

น.ต.สุภาพ เฝิงมาก
อาจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมอากาศยานและการบิน
กองวิชาวิศวกรรมศาสตร์ กองการศึกษา
โรงเรียนนายเรืออากาศ
กรุงเทพฯ 10210

การออกแบบขั้นต้นของอากาศยาน ขนาดเบาพิเศษ Preliminary Design of an Ultralight Aircraft

บทความความฉบับนี้ เป็นรายงานการศึกษา และออกแบบอากาศยานขนาดเบาพิเศษ ชนิด 2 ที่นั่งเคียงกัน (Side-by-side two-seat ultralight aircraft) โดยเป็นการออกแบบเชิงความคิด (Conceptual design) ผสมกับการออกแบบขั้นต้น (Preliminary design) ตามวิธีผสมระหว่างวิธีของ Dr. Jan Roskam กับของ Danial P. Raymer ผลลัพธ์ขั้นสุดท้ายที่ได้ขณะนี้ คือแบบแปลนขั้นต้นของอากาศยานที่ออกแบบ (Preliminary design layout) เมื่อนำข้อมูลของแบบแปลนที่ได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงจากหนังสือ Jane's all the world aircraft แล้วพบว่าสอดคล้องกัน ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้ จึงสามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบขั้นสูงต่อไป

This paper is concerned about the design of a side by side two seat ultralight airplane. The design method used is a combination of the method from Dr. Jan Roskam and from Danial P. Remer, in which the conceptaul and preliminary design are of interest. The result currently obtained is a preliminary ultralight layout. By comparing its data with data from Jane's all the world aircraft, we can conclude that the obtained data can be further used as basis for higher design phase.

1. สัญลักษณ์

W_{TO}	น้ำหนักวิ่งขึ้นสูงสุด	Take-off weight
W_E	น้ำหนักตัวเปล่า	Empty weight
W_F	น้ำหนักน้ำมันเชื้อเพลิง	Fuel weight
W_{PI}	ระวางบรรทุก	Payload
W_{crew}	น้ำหนักลูกเรือ	Crew weight
HP_{TO}	แรงม้าขณะวิ่งขึ้น	Horse power at take-off
S	พื้นที่ปีก	Wing area
$(W/HP)_{max}$	ภาระกรรมสูงสุดของกำลังเครื่อง	Maximum power loading

W/S ภาระกรรมปีก Wing loading

2. บทนำ

การออกแบบอากาศยานเป็นวิชาหนึ่งในการเรียนด้านวิศวกรรมอากาศยาน ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่าเป็นวิชาประยุกต์ ทั้งนี้เนื่องจากต้องนำเอาความรู้จากวิชาอื่นๆมาประยุกต์ใช้ เพื่อให้ได้รูปลักษณะ แบบแปลน และข้อมูลอื่นๆที่ใช้สร้างอากาศยาน วิชาที่ต้องใช้มีดังเช่น อากาศพลศาสตร์ของอากาศยาน สมรรถนะด้านการบิน เสถียรภาพและการควบคุม โครงสร้างอากาศยาน เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ผู้ออกแบบจึงควรมีความรู้ในด้านที่ได้กล่าวมาแล้วให้ลึกซึ้ง

แต่อย่างไรก็ตาม ได้มีวิธีการออกแบบอยู่เป็นจำนวนหลายวิธีด้วยกัน โดยขึ้นอยู่กับผู้คิดค้น ในที่นี้ “ วิธีการออกแบบ ” หมายถึงขั้นตอนต่างๆที่ได้มีการจัดเรียงลำดับ โดยแสดงให้เห็นด้วยตัวอย่าง หรือโดยแจกแจงให้ทราบว่า จะต้องดำเนินการอะไรก่อนหรือหลัง ภายในขั้นตอนแต่ละขั้นตอนก็จะมีสมการ ค่าพารามิเตอร์ แนวทางแนะนำ (Guide line) ชนิดต่างๆที่เกี่ยวข้อง ฯลฯ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สมการต่างๆที่กล่าวถึงภายในขั้นตอนเหล่านั้น เป็นสมการที่ได้มาจากการนำเอาวิชาที่กล่าวไว้ข้างบน ไปประยุกต์และ/หรือดัดแปลง เพื่อให้เหมาะสมและเข้ากันได้กับขั้นตอนการออกแบบ ดังนั้นสมการที่ได้จึงอยู่ในรูปที่ง่ายต่อการใช้งาน นอกจากนี้สมการบางชนิดได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ซึ่งโดยส่วนมากแล้ว เราจะไม่ทราบที่มาของสมการดังกล่าว แต่ทว่าในฐานะผู้ประยุกต์ใช้วิธีการออกแบบ จึงควรศึกษาขั้นตอนและรายละเอียดปลีกย่อยต่างๆให้ต้องแท้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดี และถูกต้อง รวมทั้งยังอาจจะสามารถพัฒนาขึ้นเป็นวิธีของตนเองได้

การออกแบบอากาศยานนั้นจำเป็นต้องใช้ข้อมูลหลายๆชนิดเป็นจำนวนมาก ข้อมูลบางชนิดเป็นข้อมูลเริ่มต้น บางชนิดเป็นข้อมูลเชิงสถิติ และบางชนิดเป็นข้อมูลจำเพาะที่แน่นอน ผู้ออกแบบจึงต้องหรือควรต้องมีแหล่งข้อมูลเก็บไว้ แหล่งข้อมูลที่จะพอจะสามารถหาได้ มีดังเช่น วารสารการบิน ชนิดต่างๆ ข้อมูลจากหนังสือและตำราด้านวิศวกรรมอากาศยานและการบิน และที่รู้จักกันแพร่หลายก็คือ หนังสือ Jane's all the world aircraft รวมทั้งจากบริษัทเครื่องบิน(ถ้าเป็นไปได้) แต่อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่ใช้อ้างอิงในรายงานฉบับนี้เป็นข้อมูลที่มาจากหนังสือ Jane's all the world aircraft เป็นส่วนใหญ่

เครื่องบินที่ออกแบบเป็นอากาศยานขนาดเบาพิเศษ ชนิด 2 ที่นั่งเคียงกัน อากาศยานชนิดนี้มีน้ำหนักน้อยมากเมื่อเทียบกับประเภทอื่นๆ โดยมีน้ำหนักวิ่งขึ้นสูงสุดไม่เกิน 452 kg (~1000 lb) โดยส่วนมากแล้วเรานำเอาอากาศยานชนิดนี้ไปใช้เพื่อเป็นกีฬาการบิน (Flying sport) เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายต่อเที่ยวบินต่ำ รวมทั้งค่าบำรุงรักษาและราคาเครื่องบินก็ไม่สูงมากนัก นอกจากนี้ ยังมีการใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆอีก เช่น การใช้เป็นเครื่องบินตรวจการณ์ เครื่องบินเดินทางส่วนตัว และอื่นๆอีก ด้วยเหตุนี้จึงนำที่จะสนับสนุนการออกแบบและสร้างอากาศยานขนาดเบาพิเศษ ขึ้นมาใช้ภายในประเทศ

เป็นที่ทราบกันดีว่า การออกแบบและสร้างอากาศยานนั้น จำเป็นต้องมีความรู้และประสบการณ์สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแล้ว การออกแบบอากาศยานนั้นจำเป็น

ต้องใช้ข้อมูลของอากาศยานที่สร้างเสร็จและบินได้แล้ว โดยใช้เป็นข้อมูลเริ่มต้น ข้อมูลอ้างอิง ข้อมูลเปรียบเทียบ แต่ทว่าข้อมูลบางชนิดที่จำเป็นต้องใช้นั้น ไม่สามารถทราบค่าได้ เนื่องจากไม่มีการเปิดเผยข้อมูล นอกจากนั้น การออกแบบอากาศยานยังเป็นการทำงานซ้ำ (Iterative process) ซึ่งจำเป็นต้องใช้ซอฟต์แวร์เข้าช่วย ในหลายๆกรณีแล้ว เราอาจจำเป็นต้องใช้โปรแกรมมากกว่าหนึ่งโปรแกรม แต่ทว่าโปรแกรมสำหรับการออกแบบอากาศยาน หรือ โปรแกรมเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ ก็ยังไม่มี ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การออกแบบอากาศยานเป็นสิ่งที่ยากสำหรับนักออกแบบสมัครเล่น และ/หรือ ที่มีประสบการณ์น้อย

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่า ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาและออกแบบอากาศยานขนาดเบาพิเศษนั้น ไม่ใช่เพียงแต่ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการเพียงเท่านั้น แต่ยังทำให้ผู้ศึกษาและออกแบบ ได้รับประสบการณ์โดยตรง ทราบว่าปัญหาและวิธีแก้ไขคืออะไร รวมทั้งสามารถพัฒนาวิธีการแก้ไขปัญหาโดยการสร้างโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้การออกแบบอากาศยาน สมบูรณ์มากขึ้นและไม่ยากมากนักอีกต่อไป

3. วิธีการออกแบบอากาศยานขนาดเบาพิเศษ

พิจารณาจากวิธีการออกแบบตามหนังสืออ้างอิง[1] และ [2] พบว่าสามารถนำมารวมกันได้เป็นบางส่วน สิ่งดังกล่าวนี้ยังสามารถรับทราบได้จากการศึกษารายละเอียดของวิธีทั้งสองได้ด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า วิธีการออกแบบอากาศยานที่ใช้ในรายงานฉบับนี้เป็นวิธีผสมระหว่างสองวิธีดังกล่าว โดยมีแผนผังเริ่มตั้งแต่ต้นจนกระทั่งถึงแบบแปลนขั้นต้นของอากาศยาน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1

4. การออกแบบ

เนื่องจากภายในขั้นตอนต่างๆ ตัวอย่างเช่น การประมาณน้ำหนักของอากาศยาน การหาภาระกรรมของปีก และพารามิเตอร์เชิงเรขาคณิต ฯลฯ ยังมีขั้นตอนย่อยๆอีก และ ต้องใช้สมการอีกเป็นจำนวนมาก รวมทั้งการคำนวณบางชนิดยังเป็นการทำงานซ้ำอีกด้วย ดังนั้น ภายใน บทความนี้จึงเพียงแต่บอกว่วิธีการย่อยหรือสมการที่เกี่ยวข้อง ว่าอยู่ในหนังสืออ้างอิงเล่มใด

- ข้อกำหนดด้านภารกิจ(Mission Specification) และโปรไฟล์ภารกิจ(Mission Profile)

สิ่งทั้งสองนี้เป็นสิ่งสำคัญอันดับแรก ที่ซึ่งผู้ออกแบบจะต้องกำหนดขึ้นมาให้ได้ ทั้งนี้เพราะว่า จะส่งผลต่อรูปลักษณะ

(Configuration) สมรรถนะ(Performance) และอื่นที่ตามมาอีกภายหลัง ผู้ออกแบบจะต้องทราบขีดความสามารถของเทคโนโลยีปัจจุบัน ควรมีความคิดใหม่ๆ มีความคาดหวังว่าอากาศยานที่ออกแบบสามารถปฏิบัติการกิจ หรือ ทำให้ออกแบบด้านภารกิจ เป็นจริงได้

โดยสรุปแล้ว ข้อกำหนดด้านภารกิจและโปรไฟล์ภารกิจสำหรับอากาศยานขนาดเบาพิเศษ ที่ออกแบบ เป็นดังนี้ ข้อกำหนดด้านภารกิจ:

ประเภท	อากาศยานขนาดเบาพิเศษชนิดสองที่นั่งเดียวกัน
ระวางบรรทุก	ลูกเรือ 2 คน หนักคนละ 177 lb(80 kg) และ กระเป๋ารวมหนัก 22lb(10 kg)
พิสัยบิน	130 nm.(240 km) โดยบินด้วยระวางบรรทุกสูงสุด และ น้ำมันเชื้อเพลิงมากที่สุด รวมทั้งไม่มีน้ำมันสำรอง
เพดานบิน	1. เพดานบินสูงสุด (Service ceiling) ที่ 10000 ft (3048 m) 2. บินเดินทางที่ 1000 ft(305 m)
ความเร็ว	1. ความเร็วบินระดับสูงสุด ที่ 62 knots 2. ความเร็วบินเดินทางประหยัด ที่ 48 knots 3. ความเร็วร่อนแบบไร้กำลังเครื่องที่ 27 knots
อัตราไต่	อัตราการไต่สูงสุด ที่ 590 ft(180 m)/min
การวิ่งขึ้นและลงสู่พื้น	1. ระยะวิ่งบนพื้นขณะทำการวิ่งขึ้น 164 ft(50 m) 2. ระยะวิ่งบนพื้นขณะทำการลงสู่พื้น 164 ft(50 m)
เครื่องยนต์	1. เครื่องยนต์ใบพัดลูกสูบ ที่มีกำลัง 47 hp 2. ความจุถังน้ำมันเชื้อเพลิง 38 litres
ประกาศนียบัตร	

โปรไฟล์ภารกิจ:

รูปที่ 2 แสดง โปรไฟล์ภารกิจ

- การกำหนดขนาดขั้นต้น

การกำหนดขนาดคือ การประมาณค่าน้ำหนักเบ็ดเสร็จ(Total weight) ซึ่งหมายถึง W_{TO} นั้นเอง และยังต้องประมาณค่า W_F เพื่อให้อากาศยานที่ออกแบบ สามารถปฏิบัติการกิจที่ออกแบบไว้ได้ วิธีการประมาณเพื่อหาค่า W_{TO} , W_E

และ W_F นั้นสามารถดูได้จากหนังสืออ้างอิง [1] และ [2] ซึ่งเป็นวิธีเดียวกัน เพียงแต่ข้อมูลที่ใช้บางชนิด ได้มาจากสมการที่แตกต่างกัน สำหรับค่า W_{PI} และ W_{crew} ได้จากข้อกำหนดด้านภารกิจ

เมื่อทราบค่า W_{TO} แล้ว ก็จะสามารถหาค่า HP/W ได้โดยใช้ สมการในด้านสมรรถนะการวิ่งขึ้น (Take-off performance) ซึ่งอยู่ในหนังสืออ้างอิง [3] หลังจากนั้นก็จะสามารถหาค่า W/S หรือ S ได้โดยเลือกใช้วิธีจากหนังสืออ้างอิง [1] หรือ [2] ก็ได้

สรุป : ค่าที่คำนวณได้เป็นดังนี้

$W_{TO} = 796 \text{ lb}$; $W_E = 164 \text{ lb}$; $W_F = 23 \text{ kg}$; $W_{PI} = 22 \text{ lb}$;
 $W_{crew} = 160 \text{ kg}$; $W/HP = 17.75$; $W/S = 4.46 \text{ lb/ft}^2$

- เครื่องยนต์

เนื่องจาก $W/HP = 17.75$ ดังนั้นเมื่อ $W=796 \text{ lb}$ ทำให้ได้ $HP = 44.85$ และด้วยเหตุนี้กำลังม้าของเครื่องยนต์ที่กำหนดไว้ จึงควรมีค่าเท่ากับ 47 HP ดังนั้นจึงเลือกใช้เครื่องยนต์ ROTAX 503 จำนวน 1 เครื่อง และเลือกใช้ใบพัดแบบผลักที่มีกิลบจำนวน 2 กิลบ (Two-blade pusher propeller) เส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดสามารถคำนวณขั้นต้นโดยใช้สมการจากหนังสืออ้างอิง [2] ทำให้ได้ค่าประมาณ 5 ft 6 in

- แบบแปลนและรูปลักษณะขั้นต้น

เมื่อทราบขนาดน้ำหนัก กำลังเครื่องยนต์ พื้นที่ปีก รวมทั้งออกแบบให้ติดตั้งเครื่องยนต์ไว้บนปีกแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการหาค่าพารามิเตอร์หรือข้อมูลสำหรับวาดแบบแปลน สมการที่ใช้โดยส่วนใหญ่เป็นของหนังสืออ้างอิง [2] แต่บางชนิดมาจากหนังสืออ้างอิง [1] และ [3] ข้อมูลแนะนำ โดยส่วนมากมาจากหนังสืออ้างอิง [1] ผลลัพธ์ที่ได้ให้ดูรูป 3

5. น้ำหนักและการถ่วงดุล

ปัญหาที่ยังไม่สามารถแก้ไขได้ขณะนี้คือการหาน้ำหนัก(ชิ้นส่วน อุปกรณ์ เครื่องมือ ฯลฯ) และการถ่วงดุล ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลด้านนี้ หาได้ยากมาก อย่างไรก็ตามหนังสืออ้างอิง [1] ได้เสนอแนะไว้ว่า ควรใช้สมการที่มาจากวิธีต่างๆ เมื่อได้แล้วจึงให้หาค่าเฉลี่ย และสุดท้ายให้ใช้ตัวประกอบเปลี่ยนค่า(Fudge factor)

รายงานฉบับนี้ยังไม่มี การประมาณหาค่าน้ำหนักและการถ่วงดุล

