 Controller-Pilot Data Link Communications (CPDLC) will be used as primary means of fulfilling Direct Controller-Pilot Communications (DCPC) requirement for providing 50 NM longitudinal separation between RNP 10 aircraft on ATS Route P762.

1.3 Therefore, CPDLC equipage will be required in order to provide 50 NM longitudinal separation on route segments in paragraph 1.1.

1.4 Pilots are to advise ATC of any deterioration or failure of navigation system below the navigation requirements for RNP 10 or unavailability of CPDLC. ATC shall then provide alternate separation and/or alternative routing.

1.5 Pilots of aircraft meeting RNP 10 navigation requirements are to indicate "/R" in item 10 of the ICAO Flight Plan

1.6 Aircraft are recommended to indicate CPDLC equipage in Item 18 of the ICAO flight plan.

2. SEPARATION MINIMA

Longitudinal Separation Minima

2.1 80NM RNAV or 10 minutes (or less) Mach Number Technique (MNT) separation minima may be applied between aircraft.

- 2 -

may be applied between RNP 10 approved aircraft
unications.

MEETING RNP 10 REQUIREMENTS

must file flight plan at FL270 or below. Operations
will be subject to ATC approval, in accordance

for a non-RNP 10 approved aircraft to operate on
aph 1.1, at or above FL280, will co-ordinate with
the flight. In deciding whether or not to approve
ake into consideration:

cluding the non-availability of normal
ities;
en- route; and
rtinent at the time

GATION PERFORMANCE

n performance is a joint responsibility between
States of Operators (as applicable), regulatory
lers.

r shall follow the procedures laid out in the ICAO
g Agency Handbook for submission of navigation errors.

t in-flight procedures, crew manuals and training
cordance with RNP 10 navigation requirements.

nitiate CPDLC communications with Yangon ACC
efore entering the Yangon FIR.

ain current until its contents have been incorporated in

ภาพที่ 63 เอกสารข้อกำหนด A4/11(ผนวก ค)

5.3.2.1 แปลงข้อกำหนดเป็นเออาร์เอสแอล

จากภาพที่ 63 สามารถแปลงเป็นเออาร์เอสแอลได้ดังนี้

Rules : P762Rules1;

HasEquipment : S, R, J;

PBN:A1;

FlightLevel: >270;

Separation : 7 mins, 50 nm;

Rules : P762Rules 2;

HasEquipment : S, V;

PBN:A1;

Separation : 7 mins, 50 nm;

Rules : P762Rules3;

Separation : 10 mins, 80 nm;

targetFix :AKATO;

TargetRules : P762Rules1, P762Rules2, P762Rules3;

5.3.2.2 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบปริมาณข้อมูล

ตารางที่ 10 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบปริมาณข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการระบุระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานเท่านั้น

ปริมาณข้อมูลจากข้อกำหนด(ตัวอักษร)	ปริมาณข้อมูลจากเออาร์เอสแอล(ตัวอักษร)
1,658	246

ปริมาณข้อมูลน้อยลง = $\frac{1,658-246}{1,558} \times 100$= 85.160%

5.3.2.3 ข้อสังเกต

จากตารางที่ 10 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบปริมาณข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการระบุระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานเท่านั้น ข้อกำหนดเดิมที่อยู่ในรูปแบบภาษาที่ใช้ในปัจจุบันพบว่าเมื่อแปลงให้อยู่ในรูปของ ภาษาเออาร์เอสแอลแล้วสามารถลดจำนวนตัวอักษรได้เป็นจำนวนมากถึง 85.160 % ในตัวอย่างที่ 2 แต่อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตเหมือนในตัวอย่างที่ 1 ว่าในเอกสารข้อกำหนดนั้นไม่ได้ระบุเฉพาะข้อกำหนดเกี่ยวกับการระบุระยะห่างเท่านั้นยังระบุวิธีปฏิบัติที่ใช้ในการควบคุมและระเบียบปฏิบัติอีกด้วยดังนั้นเออาร์เอสแอลยังไม่สามารถแทนเอกสารข้อกำหนดในตัวอย่างที่ 2 ได้ทั้งฉบับ เพียงแต่เพียงพอในการแปลงให้อยู่ในรูปเออาร์เอสแอลที่สามารถใช้คอมพิวเตอร์อ่านได้และสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายโดยมนุษย์

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการสร้างภาษาเออาร์เสแอลเพื่ออธิบายกฎการเดินอากาศสำหรับติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เกี่ยวข้องและช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญสามารถสร้างข้อกำหนดเกี่ยวกับการระบุระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานได้อย่างโดยอิสระและสามารถเข้าใจได้ง่าย พร้อมอุปกรณ์ช่วยในการแก้ไขภาษาที่สามารถแจ้งเตือนเมื่อมีข้อผิดพลาดเบื้องต้นได้

ซึ่งจากการทดสอบหาระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานในบทที่ 5 แนวทางทดสอบที่ 1 ชี้ให้เห็นว่าเออาร์เอสแอลสามารถใช้ระบุระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานได้อย่างถูกต้องเมื่อได้รับข้อมูลที่ครบถ้วน และจากการทดสอบหาระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานในบทที่ 5 แนวทางทดสอบที่ 2 แสดงให้เห็นว่าการใช้เออาร์เอสแอลในการอธิบายข้อกำหนดนอกจากทำให้ผู้ใช้งานสามารถปรับแต่งข้อกำหนดได้เองแล้วการใช้เออาร์เอสแอลยังทำให้ปริมาณข้อมูลที่ต้องทำความเข้าใจและจัดเก็บน้อยลงอีกด้วยโดยจากตัวอย่างที่ 1 น้อยลงถึง 81.660% และจากตัวอย่างที่ 2 น้อยลงถึง 85.160 %

6.2 ข้อจำกัด

1. งานวิจัยนี้ยังไม่สามารถให้ระยะห่างที่ต้องการที่สนามบินได้
2. เซอร์วิสที่พัฒนาอยู่บนส่วนต่อประสานที่เป็นเว็บดังนั้นทุกครั้งที่มีการร้องขอหากข้อกำหนดมีปริมาณมากทำให้การร้องขอแต่ละครั้งใช้เวลามากไปด้วย
3. งานวิจัยนี้ยังต้องพึ่งพาข้อมูลอากาศยานที่มาจากแผนการบิน และจะทำงานไม่ได้เลยหากไม่มีการส่งแผนการบินเข้ามาในระบบด้วย
4. ส่วนแก้ไขเออาร์เอสแอลสามารถยังไม่มีการตรวจสอบข้อผิดพลาดที่มากไปกว่าการพิมพ์ผิดหลักไวยากรณ์ของภาษาเออาร์เอสแอล
5. บางสถานการณ์อากาศยานไม่ได้ทำการบินตามมาตรฐานเส้นทางบินการการใช้เออาร์เอสแอลไม่ครอบคลุมการระบุข้อกำหนดเพื่อระบุระยะห่างที่ต้องการระหว่างอากาศยานสำหรับอากาศยานที่ไม่ได้ทำการบินบนเส้นทางบินมาตรฐาน

6.3 แนวทางการวิจัยต่อ

- เพิ่มการให้ระยะห่างที่ต้องการที่สนามบินซึ่งมีอีกหลายคุณสมบัติที่ งานวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุมเช่น สถานะวีไอพีของเครื่อง สภาพการใช้ทางวิ่งที่สนามบินเป็นต้น

- ภาษาเออาร์เอสแอลยังอาจสร้างความสับสนใช้ผู้ที่ไม่คุ้นเคยได้ การสร้างส่วนต่อประสานที่เป็นกราฟฟิกที่สามารถแก้ไขข้อกำหนดและแปลผลข้อกำหนดให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่ายขึ้น
- ปรับปรุงส่วนแก้ไขเออาร์เอสแอลให้สามารถตรวจสอบข้อกำหนดเพื่อหาความซ้ำซ้อนของข้อกำหนดและตรวจหาความผิดพลาดอื่นๆได้อย่างชาญฉลาด
- ปรับปรุงส่วนการรับข้อมูลข้อมูลอากาศยานที่งานวิจัยนี้ใช้การพึ่งพิงข้อมูลอากาศยานจากแผนการบินเท่านั้น ให้สามารถรับข้อมูลจากรูปอื่นได้ด้วย และ/หรือ สร้างรูปแบบเฉพาะให้ระบบที่ต้องการร้องขอต้องแปลงข้อมูลอากาศยานที่ระบบมีให้

รายการอ้างอิง

[1] FAA and EUROCONTROL . AIXM : Aeronautical Information Exchange Model Version 5. [Online] . 2012 Available from : http://www.aixm.aero/public/standard_page/download.html [2012, May 20].

[2] Martin Fowler. Domain Specific Languages. by Addison-Wesley Professional, 2010.

[3] EUROCONTROL. Airport Collaborative Decision Making. 2012 Available from : http://euro-cdm.org. [2012,May 20].

[4] Alvin Sipe and John Moore, Boeing company. AIR TRAFFIC FUNCTIONS IN THE NEXTGEN AND SESAR AIRSPACE. 28th Digital Avionics Systems Conference. October 25-29, 2009.

[5] Paul Comitz. A Domain Specific Approach to Aviation Data. Integrated Communication Navigation and Surveillance Conference (ICNS), 2010.

[6] Irony. .NET Language Implementation Kit [Online]. 2013 Available from : http://irony.codeplex.com/,January 2013.

[7] International Civil Aviation Organization. Procedures for Air Navigation Services Air Traffic Management- Doc 4444. 2007.

[8] Department of Cicil Aviation Thailand. AIP Thailand [Online]. 2013. Available from : http://www.aisthai.go.th/webais/download_aip.php. [2013, January 1]

[9] Arpaia, P., Fiscarelli, L., Commara, L., Petrone, C. A Model-Driven Domain Specific Scripting Language for Measurement-System Frameworks. IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, vol .60 No.12. 2011 : 3756.

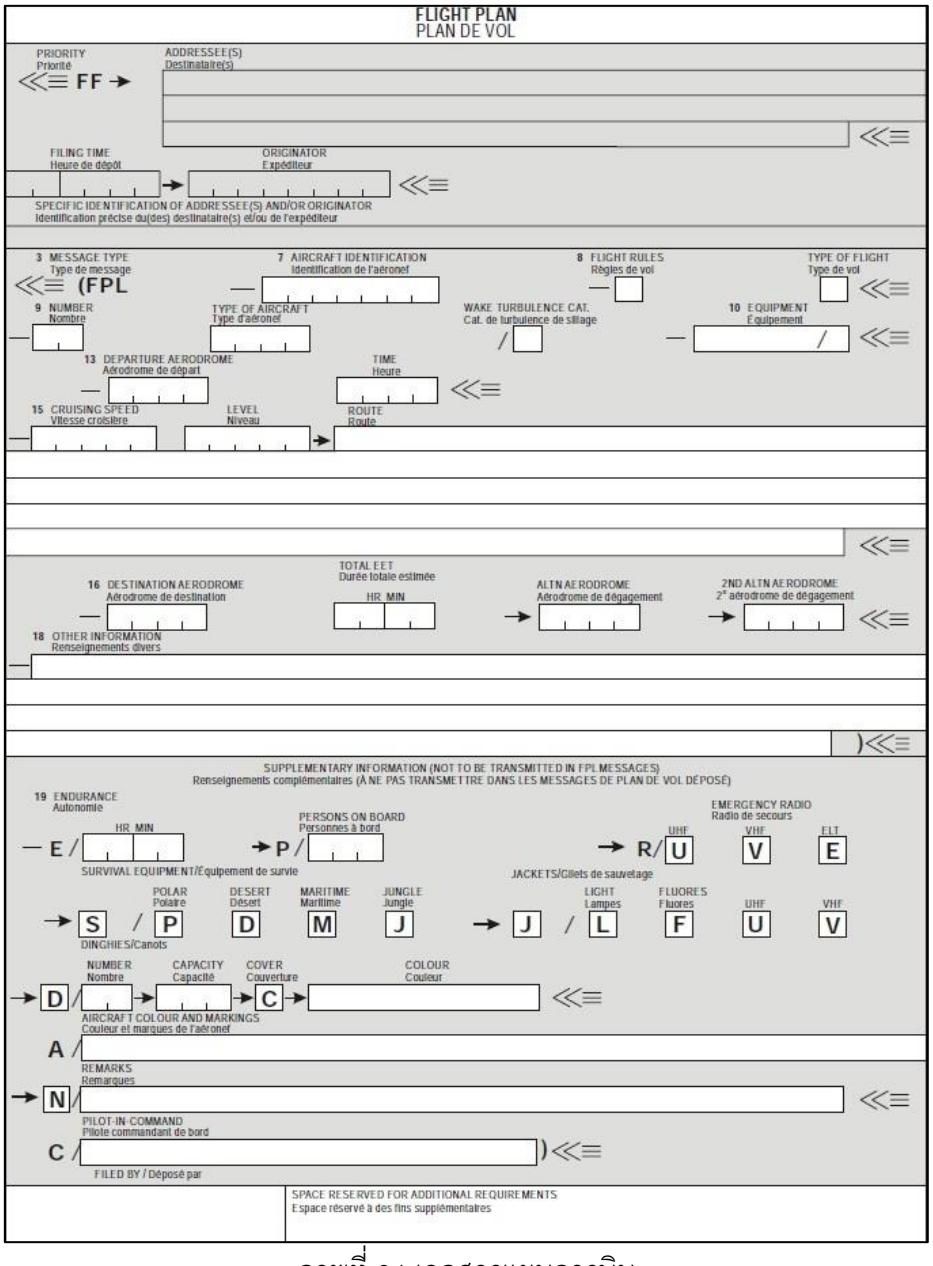
[10] Jimenez, M., Rosique, F., Sanchez, P., Alvarez, B., Iborra, A. Hibitation: Domain Specific Language for Home Automation. IEEE SOFTWARE 26. 2009 : 30-38.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

แผนการบิน

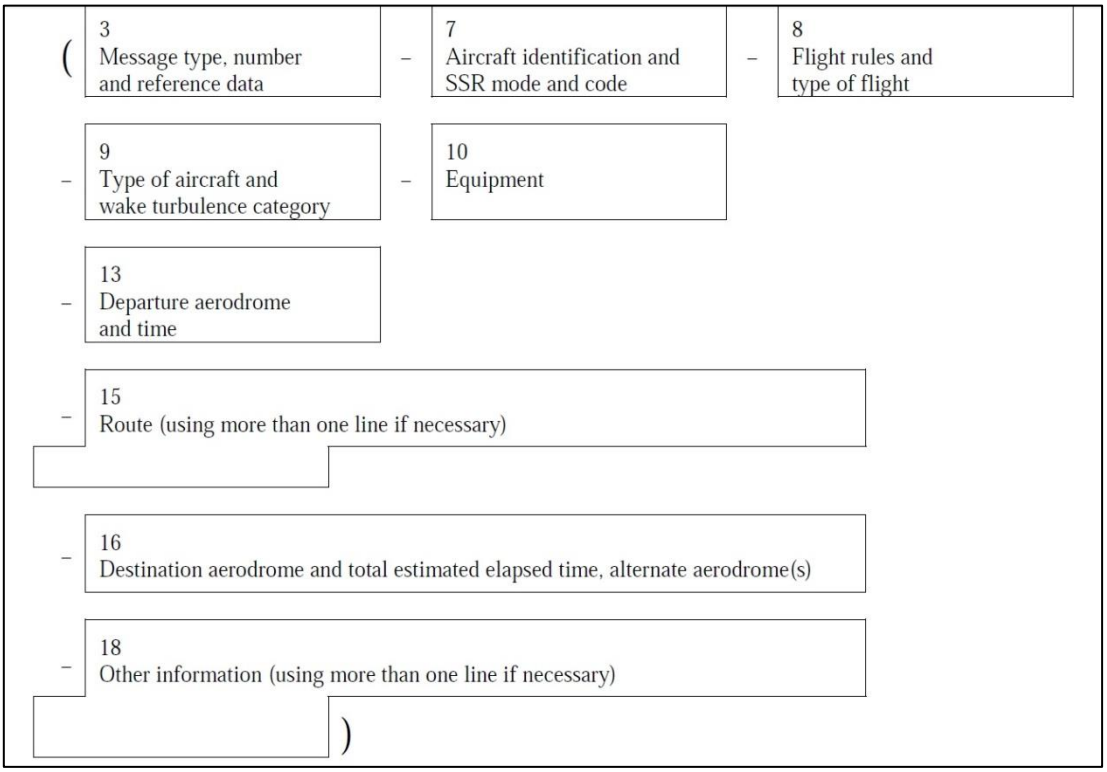
แผนการบินคือ เอกสารที่นักบินหรือพนักงานอำนวยการบิน ที่ได้รับอนุญาตจากองค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศต้องกรอกก่อนนำเครื่องขึ้นจากสนามบินได้ ข้อกำหนดลักษณะของแผนการบินถูกระบุอยู่ในเอกสาร ICAO Doc4444. แผนการบินประกอบด้วยข้อมูลเบื้องต้น เช่นสนามบินต้นทาง, สนามบินปลายทาง, เส้นทางบิน, อุปกรณ์ของอากาศยานและ ชนิดของอากาศยานตามภาพที่ 64



ภาพที่ 64 เอกสารแผนการบิน

แผนการบินแบ่งออกเป็น 6 ชนิดตามประเภทการใช้งานได้แก่

1. แผนการบินที่ต้องส่งก่อนทำการบิน(Flight Plan (FPL) Message) ตามภาพที่ 65



ภาพที่ 65 รูปแบบแผนการบินที่ต้องส่งก่อนทำการบิน

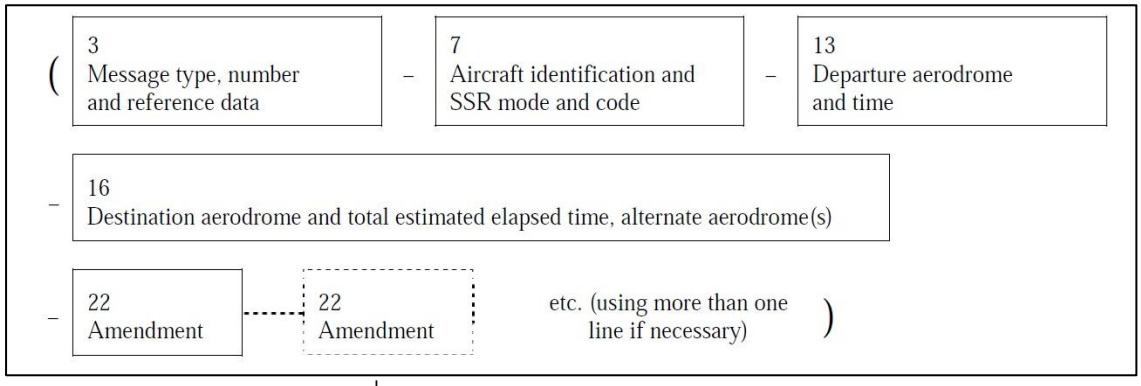
ตัวอย่างแผนการบินถูกส่งโดยท่าอากาศยานลอนดอนไปยังศูนย์ที่ แชนซอน แชนวิคและแกนดาร์

FPL-ACA101-IS–B773/H-CHOV/C–EGLL1400
–N0450F310 L9 UL9 STU285036/M082F310 UL9 LIMRI 52N020W 52N030W 50N040W 49N050W–CYQX0455 CYYR–EET/EISN0026 EGGX0111 020W0136 CYQX0228 040W0330 050W0415 SEL/FJEL)

จากข้อความข้างต้นสามารถแปลความหมายได้ดังนี้
แผนการบินที่ถูกยื่นแล้ว-หมายเลขอากาศยานคือ ACA101- ทำการบินโดยใช้เครื่องช่วยและมีกำหนดการล่วงหน้า-เป็นเครื่องโบอิ้ง 777-300 ขนาดใหญ่อุปกรณ์ประกอบด้วย Loran C, HF RTF, VOR, VHF RTF และ SSR โหมดเอ และซี - ท่าอากาศยานต้นทางคือลอนดอน คาดการณ์

เวลาถอยออกจากหลุมจอด 1400 เวลามาตรฐานสากล- ความเร็วความสูงที่ต้องการสำหรับเข้าเส้นทางบินแรกคือ 450 นอต ที่ความสูง 31,000 ฟุต-อากาศยานจะบินตามเส้นทางบินลิมา 9 และอัปเปอร์ 9 เพื่อไปยังจุดทิศทาง 285 องศาและ 36 นอติคอลไมล์ ของวีโออาร์ จากจุดนี้อากาศยานจะบินด้วยความเร็วคงที่ที่เลขมัค .82 ตามอัปเปอร์ลิมาไปยังลิมรี แล้วต่อไปยัง 52N20W, 52N30W, 50N40W, 49N50W ไปถึงปลายทางแกนดาร์ โดยใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 4 ชั่วโมง 55 นาที-และมีสนามบินสำรองคือกูซเบย์-กัปตันได้ให้เวลาที่คาดการณ์ว่าจะผ่านจุดต่างๆที่อยู่ในเส้นทางบินตลอดเส้นทางบินและจะไปถึงเขตการบินของแชนนอนใน 26 นาที และเข้าสู่เขตการบินคาบสมุทรแชนวิคที่ 1 ชั่วโมง 11 นาที และถึง 20W ที่ 1 ชั่วโมง 36 นาที และถึง เขตการบินคาบสมุทรแกนดาร์ที่ 2 ชั่วโมง 28 นาที และถึง 40W ที่ 3 ชั่วโมง 30 นาที และถึง 50W ที่ 4 ชั่วโมง 15 นาที-รหัสซีแคลคือ FJEL

2. ข้อความแก้ไขแผนการบิน (Modification (CHG) message) ตามภาพที่ 66



ภาพที่ 66 รูปแบบข้อความแก้ไขแผนการบิน

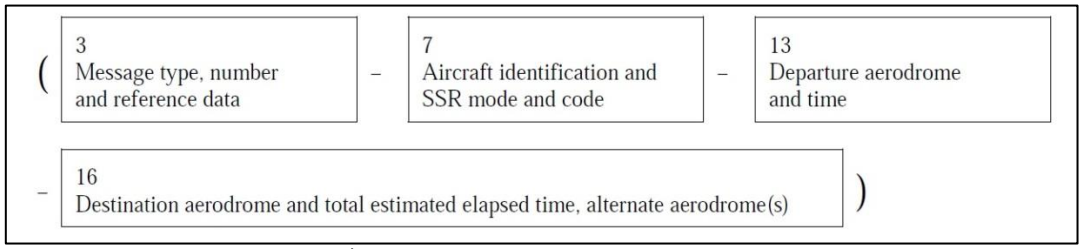
ตัวอย่างข้อความแก้ไขแผนการบินถูกส่งศูนย์อัมสเตอร์ดัมไปยังศูนย์แฟรงค์เฟิร์ตเพื่อแก้ไขข้อมูลแผนการบินที่ถูกส่งไปยังแฟรงค์เฟิร์ตโดยคาดการว่าทั้งสองศูนย์มีคอมพิวเตอร์ปฏิบัติงาน

(CHG/F016A/F014-GABWE/A2173-EHAM0850-EDDF-DOF/080122-8/I-16/EDDN)

จากข้อความข้างต้นสามารถแปลความหมายได้ดังนี้

ข้อความแก้ไขแผนการบิน-หมายเลขเครื่องที่อัมสเตอร์ดัมและแฟรงเฟิร์ต-หมายเลขอากาศยานคือ GABWE, หมายเลข sqawk คือ A2173 บินจากอัมสเตอร์ดัมที่เวลาคาดการณ์ออกจากหลุมจอดประมาณ 0850 เวลามาตรฐานสากล ไปยังแฟรงเฟิร์ตะวันที่ 22 มกราคม 2008 – ที่ไอเท็ม 8 เปลี่ยนเป็นทำการบินด้วยเครื่องช่วยและที่ไอเท็ม 16 เปลี่ยนปลายทางเป็นนูเรมเบร์ก

3. ข้อความยกเลิกแผนการบิน (Flight plan cancellation (CNL) message) ตามภาพที่ 67



ภาพที่ 67 รูปแบบข้อความยกเลิกแผนการบิน

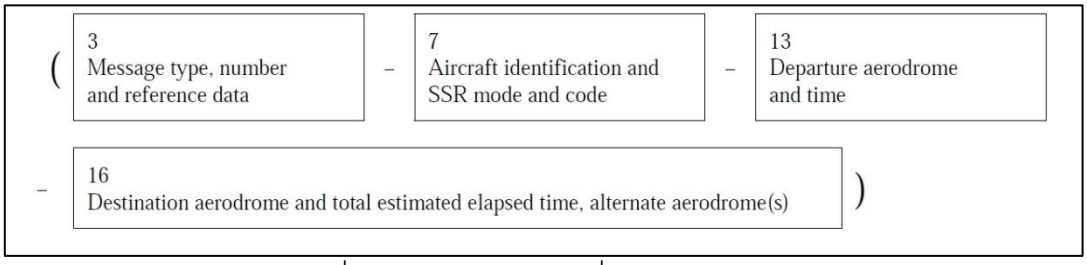
ตัวอย่างข้อความยกเลิกแผนการบินถูกส่งไปยังทุกหน่วยที่ได้รับแผนการบินนั้น

(CNL-DLH522-EDBB0900-LFPO-0)

จากข้อความข้างต้นสามารถแปลความหมายได้ดังนี้

ข้อความยกเลิกแผนการบิน-ยกเลิกแผนการบินอากาศยานหมายเลข DLH522-ทำการบินจากเบอร์ลินที่เวลาคาดการณ์ออกจากหลุมจอด 0900 ตามเวลามาตรฐานสากล-ไม่มีข้อมูลอื่น

4. ข้อความเลื่อนเวลาทำการบิน (Delay (DLA) message) ตามภาพที่ 68



ภาพที่ 68 รูปแบบข้อความเลื่อนเวลาทำการบิน

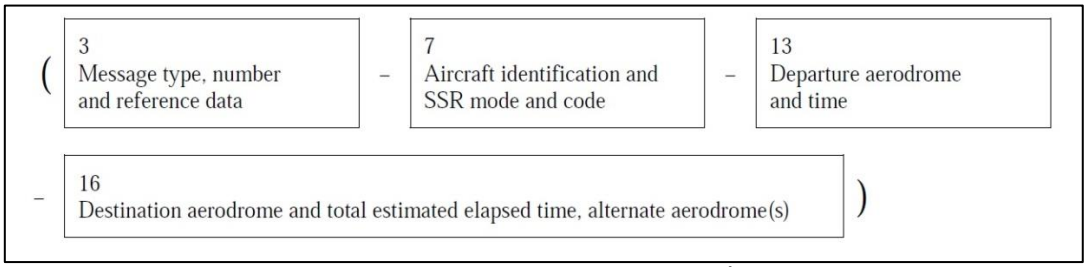
ตัวอย่างข้อความเลื่อนเวลาทำการบินถูกส่งจากท่ากาศยานที่อากาศยานจะทำการขึ้นบินหรือผู้ทำหน้าที่ประสานงานที่ท่าอากาศยานไปยังทุกส่วนที่เกี่ยวข้อง

(DLA-KLM671-LIRF0900-LYDU-0)

จากข้อความข้างต้นสามารถแปลความหมายได้ดังนี้

ข้อความเลื่อนเวลาทำการบิน-หมายเลขอากาศยาน KLM671-แก้เวลาคาดการณ์ออกจากหลุมจอดที่สนามบิน Fiumicino เป็นเวลา 0900 ตามเวลามาตรฐานสากล-ไม่มีข้อมูลอื่นเพิ่มเติม

5. ข้อความยืนยันการขึ้นบิน (Departure (DEP) message) ภาพที่ 69



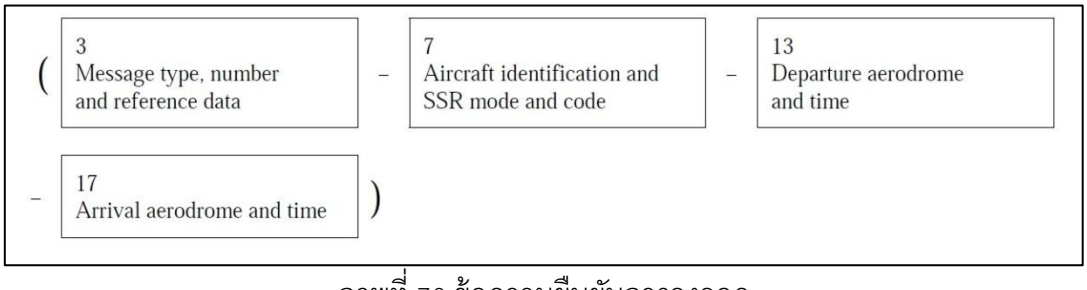
ภาพที่ 69 รูปแบบข้อความยืนยันการขึ้นบิน

ตัวอย่างข้อความยืนยันการขึ้นบินถูกส่งจากท่ากาศยานที่อากาศยานจะทำการขึ้นบินหรือผู้ทำหน้าที่ประสานงานที่ท่าอากาศยานไปยังทุกหน่วยที่เกี่ยวข้อง

(DEP-CSA4311-EGPD1923-ENZV-0)

จากข้อความข้างต้นสามารถแปลความหมายได้ดังนี้
ข้อความยืนยันการขึ้นบิน-อากาศยานหมายเลข CSA4311-ขึ้นบินแล้วจากอาร์เดอร์ดีนที่เวลา 1923 ตามเวลามาตรฐานสากล- มีปลายทางที่สตาร์แวนเจอร์-ไม่มีข้อมูลอื่น

6. ข้อความยืนยันการลงจอด (Arrival (ARR) message) ภาพที่ 70



ภาพที่ 70 ข้อความยืนยันการลงจอด

ตัวอย่างข้อความยืนยันการลงจอดถูกส่งจากท่ากาศยานที่อากาศยานลงจอดหรือผู้ทำหน้าที่ประสานงานที่ท่าอากาศยานไปยังทุกหน่วยที่เกี่ยวข้อง

(ARR-CSA406-LHBP0800-LKPR0913)

จากข้อความข้างต้นสามารถแปลความหมายได้ดังนี้
ข้อความยืนยันการลงจอด-หมายเลขอากาศยาน CSA406-ทำการบินจากบูดาเปสที่เวลา 0800

ตามเวลามาตรฐานสากล-ลงจอดแล้วที่ปรากที่เวลา 0913 ตามเวลามาตรฐานสากล

เขตข้อมูลของแผนการบินแบ่งออกเป็นไอเท็มประกอบด้วย

1. ไอเท็ม 7 (ITEM7)

   คือรหัสเรียกเครื่อง (Aircraft identification)

   มีความยาวสูงสุด 7 ตัวอักษรอาจมีหรือไม่มีตัวเลขก็ได้

2. ไอเท็ม 8 (ITEM 8)

   คือ กฎการบิน และ ชนิดการบิน (Flight rules and type of flight)

   - กฎการบินแบ่งได้ 4 ประเภทคือ
     - I หากเครื่องเป็น IFR
     - V หากเครื่องเป็น VFR
     - Y หากเครื่องเป็น IFR ก่อนเปลี่ยนกฎการบิน
     - Z หากเครื่องเป็น VFR ก่อนเปลี่ยนกฎการบิน
   - ชนิดการบินแบ่งได้ 5 ประเภทคือ
     - S หากเป็นเครื่องพานิชย์ที่วางแผนไว้
     - N หากเป็นเครื่องไม่ได้วางแผนไว้
     - G หากเป็นเครื่องทั่วไป
     - M หากเป็นเครื่องทหาร
     - X หากเป็นเครื่องที่ไม่ได้ถูกจัดไว้ด้านบน

3. ไอเท็ม 9 (ITEM 9)

   คือ จำนวนอากาศยานและชนิดของอากาศยานและขนาดของอากาศยาน

   (Number and Type of aircraft and wake turbulance category)

   - จำนวนอากาศยานเป็นตัวเลข 1-2 ตัวอักษร
   - ชนิดของอากาศยาน 2-4 ตัวอักษร
   - ขนาดของอากาศยาน 1 ตัวอักษรประกอบด้วย
     - H(Heavy) คือขนาดใหญ่
     - M (Medium) คือขนาดปานกลาง
     - L (Light) คือขนาดเล็ก

4. ไอเท็ม 10 (ITEM 10)

   คือ อุปกรณ์ของอากาศยาน(Equipment)

5. ไอเท็ม 13 (ITEM 13)

คือ สนามบินต้นทางและเวลาถอยออกจากสแตนด์ (Departure aerodrome and time)

ประกอบด้วย 8 ตัวอักษร 4 ตัวแรกบอกสนามบิน 4 ตัวหลังบอก เวลาออกจากสแตนด์

6. ไอเท็ม 15 (ITEM15)

คือ เส้นทางบิน (Route)

ประกอบด้วย

- ความเร็ว (Cruising speed)
- ความสูง (Cruising Level)
- เส้นทางบิน หรือ จุด (Route or signigicant point)

7. ไอเท็ม 16 (ITEM 16)

คือ สนามบินปลายทางและเวลาที่ใช้เดินทางและสนามบินสำรอง (Destination aerodrome and total estimated elapsed time, alternate aerodrome(s))

ประกอบด้วย สนามบินปลายทาง 4 ตัวอักษร เวลาที่ใช้เดินทาง 4 ตัวอักษร และสนามบินสำรอง 4 ตัวอักษร

8. ไอเท็ม 18 (ITEM 18)

คือ ข้อมูลอื่นๆ (Other information)

ภาคผนวก ข.

ไอโรนี (Irony - .NET Language Implementation Kit.)

หลักการทำงาน

ไอโรนีเป็นชุดพัฒนาสำหรับสร้างภาษาโดเมนจำเพาะบนแพลตฟอร์มดอทเน็ตเฟรมเวิร์ค (.NET Framework) ซึ่งแตกต่างอย่างมากจากการสร้างภาษาแบบ yacc/lex ไอโรนีไม่จำเป็นต้องรวมส่วนสแกนเนอร์และตัวแจงส่วนเข้าไปในการสร้างไวยากรณ์ที่ถูกเขียนโดยระบุบนเมทาของภาษา ในไอโรนีไวยากรณ์ของภาษาที่สร้าง ถูกสร้างขึ้นโดยตรงจากภาษา C# โดยใช้โอเปอร์เรเตอร์ระบุรูปแบบของไวยากรณ์ สแกนเนอร์และตัวแจงส่วนของไอโรนีใช้คลาสของ C# ภายใต้ดอทเน็ตแพลทฟอร์มในการดำเนินการแจงส่วน ดังตัวอย่างด้านล่างตามภาพที่ ภาพที่ 71, ภาพที่ 72, ภาพที่ 73, ภาพที่ 74, ภาพที่ 75 และ ภาพที่ 76

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Text;
using Irony.Parsing;
using Irony.Ast;

namespace Irony.Samples {
  // This grammar describes programs that consist of simple expressions and assignments
  // for ex:
  // x = 3
  // y = -x + 5
  //  the result of calculation is the result of last expression or assignment.
  //  Irony's default  runtime provides expression evaluation.
  //  supports inc/dec operators (++,--), both prefix and postfix,
  //  and combined assignment operators like +=, -=, etc.

  [Language("ExpressionEvaluator", "1.0", "Multi-line expression evaluator")]
  public class ExpressionEvaluatorGrammar : Irony.Parsing.Grammar {
    public ExpressionEvaluatorGrammar() {

      // 1. Terminals
      var number = new NumberLiteral("number");
      //Let's allow big integers (with unlimited number of digits):
      number.DefaultIntTypes = new TypeCode[] { TypeCode.Int32, TypeCode.Int64,
NumberLiteral.TypeCodeBigInt };
      var identifier = new IdentifierTerminal("identifier");
      var comment = new CommentTerminal("comment", "#", "\n", "\r");
```

ภาพที่ 71 ตัวอย่างการประกาศคลาสของไอโรนี

```
      //comment must to be added to NonGrammarTerminals list; it is not used directly in
grammar rules,
      // so we add it to this list to let Scanner know that it is also a valid terminal.
      base.NonGrammarTerminals.Add(comment);

      // 2. Non-terminals
      var Expr = new NonTerminal("Expr");
      var Term = new NonTerminal("Term");
      var BinExpr = new NonTerminal("BinExpr", typeof(BinExprNode));
      var ParExpr = new NonTerminal("ParExpr");
      var UnExpr = new NonTerminal("UnExpr", typeof(UnExprNode));
      var UnOp = new NonTerminal("UnOp");
      var BinOp = new NonTerminal("BinOp", "operator");
      var PostFixExpr = new NonTerminal("PostFixExpr", typeof(UnExprNode));
      var PostFixOp = new NonTerminal("PostFixOp");
      var AssignmentStmt = new NonTerminal("AssignmentStmt", typeof(AssigmentNode));
      var AssignmentOp = new NonTerminal("AssignmentOp", "assignment operator");
      var Statement = new NonTerminal("Statement");
      var ProgramLine = new NonTerminal("ProgramLine");
      var Program = new NonTerminal("Program", typeof(StatementListNode));
```

ภาพที่ 72 ตัวอย่างประกาศตัวแปรโหนดของไอโรนี

```
      // 3. BNF rules
      Expr.Rule = Term | UnExpr | BinExpr | PostFixExpr;
      Term.Rule = number | ParExpr | identifier;
      ParExpr.Rule = "(" + Expr + ")";
      UnExpr.Rule = UnOp + Term;
      UnOp.Rule = ToTerm("+") | "-" | "++" | "--";
      BinExpr.Rule = Expr + BinOp + Expr;
      BinOp.Rule = ToTerm("+") | "-" | "*" | "/" | "**";
      PostFixExpr.Rule = Term + PostFixOp;
      PostFixOp.Rule = ToTerm("++") | "--";
      AssignmentStmt.Rule = identifier + AssignmentOp + Expr;
      AssignmentOp.Rule = ToTerm("=") | "+=" | "-=" | "*=" | "/=";
      Statement.Rule = AssignmentStmt | Expr | Empty;
      ProgramLine.Rule = Statement + NewLine;
      Program.Rule = MakeStarRule(Program, ProgramLine);
      this.Root = Program;       // Set grammar root
```

ภาพที่ 73 ตัวอย่างการประกาศกฎให้กับไวยากรณ์ในไอโรนี

```
      // 4. Operators precedence
      RegisterOperators(1, "+", "-");
      RegisterOperators(2, "*", "/");
      RegisterOperators(3, Associativity.Right, "**");
```

ภาพที่ 74 ตัวอย่างการประกาศโอเปอร์เรเตอร์ของไอโรนี

```
      // 5. Punctuation and transient terms
      RegisterPunctuation("(", ")");
      RegisterBracePair("(", ")");
      MarkTransient(Term, Expr, Statement, BinOp, UnOp, PostFixOp, AssignmentOp,
ProgramLine, ParExpr);
```

ภาพที่ 75 ตัวอย่างการประกาศวรรคตอนในไอโรนี

```
     //automatically add NewLine before EOF so that our BNF rules work correctly when
there's no final line break in source
      this.LanguageFlags = LanguageFlags.CreateAst | LanguageFlags.NewLineBeforeEOF |
LanguageFlags.CanRunSample;

    }
  }
}//namespace
```

ภาพที่ 76 ตัวอย่างการประกาศสร้างโหนดนามธรรม

ภาคผนวก ค.

ประกาศข้อมูลข่าวสารการเดินอากาศของประเทศไทย

ข้อมูลข่าวสารการเดินอากาศของประเทศไทยที่ใช้ในบทที่ 3 ตามภาพที่ 77, ภาพที่ 78, ภาพที่ 79 และ ภาพที่ 80

Phone: 66 2286 0922
Fax: 66 2287 4060
AFTN: VTBAYOYX
E-mail: aisthai@aviation.go.th

DEPARTMENT OF CIVIL AVIATION
Aeronautical Information Service
Tung Mahamek, Bangkok 10120
Thailand

AIP SUPPLEMENT
A4/11
27 May 2011

IMPLEMENTATION OF RNP 10 OPERATIONS (50 NM LONGITUDINAL SEPARATION) ON ROUTE SEGMENTS JOINING ATS ROUTE P762 WITHIN BANGKOK FIR

With effect from 0000 UTC on the 30 Jun 2011, RNP 10 based 50NM longitudinal separation may be applied to aircraft which are approved for RNP 10 operation on ATS route segments L301 DWI P762 and M502 LALIT P762. (RNP10 operations on ATS routes P628, N571, P762, and L510) This operating restrictions applicable within Bangkok FIR are detailed in paragraphs below :

1. RNP 10 NAVIGATION REQUIREMENT

1.1 ATC will apply 50 NM longitudinal separation minima between suitably equipped aircraft which are approved for RNP 10 operations on those segments of the routes which fall within the Bangkok FIR for flight intending to operate on P762 via:
a) L301 DWI P762; or,
b) M502 LALIT P762

1.2 Controller-Pilot Data Link Communications (CPDLC) will be used as primary means of fulfilling Direct Controller-Pilot Communications (DCPC) requirement for providing 50 NM longitudinal separation between RNP 10 aircraft on ATS Route P762.

1.3 Therefore, CPDLC equipage will be required in order to provide 50 NM longitudinal separation on route segments in paragraph 1.1.

1.4 Pilots are to advise ATC of any deterioration or failure of navigation system below the navigation requirements for RNP 10 or unavailability of CPDLC. ATC shall then provide alternate separation and/or alternative routing.

1.5 Pilots of aircraft meeting RNP 10 navigation requirements are to indicate "/R" in item 10 of the ICAO Flight Plan

1.6 Aircraft are recommended to indicate CPDLC equipage in Item 18 of the ICAO flight plan.

2. SEPARATION MINIMA

Longitudinal Separation Minima

2.1 80NM RNAV or 10 minutes (or less) Mach Number Technique (MNT) separation minima may be applied between aircraft.

ภาพที่ 77 ข่าวสารการเดินอากาศ A4/11 หน้าที่ 1

2.2 50 NM longitudinal separation may be applied between RNP 10 approved aircraft utilizing CPDLC or VHF communications.

3. OPERATIONS BY AIRCRAFT NOT MEETING RNP 10 REQUIREMENTS

3.1 Non-RNP 10 approved aircraft must file flight plan at FL270 or below. Operations above FL270 for these aircraft will be subject to ATC approval, in accordance with the following provisions.

3.2 ATC units receiving a request for a non-RNP 10 approved aircraft to operate on ATS routes specified in paragraph 1.1, at or above FL280, will co-ordinate with adjacent ATC units affected by the flight. In deciding whether or not to approve the flight each ATC unit will take into consideration:

(a) Traffic density;
(b) Communications, including the non-availability of normal communication facilities;
(c) Weather conditions en- route; and
(d) Any other factors pertinent at the time

4. MONITORING OF AIRCRAFT NAVIGATION PERFORMANCE

4.1 Monitoring of aircraft navigation performance is a joint responsibility between operators, States of Registry or States of Operators (as applicable), regulatory authorities and the ATS providers.

4.2 The State and aircraft operator shall follow the procedures laid out in the ICAO Asia Pacific En-route Monitoring Agency Handbook for submission of navigation errors.

5. OPERATORS PROCEDURES

5.1 The operator shall ensure that in-flight procedures, crew manuals and training program are established in accordance with RNP 10 navigation requirements.

5.2 The operator may choose to initiate CPDLC communications with Yangon ACC (VYYF) within sufficient time before entering the Yangon FIR.

This AIP Supplement will remain current until its contents have been incorporated in AIP Thailand.

.....

ภาพที่ 78 ข่าวสารการเดินอากาศ A4/11 หน้าที่ 2

Phone: 66 2286 0922
Fax: 66 2287 4060
AFTN: VTBAYOYX
E-mail: aisthai@aviation.go.th

DEPARTMENT OF CIVIL AVIATION
Aeronautical Information Service
Tung Mahamek, Bangkok 10120
Thailand

AIP SUPPLEMENT
A16/11
21 November 2011

IMPLEMENTATION OF RNP 10 OPERATIONS ON ATS ROUTES WITHIN BANGKOK FIR

With effect from 15 December 2011, RNP 10 (50 NM longitudinal separation) operations on ATS Routes L507, P646, L301, M626, M770, L515 and L759 will be implemented as follows :

1. **IMPLEMENTATION OF RNP10 OPERATIONS ON ATS ROUTES** L507, P646, L301, M626, M770, L515 and L759
   - 1.1 RNP 10 based 50NM longitudinal separation may be applied to aircraft which are approved for RNP 10 operation on ATS route segments as follow :
     - 1.1.1 L507 from BKK - LIMLA
     - 1.1.2 P646 from BKK - BETNO
     - 1.1.3 L301 from BKK - TANEK
     - 1.1.4 M626 from VKB - EKAVO
     - 1.1.5 M770 from GOLUD - PADET
     - 1.1.6 L515 from PUT - IKULA
     - 1.1.7 L759 from PUT - TAVUN
   - 1.2 Operating restrictions applicable within Bangkok FIR are detailed in paragraphs below.
2. **RNP 10 NAVIGATION REQUIREMENT**
   - 2.1 ATC will apply 50 NM longitudinal separation minima between suitably equipped aircraft which are approved for RNP 10 operations on those segments of the routes which fall within the Bangkok FIR for flight intending to operate on the routes listed above in **paragraph 1**
   - 2.2 Controller-Pilot Data Link Communications (CPDLC) will be used as primary means of fulfilling Direct Controller-Pilot Communications (DCPC) requirement for providing 50 NM longitudinal separation between RNP 10 aircraft on those ATS Route.
   - 2.3 Therefore, CPDLC equipage will be required in order to provide 50 NM longitudinal separation on route segments in **paragraph 1.1** for flight transitting YGN FIR
   - 2.4 Flight intending to land within YGN FIR , CPDLC will not be required
   - 2.5 Pilots are to advise ATC of any deterioration or failure of navigation system below the navigation requirements for RNP 10 or unavailability of CPDLC. ATC shall then provide alternate separation and/or alternative routing.
   - 2.6 Pilots of aircraft meeting RNP 10 navigation requirements are to indicate "/R" in Item 10 of the ICAO Flight Plan
   - 2.7 Aircraft are recommended to indicate CPDLC equipage in Item 18 of the ICAO flight plan.

/ 3. SEPARATION ...

ภาพที่ 79 ข่าวสารการเดินอากาศ A16/11 หน้าที่ 1

3. SEPARATION MINIMA

Longitudinal Separation Minima

3.1 80 NM RNAV or 10 minutes (or less) Mach Number Technique (MNT) separation minima may be applied between aircraft.

3.2 50 NM longitudinal separation may be applied between RNP 10 approved aircraft utilizing CPDLC or VHF communications.

4. OPERATIONS BY AIRCRAFT NOT MEETING RNP 10 REQUIREMENTS

4.1 Non-RNP 10 approved aircraft must file flight plan at FL270 or below. Operations above FL270 for these aircraft will be subject to ATC approval, in accordance with the following provisions.

4.2 ATC units receiving a request for a non-RNP 10 approved aircraft to operate on ATS routes specified in **paragraph 2.1**, at or above FL280, will co-ordinate with adjacent ATC units affected by the flight. In deciding whether or not to approve the flight each ATC unit will take into consideration:

(a) Traffic density;

(b) Communications, including the non-availability of normal communication facilities;

(c) Weather conditions en- route; and

(d) Any other factors pertinent at the time

5. MONITORING OF AIRCRAFT NAVIGATION PERFORMANCE

5.1 Monitoring of aircraft navigation performance is a joint responsibility between operators, States of Registry or States of Operators (as applicable), regulatory authorities and the ATS providers.

5.2 The State and aircraft operator shall follow the procedures laid out in the ICAO Asia Pacific En-route Monitoring Agency Handbook for submission of navigation errors.

6. OPERATORS PROCEDURES

6.1 The operator shall ensure that in-flight procedures, crew manuals and training program are established in accordance with RNP 10 navigation requirements.

6.2 The operator may choose to initiate CPDLC communications with Yangon ACC (VYYF) within sufficient time before entering the Yangon FIR.

This AIP Supplement will remain current until its contents have been incorporated in AIP Thailand.

.....

ภาพที่ 80 ข่าวสารการเดินอากาศ A16/11 หน้าที่ 2

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสกนธ์ ศิลปกุล เกิดเมื่อวันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2548 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ที่ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2554