

ปัญหาการจัดสรรพื้นที่ขนส่งสินค้าระยะสั้นของผู้ให้บริการขนส่งสินค้าทาง
อากาศ เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าเสียเวลาและพื้นที่จัดสรรที่ได้ระยะยาว
**Airfreight Forwarder's Short-term Space Allocation Problem with the Cost
of Transit Time and Its Long-term Block Space Agreements**

นิธิมา ธรรมเที่ยง อัครนันท์ พงศธรวิวัฒน์ และ กาญจน์ภา อมรรักษ์กุล*

ภาควิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240

E-mail: kamaruchkul@as.nida.ac.th*

Nithima Thamtiang Akkaranan Pongsathornwiwat and Kannapha Amaruchkul*

Department of Logistics Management, Faculty of Applied Statistics, National Institute of Development

Administration, Bangkok, Bangkok, 10240

E-mail: kamaruchkul@as.nida.ac.th*

Received 30 Jan 2022; Revised 16 Mar 2022

Accepted 24 Jun 2022; Available online 29 Jun 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้พิจารณาปัญหาการจัดสรรพื้นที่ระยะสั้นของผู้ให้บริการขนส่งสินค้า ภายหลังจากที่ได้รับพื้นที่จัดสรร (Block Space Agreement (BSA)) ระยะยาวมาแล้วจากหลายสายการบิน หากสินค้าที่รวบรวมได้เกินความจุของพื้นที่จัดสรรที่ได้รับ ผู้ให้บริการจำเป็นต้องจองพื้นที่เพิ่มเติมเป็นครั้งๆ ซึ่งมีอัตราค่าขนส่งสูงกว่าอัตราแบบ BSA นอกจากอัตราค่าขนส่ง ผู้ให้บริการยังต้องพิจารณาเวลาแะพักอีกด้วย ซึ่งเกี่ยวเนื่องตรงเป็นสิ่งที่ต้องการมากกว่าเที่ยวบินแะพัก อย่างไรก็ตามอัตราค่าขนส่งของเที่ยวบินตรงมักสูงกว่าเที่ยวบินแะพัก งานวิจัยนี้ได้พัฒนาตัวแบบจำนวนเต็มเชิงเส้นแบบผสม ซึ่งฟังก์ชันวัตถุประสงค์ประกอบด้วยทั้งค่าขนส่งและต้นทุนค่าเสียเวลา ในกรณีศึกษาของผู้ให้บริการขนส่งทางอากาศรายใหญ่แห่งหนึ่งของไทย ตัวแบบได้ถูกนำไปใช้กับเส้นทางที่มีปริมาณขนส่งมากที่สุด 5 อันดับได้แก่ นครโฮงกง เชียงไฮ้ มะนิลา และจาการ์ตา ค่าใช้จ่ายลดลง 3.05% หรือคิดเป็น 15 ล้านบาทเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริง ด้วยการทำการวิเคราะห์ความไว งานวิจัยได้ศึกษาผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายและผลเฉลย เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของความจุต่อพาเลทและต้นทุนค่าเสียเวลา

คำหลัก: การคัดเลือกผู้ให้บริการ การจัดสรรสินค้าจัดส่งระยะสั้น ต้นทุนค่าเสียเวลา ปัญหาการขนส่งทางอากาศ

Abstract

This article considers the carrier selection problem and the short-term freight allocation problem for an air freight forwarder, when the total demand exceeds the total space from the block space agreement (BSA). We propose a mixed-integer linear programming model for these two problems, whose decisions greatly affect the freight forwarder's cost. Our model considers both the freight charge and the cost of

transit time so that a direct flight is preferred to a non-direct flight. In the case study, we apply our model to the actual export demand during April 2020-July 2021; the top five export traffic lanes are Narita, Hong Kong, Shanghai, Manila and Jakarta, respectively. When we compare to the actual operations during the average month in each lane, we find that our model reduces the cost by 3.05% or approximately 15 million THBs. Furthermore, we perform sensitivity analysis with respect to the capacity per pallet and the cost of transit. We find that as the capacity per pallet increases, the cost decreases. When the transit cost is sufficiently high, the direct flights are always selected; therefore, the freight charge remains the same.

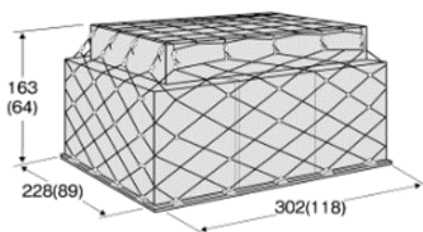
Keywords: Carrier selection, Short-term allocation problem, Cost of transit, Air freight forwarder

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

การปฏิบัติงานขนส่งสินค้าทางอากาศจะเน้นไปที่การรวบรวมสินค้าขนส่งหรือเรียกว่า Consolidation ซึ่งเป็นงานหลักของบริษัทตัวแทนขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ (Freight Forwarder) ที่จะสามารถทำกำไรให้กับบริษัท การทำการรวบรวมสินค้าขนส่ง (Consolidation) เป็นการรวบรวมสินค้าตั้งแต่ 2 รายการส่งขึ้นไป และจะต้องเป็นสินค้าประเภทเดียวกัน ซึ่งโดยปกติสายการบินจะมีอัตราค่าบริการเรียกเก็บตามช่วงน้ำหนักของสินค้า กล่าวคือจะทำการคิดค่าขนส่งตามช่วงน้ำหนักของสินค้า และเมื่อมีปริมาณสินค้ามากขึ้นจะได้ส่วนลดค่าขนส่ง [1-2] บริษัทกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นตัวแทนขนส่งสินค้าทางอากาศแห่งหนึ่ง ปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษามีการดำเนินงานทางด้านการจัดหาและจัดสรรพื้นที่ระวางสินค้าทางอากาศ โดยแบ่งออกเป็น 1) ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบินหรือเรียกว่า Block Space Agreement (BSA) โดยจะเป็นการจัดซื้อพื้นที่ระวางแบบเหมาแผ่นในการบรรทุกสินค้า (Unit Load Device-ULD) ทำให้บริษัทมีพื้นที่ระวางที่แน่นอน สามารถจัดสรรพื้นที่ให้กับลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว ราคาต่อหน่วยกิโลกรัมถูกกว่าการจองพื้นที่ระวางทั่วไป แต่ข้อเสียคือ สายการบินจะคิดราคาต่อหน่วยกิโลกรัมขั้นต่ำไว้ตามข้อกำหนดของสายการบินนั้นๆ ซึ่งจะมีการคิณน้ำหนักขั้นต่ำอยู่ที่ 1,500-1,650 กิโลกรัมต่อหนึ่งแผ่น โดยในส่วนของ

บริษัทกรณีศึกษาจะใช้แผ่นบรรทุกสินค้าประเภท PMC ตามภาพที่ 1.1. และในกรณีที่ไม่สามารถทำน้ำหนักได้ถึงขั้นต่ำทางบริษัทจะต้องจ่ายในราคาต่อหน่วยกิโลกรัมขั้นต่ำ



ภาพที่ 1 แผ่น ULD ประเภท PMC [3]

2) กรณีที่ปริมาณสินค้าที่ต้องการจัดส่งมีมากกว่าพื้นที่ที่ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ทำให้ทางบริษัทจะต้องทำการหาจัดหาพื้นที่และต่อราคาพื้นที่กับสายการบินอื่นๆ ที่ไม่ได้ทำสัญญาเช่าซื้อแบบเหมาแผ่นขนส่ง (non-BSA) เพื่อรองรับความต้องการระยะสั้นที่เกิดขึ้น สถานการณ์ดังกล่าวมีข้อดีในเรื่องของการไม่มีภาระค่าใช้จ่ายขั้นต่ำกับสายการบิน แต่ข้อเสียที่เป็นปัญหาหลักคือ ราคาต่อหน่วย (กิโลกรัม) จะมีราคาที่สูงกว่าการดำเนินการด้วยรูปแบบทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) นอกจากนั้นในเรื่องพื้นที่ระวางจะถูกจำกัดตามสายการบินกำหนด และเรื่องเวลาในการขนส่งจะใช้เวลารอนานก่อนจะสามารถยืนยันเที่ยวบินขนส่งกลับไปลูกค้าได้

กรณีที่มีปริมาณสินค้าที่ต้องการจัดส่งมีมากกว่าพื้นที่จัดสรรเป็นปัญหาหลักของทางกรณีศึกษาส่งผลโดยตรงต่อการกำไรสุทธิ (Net Profit) ที่ไม่สามารถบรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ การกำหนดค่าใช้จ่ายของกรณีศึกษาจะพิจารณาตามค่าน้ำหนักต่อกิโลกรัม โดยราคาต้นทุนค่าระวางสินค้าต่อหน่วย = ต้นทุนค่าระวางสินค้าต่อหน่วย x Chargeable weight โดย Chargeable weight [4] จะทำการพิจารณาค่าน้ำหนักที่มากที่สุดระหว่างน้ำหนักจริงของสินค้าที่ถูกหุ้ม (Gross weight) และน้ำหนักสินค้าในหน่วยปริมาตร (Volume weight) โดยกำหนดให้ 1 กิโลกรัมเท่ากับ 6,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) โดยต้นทุนของกรณีศึกษาขึ้นอยู่กับการปฏิบัติงานสองส่วน คือ การคัดเลือกสายการบินที่ไม่ได้ทำสัญญาเช่าซื้อแบบเหมาแผ่นขนส่ง (non-BSA) และการจัดสรรสินค้าในแต่ละสายการบินที่ต้องจัดการต้นทุนให้ต่ำที่สุดนอกจากนั้นทางกรณีศึกษายังพบปัญหาในส่วนของการจัดการทำงานของพนักงานแต่ละคน พนักงานจะทำการเลือกใช้บริการสายการบินที่ใช้แตกต่างกันตามแต่ละคนถนัด ทำให้การจัดการต้นทุนทำได้ยากเพราะไม่สามารถควบคุมต้นทุนพื้นที่ระวางสินค้าได้

อีกปัญหาหนึ่งที่ส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนของทางกรณีศึกษา คือ ค่าต้นทุนของการแวะพักเที่ยวบินระหว่างทาง (transit flight) และ ต้นทุนค่าเวลาแวะพัก (time of transit) ที่เกิดจากการเปรียบเทียบ (Trade-offs) ต้นทุนของการระวางสินค้าและเวลาที่ต้องใช้ในการแวะพัก (transit) เช่น ในเส้นทางบินนาริตะ (Narita) ทางกรณีศึกษาต้องทำการพิจารณาคัดเลือกสายการบินทั้งแบบสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) และ ที่ไม่ได้ทำสัญญาเช่าซื้อแบบเหมาแผ่นขนส่ง (non-BSA) เพื่อทำการจัดสรรปริมาณสินค้าที่เกิดขึ้นมาจากพื้นที่จัดสรรกับทางสายการบิน เนื่องด้วยเป็นการซื้อพื้นที่แบบเร่งด่วน (Ad-Hoc) ทำให้ต้องเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างเส้นทางบินตรงใช้เวลาบินน้อยแต่มีราคาสูงกับเส้นทางบินแบบการแวะพัก (Transit) มีต้นทุนที่ถูกกว่าแต่ใช้ระยะเวลานานกว่า เป็นต้น จากปัญหาดังกล่าวทางผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาตัวแบบจำลอง

ทางคณิตศาสตร์ในการเลือกสายการบินตามเส้นทางที่สนใจเพื่อเป็นมาตรฐานในการจัดสรรสินค้าให้กับสายการบิน และเพื่อพัฒนารูปแบบการจัดสรรพื้นที่ระวางสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อแก้ปัญหาเนื่องจากไม่มีรูปแบบในการตัดสินใจ จึงทำให้เกิดปัญหาในการจัดการต้นทุนค่าขนส่ง และพนักงานทำการเลือกสายการบินไม่เหมือนกัน เพราะแต่ละคนเลือกตามที่ตัวเองถนัดจึงส่งผลให้ควบคุมเรื่องของต้นทุนค่าขนส่งไม่ได้ โดยจะทำการพิจารณาเส้นทางบิน (Lanes) ที่มีบริการปริมาณขนส่งมากที่สุด 5 อันดับ ได้แก่ นาริตะ (Narita-NRT) ฮองกง (Hongkong-HKG) เซี่ยงไฮ้ (Shanghai-PVG) มะนิลา (Manila-MNL) และ จาการ์ตา (Jakarta-CGK) ซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณการส่งสินค้าตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2563 ถึงวันที่ 30 กรกฎาคม 2564 และพิจารณาปริมาณของความต้องการส่งและจำนวนสายการบินในแต่ละเส้นทางดังแสดงในตารางที่ 1 ที่ทำให้เกิดต้นทุนที่ต่ำที่สุด โดยมีราคาต้นทุนของการแวะพัก (Transit) เป็นเงื่อนไขบังคับในการวิเคราะห์ในหลากหลายสถานการณ์

ตารางที่ 1 จำนวนสายการบินและปริมาณความต้องการจัดส่งสินค้า

เส้นทางบิน	จำนวนสายการบิน	ปริมาณสินค้า (kgs)
NRT	NH, JL, XJ, CI, KZ, BR, KE, OZ, TG, CX	5,837,908.50
HKG	CV, CX, EK, RU, HX/RH	3,480,173.00
PVG	CA, CK, CX, QF	2,954,398.00
MNL	ET, CM, TG, CX, PR, RH, 5J, SQ, BR, CI	1,889,804.00
CGK	GA, CI, CX, 2Y, KE, 8K, SQ	1,067,265.50

1.2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การให้บริการขนส่งสินค้าทางอากาศเป็นหนึ่งในปัญหาที่สามารถนำทฤษฎีการจัดการรายได้ (Revenue management) มาประยุกต์ใช้ เนื่องจากลูกค้ามีหลากหลายกลุ่มซึ่งมีความสามารถในการจ่ายเงิน (willingness to pay) แตกต่างกันไป และความจุของการขนส่งสินค้าทางอากาศบนเครื่องบินจำกัด และต้องขายพื้นที่ให้ได้อีกวันเครื่องบินเดินทางออก [5] ทบทวนวรรณกรรมของการจัดการรายได้สำหรับการขนส่งสินค้าทางอากาศ ปัญหาการตัดสินใจระยะสั้นของสายการบิน เพื่อกำหนดราคาของการขนส่งสินค้าทางอากาศ เช่น [6-7] ซึ่งพัฒนาตัวแบบ Markov Decision Process สำหรับสายการบินขนส่งสินค้าทางอากาศ [6] สร้าง heuristics solution และ [7] ใช้นโยบายการประมูลราคา (bid-price) เพื่อให้สายการบินตัดสินใจรับจองหรือไม่ โดยหากการประมูลราคา (bid-price) ที่ได้จากตัวแบบมีค่าสูงกว่าราคาที่ลูกค้าเสนอก็จะทำการจองพื้นที่ให้ ปัญหาการระยะยาวเกี่ยวกับสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ถูกศึกษาไว้ใน [8-9] ซึ่งพิจารณาเมื่อสายการบินมีลูกค้าสองกลุ่มคือกลุ่มที่ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) หรือที่เรียกว่า Allotment และกลุ่มที่ไม่ได้ทำสัญญาเช่าซื้อแบบเหมาแผ่นขนส่ง (non-BSA) หรือที่เรียกว่ากลุ่ม Spot market บทความทั้งหมดข้างต้นศึกษาปัญหาจากมุมมองของสายการบิน ในขณะที่บทความนี้เป็นปัญหาในมุมมองของตัวแทนขนส่งสินค้าทางอากาศ ซึ่งได้มีการทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) และหากมีปริมาณความต้องการส่งมากกว่าจำนวนพื้นที่จัดสรรที่ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ก็จะพิจารณาทำการเลือกสายการบินที่จะใช้ และจัดสรรปริมาณให้แก่แต่ละสายการบินโดยให้มูลค่าจ่ายต่ำสุด

2. สภาพปัญหาของกรณีศึกษาที่สนใจ

วัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อวางแผนการจัดสรรปริมาณสินค้าระยะสั้นให้กับสายการบินทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) และสายการบินที่ไม่ได้ทำสัญญาเช่าซื้อแบบเหมาแผ่นขนส่ง (non-BSA) เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดในการเลือกสายการบินแบบบินตรงก่อน และจึงจะเลือกสายการบินแบบแวะพัก ในลำดับถัดมา ดังนั้นในส่วน of ต้นทุนค่าเสียเวลาของเที่ยวบินแบบแวะพัก จึงต้องทำการเปรียบเทียบ (Trade-offs) โดยทำการกำหนดต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) จากการคำนวณค่าเสียเวลาสำหรับสายการบินแวะพักตอนที่ x ต้นทุนค่าเสียเวลาที่เกิดจากเที่ยวบินล่าช้า (Flight delay) โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้ต้นทุนค่าเสียเวลาที่เกิดจากค่าใช้จ่ายจาก เที่ยวบินล่าช้า (Flight delay) ที่เกิดจากสนามบินอินชอน [3]

ตารางที่ 2 ค่าพยากรณ์ระยะเวลาล่าช้า (delay time) and ต้นทุนค่าเสียเวลา (cost by low visibility) ที่สนามบินนานาชาติอินชอน [3]

Time	Delay Time (min)	Delay Cost (\$)
Jan-17	-	-
Feb-17	-	-
Mar-17	367	41,730.13
Apr-17	4318	490,618.65
May-17	-	-
Jun-17	8378	952,043.18
Jul-17	-	-
Aug-17	-	-
Sep-17	-	-
Oct-17	7755	881,215.00
Nov-17	-	-
Dec-17	1407	159,913.25
Total	22,225	2,525,520.20

จากตารางที่ 2 ได้ใช้วิธีการหาค่าใช้จ่ายค่าเสียเวลา (Cost of Transit) ที่เกิดขึ้นต่อหน่วยน้ำหนักซึ่งได้เท่ากับ 113.631 USD และทำการแปลงเป็นเงินไทยบาทซึ่งได้เท่ากับ 4,545.22 บาทต่อหน่วย โดยมีการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) ที่ 25% ซึ่ง ค่าใช้จ่ายค่าเสียเวลา (Cost of Transit) จะอยู่ระหว่าง 3,000-6,000 บาทต่อหน่วย

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการกำหนดเวลาแะพักต่อนาที่ในงานวิจัย

สายการบิน	ปลายทาง	สนามบินแวะพัก	เวลาบินจากต้นทางถึงปลายทาง (ชั่วโมง)	เวลาแวะพัก (นาที)
JL	NRT	บินตรง	8	0
NH	NRT	บินตรง	8	0
BR	NRT	TPE	25	1,020
CI	NRT	TPE	22	840
CX	NRT	HKG	21	780
EK	NRT	DXB	40	1,920
KE	NRT	ICN	14	360
KZ	NRT	บินตรง	8	0
SQ	NRT	SIN	32	1,440
TG	NRT	บินตรง	8	0
XJ	NRT	บินตรง	8	0

ตารางที่ 3 เป็นตัวอย่างการระบุเวลาแะพัก (Transit) ของสายการบินที่บริการไปที่นาริตะ (NRT) โดยสายการบินตรง (Direct) ได้แก่ JL,NH,KZ,TH และ XJ ใช้เวลาบินตรงเฉลี่ยเท่ากับ 8 ชั่วโมง ดังนั้นทางผู้วิจัยใช้เวลา 8 ชั่วโมงเป็นเกณฑ์ในการหักเวลาแะพักที่เหลือของแต่ละสายการบิน ตัวอย่างเช่นสายการบิน BR เกิดเวลาแะพักที่ 1,020 นาที เกิดจาก เวลาบินจากต้นทางกรุงเทพ (BKK) ถึงสนามบินนาริตะ (NRT) ใช้เวลา 25 นาที และทำการลบกับเวลาของสายการบินที่บินตรง 8 ชั่วโมง เท่ากับสายการบิน BR จะเกิดเวลาแะพักที่ 17 ชั่วโมง หรือ 1,020 นาที เป็นต้น

งานวิจัยชิ้นนี้ทางผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลการส่งออกสินค้าของบริษัทผู้ให้บริการขนส่งทางอากาศแห่งหนึ่งช่วงระหว่างเดือนเมษายน ปี 2563 – เดือนกรกฎาคม ปี 2564 โดยได้แบ่งข้อมูลเพื่อนำมาใช้พัฒนาตัวแบบและเพื่อทดสอบ จำนวน 2 ชุด ได้แก่ 1) ข้อมูลของเดือนที่มีปริมาณการส่งออกมากที่สุด เพื่อต้องการทราบถึงสถานการณ์ที่ปริมาณสินค้าถูกจัดสรรไปในสายการบินที่ไม่ได้ทำสัญญาเช่าซื้อแบบเหมาแผ่นขนส่ง (non-BSA) กรณีที่มากที่สุด ซึ่งจะสามารถทำให้ทราบถึงต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างชัดเจน และ 2) เดือนที่มีปริมาณการส่งออกที่มีค่าเข้าใกล้ค่าเฉลี่ยมากที่สุด ทางผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่คาดว่าจะใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงของแต่ละเดือน โดยจะทำให้ทราบถึงต้นทุนเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือน ซึ่งเป็น

ค่ามาตรฐานการเปลี่ยนแปลง โดยข้อมูลทั้ง 2 ชุด ได้แก่ ข้อมูลของแต่ละสนามบินปลายทางทั้ง 5 แห่ง ดังแสดงในตารางที่ 4 (ข้อมูลชุดที่ 1) และตารางที่ 5 (ข้อมูลชุดที่ 2) โดยปริมาณสินค้าที่นำมาใช้ในงานวิจัยจะเป็นสินค้าประเภทสินค้าทั่วไป (General Cargo) เท่านั้น และราคาต้นทุนค่าบริการต่อหน่วยที่ทางสายการบินเรียกเก็บจะเป็นเฉพาะราคาค่าขนส่ง (Freight) เท่านั้น

ตารางที่ 4 ข้อมูลสำหรับเดือนที่มีปริมาณการส่งออกมากที่สุด

เส้นทางบิน	เดือนข้อมูล	ปริมาณสินค้า (kgs)
NRT	พฤษภาคม 2563	531,779.00
HKG	ตุลาคม 2563	320,715.50
PVG	กันยายน 2563	305,485.50
MNL	พฤษภาคม 2563	266,386.00
CGK	ธันวาคม 2563	190,066.00

ตารางที่ 5 ข้อมูลสำหรับเดือนที่มีปริมาณการส่งออกใกล้เคียงค่าเฉลี่ย

เส้นทางบิน	เดือนข้อมูล	ปริมาณสินค้า (kgs)
NRT	มีนาคม 2564	369,619.50
HKG	กรกฎาคม 2563	237,303.00
PVG	สิงหาคม 2563	171,543.50
MNL	กันยายน 2563	108,979.00
CGK	มิถุนายน 2564	65,958.50

3. ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology)

3.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

พารามิเตอร์นำเข้า (Input parameters)

N คือ เซตของจำนวน shipment ที่ต้องจัดส่งทั้งหมด

M คือ เซตของจำนวนเที่ยวบิน (flight) ทั้งหมดใน BSA

P คือ เซตของเที่ยวบินทั้งหมดที่เป็น non-BSA

w_i คือ Chargeable weight (kg) ของ shipment $i \in N$

a_j คือ จำนวนแผ่น PMC ที่ถูกจัดสรรไปสายการบิน $j \in M$

k คือ น้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดที่สามารถบรรจุได้ต่อแผ่น PMC (kg/แผ่น)

r_j คือ น้ำหนักขั้นต่ำต่อหนึ่งแผ่นพาเลท PMC (kg/pallet) สำหรับ flight $j \in M$

$b_j^U = ka_j$ คือ น้ำหนักสูงสุดของ BSA ใน flight $j \in M$

$b_j^L = r_j a_j$ คือ น้ำหนักขั้นต่ำของ BSA ใน flight $j \in M$

t_ℓ คือ เวลาแฉก (นาที) ของ flight $\ell \in M \cup P$

θ คือ อัตราค่าเสียเวลาแฉก (บาทต่อนาที)

$f_\ell = \theta t_\ell$ คือ ค่าเสียเวลาแฉกของ flight $\ell \in M \cup P$

$w_T = \sum_{i \in N} w_i$ น้ำหนักรวมของ shipment ทั้งหมด

c_j คือ อัตราค่าระวางของ BSA (บาท/kg) ใน flight $j \in M$

p_k คือ ค่าระวางของ non-BSA (บาท/kg) ใน flight $k \in P$

ตัวแปรตัดสินใจ

$x_{i\ell}$ แทน chargeable weight ของ shipment $i \in N$ ที่ถูกจัดสรรไปใน flight $\ell \in M \cup P$

$u_\ell \in \{0,1\}$ มีค่าเป็น 1 ถ้ามีการจัดสรรไปบน flight ℓ และมีค่าเป็น 0 ถ้าไม่มีการจัดสรร

ฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective function)

$$\text{Min} \sum_{i \in N} \left(\sum_{j \in M} c_j x_{ij} + \sum_{k \in P} p_k x_{ik} \right) + \sum_{\ell \in M \cup P} f_\ell u_\ell \quad (1)$$

เงื่อนไขบังคับ (Constraints)

$$\sum_{j \in M} x_{ij} + \sum_{k \in P} x_{ik} = w_i; \quad i \in N \quad (2)$$

$$b_j^L \leq \sum_{i \in N} x_{ij} \leq b_j^U; \quad j \in M \quad (3)$$

$$\sum_{i \in N} x_{i\ell} \leq w_T u_\ell; \quad \ell \in M \cup P \quad (4)$$

$$u_\ell \in \{0,1\} \quad \ell \in M \cup P \quad (5)$$

วัตถุประสงค์ของการวางแผนการจัดสรรปริมาณ

สินค้าให้กับสายการบินที่ถูกเลือกเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่าย

(1) ต่ำสุดโดยมีเงื่อนไขบังคับตาม (2)-(5) สมการ

(1) แสดงค่าใช้จ่ายรวมที่จัดสรรไปบน BSA และ non-

BSA flight ของทั้งหมดทุก shipment และพจน์

สุดท้ายเป็นค่าเสียเวลาแฉก เงื่อนไขบังคับ (2)

กล่าวว่า chargeable weight ที่ถูกจัดสรรไปบน BSA

และ non-BSA ต้องรวมกันเท่ากับ chargeable

weight ของ shipment นั้น ข้อจำกัด (3) เป็นขอบเขต

ล่างและขอบเขตบนของน้ำหนักรวมสำหรับแต่ละ

BSA flight ข้อจำกัด (4) บังคับให้ตัวแปรตัดสินใจ

binary u_ℓ มีค่าเป็น 1 เมื่อมีการจัดสรรไปบน flight ℓ

และข้อจำกัด (5) ระบุว่า u_ℓ เป็นตัวแปรตัดสินใจที่

เป็น binary $\{0,1\}$

อนึ่ง ตัวแบบการจัดสรรพื้นที่ระยะสั้นของ

ตัวแทนสายการบินยังไม่ได้ถูกพัฒนามามากนัก ดังที่

กล่าวไปแล้วในหัวข้อบททวนวรรณกรรม ผู้วิจัยจึงได้

พัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหานี้เอง ในทางทฤษฎี ตัว

แบบนี้สามารถมองเป็นรูปแบบหนึ่งของเครือข่ายการ

ไหลที่เกิดต้นทุนน้อยสุด (minimum cost network

flow) ที่มีต้นทุนคงที่ (fixed cost) รวมด้วย

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการทดสอบโดยใช้

โปรแกรม Excel Solver เพื่อแก้ไขปัญหาคำนวณเต็ม

เชิงเส้น ซึ่งเป็นโปรแกรม Add-in ของ Microsoft

Excel โดยเป็นเครื่องมือหาต้นทุนที่ต่ำที่สุดได้อย่าง

รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

3.2 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลใน Excel Spreadsheet

ภาพที่ 2 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลสำหรับสายการบิน BSA

ภาพที่ 2 เป็นตัวอย่างการใส่ข้อมูลสายการบิน BSA ที่ทำการใส่ใน Excel Spreadsheet ของวันอังคารที่ 12 พฤษภาคม 2563 ของเลนาร์ิตะ (NRT) โดยมีข้อมูลได้แก่ 1) น้ำหนักที่คาดว่าจะสามารถทำการรวบรวมสินค้าขนส่ง (Consolidation) ต่อ 1 แผ่น (กิโลกรัม) 2) จำนวนแผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ของแต่ละสายการบินที่ทำสัญญาไว้ 3) น้ำหนักขั้นต่ำที่สายการบินเรียกเก็บ 4) จำนวนนาฬิกาเสียเวลาแวะพัก (Transit) 5) ต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) 6) ต้นทุนค่าขนส่งต่อกิโลกรัม ในส่วนของสายการบินที่ไม่ได้ทำสัญญาเช่าซื้อแบบเหมาแผ่นขนส่ง (non-BSA) ข้อมูลที่ใส่ได้แก่ 1) จำนวนนาฬิกาเสียเวลาแวะพัก (Transit) 2) ต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) 3) ต้นทุนค่าขนส่งต่อกิโลกรัม 4) ระบุน้ำหนักมากที่สุดที่สายการบินรับได้ โดยเครื่องบินประเภทบรรทุกผู้โดยสารอยู่ที่ 5,000 กิโลกรัม และเครื่องบินประเภทบรรทุกสินค้าอยู่ที่ 10,000 กิโลกรัม ตามภาพที่ 3

Transit) ต่อหน้าที่อยู่ที่ 4,545.22 บาทเมื่อแปลงเป็นเงินไทยแล้ว 2) ทางผู้วิจัยได้มีการกำหนดค่าเริ่มต้นไว้ที่ 6,000 บาทต่อหน้าที่ ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุดจากการกำหนดโดยการทำการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) 3) ผลรวมต้นทุนค่าเสียเวลาที่เกิดจากการบินที่ถูกตัดเลือก

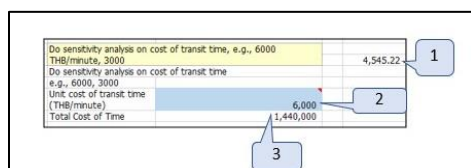
Master Bill	Chrg.Wgt.(KG)	
205800587xx		2501.5
205800589xx		6694.5
205800579xx		14994.5
205800581xx		1930.5
131374296xx		1681
131374308xx		1548
Total chargeable weigh		29350

ภาพที่ 5 ตัวอย่างจำนวน Shipment ไปยังสนามบิน
นาร์ิตะ (NRT)

ภาพที่ 5 ตัวอย่างข้อมูลเพื่อนำมาทดสอบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดยเป็นจำนวนสินค้าที่ถูกจัดส่งไปยังสนามบินนาริตะ (NRT) ของวันอังคารที่ 12 พฤษภาคม 2563



ภาพที่ 3 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลสำหรับสายการบิน
non-BSA



ภาพที่ 4 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลต้นทุนค่าเสียเวลา
(Cost of Transit)

ภาพที่ 4 การใส่ข้อมูลต้นทุนค่าเสียเวลา
(Cost of Transit) 1) ต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of

4. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น โดยการป้อนข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ลงในโปรแกรม Excel Solver เพื่อหาค่าเป้าหมายตามสมการวัตถุประสงค์ แล้วทำการวิเคราะห์ผลที่ได้โดยการเปรียบเทียบกับต้นทุนที่เกิดขึ้นจริง โดยการทดสอบครั้งแรกนั้นได้กำหนดปริมาณน้ำหนักสินค้าต่อแผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) อยู่ที่ 2,500 กิโลกรัมสำหรับแผ่นประเภท PMC และ 4,500 กิโลกรัมต่อแผ่นสำหรับ แผ่นประเภท MDP ตามลำดับ และกำหนดต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) อยู่ที่ 6,000 บาท ต่อนาที ทั้งหมด 237 วัน ของข้อมูลในการทาวีจียของทั้ง 2 เขต

โดยตัวอย่างของผลการวิจัยในวันอังคารที่ 12 พฤษภาคม 2563 พบว่ามีจำนวน shipment ส่งออกทั้งหมด 6 shipments มีน้ำหนักรวมอยู่ที่

29,350 กิโลกรัม โดยวิธีการแบบเดิม บริษัท กระจกศึกษาได้ทำการจัดสรรสินค้าไปในสายการบินที่ ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่ (BSA) ทั้งหมดที่มีทั้งหมด 4 สาย ซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 3,128,999.00 บาท ซึ่งเมื่อทำการทดสอบกับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ พัฒนาขึ้น จึงทำให้เกิดการจัดสรรสินค้าไปในสายการบินที่ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่ (BSA) ทั้ง 4 สาย และสายการบินที่ไม่ได้ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่ (non-BSA) อีก 1 สาย จึงทำให้ต้นทุนค่าขนส่งลดลงที่ 42,488.00 บาท หรือร้อยละ 1.36% ตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตัวอย่างสินค้าที่ถูกจัดสรรเปรียบเทียบทั้งสองรูปแบบ

สายการบินเลือกให้	น้ำหนักสินค้าที่ถูกจัดสรร (กิโลกรัม)	
	แบบเดิม	แบบใหม่
BSA-NH806	2,501.50	3,300.00
BSA-NH8510	21,689.00	14,850.00
BSA-JL708	1,930.50	2,500.00
BSA-JL034	3,229.00	5,000.00
Non-BSA	-	3,700.00
ต้นทุนค่าขนส่ง	3,128,888.00	3,086,400.00

โดยผลการวิจัยพบว่าข้อมูลทั้ง 2 ชุดที่ทำการ วิจัยมีต้นทุนที่ลดลง โดยข้อมูลชุดที่ 1 ตามตารางที่ 7 จะเห็นว่าเส้นทาง NRT มีต้นทุนที่ลดลงร้อยละ 16.47, MNL ลดลงร้อยละ 5.34, CGK ลดลงร้อยละ 7.38, HKG ลดลงร้อยละ 4.63 และ PVG ลดลงร้อยละ 15.46 ตามลำดับ ในขณะที่ข้อมูลชุดที่ 2 เส้นทาง NRT ลดลงร้อยละ 1.88, MNL ลดลงร้อยละ 5.44, CGK ลดลงร้อยละ 1.03, HKG ลดลงร้อยละ 5.65, และ PVG ลดลงร้อยละ 5.68 ตามตารางที่ 8

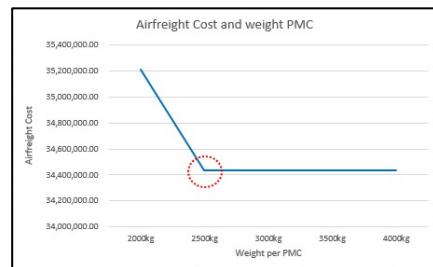
ตารางที่ 7 เปรียบเทียบต้นทุนค่าขนส่ง (Freight) ชุดที่ 1

เลข	ต้นทุนจริง	ต้นทุนเปลี่ยนแปลง	ร้อยละ
NRT	66,029,750.00	55,155,742.50	16.47
MNL	25,863,173.50	24,483,277.50	5.34
CGK	17,329,325.00	16,050,586.50	7.38
HKG	11,124,879.50	10,609,645.00	4.63
PVG	7,135,798.50	6,032,633.50	15.46

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบต้นทุนค่าขนส่ง (Freight) ชุดที่ 2

เลข	ต้นทุนจริง	ต้นทุนเปลี่ยนแปลง	ร้อยละ
NRT	35,092,935.00	34,432,890.00	1.88
MNL	9,437,238.00	8,923,675.50	5.44
CGK	3,874,253.00	3,834,253.00	1.03
HKG	7,267,081.50	6,856,672.50	5.65
PVG	2,855,436.00	2,693,246.00	5.68

หลังจากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) โดยการปรับลดปริมาณ น้ำหนักสินค้าในแผนที่ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่ (BSA) โดยทำการปรับให้อยู่ช่วงน้ำหนัก 2,000, 2,500, 3,000, 3,500 และ 4,500 กิโลกรัมต่อแผ่นประเภท PMC และทำการปรับน้ำหนักในแผ่น PMC อยู่ในช่วง 4,000, 4,500, 5,000, 5,500 และ 6,000 กิโลกรัมต่อ แผ่น



ภาพที่ 6 ตัวอย่างการวิเคราะห์ความไวเส้นทาง NRT

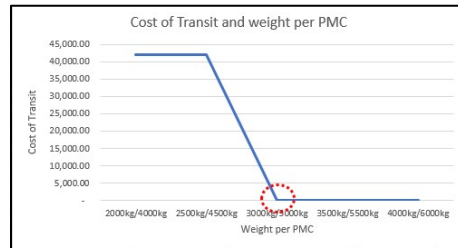
ภาพที่ 6 เป็นตัวอย่างข้อมูลเส้นทางบินนาริตะ (NRT) ของข้อมูลชุดที่ 2 พบว่าเมื่อมีความสามารถในการทำน้ำหนักต่อแผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) น้อยลงจะมีผลทำให้ต้นทุนค่าขนส่งเพิ่มขึ้น และเมื่อสามารถทำน้ำหนักในสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ได้ที่ 2,500 กิโลกรัมต่อแผ่น มีผลทำให้ต้นทุนค่าขนส่งคงที่

จากการวิเคราะห์ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ผลการวิจัยของข้อมูลทั้ง 2 ชุดเป็นไปในทางเดียวกัน โดยพบว่า ต้นทุนค่าขนส่งของทั้ง 5 เส้นทาง จะมี

ต้นทุนที่สูงขึ้นเมื่อน้ำหนักต่อแผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ลดลง และต้นทุนจะต่ำลงเมื่อน้ำหนักต่อแผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) มากขึ้น เนื่องจากต้นทุนค่าขนส่งของแผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) จะมีราคาต่ำกว่าแผ่นขนส่งที่ไม่ได้ทำสัญญาเช่าซื้อแบบเหมาแผ่น (non-BSA) ในกรณีที่น้ำหนักต่อแผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ได้น้อย ทำให้น้ำหนักสินค้าถูกจัดสรรไปที่พื้นที่ขนส่งที่ไม่ได้ทำสัญญาเช่าเหมาแผ่น (non-BSA) มากขึ้น และเมื่อสามารถทำน้ำหนักในแผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ได้มากขึ้น จึงทำให้ปริมาณสินค้าถูกจัดสรรมาที่แผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) มากยิ่งขึ้น และเมื่อสามารถทำน้ำหนักในแผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ได้ระดับหนึ่งแล้ว ต้นทุนค่าขนส่งจะคงที่

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) และน้ำหนักต่อแผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) พบว่าในกรณีที่แผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) รับน้ำหนักได้น้อย จะมีผลทำให้ต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) สูงขึ้น และเมื่อแผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) มีปริมาณน้ำหนักมาก จะมีผลทำให้ต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) ลดลง เนื่องจากสายการบินที่ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ส่วนใหญ่จะเป็นเที่ยวบินแบบบินตรง (Direct flight) และในกรณีที่แผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) รับน้ำหนักได้น้อย มีผลทำให้ปริมาณสินค้าถูกจัดสรรไปที่สายการบินที่ไม่ได้ทำสัญญาเช่าซื้อแบบเหมาแผ่นขนส่ง (non-BSA) มากขึ้น จึงมีผลทำให้ต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) สูงขึ้น และเมื่อแผ่นที่ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น ทำให้ปริมาณสินค้าถูกจัดสรรมาที่แผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) มากขึ้นจึงทำให้ต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) ลดลง ซึ่ง

ต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) จะลดลงจนเมื่อปริมาณสินค้าน้อยกว่าเที่ยวบินแบบแวะพัก (Indirect flight) จะมีผลทำให้ต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) มีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งผลข้อมูลของทั้ง 5 เลน และทั้งข้อมูลทั้ง 2 ชุดเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ตามตัวอย่างข้อมูลของเลน PVG ภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ตัวอย่างการวิเคราะห์ความไวเส้นทาง PVG

ภาพที่ 7 เป็นตัวอย่างข้อมูลของเลน PVG พบว่า เมื่อมีความสามารถทำน้ำหนักต่อแผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ได้น้อย จะทำให้สินค้าถูกจัดสรรไปในสายการบินที่ไม่ได้ทำสัญญาเช่าซื้อแบบเหมาแผ่นขนส่ง (non-BSA) มากขึ้น ซึ่งสายการบินที่ไม่ได้ทำสัญญาเช่าซื้อแบบเหมาแผ่นขนส่ง (non-BSA) จะมีสายการบินที่เป็นแบบเที่ยวบินแบบแวะพัก (Indirect flight) เป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้มีค่าต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) ที่สูงขึ้น แต่เมื่อมีความสามารถทำน้ำหนักต่อแผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ได้ที่ระดับ 3,000 และ 5,000 กิโลกรัมต่อแผ่น จะทำให้สินค้าถูกจัดสรรไปยังสายการบินที่ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ทั้งหมดซึ่งเป็นสายการบินแบบมีเที่ยวบินตรง direct flight จึงทำให้ไม่เกิดต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit)

โดยผลการเปรียบเทียบต้นทุนค่าขนส่งและต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) ของทั้ง 5 เลน และข้อมูลทั้ง 2 ชุดเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยสรุปได้ว่าต้นทุนค่าขนส่งถูกลดลงเกิดจากปริมาณน้ำหนักในแผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณสินค้าถูกจัดสรรมาที่

แผนที่ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) มากขึ้น และด้วยสายการบินที่ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ส่วนใหญ่เป็นแบบสายการบินแบบบินตรง (Direct flight) จึงทำให้มีผลต่อต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) ที่ลดลง

นอกจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ทางด้านต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) ได้ทำการปรับลดต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) ให้อยู่ในช่วง 3,000, 4,000, 5,000 และ 6,000 บาทต่อหน้าที่ โดยได้ทำการระบุปริมาณน้ำหนักสินค้าในแผนที่ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ที่ทุกๆ ช่วงของน้ำหนัก 2,000, 2,500, 3,000, 3,500 และ 4,500 กิโลกรัมต่อแผ่นประเภท PMC และทำการปรับน้ำหนักในแผ่น MDP อยู่ในช่วง 4,000, 4,500, 5,000, 5,500 และ 6,000 กิโลกรัมต่อแผ่น

สำหรับค่าเสียเวลาที่ได้ทดลองในการศึกษาค้างอยู่ในช่วงที่สูงมาก เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษาต้องการให้สายการบินตรงถูกเลือกเสมอ จึงไม่ได้ส่งผลกระทบต่อต้นทุนค่าขนส่ง ซึ่งปัญหาเรื่องผลกระทบของต้นทุนค่าเสียเวลาเป็นอีกหัวข้อที่น่าสนใจศึกษา ซึ่งทางผู้วิจัยจะทำการศึกษาในประเด็นนี้ในลำดับต่อไป

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้สร้างตัวแบบจำลองเพื่อเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจเลือกใช้สายการบินในกรณีที่มีปริมาณสินค้ามากกว่าน้ำหนักต่อแผนที่ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการเลือกใช้สายการบินที่ต่ำที่สุด โดยผลการวิจัยพบว่าตัวแบบจำลองนี้สามารถใช้ได้ในกรณีที่มีปริมาณสินค้ามากกว่าหรือเท่ากับน้ำหนักขั้นต่ำต่อแผนที่ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ตามที่สายการบินกำหนด เพราะเป็นน้ำหนักขั้นต่ำที่ทางบริษัทจะต้องจ่ายให้กับทางสายการบิน ซึ่งในกรณีที่มีสายการบินที่ไม่ได้ทำ

สัญญาเช่าซื้อแบบเหมาแผ่นขนส่ง (non-BSA) ที่มีราคาต่อหน่วยถูกกว่า ก็สามารถจัดสรรน้ำหนักไปที่สายการบินที่ไม่ได้ทำสัญญาเช่าซื้อแบบเหมาแผ่นขนส่ง (non-BSA) นั้นเพื่อให้ได้ต้นทุนที่ต่ำลง อีกทั้งในกรณีที่ปริมาณสินค้ามีมากกว่า น้ำหนักขั้นต่ำต่อแผนที่ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) แต่น้อยกว่าปริมาณสินค้าที่รับได้มากสุดในแผ่นสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) นั้น ยังสามารถจัดสรรสินค้าที่เกินกว่าน้ำหนักขั้นต่ำของแผนที่ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) โดยการเลือกใช้สายการบินที่ทำสัญญาจัดซื้อพื้นที่กับทางสายการบิน (BSA) ที่มีราคาต่ำกว่า เพื่อให้ต้นทุนต่ำลงได้อีกด้วย

ตัวแบบจำลองนี้สามารถใช้ได้ตามวัตถุประสงค์หลักในการเลือกใช้สายการบินที่เป็นแบบบินตรง (Direct flight) ก่อน และใช้สายการบินแบบมีเที่ยวบินแวะพัก (Indirect flight) เป็นอันดับถัดมา ซึ่งเป็นไปตามสถานการณ์จริงตามความต้องการของลูกค้า แต่ต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) ไม่ได้เกิดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริง โดยต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) ในผลของการวิจัยมีการเพิ่มและลด โดยการถูกปรับจากการทำการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) แต่ ต้นทุนค่าเสียเวลา (Cost of Transit) มีความจำเป็นกับตัวแบบจำลองนี้เพื่อทำให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ในการเลือกใช้สายการบินแบบบินตรง (Direct flight) ก่อน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kuancheng Huang and Wenhong Chi, "A Lagrangian Relaxation Based Heuristic for the Consolidation Problem of Airfreight Forwarders," Transportation Research Part C, vol. 15, pp. 235-245, 2007.
- [2] Boeing Company: World air cargo forecast 2018–2037

- <http://www.boeing.com/commercial/market/cargo-forecast/> (2018). Accessed 01 July 2020.
- [3] International Air Transport Association, "Low Density Cargo," Cargo Agent's Handbook Resolution 801-Worldwide, 44th ed. Montreal: Geneva, 2021, pp. 502.
- [4] Ferguson, Kara, Hoffman, and Sherry, "Estimating Domestic US Airline Cost of Delay Based on European Model," Transportation Research Part C, vol. 33, pp. 311-323, 2013.
- [5] Feng, B., Li, Y., Shen, Z.: "Air Cargo Operations: Literature Review and Comparison with Practices," Transportation Research Part C, vol. 56, pp. 263-280, 2015.
- [6] Amaruchkul, K., Cooper, W., Gupta, D. "Single-leg Air-cargo Revenue Management." Transportation Science, vol. 41, pp. 457-469, 2007.
- [7] Han, D.L., Tang, L.C., Huang, H.C. "A Markov Model for Single-leg Air Cargo Revenue Management under a Bid-price Policy" European Journal of Operational Research, vol. 200, pp. 800-811, 2010.
- [8] Moussawi-Haidar, L. "Optimal Solution for a Cargo Revenue Management Problem with Allotment and Spot Arrivals." Transportation Research Part E, vol. 72, pp. 173-191, 2014.
- [9] Levin, Y., Nediak, M., Topaloglu, H. "Cargo capacity management with allotments and spot market demand." Operations Research, vol. 60, pp. 351-365, 2012