

การจัดการฝูงบินด้วยกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (กรณีศึกษา : สายการบินนกแอร์)

รตี โบจรัส^{*1} และ ปิยะธิดา แสนเสาร์¹

ภาควิชาคณิตศาสตร์ สถิติและคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

Received: 15 September 2020; Revised: 2 December 2020; Accepted: 2 February 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เราใช้แบบจำลองการจัดการฝูงบินด้วยกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม เพื่อกำหนดประเภทของฝูงบินให้เหมาะสมกับเที่ยวบินในตารางบินจริงของสายการบินนกแอร์ เที่ยวบินในประเทศ และหาค่าใช้จ่ายที่ใช้ดำเนินการน้อยที่สุด นอกจากนี้เราได้กำหนดจำนวนเครื่องบินที่ลงจอดค้างคืนในแต่ละสนามบิน ผลที่ได้จากการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้โปรแกรม LINGO พบว่าเราสามารถกำหนดจำนวนฝูงบินทั้งสองประเภทให้กับทุกเที่ยวบินโดยมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด และระบุจำนวนเครื่องบินที่ลงจอดค้างคืนในแต่ละสนามบินภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

คำสำคัญ: การจัดการฝูงบิน กำหนดการเชิงจำนวนเต็ม

*Corresponding author. E-mail : ratee.b@ubu.ac.th

¹ภาควิชาคณิตศาสตร์ สถิติและคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Fleet assignment problem with integer linear programming (A case study : Nok air airline)

Ratee Bojaras*¹ and Piyatida Saensao¹

Department of Mathematics Statistics and Computer, Faculty of sciences,
Ubonratchathani university, Warinchamrap, Ubonratchathani 34190

Received: 15 September 2020; Revised: 2 December 2020; Accepted: 2 February 2021

Abstract

In this research, we use integer linear programming to model the fleet assignment problem. The purpose of this model is to assign the most appropriate fleet types of domestic flight schedules in Nok Air airline and to find the minimized operating cost. In addition, we have determined the optimal number of aircraft grounded overnight at each airport. The results revealed that we found the optimal solution by LINGO with the minimized operating cost and the optimal number of aircraft grounded overnight at each airport.

Keywords: fleet assignment, integer linear programming

*Corresponding author. E-mail : ratee.b@ubu.ac.th

¹Department of Mathematics Statistics and Computer, Faculty of sciences, Ubonratchathani University

1. บทนำและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันว่าการขนส่งทางอากาศมีความสะดวก รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากที่สุดเพราะช่วยลดระยะเวลาการขนส่ง สามารถขนส่งได้เป็นจำนวนมาก มีความปลอดภัยมากกว่าการขนส่งประเภทอื่น ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งทางอากาศมากขึ้น เช่น การจัดตารางบิน การจัดเส้นทางบิน การจัดการฝูงบิน และการจัดตารางงานของพนักงานสายการบิน เป็นต้น

ปัญหาการจัดการฝูงบินเป็นปัญหาที่มีความยากและซับซ้อนในการจัดการวางแผนการบิน เพราะหากจัดการฝูงบินได้ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายของสายการบินและทำให้สายการบินมีกำไรมากขึ้น ดังนั้นการจัดการฝูงบินจึงมีความสำคัญที่จะช่วยให้การจัดการด้านอื่นๆที่ตามมา เช่น การจัดตารางงานของพนักงานสายการบิน มีความสะดวกมากขึ้น

จุดประสงค์หลักของการจัดการฝูงบิน เพื่อจับคู่ประเภทของฝูงบินกับเที่ยวบินที่เหมาะสม โดยให้มีค่าใช้จ่ายดำเนินการน้อยที่สุด หรือให้มีกำไรสุทธิมากที่สุด ทั้งนี้จะพิจารณาเฉพาะประเภทของฝูงบินไม่ได้พิจารณาการจับคู่กับเครื่องบินลำใดเป็นพิเศษ

ปัญหาการจัดการฝูงบินถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เช่น ในสายการบินอเมริกัน แอร์ไลน์ [1] สายการบินเดลต้า แอร์ไลน์ [2] และสายการบินเตอร์กิช แอร์ไลน์ [3] โดยใช้แบบจำลองการจัดการฝูงบินด้วยกำหนดการเชิงเต็มของ Abara [1] ที่กำหนดประเภทของฝูงบิน 2 ชนิดขึ้นไป มีฟังก์ชันจุดประสงค์เพื่อหาค่ากำไรมากที่สุดหรือค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด แบบจำลองการจัดการฝูงบินของ Abara นับว่าเป็นต้นแบบการสร้างแบบจำลองเพื่อจัดการฝูงบินในยุคแรกๆ จนกระทั่งต่อมาได้มีการปรับเปลี่ยนแบบจำลองของ Belanger และคณะ [4] ที่มีการพิจารณาช่วงเวลาบินเข้า-ออกจากสนามบินเดียวกันเพิ่มขึ้นมา

ในงานวิจัยนี้เราใช้แบบจำลองการจัดการฝูงบินด้วยกำหนดการเชิงจำนวนเต็มของ Bazargan [5] เพื่อกำหนดประเภทของฝูงบินให้เหมาะสมกับเที่ยวบินในตารางบินจริงของสายการบินนกแอร์ เที่ยวบินในประเทศจากสามภูมิภาค คือ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและ

ภาคใต้ และหาค่าใช้จ่ายที่ใช้ดำเนินการน้อยที่สุด รวมทั้งกำหนดจำนวนเครื่องบินที่ลงจอดค้างคืนในแต่ละสนามบิน โดยใช้ โปรแกรม LINGO

2. แบบจำลองการจัดการฝูงบิน

ในหัวข้อนี้จะแสดงแบบจำลองการจัดการฝูงบินด้วยกำหนดการเชิงจำนวนเต็มโดยประยุกต์จากแบบจำลองของ Hane [6] และ Bazargan [5]

กำหนดเซต

F = เซตของเที่ยวบิน

K = เซตของประเภทฝูงบิน

C = เซตของจุดสุดท้าย (แสดงจำนวนจุดทั้งหมดที่เครื่องบินลงจอดค้างคืนที่สนามบินในเครือข่าย)

M = จำนวนของจุด (ในที่นี้คือ สนามบิน) ในเครือข่ายดังนี้

i = ดัชนีของเที่ยวบิน

j = ดัชนีชนิดของประเภทฝูงบิน

k = ดัชนีของจุด (ในที่นี้คือ สนามบิน) ในเครือข่าย

พารามิเตอร์

$c_{i,j}$ = ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการกำหนดประเภทฝูงบิน j ให้กับเที่ยวบิน i

f_j = ค่าบริการจอดเครื่องบินค้างคืนของประเภทฝูงบิน j

N_j = จำนวนเครื่องบินของประเภทฝูงบิน j

$S_{i,k} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าเที่ยวบิน } i \text{ บินมาถึงสนามบิน } k \\ -1 & \text{ถ้าเที่ยวบิน } i \text{ บินออกจากสนามบิน } k \end{cases}$

ตัวแปรตัดสินใจ

$x_{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้ากำหนดประเภทฝูงบิน } j \text{ ให้กับเที่ยวบิน } i \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$

$G_{k,j}$ = จำนวนเครื่องบินประเภทฝูงบิน j ที่ลงจอดในสนามบิน k

ฟังก์ชันจุดประสงค์ คือ

$$\text{Min} \sum_{j \in K} \sum_{i \in F} c_{i,j} x_{i,j} + \sum_{j \in K} \sum_{k \in M} f_j G_{k,j} \quad (3.1)$$

ภายใต้เงื่อนไข

$$\sum_{j \in K} x_{i,j} = 1 \quad \forall i \in F \quad (3.2)$$

$$G_{k,j} = G_{k-1,j} + \sum_{i \in F} s_{i,k} x_{i,j}$$

$$\forall k \in M \text{ และ } \forall j \in K$$

(3.3)

$$\sum_{i \in F} x_{i,f} = \sum_{j \in F} x_{f,j} \quad \forall f \in K$$

(3.4)

$$\sum_{k \in C} G_{k,j} \leq N_j \quad \forall j \in K$$

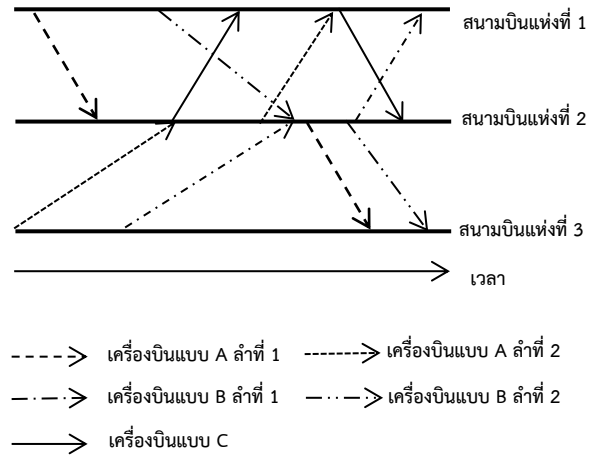
(3.5)

$$x_{i,j} \in \{0,1\} \quad \forall i \in F \text{ และ } \forall j \in K \quad (3.6)$$

$$G_{k,j} \in \mathbb{N}^+ \cup \{0\}$$

$$\forall k \in M \text{ และ } \forall j \in K \quad (3.7)$$

ฟังก์ชันจุดประสงค์ใน (3.1) หาค่าใช้จ่ายดำเนินการน้อยที่สุดที่เกิดจากการกำหนดประเภทฝูงบินให้แต่ละเที่ยวบิน โดยคิดจากต้นทุนการบินของเครื่องบินต่อเที่ยว รวมกับค่าบริการจอดเครื่องบินค้างคืนของฝูงบิน j ในสนามบิน เงื่อนไขที่ (3.2) เรียกว่า flight-cover constraints เป็นเงื่อนไขที่กำหนดว่าแต่ละเที่ยวบิน ต้องกำหนดประเภทของฝูงบินเพียงชนิดเดียวเท่านั้น เงื่อนไขที่ (3.3) และ (3.4) เรียกว่า aircraft-balance constraints เป็นเงื่อนไขที่ใช้ตรวจสอบว่า จำนวนเครื่องบินของฝูงบิน j ณ จุด k ต้องเท่ากับจำนวนเครื่องบินของฝูงบิน j ณ จุดก่อนหน้า k (ในที่นี้แทนด้วย $G_{k-1,j}$) รวมกับจำนวนเครื่องบินที่ลงจอด ณ จุด k (แทนด้วย $s_{i,k} = +1$) ลบออกจากจำนวนเครื่องบินที่บินออกจากจุด k (แทนด้วย $s_{i,k} = -1$) ตัวอย่างเช่น สนามบินแห่งที่ 1 มีเครื่องบินลงจอด 3 ลำ (ลูกศรชี้เข้า) และเครื่องบินบินออกจำนวน 3 ลำ (ลูกศรชี้ออก) ซึ่งมีจำนวนเท่ากัน สนามบินแห่งที่ 2 มีเครื่องบินลงจอด 5 ลำ (ลูกศรชี้เข้า) และเครื่องบินบินออกจำนวน 5 ลำ (ลูกศรชี้ออก) และสนามบินแห่งที่ 3 มีเครื่องบินลงจอด 2 ลำ (ลูกศรชี้เข้า) และเครื่องบินบินออกจำนวน 2 ลำ (ลูกศรชี้ออก) จำนวนเครื่องบินลงจอดแต่ละสนามบินจะเท่ากับจำนวนเครื่องบินบินออกในสนามบินทุกแห่ง



รูปที่ 1 aircraft-balance constraints

เงื่อนไขที่ (3.5) แสดงจำนวนเครื่องบินทั้งหมดที่ใช้ได้ในแต่ละฝูงบิน ดังนั้นจำนวนเครื่องบินทั้งหมดในฝูงบิน j ต้องมีค่าไม่เกิน N_j เงื่อนไขที่ (3.6) และ (3.7) กำหนดชนิดของตัวแปรตัดสินใจ และจำนวนเครื่องบินในฝูงบินที่ลงจอดในสนามบิน ต้องมีค่าเป็นจำนวนเต็มบวก (หรือศูนย์) เท่านั้น

3. วิธีการวิจัยและผลการวิจัย

เราใช้แบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มเพื่อจัดการฝูงบิน โดยแบ่งปัญหาเป็น 3 กลุ่ม ตามเส้นทางบินจากกรุงเทพฯไปยังสามภูมิภาค คือ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ และ พิจารณาจำนวนสนามบินในแต่ละภูมิภาคจำนวน 6 แห่ง 7 แห่งและ 5 แห่งตามลำดับ จากข้อมูลตารางบินประจำวันของสายการบินนกแอร์ พบว่าภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเส้นทางบินไป-กลับ เท่ากันคือ 34 เที่ยวบิน ส่วนภาคใต้มีเส้นทางบินไป-กลับ จำนวน 28 เที่ยวบิน (ข้อมูลตารางบินในช่วงไตรมาสที่ 3 ของปี 2562) ในงานวิจัยนี้เราได้กำหนดประเภทของเครื่องบิน 2 แบบ คือ เครื่องบินโบอิง 737-800 (189 ที่นั่ง) และเครื่องบินแอร์บัส A320 (180 ที่นั่ง) เนื่องจากเครื่องบินทั้งสองแบบมีจำนวนที่นั่งใกล้เคียงกันและเป็นที่ยอมรับแพร่หลายในธุรกิจการบินเชิงพาณิชย์ อย่างไรก็ตาม หากสายการบินมีเครื่องบินหลายประเภทมากเกินไป อาจส่งผลเสียมากกว่าผลดีเพราะมีต้นทุนค่าบำรุงรักษาที่มากขึ้น เช่น การสำรองอะไหล่บาง

ขึ้นที่ใช้ร่วมกับเครื่องบินแบบอื่นไม่ได้ รวมถึงต้องเพิ่มจำนวนช่างผู้ชำนาญการซ่อมเครื่องบินแต่ละแบบ สำหรับต้นทุนการบินของสายการบินนกแอร์ คิดต้นทุนราคาเดียวกันจากเครื่องบินทั้งสองประเภท คือ 2.18 บาท ต่อผู้โดยสาร 1 คน ต่อระยะทางบิน 1 กิโลเมตร (Cost per seat Kilometer, CSK) ดังนั้นการคำนวณในทุกเที่ยวบินที่เป็นเส้นทางเดียวกัน ทางสายการบินจะนับเป็นต้นทุนที่เท่ากัน เช่น เที่ยวบินจากกรุงเทพฯ-อุบลราชธานี ใช้เครื่องบินโบอิง 737-800 (189 ที่นั่ง ระยะทางบิน 481 กิโลเมตร) จะมีต้นทุนต่อเที่ยว คือ $2.18 \times 189 \times 481 = 198,181.62$ บาท แต่ถ้าใช้เครื่องบินแอร์บัส A320 (180 ที่นั่ง ระยะทางบิน 481 กิโลเมตร) จะมีต้นทุนต่อเที่ยว คือ $2.18 \times 180 \times 481 = 188,744.40$ บาท

ค่าบริการจอดเครื่องบินค้างคืนของฝูงบิน j (f_j) ในสนามบินจะกำหนดเป็นค่าคงที่เท่ากันสำหรับทั้งสองฝูงบิน คือ 643 บาทต่อลำต่อวัน

ตัวอย่าง 3.1 การจัดการฝูงบินในเส้นทางบินจากกรุงเทพฯไปยังภาคเหนือ

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดตารางบินในภาคเหนือ ระยะทางบินจากกรุงเทพฯไปยังสนามบินแต่ละแห่ง (เชียงใหม่ แม่สอด น่าน ลำปาง พิชณุโลก) และต้นทุนต่อเที่ยวบินจำนวนทั้งหมด 34 เที่ยวบิน ดังตารางที่ 3.1.1

ตารางที่ 3.1.1 ตัวอย่างเส้นทางบินจากกรุงเทพฯไปยังสนามบินในภาคเหนือ

เที่ยวบินที่	สนามบินต้นทาง	สนามบินปลายทาง	ระยะทางบิน*	**ต้นทุน B737ต่อเที่ยวบิน	**ต้นทุน A320ต่อเที่ยวบิน
8714	ดอนเมือง	เชียงใหม่	481	198	188
8715	เชียงใหม่	ดอนเมือง	481	198	188
8722	ดอนเมือง	เชียงใหม่	481	198	188
8723	เชียงใหม่	ดอนเมือง	481	198	188
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
8522	ดอนเมือง	ลำปาง	393	162	153
8523	ลำปาง	ดอนเมือง	393	162	153

*(หน่วย : กิโลเมตร) **(หน่วย : พันบาท)

ข้อมูลระยะทางบินอ้างอิงจาก www.skyscanner.co.th

ขั้นตอนที่ 2 นำข้อมูลในตารางที่ 3.1.1 กำหนดฟังก์ชันจุดประสงค์และเงื่อนไขด้วยแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มโดยใช้โปรแกรม Lingo หาคำตอบ โดยให้เซต

$$F = \{1, 2, \dots, 34\}, K = \{1, 2\},$$

$$C = \{1, 2, \dots, 6\} \text{ และ } M = 6$$

ขั้นตอนที่ 3 จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Lingo พบว่าปัญหานี้ต้องกำหนดจำนวนเครื่องบินอย่างน้อย 6 ลำ จึงจะมีผลเฉลยที่เป็นไปได้และต้องกำหนดเครื่องบินแอร์บัส A320 ประเภทเดียว จำนวน 6 ลำจึงจะทำให้มีค่าใช้จ่ายดำเนินการน้อยที่สุดคือ 6,793,858 บาทเพื่อใช้ในเที่ยวบินทั้งหมด 34 เที่ยวบิน สำหรับจำนวนเครื่องบินที่ลงจอดค้างคืนในเที่ยวบินนี้ พบว่า มีจำนวนเครื่องบินลงจอดค้างคืนสนามบินดอนเมืองและสนามบินลำปางจำนวน 5 ลำและ 1 ลำตามลำดับ ดังตารางที่ 3.1.2-3.1.3

ตารางที่ 3.1.2 ค่าใช้จ่ายการจัดประเภทเครื่องบินในสนามบินภาคเหนือ

ประเภทของเครื่องบิน (ลำ)		
B737-800	A320	ค่าใช้จ่าย (พันบาท)
0	6	6793.858
1	5	6809.858
2	4	6831.858
3	3	6897.858
4	2	6965.858
5	1	7043.858
6	0	7153.858

ตารางที่ 3.1.3 ประเภทเครื่องบินลงจอดในสนามบินเส้นทางบินจากกรุงเทพฯไปยังสนามบินในภาคเหนือ

จำนวนเครื่องบินลงจอด*			
สนามบินดอนเมือง		สนามบินลำปาง	
B737-800	A320	B737-800	A320
0	5	0	1
1	4	0	1
1	4	1	0
2	3	1	0
3	2	1	0
4	1	1	0
5	0	1	0

*(หน่วย : ลำ)

ตัวอย่าง 3.2 การจัดการฝูงบินในเส้นทางบินจาก กรุงเทพฯไปยังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดตารางบินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ระยะทางบินจากกรุงเทพฯไปยังสนามบินแต่ละแห่ง (อุบลราชธานี นครพนม ร้อยเอ็ด สกลนคร เลย อุดรธานี ขอนแก่น) และต้นทุนต่อเที่ยวบินจำนวนทั้งหมด 34 เที่ยวบิน ดังตารางที่ 3.2.1

ตารางที่ 3.2.1 ตัวอย่างเส้นทางบินจากกรุงเทพฯไปยัง สนามบินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เที่ยวบินที่	สนามบินต้นทาง	สนามบินปลายทาง	ระยะทางบิน**	ต้นทุนต่อเที่ยวบิน*	ต้นทุนต่อเที่ยวบิน*
9310	ดอนเมือง	อุบล	481	198	188
9311		ดอนเมือง	481	198	188
9314	ดอนเมือง	อุบล	481	198	188
9315	อุบล	ดอนเมือง	481	198	188
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
9820	ดอนเมือง	ขอนแก่น	393	162	153
9821	ขอนแก่น	ดอนเมือง	393	162	153

** (หน่วย : กิโลเมตร) * (หน่วย : พันบาท)

ข้อมูลระยะทางบินอ้างอิงจาก www.skyscanner.co.th

ขั้นตอนที่ 2 นำข้อมูลในตารางที่ 3.2 กำหนดฟังก์ชันจุดประสงค์และเงื่อนไขด้วยแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มโดยใช้โปรแกรม Lingo หาคำตอบ โดยให้เซต

$$F = \{1, 2, \dots, 34\}, K = \{1, 2\},$$

$$C = \{1, 2, \dots, 7\} \text{ และ } M = 7$$

ขั้นตอนที่ 3 จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Lingo พบว่าปัญหานี้ต้องกำหนดจำนวนเครื่องบินอย่างน้อย 6 ลำ จึงจะมีผลเฉลยที่เป็นไปได้และต้องกำหนดเครื่องบินแอร์บัส A320 ประเภทเดียว จำนวน 6 ลำจึงจะทำให้มีค่าใช้จ่ายดำเนินการน้อยที่สุดคือ 6,247,858 บาทเพื่อใช้ในเที่ยวบินทั้งหมด 34 เที่ยวบิน ดังตารางที่ 3.2.2 สำหรับ

จำนวนเครื่องบินที่ลงจอดค้างคืนในเที่ยวบินนี้ พบว่า มีจำนวนเครื่องบินลงจอดค้างคืนสนามบินดอนเมืองทั้งหมดจำนวน 6 ลำ แสดงตามประเภทเครื่องบินในตารางที่ 3.2.3

ตารางที่ 3.2.2 ค่าใช้จ่ายการจัดประเภทเครื่องบินในสนามบินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ประเภทของเครื่องบิน (ลำ)		ค่าใช้จ่าย (พันบาท)
B737-800	A320	
0	6	6247.858
1	5	6283.858
2	4	6320.858
3	3	6360.858
4	2	6424.858
5	1	6508.858
6	0	6598.858

ตารางที่ 3.2.3 ประเภทเครื่องบินลงจอดในสนามบิน เส้นทางบินจากกรุงเทพฯไปยังสนามบินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จำนวนเครื่องบินลงจอด*สนามบินดอนเมือง	
B737-800	A320
0	6
1	5
2	4
3	3
4	2
5	1
6	0

* (หน่วย : ลำ)

ตัวอย่าง 3.3 การจัดการฝูงบินในเส้นทางบินจาก กรุงเทพฯไปยังภาคใต้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดตารางบินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ระยะทางบินจากกรุงเทพฯไปยังสนามบินแต่ละแห่ง (หาดใหญ่ นครศรีธรรมราช ภูเก็ต สุราษฎร์ธานี ตรัง) และต้นทุนต่อเที่ยวบินจำนวนทั้งหมด 28 เที่ยวบิน ดังตารางที่ 3.3.1

ตารางที่ 3.3.1 ตัวอย่างเส้นทางบินจากกรุงเทพฯไปยังสนามบินในภาคใต้

เที่ยวบินที่	สนามบินต้นทาง	สนามบินปลายทาง	ระยะทางบิน**	ต้นทุน B737ต่อเที่ยวบิน*	ต้นทุน A320ต่อเที่ยวบิน*
7104	ดอนเมือง	หาดใหญ่	764	315	300
7105	หาดใหญ่	ดอนเมือง	764	315	300
7110	ดอนเมือง	หาดใหญ่	764	315	300
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
7410	ดอนเมือง	ตรัง	710	293	279
7411	ตรัง	ดอนเมือง	710	293	279

** (หน่วย : กิโลเมตร) * (หน่วย : พันบาท)

ข้อมูลระยะทางบินอ้างอิงจาก www.skyscanner.co.th

ขั้นตอนที่ 2 นำข้อมูลในตารางที่ 3.3 กำหนดฟังก์ชันจุดประสงค์และเงื่อนไขด้วยแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มโดยใช้โปรแกรม Lingo หาคำตอบ โดยให้เซต

$$F = \{1, 2, \dots, 28\}, K = \{1, 2\}, \\ C = \{1, 2, \dots, 5\} \text{ และ } M = 5$$

ขั้นตอนที่ 3 จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Lingo พบว่าปัญหานี้ต้องกำหนดจำนวนเครื่องบินอย่างน้อย 5 ลำ จึงจะมีผลเฉลยที่เป็นไปได้และต้องกำหนดเครื่องบินแอร์บัส A320 ประเภทเดียว จำนวน 5 ลำจึงจะทำให้มีค่าใช้จ่ายดำเนินการน้อยที่สุดคือ 7,487,220 บาทเพื่อใช้ในเที่ยวบินทั้งหมด 28 เที่ยวบิน สำหรับจำนวนเครื่องบินที่ลงจอดค้างคืนในเที่ยวบินนี้ พบว่า มีจำนวนเครื่องบินลงจอดค้างคืน สนามบิน ดอนเมือง และ สนามบิน นครศรีธรรมราชจำนวน 4 ลำและ 1 ลำตามลำดับ

ตารางที่ 3.3.2 ค่าใช้จ่ายการจัดประเภทเครื่องบินในสนามบินภาคใต้

ประเภทของเครื่องบิน (ลำ)	ค่าใช้จ่าย (พันบาท)	
	B737-800	A320
0	5	7487.215
1	4	7509.215
2	3	7559.215
3	2	7635.215
4	1	7743.215
5	0	7855.215

ตารางที่ 3.3.3 ประเภทเครื่องบินลงจอดในสนามบินเส้นทางบินจากกรุงเทพฯไปยังสนามบินในภาคใต้

จำนวนเครื่องบินลงจอด*			
สนามบินดอนเมือง		สนามบินนครศรีฯ	
B737-800	A320	B737-800	A320
0	4	0	1
1	3	0	1
1	3	1	0
2	2	1	0
3	1	1	0
4	0	1	0

* (หน่วย : ลำ)

จากการหาผลเฉลยในปัญหาทั้งสามตัวอย่างข้างต้น เราสามารถนำผลเฉลยมาสรุปในรูปตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สรุปการจัดการฝูงบินจากกรุงเทพฯไปยังสนามบินทั้งสามภูมิภาค

เส้นทาง	ค่า	จำนวน	จำนวน	จำนวน	จำนวน
บินจาก	ดำเนิน	เครื่องบิน	เครื่องบิน	เครื่องบิน	เครื่องบิน
กรุงเทพฯ	การน้อย	B737 *	A320*	ลงจอดใน	ลงจอดใน
ไปยัง	ที่สุด**			สนามบิน	สนามบิน
				บินดอน	ภูมิภาค*
				เมือง*	
ภาคเหนือ	6793.86	0	6	5	1
					(สนามบิน
					ลำปาง)
ภาค	6247.86	0	6	6	0
ตะวันออก					
เชียงใหม่					
ภาคใต้	7487.22	0	5	4	1
					(สนามบิน
					นครศรีฯ)

** (หน่วย : พันบาท) * (หน่วย : ลำ)

ตารางที่ 3.5 แสดงข้อมูลจริงของสายการบินนกแอร์ (แถวที่ 1 อ้างอิงปี 2562) เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง (แถวที่ 2) พบว่าสายการบินเลือกใช้เครื่องบินเพียง 2 ชนิดคือ เครื่องบินโบอิง 737-800 (189 ที่นั่ง) และเครื่องบิน Q400 (86 ที่นั่ง) โดยแต่ละชนิดมีจำนวนที่นั่งแตกต่างกันมากและใช้เครื่องบินรวมทั้ง 23 ลำ ในขณะที่แบบจำลองเลือกเครื่องบินรุ่นที่มีจำนวนที่นั่งใกล้เคียงกัน และใช้เครื่องบินรวมทั้ง 17 ลำ เนื่องจากสายการบินไม่ได้แยกการใช้เครื่องบินตามภูมิภาคแต่จะกำหนดเครื่องบินลำที่ว่างมาใช้ในการเดินทางข้ามภูมิภาคได้

สำหรับจำนวนเครื่องบินลงจอดค้างคืน จากข้อมูลจริงพบว่า มีจำนวนเครื่องบินลงจอดในสนามบินเชียงใหม่จำนวน 1 ลำ (เครื่องบินชนิด Q400) และลงจอดในสนามบินดอนเมืองจำนวน 22 ลำ ข้อมูลจากแบบจำลอง พบว่า มีจำนวนเครื่องบินลงจอดในสนามบินภูมิภาคจำนวน 2 ลำ และลงจอดในสนามบินดอนเมืองจำนวน 15 ลำ

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลจริงของสายการบินนกแอร์ (แถวที่ 1 อ้างอิงปี 2562) เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง

จำนวน	จำนวน	จำนวน	จำนวน	จำนวน
เครื่องบิน	เครื่องบิน	เครื่องบิน	เครื่องบิน	เครื่องบิน
B737*	A320*	Q400*	จอดใน	จอดใน
			สนามบิน	สนามบิน
			ดอนเมือง*	ภูมิภาค*
15	0	8	22	1
0	17	0	15	2

*(หน่วย : ลำ)

ตารางที่ 3.6 จำนวนตัวแปรและจำนวนเงื่อนไขในปัญหาการจัดการฝูงบินจากกรุงเทพฯไปยังสนามบินทั้งสามภูมิภาค

เส้นทางบินจากดอนเมืองไปยังสนามบิน	จำนวนตัวแปร	จำนวนเงื่อนไข	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล*
ภาคเหนือ	82	119	0.039
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	84	121	0.038
ภาคใต้	68	99	0.038

*(หน่วย : วินาที)

ตารางที่ 3.6 แสดงจำนวนตัวแปร จำนวนเงื่อนไขและเวลาเฉลี่ยที่ใช้ประมวลผล พบว่าแม้จำนวนตัวแปรและจำนวนเงื่อนไขจะแตกต่างกันแต่เวลาเฉลี่ยที่ใช้ประมวลผลใกล้เคียงกัน

4. สรุป

จากผลการจัดการฝูงบินด้วยตัวแบบกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม เราได้ประเภทของฝูงบินสำหรับเที่ยวบินไปยังภาคเหนือ (จำนวน 34 เที่ยวบิน) และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จำนวน 34 เที่ยวบิน) เป็นเครื่องบินแอร์บัส A320 จำนวนอย่างละ 6 ลำ และเที่ยวบินไปยังภาคใต้ (จำนวน 28 เที่ยวบิน) เป็นเครื่องบินแอร์บัส A320 จำนวน 5 ลำ นอกจากนี้เราได้กำหนดจำนวนเครื่องบินที่ลงจอดค้างคืนในสนามบินดอนเมืองและสนามบินลำปาง จำนวน 5 ลำและ 1 ลำ ตามลำดับ (สำหรับเที่ยวบินไปยังภาคเหนือ) โดยมีค่าใช้จ่ายรวมของทุกเที่ยวบินในทุกภูมิภาคเป็น 20,528,940 บาท จำนวนเครื่องบินที่ลงจอดค้างคืนในสนามบินดอนเมืองจำนวน 6 ลำ (สำหรับเที่ยวบินไปยังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) และจำนวนเครื่องบินที่ลงจอดค้างคืนในสนามบินดอนเมืองและสนามบินนครศรีธรรมราช จำนวน 4 ลำและ 1 ลำตามลำดับ (สำหรับเที่ยวบินไปยังภาคใต้) โดยมีฟังก์ชันจุดประสงค์ คือ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ดำเนินการน้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไข (i) ต้องมีเครื่องบินสำหรับทุกเที่ยวบิน (the flight cover constraint) (ii) ความสมดุลของจำนวนเครื่องบินในแต่ละฝูงบิน ณ สนามบินใดๆ (the aircraft balance constraint) และ (iii) จำนวนเครื่องบินในแต่ละฝูงบินต้องมีจำนวนไม่เกินที่กำหนด (the fleet size constraint) จากการกำหนดฟังก์ชันจุดประสงค์ดังกล่าวมาข้างต้น พบว่ามีข้อจำกัดของตัวแบบ คือ การกำหนดค่าใช้จ่ายรวมน้อย จึงทำให้ผลเฉลยกำหนดชนิดเครื่องบินเป็น A320 เพียงชนิดเดียว ซึ่งในทางปฏิบัติ อาจต้องเพิ่มเงื่อนไขความต้องการของผู้โดยสาร หรือจำนวนที่นั่งที่เหลือในแต่ละเที่ยวบินให้น้อยที่สุด

อย่างไรก็ตาม หากสายการบินกำหนดต้นทุนการดำเนินการของเครื่องบินทั้งสองประเภทแตกต่างกัน หรือกำหนดฟังก์ชันจุดประสงค์เป็นกำไรที่ได้จากการดำเนินการมากที่สุด ภายใต้เงื่อนไขเดิม อาจทำให้การจัดการฝูงบินเปลี่ยนแปลงได้ และการกำหนดเส้นทางบินจริงที่มีการปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์ปัจจุบัน ทำให้ต้องปรับเปลี่ยนข้อจำกัดเพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลจริงมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี)

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร.นรุตน์ จีระมะกร ผู้อำนวยการแผนกวิจัยธุรกิจการบิน สายการบินนกแอร์ที่ให้ข้อมูลการจัดการฝูงบินจริง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Abara, "Applying integer linear programming to the fleet assignment problem," *Interfaces.*, vol. 19, no. 2, pp. 20 – 28, 1989.
- [2] R. Subramanian, R. P. Scheff, J. D. Quillinan, D. S. Wiper, R. E. Marsten, Coldstart, "Fleet assignment at Delta Air Lines," *Interfaces.*, vol. 24, no. 1, pp. 104–120, 1994.
- [3] Y. Ozdemir, H. Basligil and B. Sarsenov, "A large scale integer linear programming to the daily fleet assignment problem: a case study in Turkey," *Procedia-Social and Behavioral Sciences.*, vol. 62, pp. 849-853, 2012.
- [4] N. Belanger, G. Desaulniers, F. Soumis and J. Desrosiers, "Periodic airline fleet assignment with time windows, spacing constraints, and time dependent revenues," *European Journal of Operational Research.*, vol. 175, pp. 1754-1766, 2006.
- [5] M. Bazargan, *Airline Operations and Scheduling*, 2nd ed., USA: Ashgate, (Chapter 4), 2004.
- [6] C. A. Hane, C. Barnhart, E. L. Johnson, R. E. Marsten, G. L. Nemhauser and G. Sigismondi, "The fleet assignment problem: Solving a large-scale integer program," *Mathematical Programming.*, vol. 70, p. 211–32, 1995.
- [7] B. Peter, "Fleet Assignment", [Online]. Available: <http://aviation.itu.edu.tr>. [Accessed 2 November 2020]