

**การกำหนดวิธีปฏิบัติการบินเข้าและออกของอากาศยานภายในเขตประชิดสนามบิน
ระหว่างสนามบินเชียงใหม่ปัจจุบัน และสนามบินเชียงใหม่ แห่งที่สอง
อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน**

**Determination of the Method of Aircraft Inbound and Outbound Flight
Operations within Terminal Control Area between
the Current Chiang Mai Airport and the Second Chiang Mai Airport
Banthi District, Lamphun Province**

พันศักดิ์ เนินทราย* ณกร อินทรพญู

สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี 20131

Pansak Nernsai* Nakorn Indra-Payoong

Logistics and Supply Chain Management Faculty of Logistics, Burapha University

169 Long-hard Bangsean Road, Saensuk, Mueang, Chonburi 20131

*Corresponding author, e-mail: pnersai@gmail.com

(Received: March 10, 2023; Revised: March 22, 2022 ; Accepted: March 31, 2022)

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดวิธีปฏิบัติ (Procedure Design) ห้วงอากาศ โดยการใช้ Standard Instrument Departure : SID และ Standard Instrument Arrival : STAR เพื่อการบินเข้าและออกของอากาศยานภายในเขตประชิดสนามบินระหว่างสนามบินเชียงใหม่ปัจจุบันและสนามบินเชียงใหม่แห่งที่สอง โดยผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางภูมิศาสตร์ อุปสรรคบริเวณโดยรอบของสนามบิน และข้อจำกัดของพื้นที่ทางอากาศที่จะส่งผลกระทบต่อการบินเข้า-ออกสนามบินของอากาศยาน รวมถึงรูปแบบการให้บริการการจราจรทางอากาศ ตลอดจนสถิติการให้บริการจราจรทางอากาศที่สามารถรองรับปริมาณอากาศยานได้สูงสุด ภายใต้กรอบแนวคิด และหลักการที่ใช้ประกอบการกำหนดวิธีปฏิบัติการบิน ผลจากการวิจัยสามารถกำหนดวิธีปฏิบัติของอากาศยานบิน เข้า-ออก ระหว่างสนามบินเชียงใหม่ปัจจุบัน (VTCC) และสนามบินเชียงใหม่ แห่งที่สอง อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน (VTCB) จำนวน 2 ทางวิ่ง รวม 4 ทิศทาง ที่ใช้สำหรับการบินของอากาศยานเข้าและออก โดยเชื่อมโยงไปจนถึงจุดรายงานหรือจุดส่งมอบการควบคุมอากาศยานระหว่างหน่วยงานจราจรทางอากาศ (Reporting Point/Transfer Point) ที่กำหนดขึ้น ประกอบด้วย VISES, LAMUN, ADLUS, MONLO, KABMU, ASAVI, PANTA, ENBAT, MARNI, GOGOP and PUMAM รวม 11 จุดรายงาน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ

1. การกำหนดวิธีปฏิบัติการบินออกจากสนามบิน (Standard Instrument Departure : SID) ได้กำหนดเส้นทางหลักเพื่อควบคุมการบินของอากาศยานหลังจากวิ่งขึ้น (Path Descriptor/Waypoint Path) จำนวน 6 จุด คือ BANTI, DOILO, WEERA, FRANG, PHRAO และ YONOK ทำให้สามารถกำหนดแผนภูมิเส้นทางบินขาออก มีจำนวน 9 แผนภูมิ โดยกำหนด Climb Gradient 1 NM/300 ft หรือ 0.049 / 4.94% และกำหนดระยะสูงในแนวตั้ง (Vertical Separation)

ระหว่างอากาศยานที่กำลังบินออกจากสนามบิน ด้วยระยะสูง 1,000 ft หรือมากกว่า ตามมาตรฐานการจัดการจราจรทางอากาศ

2. การกำหนดวิธีปฏิบัติการบินเข้าสนามบิน (Standard Instrument Arrival : STAR) ได้กำหนดเส้นทางหลักเพื่อควบคุมการบินเข้าของอากาศยาน (Path Descriptor/Waypoint Path) จำนวน 8 จุดคือ PARNU, PASAK, SAKET, SUTEP, PINUM, SAIU, TAPAE และ WORAI ไปจนถึงจุดสุดท้ายของการบินเข้าสู่สนามบิน (Final Approach Fix: FAF) ทำให้สามารถกำหนดแผนภูมิเส้นทางบินเข้า มีจำนวน 11 แผนภูมิซึ่งกำหนด Descent Gradient ตามสมรรถนะของอากาศยาน แต่กำหนดช่วงระยะ Final Approach Segment ไว้ที่ 0.052 / 5.2% และกำหนดระยะสูงในแนวตั้ง (Vertical Separation) ระหว่างอากาศยานที่กำลังบินเข้าสู่สนามบิน ด้วยระยะสูง 1,000 ft หรือมากกว่า ตามมาตรฐานการจัดการจราจรทางอากาศ และความเร็วของ อากาศยานไม่เกิน 250 knots และเมื่อนำแบบวิธีปฏิบัติ (SID/STAR) มาทดสอบด้วยโปรแกรมแบบจำลองเสมือนจริง Air Traffic Control Radar Simulator โดยได้กำหนดรูปแบบการจราจรทางอากาศบินเข้า-ออก สำหรับ 2 สนามบิน ประกอบการทดสอบ จำนวน 3 รูปแบบ คือ อากาศยานบินออกจากสนามบิน อากาศยานบินเข้าสนามบิน และอากาศยานบินเข้าและออกจากสนามบินพร้อมกัน 2 สนามบิน โดยทดสอบกับตัวชี้วัดที่สามารถรองรับปริมาณการจราจรทางอากาศไม่น้อยกว่า 24 เที่ยวบิน/ชั่วโมง ตามสภาพการจราจรทางอากาศที่หนาแน่นสูงสุดในปัจจุบัน

ผลการทดสอบ ได้กำหนดเงื่อนไขการบินเข้า-ออก ตาม Profile ที่ได้กำหนดในวิธีปฏิบัติการบิน ภายใต้สภาพแวดล้อมการควบคุมการจราจรทางอากาศ พบว่า สามารถรองรับปริมาณการจราจรทางอากาศพร้อมกันทั้ง 2 สนามบินได้เฉลี่ย 40 เที่ยวบิน/ชั่วโมง ซึ่งเพิ่มขึ้นจากตัวชี้วัดที่กำหนด จำนวน 16 เที่ยวบิน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ทั้งนี้ ปริมาณการจราจรทางอากาศสามารถเพิ่มขึ้นได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ ได้แก่ สภาพการจราจรทางอากาศ ในขณะนั้น การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ควบคุมจราจรทางอากาศและนักบิน การโต้ตอบของนักบิน สมรรถนะของอากาศยาน ทิศทางการบินของอากาศยาน การกำหนดระยะห่างระหว่างอากาศยาน และความสามารถของผู้ควบคุมการจราจรทางอากาศ ในการบริหารจัดการปริมาณการจราจรทางอากาศ ณ ขณะนั้น รวมถึงการประสานงานกันระหว่างหน่วยงานควบคุมจราจรทางอากาศ เป็นต้น

คำสำคัญ: การควบคุมการจราจรทางอากาศเขตประชิดสนามบิน, วิธีปฏิบัติการบินออกจากสนามบิน,วิธีปฏิบัติการบินเข้าสนามบิน

ABSTRACT

The objectives of this article was to determine the procedure design in the airspace by using Standard Instrument Departure: SID and Standard Instrument Arrival: STAR for aircraft inbound and outbound within Terminal Control Area between the current Chiang Mai Airport and the second Chiang Mai Airport, the researcher studied the geographical basis. Obstacles around the airport and restrictions on the air space will affect the aircraft's flight inbound and outbound of the airport.

This includes air traffic service models as well as air traffic service statistics that can handle the maximum aircraft volume. Within the framework of the concept and principles used to determine the method of flight operations. The results of the research can determine the operation of aircraft flying inbound and outbound between the current Chiang Mai Airport (VTCC) and the second Chiang Mai

Airport, Banthi District, Lamphun Province (VTCB) with 2 runways, including 4 directions used for the flight of aircraft inbound and outbound, linking to the reporting point/transfer point designated between air traffic service units (VISES, LAMUN, ADLUS, MONLO, KABMU, ASAVI, PANTA, ENBAT, MARNI, GOGOP and PUMAM), a total of 11 reporting points which can be divided into 2 main parts

1. The Standard Instrument Departure (SID) has established 6 main paths to control the flight of the aircraft outbound (Path Descriptor/Waypoint Path): BANTI, DOILO, WEERA, FRANG, PHRAO and YONOK. There are 9 charts that define climb Gradient 1 NM/300 ft or 0.049 / 4.94% and vertical separation between aircraft with a flight altitude above 1,000 ft or more.

2. Standard Instrument Arrival (STAR) has established 8 main paths to control the flight of the aircraft inbound (Path Descriptor/Waypoint Path) – PARNU, PASAK, SAKET, SUTEP, PINUM, SAIU, TAPAE and WORAI to the final approach fix (FAF). There are 11 charts that define descent gradient according to the performance of the aircraft, but the final approach segment is set at 0.052 / 5.2% and the vertical separation between aircraft with a flight altitude above 1,000 ft or more and the speed of the aircraft does not exceed 250 knots.

The test results have determined the conditions of flight inbound and outbound according to the profile specified in the flight operation method. Under the air traffic control environment, it found that the air traffic volume at both airports was 40 flights per hour, an increase of 16 flights per hour, or 66.67 per cent.

The amount of air traffic can increase depending on key factors, including the air traffic conditions at that time. Communication between air traffic controllers and pilots Pilot interaction, aircraft performance flight direction of the aircraft determining the distance between aircraft and the capabilities of air traffic controllers to manage the air traffic volume at that time, including coordination between air traffic control agencies, etc.

Keyword: Approach control service, standard instrument departure, standard instrument arrival.

1. บทนำ

ปัจจุบันจังหวัดเชียงใหม่มีปริมาณนักท่องเที่ยวและนักเดินทางเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง รวมทั้งรัฐบาลต้องการให้เชียงใหม่เป็นศูนย์กลางการคมนาคมในพื้นที่ภาคเหนือ จึงจำเป็นต้องวางแผนงาน เพื่อรองรับการขยายตัวของจำนวนผู้ใช้บริการ รวมทั้งเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหากระทบกับชุมชนที่อยู่อาศัยนอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวทางของรัฐบาลที่มุ่งจะพัฒนาระบบโลจิสติกส์ ของประเทศในทุกด้าน ดังนั้นโครงการก่อสร้างสนามบินเชียงใหม่แห่งที่สอง จึงต้องเริ่มวางแผนอย่างจริงจัง

เนื่องจากปริมาณผู้โดยสารที่ใช้บริการสนามบินเชียงใหม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ สนามบินเชียงใหม่มีความสามารถในการรองรับผู้โดยสารได้ 7-8 ล้านคนโดยผู้ใช้บริการได้เพิ่มขึ้นเป็น 5 ล้านคน ระหว่างปี 2555-2559 และจะขึ้นสู่ระดับ 8 ล้านคน ในปัจจุบัน หากตัวเลขยังคงเพิ่มขึ้นเช่นนี้ ในอนาคตก็จะเกินขีดความสามารถในการรองรับ โดยประเมินในเบื้องต้นว่า สนามบินเชียงใหม่จะสามารถรองรับผู้โดยสารได้อีก 5 ปี (2565) จึงจะเต็มศักยภาพ เนื่องจากการขนส่งทางอากาศหรือการจราจรทางอากาศในประเทศไทย ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมาก

การเพิ่มขึ้นของปริมาณการขนส่งทางอากาศนี้จะส่งผลให้เกิดความหนาแน่นของการจราจรทางอากาศ ในแต่ละสนามบิน โดยเฉพาะบริเวณสนามบินเชียงใหม่ ซึ่งในปัจจุบันมีข้อจำกัดหลายอย่าง และไม่สามารถขยายตัวเพื่อรองรับการเติบโตของปริมาณผู้ใช้บริการสนามบินได้ในอนาคตมากนัก อีกทั้งผู้ใช้บริการสนามบินได้เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว รวมทั้งมีสายการบินจำนวนมากมาใช้บริการมากขึ้นเช่นกัน จึงจำเป็นต้องสร้างสนามบินเชียงใหม่ แห่งที่สอง สำหรับพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการสร้างสนามบินเชียงใหม่แห่งที่สอง คือ พื้นที่ฝั่งตะวันออกของจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นพื้นที่ราบขนาดใหญ่ ซึ่งเดิมมีแนวคิดที่จะพัฒนาเป็นเมืองใหม่อยู่แล้ว รวมทั้งยังสามารถเชื่อมโยงไปสู่จังหวัดใกล้เคียงได้สะดวก เนื่องจากอยู่ใกล้กับถนนสายเชียงใหม่-ลำปาง และมีถนนวงแหวนซึ่งสามารถรองรับการพัฒนาการขนส่งในพื้นที่ได้ บริษัทการทำอากาศยานแห่งประเทศไทย จำกัด (มหาชน) (ทอท.) มีการจ้างบริษัทที่ปรึกษาสำรวจความเป็นไปได้ในการจัดสร้างสนามบินเชียงใหม่แห่งที่สอง โดยมีสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย (กพท.) เป็นผู้ดำเนินการและสอดคล้องกับที่ ทอท.จ้างศึกษาวิจัยพื้นที่ ที่เหมาะสม ซึ่งมีอยู่หลายแห่งและมีความคิดเห็นตรงกันก็คือ พื้นที่ต่อเนื่องระหว่าง อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ กับ อ.บ้านธิ จ.ลำพูน รวมพื้นที่ประมาณ 1 หมื่นกว่าไร่ เนื่องจากสนามบินเชียงใหม่ปัจจุบัน เริ่มวิกฤติ ขณะนี้ได้รับงบประมาณอาคารผู้โดยสารเพิ่ม ขยายและต่อเติม รวมทั้งปรับปรุงอาคารผู้โดยสาร ทางวิ่ง ทางขับ ลานจอดอากาศยาน และลานจอดรถ ถึงแม้ว่าจะปรับปรุงสนามบินเชียงใหม่ปัจจุบันแต่ก็รองรับได้เพียง 12 ล้านคนในอีก 5 ปีข้างหน้าเท่านั้น หลังจากนั้นจะไม่มีพื้นที่รองรับได้อีกเนื่องจากได้ขยายจนเต็มพื้นที่แล้ว

ปัจจุบันขีดความสามารถของสนามบินเชียงใหม่จากการสำรวจสภาพการให้บริการจราจรทางอากาศโดยศูนย์ควบคุมการบินเชียงใหม่ บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด สามารถรองรับเที่ยวบินได้ 24 เที่ยวบินต่อชั่วโมง ซึ่งหากคำนวณจากอัตราดังกล่าว

พบว่าใน 1 ปี สามารถรองรับเที่ยวบินได้ จำนวน 210,240 เที่ยวบิน ดังนั้นเมื่อสนามบินเชียงใหม่แห่งที่สองเกิดขึ้นจะทำให้ปริมาณการจราจรทางอากาศบริเวณเขตประชิดสนามบินเพิ่มมากขึ้น ทำให้การจัดการจราจรทางอากาศของเจ้าหน้าที่ควบคุมจราจรทางอากาศทั้ง 2 สนามบินมีความซับซ้อนและยากต่อการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศ เนื่องจากอากาศยานมีจำนวนมากขึ้นกว่าเดิมและพื้นที่ในห้วงอากาศ ณ เขตประชิดสนามบินจำกัด ซึ่งพื้นที่ในห้วงอากาศของทั้ง 2 สนามบินทับซ้อนกัน จะมีอากาศยานวิ่งขึ้นและลงจอดจากทั้ง 2 สนามบิน ภายในเขตควบคุมการจราจรทางอากาศเดียวกัน (Terminal Control Area) โดยที่อากาศยานทั้งหมดจะต้องไม่บินเข้าใกล้กันต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด เพื่อความปลอดภัย เป็นระเบียบและมีความรวดเร็ว ตามวัตถุประสงค์ของการจัดการจราจรทางอากาศ จึงควรมีรูปแบบบริหารจัดการห้วงอากาศ บริเวณเขตประชิดสนามบินระหว่างสนามบินเชียงใหม่ปัจจุบันและสนามบินเชียงใหม่ แห่งที่สอง อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน เพื่อเป็นการเตรียมการขนส่งทางอากาศและการควบคุมการจราจรทางอากาศดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดกำหนดวิธีการปฏิบัติการบินเพื่อการบริหารจัดการห้วงอากาศ ณ บริเวณเขตประชิดสนามบิน ระหว่างสนามบินเชียงใหม่ปัจจุบันและสนามบินเชียงใหม่ แห่งที่สอง อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน โดยใช้วิธีปฏิบัติของ Standard Instrument Departure (SID) และ Standard Instrument Arrival (STAR) เข้ามาช่วยบริหารจัดการอากาศยานที่ทำการบินในห้วงอากาศดังกล่าว ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบการบริหารสภาพคล่องของการจราจรทางอากาศ (Air Traffic Flow Management System) ทั้งนี้เพื่อให้การขนส่งทางอากาศ ณ สนามบินเชียงใหม่ มีความปลอดภัย รวดเร็ว และสิ้นเปลือง และไม่เกิดการคับคั่งหรือล่าช้าของอากาศยาน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการควบคุมจราจรทางอากาศ

2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 การบริหารห้วงอากาศ

เป็นแนวคิดที่ถูกตั้งขึ้นเพื่อเป็นการบริหารจัดการพื้นที่ในห้วงอากาศที่ถูกใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เหมาะสมกับประเภทและชนิดของผู้ใช้ห้วงอากาศ การบริหารห้วงอากาศ เป็นการจัดทำโครงสร้างในแต่ละด้านให้เหมาะสมกับปริมาณจราจรทางอากาศตามช่วงเวลา อาทิ การปรับโครงสร้างเส้นทางบิน การปรับโครงสร้างห้วงอากาศ และการปรับโครงสร้างพื้นที่ให้บริการ มีการดำเนินการได้หลายวิธี ดังนี้

2.1.1 การสร้างเส้นทางบินแบบ Area Navigation (RNAV) โดยใช้เทคโนโลยี ด้านการบินแบบ PBN (Performance Based Navigation) เพื่อสร้างเส้นทางบินคู่ขนาน (ลดระยะห่างระหว่างเส้นทางบิน) และเพิ่มขีดความสามารถรองรับปริมาณเที่ยวบิน (ลดระยะต่อของอากาศยานบนเส้นทางบิน) และการจัดการจราจรแบบทางเดียว (Uni-Directional) เพื่อเพิ่มความปลอดภัยสำหรับอากาศยานที่บินสวนทางกัน และลดภาระงานให้กับเจ้าหน้าที่ควบคุมจราจรทางอากาศและนักบิน เช่น วิธีปฏิบัติแบบ Standard Instrument Departure (SID) คือ มาตรฐานการบินออกจากสนามบินด้วยเครื่องวัดประกอบการบิน หมายถึง เส้นทางบินออกของอากาศยานที่เชื่อมต่อระหว่างสนามบินหรือทางวิ่งที่กำหนดไปยังเส้นทางบิน และวิธีปฏิบัติแบบ Standard Instrument Arrival (STAR) คือ มาตรฐานการบินเข้าสนามบินด้วยเครื่องวัดประกอบการบิน หมายถึง เส้นทางบินเข้าที่เชื่อมต่อระหว่างจุดสำคัญบนเส้นทางบินไปยังจุดที่อากาศยานสามารถเริ่มทำการปฏิบัติการบินเข้าสู่สนามบินด้วยเครื่องวัดประกอบการบินได้ เข้ามาช่วยบริหารจัดการจราจรทางอากาศระหว่างอากาศยานที่ทำการบินอยู่ในห้วงอากาศนั้น

2.1.2 การบริหารและจัดแบ่งพื้นที่ควบคุมจราจรทางอากาศ (Sector design and Configuration) ให้เหมาะสมกับสภาพจราจรทางอากาศในแต่ละช่วงเวลาโดยการใช้ห้วงอากาศแบบคล่องตัว (Flexible Use of Airspace: FUA) เพื่อให้ห้วงอากาศมีความยืดหยุ่น มีการ

แบ่งช่วงเวลาการใช้งานระหว่างพื้นที่ทหาร-พลเรือนอย่างเหมาะสม สำหรับประเทศไทยมีการจัดทำความร่วมมือดังกล่าวระหว่างทหาร-พลเรือน ภายใต้ชื่อศูนย์ประสานงานบริหารจราจรทางอากาศระหว่างทหารและพลเรือน (Thai Civil/Military ATM Coordination Centre: Thai-CMAC

2.2 การบริหารสภาพคล่องของการจราจรทางอากาศ

การบริหารสภาพคล่องของการจราจรทางอากาศ คือ การทำให้การไหลของปริมาณการจราจรทางอากาศอยู่ในระดับที่ดีที่สุดผ่านพื้นที่ ที่ในเวลานั้นมีปริมาณความต้องการ การจราจรทางอากาศที่มากเกินไป หรือมีความคาดหวังว่าจะมากเกินไปความสามารถในการรองรับที่ระบบการควบคุมจราจรทางอากาศจะมี ดังนั้นระบบการบริหารสภาพคล่องของการจราจรทางอากาศ จึงต้องลดปริมาณความล่าช้าของอากาศยานที่เกิดขึ้น ทั้งจากในห้วงอากาศ และภาคพื้นดิน รวมไปถึงการป้องกันการรองรับปริมาณการจราจรที่มากเกินไปของระบบ ซึ่งระบบการบริหารสภาพคล่องของการจราจรทางอากาศจะเป็นส่วนสนับสนุนการบริการควบคุมจราจรทางอากาศให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ และสามารถทำให้การใช้งานความสามารถในการรองรับของ Airspace และ Airport เกิดประสิทธิภาพสูงสุด อีกทั้งหน่วยการบริหารสภาพคล่องของการจราจรทางอากาศควรมั่นใจว่า ระดับความปลอดภัยไม่ถูกลดความเข้มงวดลงจากการเพิ่มขึ้นของระดับความคับคั่งของปริมาณการจราจรในระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้ และในเวลาเดียวกันก็จะต้องสามารถแสดงให้เห็นถึงการบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพโดยปราศจากข้อจำกัดต่างๆ ที่ไม่จำเป็นที่จะส่งผลต่อการไหลของปริมาณการจราจรทางอากาศ กระบวนการปฏิบัติการจัดการความคล่องตัวซึ่งเป็นกระบวนการที่คอยเฝ้าระวังการดำเนินไปของอากาศยาน และเข้าไปจัดการกับการปฏิบัติการบินเมื่อพบกับข้อจำกัดของระบบการบริหารจัดการจราจรทางอากาศ เช่น มาตรฐานการจัดระยะห่างของอากาศยาน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ระบบอัตโนมัติมีการใช้อย่างกว้างขวางมากขึ้น เมื่อผู้ใช้ตัดสินใจว่าแผนการบินต้องมีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุง จะมี

การสร้างกระบวนการติดต่อสื่อสารระหว่างระบบคอมพิวเตอร์ที่จัดการข้อมูลการบินบนอากาศยาน กับระบบการจัดการภาคพื้น เพื่อหาเส้นทางใหม่ที่ดีที่สุดและตรงตามความต้องการของวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ รวมไปถึงสามารถปฏิบัติการบินภายใต้ข้อจำกัดของระบบการบริหารจัดการจราจรทางอากาศในทางเดียวกัน เมื่อระบบการจัดการภาคพื้น ได้รับข้อมูลในการจัดการให้เส้นทางปฏิบัติการบินปราศจากอากาศยาน ระบบคอมพิวเตอร์ของระบบการบริหารจัดการจราจรทางอากาศ จะติดต่อสื่อสารกับระบบคอมพิวเตอร์ที่จัดการข้อมูลการบินบนอากาศยาน เพื่อกำหนดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นให้สามารถปฏิบัติการบินภายใต้ข้อจำกัดของระบบการบริหารจัดการจราจรทางอากาศด้วยความคลาดเคลื่อนจากเส้นทางที่ผู้ใช้ต้องการให้น้อยที่สุด ซึ่งกระบวนการติดต่อสื่อสารนี้จะเป็นการติดต่อสื่อสารที่ประกอบไปด้วยนักบิน และผู้ควบคุมจราจรทางอากาศซึ่งอยู่ในระดับที่ทำให้บุคคลทั้งสองสามารถฝึกฝนการจัดการและสามารถควบคุมความรับผิดชอบของตนเองได้ ซึ่งสิ่งสำคัญคือ การผนวกรวม การให้บริการจราจรทางอากาศกับการบริหารจัดการความคล่องตัวของอากาศยานให้เป็นระบบเดียวและมีทิศทางไปในทางเดียวกัน ดังนั้น ระบบการบริหารสภาพคล่องของการจราจรทางอากาศจึงต้องให้ความสำคัญพลอตภัยตามหลักเกณฑ์ ลดปริมาณความล่าช้าของอากาศยานที่เกิดขึ้น ทั้งจากในห้วงอากาศ และภาคพื้นดิน รวมไปถึงการป้องกันการรองรับปริมาณการจราจรที่มากเกินไปของระบบ ซึ่งระบบการบริหารสภาพคล่องของการจราจรทางอากาศจะเป็นส่วนสนับสนุนการบริการควบคุมจราจรทางอากาศให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์และสามารถทำให้การใช้งาน ความสามารถในการรองรับของห้วงอากาศ และสนามบินให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

2.3.1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ความสำคัญของสิ่งที่ศึกษา ทั้งในระดับนโยบาย ระดับ ยุทธศาสตร์ ไปสู่หน่วยงาน ณ สนามบินเชียงใหม่ รวมถึงข้อมูลการให้บริการการเดินทางอากาศ เครื่องช่วยเดินอากาศ ข้อมูลด้าน

ภูมิศาสตร์ และอุปสรรคสิ่งกีดขวางที่ส่งผลกระทบต่อการบินอากาศ

2.3.2 การศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูล แนวคิดหลักการ ทฤษฎี วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดวิธีปฏิบัติสำหรับอากาศยาน เข้า-ออก ระหว่างสนามบิน

2.3.3 การกำหนดวิธีปฏิบัติในห้วงอากาศสำหรับอากาศยานเข้า-ออก สนามบิน ให้เป็นไปตามคุณลักษณะพื้นฐานของวิธีปฏิบัติการบินขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ ภายใต้การให้คำปรึกษาโดยผู้เชี่ยวชาญในวิธีการปฏิบัติการบิน และการควบคุมจราจรทางอากาศ

2.3.4 การตรวจสอบมาตรฐาน และการทดลองสิ่งที่ได้ทำการกำหนดวิธีปฏิบัติด้วยอุปกรณ์เสมือนจริง (ATC Radar Simulator) โดยกำหนดให้สามารถรองรับปริมาณการจราจรได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 24 เที่ยวบิน/ชั่วโมง ภายใต้การกำกับดูแลของผู้เชี่ยวชาญด้านการควบคุมจราจรทางอากาศ

2.3.5 สรุปผล และรายงานผลการวิจัย ผู้วิจัยจัดทำรายงานสรุปผลการวิจัย และอภิปรายผล ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัย พร้อมทั้งแสดงทรรศนะนำผลการวิจัยไปพัฒนาต่อยอดการวิจัยต่อไป

2.4 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ สิ่งที่ศึกษาคือ สภาพภูมิประเทศโดยรอบ และห้วงอากาศของสนามบินเชียงใหม่ ปัจจุบัน และสนามบินเชียงใหม่แห่งที่สอง เพื่อนำมากำหนดวิธีปฏิบัติในห้วงอากาศระหว่างสนามบิน ได้แก่ ข้อมูลภูมิประเทศโดยรอบพื้นที่สนามบิน (Topographic Map) ระดับความสูงของพื้นที่ภูมิประเทศทางกายภาพ ทั้งภูเขา อาคารสูง หรือสิ่งกีดขวาง Obstacles ที่มีผลกระทบต่อการบินปฏิบัติการบิน ข้อมูลเส้นทางบิน (ATS Route) ของสนามบินเชียงใหม่ปัจจุบันและสนามบินแห่งที่สอง โดยวัดรัศมีจากสถานีเครื่องช่วยเดินอากาศ VHF Omnidirectional Radio Range (VOR) ออกไป 200 ไมล์ ระบบเครื่องช่วยเดินอากาศ (Navigation Aids System), ข้อมูลการแจ้งเตือนการเดินทางอากาศ

(Navigation Warning) ในห้วงอากาศ (Airspace) เช่น การกำหนดพื้นที่อันตราย (Danger Area), พื้นที่หวงห้าม (Prohibited Area), พื้นที่จำกัด (Restricted Area) และสมรรถนะของอากาศยาน (Aircraft Performance), การเพิ่มศักยภาพของระบบการเดินอากาศในพื้นที่เส้นทางบิน และพื้นที่เข้า-ออกสนามบิน การกำหนดวิธีปฏิบัติสำหรับแผนภูมิมาตรฐานการควบคุมอากาศยานออกจากสนามบินด้วยเครื่องวัด (Standard Instrument Departure; SID) และแผนภูมิมาตรฐานการควบคุมอากาศยานเข้าสู่สนามบินด้วยเครื่องวัด (Standard Instrument Arrival; STAR) ภายใต้เงื่อนไข Standard, Safety, Efficiency and Quality

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

จากผลการทดสอบการกำหนดวิธีปฏิบัติสำหรับอากาศยาน เข้า-ออก ระหว่างสนามบินเชียงใหม่ปัจจุบัน และสนามบินเชียงใหม่แห่งที่สองด้วยอุปกรณ์เสมือนจริง รวมทั้งกำหนดรูปแบบและปริมาณอากาศยานให้มีความหลากหลาย และสอดคล้องกับสภาพการจราจรทางอากาศของพื้นที่ที่ศึกษา เพื่อทดสอบแผนภูมิ (Chart) ที่ได้กำหนดขึ้น ว่ามีความสามารถรองรับปริมาณการจราจรทางอากาศได้เฉลี่ยในหนึ่งชั่วโมงจำนวนเท่าใด ตาม Profile ที่ได้กำหนดไว้ในวิธีปฏิบัติ SID/STAR ภายใต้สภาพแวดล้อมการควบคุมการจราจรทางอากาศ (Air Traffic Control Environment) ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่า ผลการกำหนดวิธีปฏิบัติการบินดังกล่าวจะสามารถรองรับปริมาณการจราจรทางอากาศได้มากกว่าสถิติปริมาณการจราจรทางอากาศของศูนย์ควบคุมการบินเชียงใหม่ในปัจจุบัน ที่สามารถรองรับได้ในกรณีสภาพการจราจรหนาแน่น (Peak Hour) โดยเฉลี่ย 24 เที่ยวบิน/ชั่วโมง ซึ่งผลจากการทดสอบปริมาณการจราจรทางอากาศภายใต้เงื่อนไขที่ผู้วิจัยได้กำหนดดังที่กล่าวข้างต้นสำหรับการบินเข้า-ออก ระหว่างสนามบินได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

รูปแบบที่ 1 อากาศยานบินขึ้นพร้อมกัน ทั้งสองสนามบิน (สนามบินเชียงใหม่ปัจจุบัน VTCC และสนามบินเชียงใหม่ แห่งที่สอง อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน VTCB)

ผู้วิจัยได้ระบุเงื่อนไขในสภาพแวดล้อมการควบคุมการจราจรทางอากาศด้วยระบบเรดาร์ (ATC Surveillance System Environment) ให้เป็นไปตามมาตรฐานของ ICAO ที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. อากาศยานบินขึ้นพร้อมกันทั้ง 2 สนามบิน (VTCC & VTCB)

2. ระยะห่างระหว่างอากาศยาน (Separation) อย่างน้อย 5 NM

3. ความเร็วของอากาศยาน (Aircraft Speed) ที่ระยะ Final Segment (up to 4 NM) จากจุดเริ่มต้นของทางวิ่ง (Threshold of Runway) ความเร็ว (IAS) 180 knot or 180 NM/hr ที่ระดับความสูงไม่เกิน 11,000 ft โดยอากาศยานสามารถบินได้ระยะทางเฉลี่ย $(180 \text{ NM}) / (60 \text{ min}) = 3 \text{ NM/min}$

4. อ้างอิง Longitudinal separation minima based on time สำหรับ aircraft maintaining at the same level and same track ในเวลา 3 นาที อนุญาตให้อากาศยานสามารถบินขึ้นได้ 1 ลำ ดังนั้นพิจารณา 2 สนามบิน (VTCC & VTCB) จึงสามารถให้อากาศยานบินขึ้นได้ 2 ลำ ซึ่งจากเงื่อนไขดังกล่าวทำให้ได้ผลการทดสอบดังนี้

ผลการทดสอบ : เวลา 1 ชั่วโมง พบว่าอากาศยานสามารถวิ่งขึ้นพร้อมกันทั้ง 2 สนามบิน (VTCC & VTCB) ได้ปริมาณเฉลี่ย 20 เที่ยวบิน/สนามบิน หรือ 40 เที่ยวบิน / 2 สนามบิน

เปรียบเทียบกับตัวชี้วัด 24 เที่ยวบิน/ชั่วโมง โดยการกำหนดวิธีปฏิบัติใหม่ สามารถรองรับปริมาณเที่ยวบินเฉลี่ย 40 เที่ยวบิน/ชั่วโมง ซึ่งมากกว่าปัจจุบัน 16 เที่ยวบิน/ชั่วโมง

รูปแบบที่ 2 อากาศยานบินลงพร้อมกัน 2 สนามบิน (สนามบินเชียงใหม่ปัจจุบัน VTCC และสนามบินเชียงใหม่แห่งที่สอง อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน VTCB)

ผู้วิจัยได้ระบุเงื่อนไขในการควบคุมปริมาณการจราจรทางอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐานของ ICAO โดยเป็นเงื่อนไขเดียวกันกับที่ได้ระบุไว้ใน การทดสอบตามรูปแบบที่ 1 ซึ่งจากเงื่อนไขดังกล่าวทำให้ได้ผลการทดสอบดังนี้

ผลการทดสอบ : เวลา 1 ชั่วโมง พบว่าอากาศยานสามารถบินลงพร้อมกันทั้ง 2 สนามบิน (VTCC & VTCB) ได้ปริมาณเฉลี่ย 20 เที่ยวบิน/สนามบินหรือ 40 เที่ยวบิน / 2 สนามบิน

เปรียบเทียบกับตัวชี้วัด 24 เที่ยวบิน/ชั่วโมง โดยการกำหนดวิธีปฏิบัติใหม่ สามารถรองรับปริมาณเที่ยวบินเฉลี่ย 40 เที่ยวบิน/ชั่วโมง ซึ่งมากกว่าปัจจุบัน 16 เที่ยวบิน/ชั่วโมง

รูปแบบที่ 3 อากาศยานบิน เข้า-ออก ระหว่าง 2 สนามบินพร้อมกัน (สนามบินเชียงใหม่ปัจจุบัน VTCC และสนามบินเชียงใหม่ แห่งที่สอง อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน VTCB)

ผู้วิจัยได้ระบุเงื่อนไขของ Profile ตามรูปแบบวิธีปฏิบัติการบิน SID/STAR charts โดยเป็นเงื่อนไขเดียวกันกับที่ได้ระบุไว้ใน การทดสอบตามรูปแบบที่ 1 รวมทั้งเงื่อนไขการพิจารณาให้อากาศยานวิ่งขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออากาศยานที่บินเข้ามาก่อนทำการบินลงทางวิ่งจะต้องมีระยะห่างจากหัวทางวิ่ง (Threshold of runway) ไม่น้อยกว่า 5 NM ซึ่งจากเงื่อนไขดังกล่าวทำให้ได้ผลการทดสอบดังนี้

ผลการทดสอบ: เวลา 1 ชั่วโมงพบว่าอากาศยานสามารถบินขึ้น-ลง พร้อมกันทั้ง 2 สนามบิน (VTCC & VTCB) ได้ปริมาณเฉลี่ย 20 เที่ยวบิน/สนามบิน หรือ 40 เที่ยวบิน / 2 สนามบิน

เปรียบเทียบกับตัวชี้วัด: 24 เที่ยวบิน/ชั่วโมง โดยการกำหนดวิธีปฏิบัติใหม่ สามารถรองรับปริมาณเที่ยวบินเฉลี่ย 40 เที่ยวบิน/ชั่วโมง ซึ่งมากกว่าปัจจุบัน 16 เที่ยวบิน/ชั่วโมง ผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีปฏิบัติในห้วงอากาศสำหรับ Standard Instrument Departure (SID) และ Standard Instrument Arrival (STAR) ระหว่างสนามบินเชียงใหม่ ปัจจุบัน Chiang Mai International Airport (VTCC) และสนามบินเชียงใหม่แห่งที่สอง Ban Thi Airport (VTCB) โดยทำการกำหนดวิธีปฏิบัติการบินออกจากสนามบินเชียงใหม่ปัจจุบัน VTCC_RWY 18/36 จำนวน 2 ทางวิ่ง และสนามบินเชียงใหม่แห่งที่ 2 VTCB_RWY

18/36 จำนวน 2 ทางวิ่ง ดังนั้นจึงได้กำหนดวิธีปฏิบัติของอากาศยานบิน เข้าและออกระหว่างสนามบิน VTCC และ VTCB รวม 4 ทิศทาง ที่ใช้สำหรับการบินเข้าและออก โดยมีการกำหนดวิธีปฏิบัติได้ ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 การกำหนดวิธีปฏิบัติการบินออกจากสนามบิน (Standard Instrument Departure SID) ประกอบด้วย SID RWY 18/36 จำนวน 1 Chart, SID RWY 18 จำนวน 1 Chart, SID RWY 36 จำนวน 1 Chart และสามารถกำหนดแผนภูมิการบินขาออกของอากาศยานได้ดังนี้ BANTI, DOILO, WEERA, FRANG, PHRAO และ YONOK จำนวน 6 แผนภูมิ รวมการออกแบบในกลุ่มที่ 1 จำนวน 9 แผนภูมิ โดยมีหลักสำคัญที่ใช้ในการกำหนดดังนี้

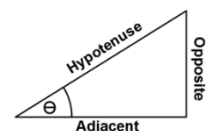
การกำหนดสมรรถนะของอากาศยาน (Aircraft Performance) โดยเฉลี่ยที่ใช้สำหรับการออกแบบ คือ อากาศยานใช้ระยะทาง 1 NM สามารถบินไต่ระดับความสูง (Step Climb) ได้ระดับความสูงเฉลี่ย 300 ft

การหาความชันในการบินไต่หาระยะสูง Climb Gradient โดยอาศัยหลักการพื้นฐานของ Trigonometric Function เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและมุมของรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่ใช้ร่วมกันสมมติให้ชื่อ Theta (θ) ซึ่งอาศัยฟังก์ชันหนึ่งจากหลักการพื้นฐานดังกล่าว คือ Tangent Function = Opposite/Adjacent ดังแสดงในรูปที่ 1 – 2

จากการกำหนด Climb Gradient ในข้างต้นของอากาศยานโดยเฉลี่ยที่ระยะทาง 1 NM สามารถไต่ระดับความสูงที่ 300 ft จึงสามารถกำหนดการรูปแบบการคำนวณหาความสูงในลำดับถัดไปของการออกแบบวิธีปฏิบัติได้ดังรูปที่ 3 – 4

$$\tan \theta = \frac{\text{Opposite}}{\text{Adjacent}}$$

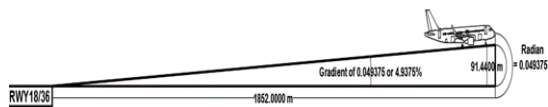
Therefore; Climb Gradient = $\frac{\text{Height}}{\text{Distance}}$



รูปที่ 1 Tangent Function for climb gradient

ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2565 – มีนาคม พ.ศ. 2566

$$\begin{aligned}
 \text{Climb Gradient} &= \frac{\text{Height}}{\text{Distance}} \\
 &= \frac{300\text{ft}}{1\text{NM}} \text{ or } \frac{91.44\text{ m}}{1\text{ NM}} \\
 &= \frac{300\text{ft}}{6076\text{ ft}} \text{ or } \frac{91.44\text{m}}{1852\text{m}}; 1\text{NM} = 6076\text{ft}, 1852\text{m} \\
 &= 0.049375 \\
 &= 0.049375 \times 100 = 4.9375\%
 \end{aligned}$$

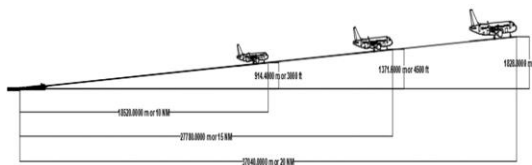


รูปที่ 2 Fundamental Model of Climb gradient

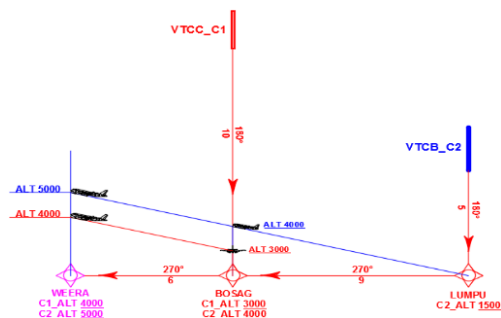
$$1\text{NM} = 300\text{ ft}$$

$$\text{Vertical Distance or Height} = \text{Distance (NM)} \times 300\text{ (ft)}$$

$$\text{Therefore; Vertical Distance or Height} = X \times 300\text{ (ft)}; = \text{Distance (NM)}$$



รูปที่ 3 Model Application of climb gradient in profile view



รูปที่ 4 Model Application of climb gradient in both plan and profile views

การกำหนดระยะสูงในแนวตั้ง (Vertical Separation) ระหว่างอากาศยานขาออกจากสนามบินด้วยระยะสูง 1,000 ft หรือมากกว่า ตามมาตรฐานการ

จัดการจราจรทางอากาศ การหาอัตราการไต่ระดับการบิน (Rate of Climb) โดยใช้หลัก Trigonometric functions มาประกอบการพิจารณา ควบคู่ไปกับความเร็วของอากาศยาน (Aircraft Speed) ดังนั้นการคำนวณอัตราการไต่หาระยะสูง (ft/min or m/sec) ดังนี้

Ground speed (GS) = Indicated Airspeed

(IAS) or speed without wind component

If a unit of Rate of Climb in feet per minute

$$\text{ft/min} = \text{Tan}(\text{angle}) \times \text{GS or IAS}; 1\text{ kt or } \frac{\text{NM}}{\text{hr}}; \text{ and } 1\text{NM} = 6076\text{ ft}$$

$$\text{ft/min} = \text{Tan}(\text{angle}) \times 6076 \times \frac{\text{Distance (NM)}}{\text{Time (hr)}}$$

$$\text{ft/min} = \text{Tan}(\text{angle}) \times 6076 \times \frac{\text{Distance (NM)}}{60\text{ (min)}}$$

$$\text{ft/min} = \frac{\text{Tan}(\text{angle}) \times 6076 \times \text{Distance (NM)}}{60} \frac{\text{ft}}{\text{min}}$$

Where GS is ground speed in kt

If a unit of Rate of Climb in metres per second

$$\text{m/s} = \text{Tan}(\text{angle}) \times \text{GS or IAS}; 1\text{ kt or } \frac{\text{NM}}{\text{hr}}; \text{ and } 1\text{NM} = 1852\text{ m}$$

$$\text{m/s} = \text{Tan}(\text{angle}) \times \frac{\frac{\text{Distance (NM)} \times 1852\text{ (m)}}{1000\text{m}}}{\text{Time (hr)}}$$

$$\text{m/s} = \frac{\text{Distance (km)}}{\text{Time (hr)}}; \text{GS or IAS} = \text{km/hr}$$

$$\text{m/s} = \text{Tan}(\text{angle}) \times 1000 \times \frac{\text{Distance (km)}}{60 \times 60\text{ (s)}}$$

$$\text{m/s} = \frac{\text{Tan}(\text{angle}) \times 1000 \times \text{Distance (km)}}{3600} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Where GS is ground speed in km/h

การจัดระยะห่างของอากาศยานในทางตั้ง (Vertical Separation) ตามมาตรฐานระหว่างอากาศยานมีระยะห่าง 300 เมตร หรือ (1,000 ฟุต) ที่ระดับบินต่ำกว่า 29,000 ฟุต และระยะห่าง 600 เมตร (2,000 ฟุต) ที่ระดับบินสูงกว่า 29,000 ฟุต

กลุ่มที่ 2 การกำหนดวิธีปฏิบัติการบินเข้าสนามบิน (Standard Instrument Arrival; STAR) ประกอบด้วย

STAR RWY 18/36 จำนวน 1 แผนภูมิ, STAR RWY 18 จำนวน 1 แผนภูมิ, STAR RWY 36 จำนวน 1 แผนภูมิ และสามารถกำหนดแผนภูมิการบินเข้าของอากาศยานได้ ดังนี้ PARNU, PASAK, SAKET, SUTEP, PINUM, SAIU, TAPAE และ WORAI จำนวน 8 แผนภูมิ รวมการออกแบบในกลุ่มที่ 2 จำนวน 11 แผนภูมิ

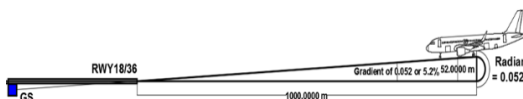
ดังนั้น ผู้วิจัยสามารถกำหนดวิธีปฏิบัติของอากาศยานบิน เข้า-ออก ระหว่างสนามบินเชียงใหม่ปัจจุบัน VTCC และสนามบินเชียงใหม่ แห่งที่สอง อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน VTCC ได้จำนวนทั้งสิ้น 20 แผนภูมิ

การกำหนดแนวร่อนการบิน (Descent Gradient) และอัตราการลดระดับการบิน (Rate of Descent) ได้กำหนดแนวทางการออกแบบโดยควบคุมการลดระดับแนวร่อนโดยอาศัยหลักการพื้นฐาน Descent Gradient ตามเอกสารอ้างอิง (Doc 8168 OPS/611 Aircraft Operations Vol. I Flight Procedures, Section 4 Chapter 1, 1.9 Descent Gradient, 1.9.2 and 1.9.3) ซึ่งการพิจารณาหาค่าจาก Optimum Descent Gradient 5.2 percent/3.0° (52 m/km (318 ft/NM)) สามารถนำหลักการที่ได้มาตรวจสอบค่า Descent Gradient ได้ดังรูปที่ 5

$$\text{Descent Gradient} = \frac{\text{Height}}{\text{Distance}}$$

$$\text{Find from descent gradient } 52\text{m/km}; = \frac{52 \text{ m}}{\text{km}} = \frac{52 \text{ m}}{1000 \text{ m}}$$

$$\text{Descent Gradient} = 0.052 = 5.2 \%$$



รูปที่ 5 Fundamental Model of Descent gradient

เมื่อพิจารณาจากการผลการคำนวณในข้างต้น ซึ่งได้จากการนำ Tangent Function มาหาค่า Descent

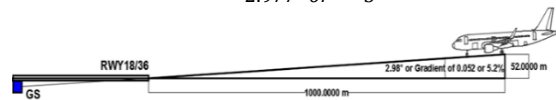
Gradient จากอัตราการลดระดับที่ ระยะทาง 1 km ต่อความสูง 52 m ได้ค่า 0.052 คิดเป็น 5.2 % โดยหากนำค่า Gradient = 0.052 มาแทนในส่วนกลับของ Tangent Function หรือ Arctan จะได้ค่าดังรูปที่ 6

$$\tan(\text{angle}) = \text{Gradient}$$

$$\text{Angle} = \frac{\text{Gradient}}{\tan}$$

$$\text{Angle} = \tan^{-1} \text{ or } \arctan (\text{gradient})$$

$$\begin{aligned} \text{Therefore: Angle in Degrees} &= \frac{1}{\tan(\text{gradient})} \text{ or } \tan^{-1} \text{ or } \arctan (\text{gradient}) \\ &= \text{atan}(\text{atan}(0.052)) \\ &= 2.977^\circ \text{ or } \approx 3^\circ \end{aligned}$$



รูปที่ 6 Conversion of descent gradient to degree

โดยที่การกำหนดระยะสูงในแนวตั้ง (Vertical Separation) ระหว่างอากาศยานขาเข้าสนามบิน ด้วยระยะสูง 1,000 ft หรือมากกว่า ตามมาตรฐานการจัดการจราจรทางอากาศ การหาอัตราการลดระดับการบิน (Rate of Descent) โดยใช้หลัก Trigonometric functions มาประกอบการพิจารณา ควบคุมเกี่ยวกับความเร็วของอากาศยาน (Aircraft Speed) ดังนั้นการคำนวณอัตราการลดระยะสูง (ft/min or m/sec) ดังนี้

Ground speed (GS) = Indicated Airspeed (IAS) or speed without wind component

If a unit of rate of descent in feet per minute

$$\text{ft/min} = \tan(\text{angle}) \times \text{GS or IAS}; 1 \text{ kt or } \frac{\text{NM}}{\text{hr}}; \text{ and } 1 \text{ NM} = 6076 \text{ ft}$$

$$\text{ft/min} = \tan(\text{angle}) \times 6076 \times \frac{\text{Distance(NM)}}{\text{Time(hr)}}$$

$$\text{ft/min} = \tan(\text{angle}) \times 6076 \times \frac{\text{Distance(NM)}}{60 \text{ (min)}}$$

$$\text{ft/min} = \frac{\tan(\text{angle}) \times 6076 \times \text{Distance(NM)}}{60} \frac{\text{ft}}{\text{min}}$$

Where GS is ground speed in kt

If a unit of Rate of Climb in metres per second

ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2565 – มีนาคม พ.ศ. 2566

$$m/s = \tan(\text{angle}) \times GS \text{ or } IAS; 1 \text{ kt or } \frac{NM}{hr}; \text{ and } 1NM = 1852 \text{ m}$$

$$m/s = \tan(\text{angle}) \times \frac{\text{Distance}(NM) \times 1852(m)}{1000m \times \text{Time}(hr)}$$

$$m/s = \frac{\text{Distance}(km)}{\text{Time}(hr)}; GS \text{ or } IAS = km/hr$$

$$m/s = \tan(\text{angle}) \times 1000 \times \frac{\text{Distance}(km)}{60 \times 60 (s)}$$

$$m/s = \frac{\tan(\text{angle}) \times 1000 \times \text{Distance}(km)}{3600} \frac{m}{s}$$

Where GS is ground speed in km/h

การสร้าง Holding Pattern (รูปที่ 7) ในกรณีที่มีการจราจรหนาแน่น อากาศยานไม่สามารถบินเข้าสนามบินได้ จึงต้องมีการกำหนดให้อากาศยานบินวนรอสภาพการจราจร (Holding) ในจุดที่กำหนดเพื่อหลีกเลี่ยงการจราจรที่หนาแน่นในพื้นที่สนามบิน โดยผู้วิจัยมีแนวทางในการออกแบบ (Holding Pattern) ดังต่อไปนี้

(1) แปลงค่าความเร็วจาก Indicated Airspeed (IAS) ไปเป็น True Airspeed (TAS) โดย ISA

$TAS = IAS \times \text{Conversion Factor (CF)}$; CF refer to Conversion Table

$TAS = 210 \times 1.0728$; at ISA + 15 at altitude 3000, CF = 1.0728

$$TAS = 225.288 \text{ or } 225 \text{ kt}$$

(2) นำค่า TAS คือ 225 kt เพื่อสร้าง Holding Pattern (รูปที่ 8 – 9) ได้ดังต่อไปนี้

เมื่อต้องการหาระยะทางการบินเข้าหรือขาออกจากจุดที่กำหนดให้บินวนรอ เป็นในเวลา 1 นาที:-

$$TAS(kt) = TAS \frac{NM}{hr}$$

$$= \frac{TAS(NM)}{60(min)} \cdot 1hr = 60 \text{ min}$$

$$TAS = 225 \text{ kt or } 225 \text{ NM/hr}$$

$$\text{Therefore, } 1 \text{ min} = \frac{225 \text{ NM}}{60(min)}; 1 \text{ hr} = 60 \text{ min}$$

$$1 \text{ min} = 3.75 \text{ NM or } 6945 \text{ m}; 1 \text{ NM} = 1852 \text{ m}$$

เมื่อต้องการหารัศมีการเลี้ยวของอากาศยานมี อัตราการเลี้ยว คือ 3 องศา ต่อ วินาที

หากต้องการหาอัตราการเลี้ยวทำมุม 360° จะใช้เวลา

$$\frac{360}{3} = 120 \text{ sec or } = \frac{120}{60} = 2 \text{ min}$$

จากการคำนวณข้างต้น สามารถหารัศมีการเลี้ยวได้ดังนี้

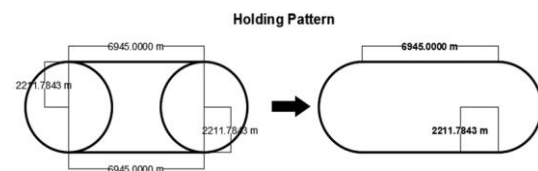
$$\text{Circumference} = 2\pi r = 360^\circ = 2 \text{ min (Distance)}$$

$$r = \frac{\text{Circumference}}{2\pi} \text{ or } \frac{2 \text{ min (Distance)}}{2\pi}; \pi = 3.1416$$

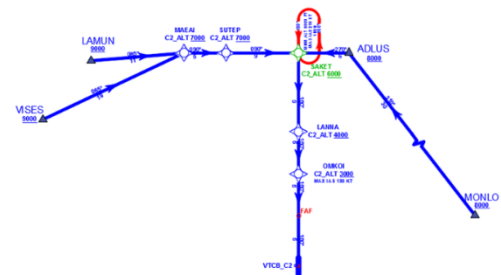
Replace the result of (1) to the formula:

$$\text{Therefore; } r = \frac{2 \times 3.75 (NM)}{2 \times 3.1416} = \frac{7.5}{6.28}$$

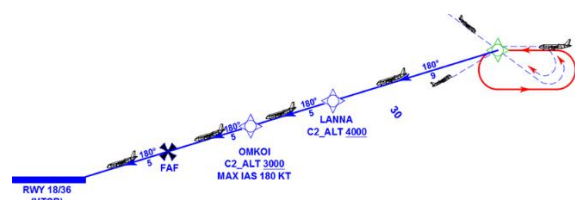
$$\text{Radius} = 1.194268 \text{ NM or } 2211.784336 \text{ m}$$



รูปที่ 7 Construction on Holding Pattern



รูปที่ 8 Holding Pattern of STAR in Plan View



รูปที่ 9 Holding Pattern of STAR in Profile View

4. บทสรุป

ผลที่ได้จากการกำหนดวิธีปฏิบัติการบินโดยใช้ (SID/STAR) เพื่อปฏิบัติการบินเข้าและออก ระหว่าง สนามบินเชียงใหม่ปัจจุบัน (VTCC) และสนามบินเชียงใหม่ แห่งที่สอง (VTCB) สำหรับเส้นทางบินที่เชื่อมต่อจาก เครื่องช่วยเดินอากาศ (CMA DVOR) ของสนามบิน เชียงใหม่ไปยัง Reporting point หรือ Transition point จำนวนทั้งสิ้น 11 จุด เพื่อส่งมอบหน้าที่การบริการควบคุม จราจรทางอากาศระหว่างหน่วยงานของแต่ละพื้นที่ โดย ภายหลังที่ทำการกำหนดวิธีปฏิบัติการบินแล้ว ได้มีการ ทดสอบภายใต้สภาพแวดล้อมการควบคุมจราจรทาง อากาศด้วยระบบเรดาร์ (Air Traffic Control Environment) โดย ATC Simulator ตามที่ระบุในวิธี ปฏิบัติการบินที่ได้กำหนดไว้ (Profile) กับรูปแบบสภาพ การจราจรทางอากาศ จำนวน 3 รูปแบบ คือ การบินเข้า ของอากาศยานพร้อมกันทั้ง 2 สนามบิน, การบินออกของ อากาศยานพร้อมกันทั้ง 2 สนามบิน และการบิน เข้า-ออก ของอากาศยานพร้อมกันทั้ง 2 สนามบิน พบว่าในเวลา 1 ชั่วโมงสามารถรองรับปริมาณการจราจรทางอากาศได้ เฉลี่ย 40 เที่ยวบินต่อชั่วโมง โดยมากกว่าปริมาณ การจราจรทางอากาศที่รองรับได้ในปัจจุบันเฉลี่ย 24 เที่ยวบินต่อชั่วโมง จำนวน 16 เที่ยวบิน แต่ผลที่ได้จาก การทดสอบของงานวิจัยในครั้งนี้ เป็นเพียงการทดสอบ ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ใน Profile ของวิธีปฏิบัติใน แผนภูมิ (Charts) ซึ่งนักบินจะต้องควบคุมอากาศยานให้ เป็นไปตามวิธีปฏิบัติอย่างเคร่งครัด แต่ในการปฏิบัติงาน จริงยังมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อปริมาณการเพิ่มขึ้นและลดลง ของขีดความสามารถในการให้บริการควบคุมจราจรทาง อากาศ ตามที่ปรากฏในประเด็นพิจารณาที่มีความสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. ข้อกำหนดที่ระบุในวิธีปฏิบัติการบิน (Profile of SID/STAR charts)
2. สภาพการจราจรในแต่ละช่วงเวลาในขณะนั้น (Current Traffic)

3. การสื่อสารระหว่างผู้ควบคุมจราจรทางอากาศและ นักบิน

4. การโต้ตอบของนักบิน (Pilot Reaction) ภายหลังจากได้รับการอนุญาต (ATC Clearance) ในการควบคุม อากาศยานตามวิธีปฏิบัติการบินในแต่ละพื้นที่

5. สมรรถนะของอากาศยาน (Aircraft Performance) ทั้ง รูปแบบของอากาศยาน (Type of Aircraft), ความเร็ว (Speed), อัตราการไต่ระดับการบิน (Rate of climb) และอัตราการร่อนลง (Rate of descend)

6. ทิศทาง (Direction) ของอากาศยานที่ทำการบิน

7. การกำหนดระยะห่างระหว่างอากาศยาน (Separation)

8. ความสามารถของผู้ควบคุมการจราจรทางอากาศ (ATC Competency) ในการบริหารจัดการปริมาณ การจราจรทางอากาศ ณ ขณะนั้น

9. การประสานงานระหว่างหน่วยงานควบคุมจราจร ทางอากาศในแต่ละพื้นที่ (Aerodrome Control Tower- Approach Control Unit และ Approach Control Unit-Area Control Center)

ผลจากการอภิปรายในข้างต้นหากนำมาวิเคราะห์ใน เชิงเปรียบเทียบเพื่อศึกษาแนวโน้มความเชื่อมโยงของ สถานการณ์สามารถนำมาอภิปรายภาพรวมที่เกิดขึ้นใน งานวิจัยครั้งนี้ได้ดังต่อไปนี้

1. ขีดความสามารถปัจจุบัน จากการศึกษพบว่า สนามบินเชียงใหม่ได้ให้บริการอากาศยานตลอดทั้งปี โดย ผลจากการสำรวจสภาพการให้บริการจราจรทางอากาศ โดยศูนย์ควบคุมการบินเชียงใหม่ พบว่าใน 1 ปี สามารถ รองรับเที่ยวบินได้ จำนวน 210,240 เที่ยวบิน โดยมี เที่ยวบินเฉลี่ย 24 เที่ยวบินต่อชั่วโมง โดยรูปแบบวิธี ปฏิบัติการบินเข้าและออกจากสนามบินเชียงใหม่ที่ ดำเนินการอยู่ปัจจุบัน ยังสามารถรองรับการให้บริการได้ แต่ในทางปฏิบัติ มีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อความคล่องตัวใน การให้บริการจราจรทางอากาศ ประกอบด้วยปัจจัยสำคัญ ดังต่อไปนี้

1.1 ข้อจำกัดของพื้นที่ให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศ อุปสรรคที่ส่งผลต่อการบินเข้า-ออกสนามบินของอากาศยานที่สำคัญคือ ข้อจำกัดการใช้พื้นที่ห้วงอากาศ (Airspace Restriction) ในเรื่องกำหนดในพื้นที่เตือนภัยทางอากาศ Air Navigation Warning ประกอบด้วย Restricted Area และ Danger Area ของพื้นที่บริเวณโดยรอบสนามบิน ซึ่งเพิ่มเติมจากอุปสรรคที่มีอยู่เดิมตามสภาพภูมิศาสตร์ของพื้นที่ ที่มีภูเขาล้อมรอบ

1.2 ปัจจัยข้อจำกัดของพื้นที่ภายในสนามบิน ประกอบด้วยข้อจำกัดในด้าน ทางขับ (Taxiway) พื้นที่ลานจอด (Apron) และจำนวนหลุมจอดของอากาศยาน (Aircraft Stand) ที่สามารถรองรับปริมาณอากาศยานที่อยู่ในห้วงอากาศ จึงอาจส่งผลทำให้ต้องมีการควบคุมการบินให้อากาศยานบินวนรออยู่ในอากาศในกรณีที่มีสภาพการจราจรหนาแน่น ซึ่งอาจมีการคับคั่งของอากาศยานภาคพื้น

1.3 ความหนาแน่นของพื้นที่ชุมชนโดยรอบสนามบิน ที่เป็นอุปสรรคในการขยายตัวของพื้นที่ ทั้งทางวิ่ง (Runway) ทางขับ (Taxiway) ลานจอด (Apron) และหลุมจอด (Aircraft Stand) เพื่อให้สามารถรองรับการขยายตัวของจำนวนเที่ยวบิน ซึ่งผลที่เกิดขึ้นตามมาคือการเกิดผลภาวะทางเสียงที่รบกวนพื้นที่พักอาศัยของชุมชนโดยรอบ และปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณโดยรอบสนามบิน ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเชื่อมโยงการขยายตัวของการจราจรทางอากาศตลอดจนการเพิ่มขึ้นของปริมาณผู้โดยสารที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

2. จากผลการทดสอบปริมาณการจราจรทางอากาศกับรูปแบบวิธีปฏิบัติที่กำหนดขึ้น คือ SID/STAR สำหรับสนามบิน VTCC & VTCB พบว่า สามารถรองรับปริมาณอากาศยานได้เฉลี่ย 40 เที่ยวบินต่อชั่วโมง โดยสามารถรองรับได้ปริมาณ 350,400 เที่ยวบินต่อปี เพิ่มขึ้นจากเดิมที่รองรับได้เฉลี่ย 24 เที่ยวบินต่อชั่วโมง หรือ 210,240 เที่ยวบินต่อปี รวมจำนวนอากาศยานบินเข้า-ออกเพิ่มขึ้น 141,160 เที่ยวบินต่อปี คิดเป็น 66.67%

3. แนวโน้มการรองรับการขยายตัวในอนาคตจากสถิติข้อมูลที่เกิดขึ้นจากขีดความสามารถให้บริการ

ปัจจุบัน และผลจากการคาดการณ์ประสิทธิภาพการให้บริการจราจรทางอากาศในอนาคตหลังมีการจัดสร้างสนามบินเชียงใหม่แห่งที่สอง จะทำให้สามารถรองรับปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้นเป็นอย่างน้อย จำนวน 40 เที่ยวบินต่อชั่วโมง และจะสามารถเพิ่มปริมาณเที่ยวบินจากเดิม 16 เที่ยวบิน/ชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 66.67

จากการศึกษาพบว่าพื้นที่ตั้งของ สนามบินเชียงใหม่ปัจจุบัน (VTCC) ไม่สามารถขยายพื้นที่ของสนามบินเพิ่มเติมได้ เนื่องจากสภาพพื้นที่โดยรอบมีชุมชนอาศัยอยู่หนาแน่น และมีภูเขาล้อมรอบ จึงเป็นอุปสรรคต่อการขยายพื้นที่ ทั้งทางวิ่ง (Runway) ทางขับ (Taxiway) ลานจอด (Apron) และหลุมจอด (Aircraft Stand) ภายในสนามบิน แต่หากมีการก่อสร้างสนามบินเชียงใหม่แห่งที่สอง ตามที่ได้มีการศึกษาและสำรวจของศูนย์วิจัยและบริการวิชาการด้านการขนส่งทางอากาศ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อจัดทำแผนแม่บทการจัดตั้งสนามบินพาณิชย์ของประเทศของสำนักงานการบินพลเรือนระหว่างประเทศ ได้กำหนดพื้นที่ ที่มีความเหมาะสมที่สุดคือ พื้นที่บริเวณ ตำบลห้วยยาบ อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน ซึ่งอยู่ห่างจากสนามบินเชียงใหม่ออกไปเพียงประมาณ 10.31 NM หรือ 19.01 KM อีกทั้งยังมีทิศทางลมเดียวกันกับพื้นที่สนามบินแห่งเดิม จึงทำให้สามารถสร้างทางวิ่ง (Runway) ให้เป็นทิศทางเดียวกันกับสนามบินเชียงใหม่ปัจจุบัน รวมถึงสามารถใช้ เครื่องช่วยเดินอากาศ (CMA DVOR) ร่วมกันได้พร้อมกันทั้งสองสนามบิน ผลที่จะเกิดขึ้นตามมาคือจะช่วยกระจายสภาพการจราจรทางอากาศให้เกิดความคล่องตัวเพิ่มมากขึ้น และส่งผลให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและปริมาณการจราจรทางอากาศมากยิ่งขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งพื้นที่ตั้งของสนามบินเชียงใหม่แห่งที่สอง มีสภาพภูมิศาสตร์โดยรอบอยู่ไม่ไกลจากถนนสายหลักและแหล่งชุมชน โรงพยาบาล โรงเรียน ฯลฯ ซึ่งอาศัยอยู่อย่างกระจัดกระจาย นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นภายนอกที่สนับสนุนประสิทธิภาพการให้บริการหากมีการร่วมลงทุนระหว่างภาครัฐและเอกชนเกิดขึ้น โดยมีการก่อสร้างระบบคมนาคมขนส่งทั้งทางบกและทางรางตามแผนงานที่ได้มี

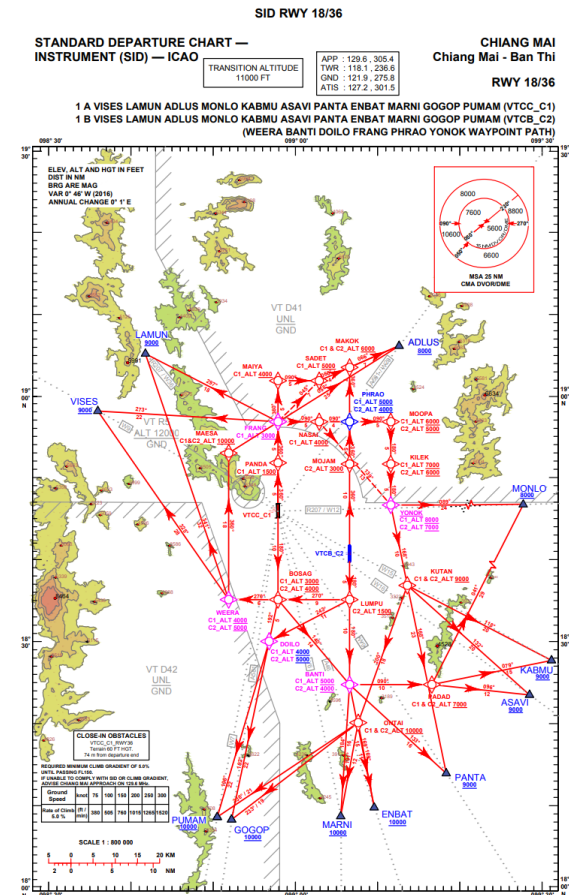
การศึกษาไว้จะทำให้บริหารจัดการการเชื่อมโยงระบบการขนส่ง (Logistic Systems Management) ทั้งทางอากาศทางบก และทางรางมีการบูรณาการอย่างสมบูรณ์ โดยจะส่งผลประโยชน์ในระดับมหภาค ซึ่งทำให้สามารถกระจายความเจริญสู่ชุมชน และยังเป็นการดึงดูดนักท่องเที่ยวไปยังพื้นที่ชุมชนเมืองรอง รวมทั้งช่วยลดความหนาแน่นของนักท่องเที่ยวจากเมืองหลักสู่เมืองรองตามลำดับ ซึ่งสนามบินเชียงใหม่มีที่ตั้งและพื้นที่ให้บริการครอบคลุมจังหวัดเมืองรอง คือ จังหวัดลำพูน และที่ตั้งของจังหวัดเชียงใหม่อาณาเขตติดต่อกัน และอยู่ไม่ไกลจากจังหวัดเมืองรองอื่น ๆ ในภาคเหนือ เช่น จังหวัดเชียงราย จังหวัดลำพูน จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดตาก จังหวัดลำปาง จังหวัดพะเยา เป็นต้น จึงเป็นจุดหมายปลายทางของนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ ซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้เศรษฐกิจของภาคเหนือมีการกระจายตัวไปสู่ระดับชุมชนเป็นไปตามนโยบายของภาครัฐที่มีการ สนับสนุน และส่งเสริมการท่องเที่ยวเมืองรอง โดยผลที่ตามมาจะทำให้มีการกระจายความเจริญ และรายได้ไปสู่ชุมชนช่วยเพิ่มระดับคุณภาพชีวิตของชุมชนเมืองรองในพื้นที่ให้ดียิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ขอขอบคุณสถาบันการบินพลเรือน และได้รับความกรุณาจาก เรืออากาศโทวีระ ยัมณอม ผู้เชี่ยวชาญด้านการควบคุมจราจรทางอากาศ และอาจารย์ภานุวัฒน์ ผูกทอง ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบแผนภูมิการบิน รวมถึงศูนย์ควบคุมการบินเชียงใหม่ บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย, ท่าอากาศยานเชียงใหม่ บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน), กรมแผนที่ทหาร กองทัพบก ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้คำปรึกษา และเข้าพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้

รูปที่ 10 แสดงวิธีปฏิบัติการบินแบบ SID ที่กำหนดขึ้น โดยมีมาตรฐานการบินออกจากสนามบินด้วยเครื่องวัดประกอบการบิน หมายถึง เส้นทางบินออกของอากาศยานที่เชื่อมต่อระหว่างสนามบินหรือทางวิ่งที่กำหนดไปยัง

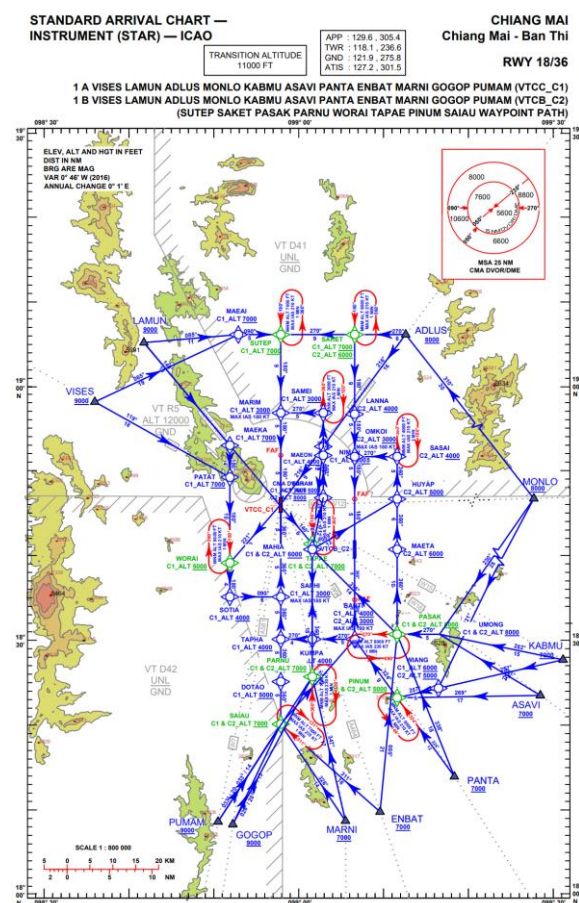
เส้นทางบินเพื่อบินไปยังสนามบินปลายทาง ซึ่งอำนวยความสะดวกในการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศแก่เจ้าหน้าที่ควบคุมจราจรทางอากาศ ในพื้นที่เขตประชิดสนามบิน



รูปที่ 10 Standard Instrument Departure (SID)
Runway18 and 36

รูปที่ 11 แสดงวิธีปฏิบัติการบินแบบ STAR ที่กำหนดขึ้น โดยมีมาตรฐานการบินเข้าสนามบินด้วยเครื่องวัดประกอบการบิน หมายถึง เส้นทางบินขาเข้าที่เชื่อมต่อระหว่างจุดสำคัญบนเส้นทางบินไปยังจุดที่อากาศยานสามารถเริ่มทำการปฏิบัติการบินเข้าสู่สนามบินด้วยเครื่องวัดประกอบการบิน ในพื้นที่เขตประชิดสนามบิน และทำการร่อนลงทางวิ่งด้วยความปลอดภัย

ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2565 – มีนาคม พ.ศ. 2566



รูปที่ 11 Standard Instrument Arrival (STAR)
Runway18 and 36

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Air Transport Statistics. (2 0 1 8 , January) .
Airport of Thailand PLC. Annual Report
[Online]. Available: [https:// www.airportthai.co.th/th/](https://www.airportthai.co.th/th/)
- [2] Airport Development Project. (2018,January).
Airport of Thailand PLC. Annual Report
[Online]. Available: [https:// www.airportthai.co.th/th/](https://www.airportthai.co.th/th/)
- [3] Mission. (2 0 2 2 , DEC 5) . Air Traffic
Management. [Online]. Available: [https://
www.aerothai.co.th/th/services/](https://www.aerothai.co.th/th/services/)

- [4] Recommendations on airspace usage and the impact of airspace usage around similar airports., “Preparation of the master plan for the establishment of the country's commercial airports,” Air Transport Research and Academic Services Center Kasetsart University, June 2017.
- [5] Aeronautical Charts, Annex 4 International Civil Aviation Organization, 2016.
- [6] Units of Measurement to be Used in Air and Ground Operations, Annex 5, International Civil Aviation Organization, 2010.
- [7] Air Traffic Management, Doc 4444, Procedures for Air Navigation Services — Air Traffic Management, International Civil Aviation Organization, 2016.
- [8] Flight Procedures, Doc.8168/OPS/611 Aircraft Operations Vol.I, International Civil Aviation Organization, 2014.
- [9] Construction of Visual and Instrument Flight Procedures, Doc.8168/OPS/611 Aircraft Operations Vol.II, International Civil Aviation Organization, 2014.
- [10] Aeronautical Chart, Doc8697 Aeronautical Chart Manual, International Civil Aviation Organization, 2016.
- [11] En-route, Aeronautical Information Publication Thailand, The Civil Aviation Authority of Thailand, 2019.