

การพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับวางแผนการจัดตารางการให้บริการของสถาน
ประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวในประเทศไทยภายใต้กรอบเวลาแบบยืดหยุ่น

**A Mathematical Model for Service Scheduling Problem of Tourism Enterprises
in Thailand with Soft Time Windows**

พรรัตน์ ชำรงวุฒิ¹, กาญจนา เสธานันท์^{1,*}, จิตติพงษ์ จำรัส¹, ชุติพร วงศ์ลือชา² และ ก้องกิดากร วรสาร³

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในเมือง เมือง ขอนแก่น 40002

² คณะเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในเมือง เมือง ขอนแก่น 40002

³ คณะบริหารธุรกิจและการบัญชี, มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในเมือง เมือง ขอนแก่น 40002

Pawnrat Thumrongvut¹, Kanchana Sethanan^{1,*}, Thitipong Jamrus¹, Chuleeporn Wongloucha² and Kongkidakhon Worasan³

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University,

Nai-Muang, Muang, Khon Kaen, 40002, Thailand

² Faculty of Economics, Khon Kaen University, Nai-Muang, Muang, Khon Kaen, 40002, Thailand

³ Faculty of Business Administration and Accountancy, Khon Kaen University,

Nai-Muang, Muang, Khon Kaen, 40002, Thailand

*Corresponding Author E-mail: skanch@kku.ac.th

Received: Oct 15, 2021; **Revised:** Dec 14, 2021; **Accepted:** Dec 24, 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัญหาการวางแผนการจัดตารางการให้บริการสำหรับสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว เนื่องจากการวางแผนดังกล่าวต้องมีการคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่หลากหลายและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว ไม่สามารถจัดสรรทรัพยากรต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงได้ดำเนินการศึกษาสำหรับการวางแผนการจัดตาราง การให้บริการของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาของสถานประกอบการในธุรกิจ ท่องเที่ยวที่ไม่สามารถให้บริการในกรอบเวลาได้ให้มีค่าต่ำที่สุด ภายใต้การพิจารณาข้อจำกัดด้านเวลาทั้งของนักท่องเที่ยว และสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว ข้อจำกัดด้านระยะเวลาการเดินทาง และข้อจำกัดของสถานประกอบการในธุรกิจ ท่องเที่ยว โดยการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ซึ่งจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ารูปแบบ ทางคณิตศาสตร์ที่ทำการพัฒนานั้นสามารถแก้ไขปัญหามุ่งในเชิงอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในด้าน การพัฒนาคุณภาพของคำตอบและระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบของปัญหา อีกทั้งระยะเวลาในการหาคำตอบอยู่ภายใต้ กรอบระยะเวลาที่อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวสามารถยอมรับได้

คำสำคัญ: การจัดการโซ่อุปทานการท่องเที่ยว, รูปแบบทางคณิตศาสตร์, วิธีโปรแกรมเชิงเส้นแบบจำนวนเต็มผสม, ปัญหา การจัดตารางการให้บริการ

Abstract

This research seeks to address the service scheduling problem for tourism enterprises. Such planning requires consideration of several factors and stakeholders in the tourism industry are unable to manage resources efficiently. Therefore, this study aims to minimize the total time of service operations in the tourism business that cannot accommodate all of tourists within service hours by taking into account the daily time windows of tourists and tourism enterprises, sequence-dependent travel time, and tourism enterprises' restrictions. A novel mathematical model is proposed to solve the problem. The results of this study show that the development of a mathematical model is efficient in finding answers in terms of both solution quality and time complexity. Additionally, the practical solutions for the problem instances are within the acceptable computational time for the tourism industry.

Keywords: Tourism supply chain management, Mathematical model, Mixed-integer linear programing, Service scheduling problem

1. บทนำ

การท่องเที่ยวเป็นอุตสาหกรรมบริการที่สำคัญ ซึ่งเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมหลักของโลกที่ช่วยขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ที่ผ่านมามีอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวไทยมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง การเชื่อมโยงและการประสานงานในห่วงโซ่อุปทานของการท่องเที่ยวจึงเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญในการบริหารจัดการทรัพยากรที่มีให้เกิดการใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่า เพื่อความยั่งยืนในด้านการท่องเที่ยว การสร้างงาน การกระจายผลประโยชน์โดยตรงและโดยอ้อมจากการท่องเที่ยวไปสู่ผู้ที่มีรายได้น้อยอย่างเท่าเทียมภายในภูมิภาค อีกทั้งต้องพิจารณาผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholder) ของห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวทั้งหมด

ดังนั้นการศึกษานี้จะมุ่งเน้นการพัฒนาแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับวางแผนการจัดตารางการให้บริการของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวเพื่อให้เกิดการบูรณาการระหว่างผู้ประกอบการธุรกิจของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว เช่น ร้านอาหาร โรงแรม แหล่งท่องเที่ยว ร้านค้าต่าง ๆ เป็นต้น กับนักท่องเที่ยวที่มีความต้องการที่หลากหลาย โดยมีหลักการสำคัญคือ นักท่องเที่ยวที่ได้รับการบริการต้องได้รับความพึงพอใจอย่างสูงสุด และผู้ประกอบการธุรกิจต่าง ๆ หรือผู้ให้บริการจะต้องได้รับผลประโยชน์สูงสุดเช่นกัน โดยกำหนดตัวแปรในการตัดสินใจ สร้างสมการเป้าหมายเชื่อมโยงข้อจำกัดของทั้ง

ของนักท่องเที่ยวและสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว โดยใช้เทคนิคการสร้างรูปแบบด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้นแบบจำนวนเต็มผสม (Mixed-Integer Linear Programming: MILP) ซึ่งเป็นวิธีการแก้ปัญหาแบบวิธีแม่นยำตรง (Exact approach) ที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimal solution)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าแนวทางในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวมีวิธีที่แตกต่างกัน ซึ่งปัญหาการวางแผนเส้นทางท่องเที่ยว (Tour route planning problem: TRPP) เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนเนื่องจากต้องมีการพิจารณาข้อมูลจำนวนมากจากผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียต่าง ๆ ยกตัวอย่างงานวิจัยของ [1-4] ที่ใช้วิธีการทางเมตาเฮอริสติกส์ (Metaheuristics) มาแก้ปัญหา นอกจากนี้ [5] ยังมีการนำวิธีการกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP) และวิธีการเลียนแบบอบอ่อน (Simulated Annealing: SA) และ [6] ใช้วิธีการค้นหาข้างเคียงขนาดใหญ่แบบปรับค่าได้ (Adaptive Large Neighborhood Search: ALNS) เพื่อหาเส้นทางท่องเที่ยวที่มีระยะทางที่สั้นที่สุด ต่อมา [7] ใช้วิธี SA เช่นกัน, [8] ศึกษาทฤษฎีอรรถประโยชน์พหุลักษณะ (Multi-Attribute Utility Theory: MAUT) และวิธีการค้นหาแบบทาบ (Tabu Search: TS) การนำวิธีการเหล่านี้มาประยุกต์ในการแก้ปัญหาจะให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับผลเฉลยที่เหมาะสม (Near-optimal) เท่านั้น นอกจากนี้รูปแบบทางคณิตศาสตร์ได้มีการนำมาใช้สำหรับปัญหาอื่น ๆ เพื่อ

หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด เช่น ปัญหาการขนส่งระหว่างท่าเรือของประเทศไทย [9], การทำนายการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นของข้าวเปลือก [10] เป็นต้น ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่ามิงงานวิจัยจำนวนน้อยมากที่พิจารณาถึงเงื่อนไขทั้งของนักท่องเที่ยวและสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว ที่มีข้อจำกัดของเวลา ระยะเวลาการเดินทางระหว่างสถานที่ ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว และข้อจำกัดในแต่ละสถานที่นั้น ๆ ร่วมกันทั้งหมด การศึกษานี้จึงได้พัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับวางแผนการจัดตารางการให้บริการของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวเพื่อลดระยะเวลาของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวที่ไม่สามารถให้บริการในกรอบเวลาได้ให้มีค่าต่ำที่สุด ทำให้ผู้ประกอบการทุกรายในชุมชนนั้นเกิดการกระจายรายได้อย่างทั่วถึง นำไปสู่การจ้างแรงงาน และการให้บริการแก่นักท่องเที่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งสามารถตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวได้อย่างครบถ้วน ในการศึกษาวิจัยนี้ประกอบด้วยหัวข้อถัดไปคือวัตถุประสงค์ของการวิจัย ในส่วนหัวข้อที่ 3 กล่าวถึงวิธีการวิจัย รูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้ทำการพัฒนาอธิบายในหัวข้อที่ 4 ผลการวิจัยและสรุปผลกล่าวในหัวข้อที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

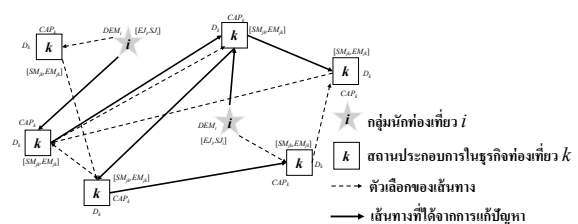
เพื่อพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ไขปัญหาวางแผนการจัดตารางการให้บริการของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวที่ไม่สามารถให้บริการในกรอบเวลาได้ให้มีค่าต่ำที่สุด

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับวางแผนการจัดตารางการให้บริการของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว โดยจำแนกลักษณะของปัญหาและสมมติฐาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 ลักษณะของปัญหา

ลักษณะของปัญหาการวางแผนการจัดตารางการให้บริการของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยกลุ่มข้อมูลของนักท่องเที่ยว i และมีกลุ่มข้อมูลของกิจกรรมการท่องเที่ยว j ที่แตกต่างกัน ซึ่งแต่ละกิจกรรมจะถูกเลือกหรือกำหนดจากความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวว่าต้องการไปที่ใดในสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว k โดยกิจกรรมทั้งหมดของนักท่องเที่ยวแต่ละกลุ่มจะดำเนินการแล้วเสร็จไม่เกินกรอบเวลาที่นักท่องเที่ยวกำหนด (EJ_{ij}, SJ_{ij}) และกรอบเวลาของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว k นั้น ๆ (SM_{jk}, EM_{jk}) อีกทั้งความสามารถในการให้บริการของแต่ละสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว (CAP_k) จะต้องรองรับปริมาณนักท่องเที่ยวได้ (DEM_i) โดยมีสมการเป้าหมายเพื่อลดระยะเวลาที่ไม่สามารถให้บริการได้ของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว (แสดงดังรูปที่ 1)



รูปที่ 1 ลักษณะปัญหา

3.2 สมมติฐาน

1) นักท่องเที่ยว

- แต่ละกิจกรรมของนักท่องเที่ยวของแต่ละกลุ่มจะได้รับบริการจากสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวเพียงครั้งละแห่งเท่านั้น
- นักท่องเที่ยวมีเวลาในการทำกิจกรรมการท่องเที่ยวที่จำกัด (Time window)
- นักท่องเที่ยวแต่ละกลุ่มมีลำดับกิจกรรมการท่องเที่ยวแตกต่างกัน (Non-permutation schedule)
- นักท่องเที่ยวทุกกลุ่มสามารถเริ่มเดินทางไปยังสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวของกิจกรรมการท่องเที่ยว

ได้ตั้งแต่เวลาเริ่มต้นของกรอบเวลาที่ใช้ในการท่องเที่ยว
(Available at time zero)

- ทราบค่าระยะเวลาที่ใช้ในการท่องเที่ยว (Sightseeing time) สำหรับแต่ละกิจกรรมการท่องเที่ยวที่แน่นอน

2) สถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว

- สถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวสามารถให้บริการนักท่องเที่ยวครั้งละกลุ่มเท่านั้น

- สถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวมีการจำกัดเวลาในการให้บริการแต่ละกิจกรรมการท่องเที่ยว (Time window)

- จำนวนนักท่องเที่ยวที่ได้รับการบริการจะไม่มากกว่าความสามารถในการให้บริการจากสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวได้ (Tourism carrying capacity)

- มีเงื่อนไขข้อจำกัดของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวที่บางแห่งไม่สามารถให้บริการได้ (Tourism enterprises' restrictions)

- เวลาเดินทางระหว่างสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวไม่เป็นอิสระต่อกัน (Sequence dependent travel times)

- ระยะทางระหว่างการเดินทาง (Travel time) ของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวแต่ละแห่งไม่มีความสัมพันธ์กันและทราบค่าแน่นอน

3) อื่น ๆ

- ความจุของพาหนะเพียงพอต่อจำนวนของนักท่องเที่ยวแต่ละกลุ่ม

- พิจารณาตารางกิจกรรมการท่องเที่ยวแบบวันต่อวัน

4. การพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์

การพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการวางแผนการจัดตารางการให้บริการของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว กำหนดสัญลักษณ์และตัวแปรเพื่อใช้ในการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

ดัชนี (Indices)

i, p ดัชนีของกลุ่มนักท่องเที่ยว $i, p=1, 2, \dots, N$

j, l ดัชนีของกิจกรรมการท่องเที่ยว $j, l=1, 2, \dots, O$

k, h ดัชนีของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว
 $k=1, 2, \dots, K$

พารามิเตอร์ (Parameters)

N จำนวนของกลุ่มนักท่องเที่ยว

O จำนวนกิจกรรมการท่องเที่ยว

K จำนวนของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว

PT_{ijk} ระยะเวลาที่ใช้ของกลุ่มนักท่องเที่ยว i กิจกรรม j สถานที่ k (ชั่วโมง)

TRA_{hk} ระยะเวลาเดินทางระหว่างสถานที่ h ไปยังสถานที่ k (ชั่วโมง)

M จำนวนเต็มที่มีค่ามาก

D_k เวลาที่ปิดให้บริการของสถานที่ k (ชั่วโมง)

MR_{ijk} ข้อจำกัดของกลุ่มนักท่องเที่ยว i กิจกรรม j สถานที่ k (ชั่วโมง)

CAP_k ความจุจำนวนคนของสถานที่ k (คน)

DEM_i จำนวนนักท่องเที่ยวในกลุ่ม i (คน)

SJ_i เวลาเริ่มต้นของกลุ่มนักท่องเที่ยว i (ชั่วโมง)

EJ_i เวลาสิ้นสุดของกลุ่มนักท่องเที่ยว i (ชั่วโมง)

SM_{jk} เวลาเริ่มต้นกิจกรรม j สถานที่ k (ชั่วโมง)

EM_{jk} เวลาปิดกิจกรรม j สถานที่ k (ชั่วโมง)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

T_k เวลาที่สถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวไม่สามาริให้บริการได้ (ชั่วโมง)

CT_{ijk} เวลาแล้วเสร็จของกลุ่มนักท่องเที่ยว i กิจกรรม j สถานที่ k (ชั่วโมง)

ST_{ijk} เวลาเริ่มต้นของกลุ่มนักท่องเที่ยว i กิจกรรม j สถานที่ k (ชั่วโมง)

X_{ijk} มีค่าเป็น 1 เมื่อสถานที่ k มีกลุ่มนักท่องเที่ยว i ทำกิจกรรม j และมีค่าเป็น 0 อื่น ๆ

Y_{kijpl} มีค่าเป็น 1 เมื่อสถานที่ k มีกลุ่มนักท่องเที่ยว i ทำกิจกรรม j ก่อนกลุ่มนักท่องเที่ยว p ทำกิจกรรม l และมีค่าเป็น 0 อื่น ๆ

W_{ijkh} มีค่าเป็น 1 เมื่อกลุ่มนักท่องเที่ยว i ทำกิจกรรม j สถานที่ k และกิจกรรมก่อนหน้า สถานที่ h และมีค่าเป็น 0 อื่น ๆ

4.1 รูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model)

สมการเป้าหมาย (Objective function)

$$\text{Min } Z = \sum_{k \in K} T_k \quad (1)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

$$T_k \geq (CT_{ijk} - D_k) \cdot X_{ijk} \quad ; \forall i, j, k \quad (2)$$

$$ST_{ijk} \geq CT_{plk} - Y_{kijpl} \cdot M \quad ; \forall i \neq p, j, l, k \quad (3)$$

$$ST_{plk} \geq CT_{ijk} - (1 - Y_{kijpl}) \cdot M \quad ; \forall i \neq p, j, l, k \quad (4)$$

$$MR_{ijk} - X_{ijk} = 0 \quad ; \forall i, j, k \quad (5)$$

$$\sum_{j \in O} DEM_i \cdot X_{ijk} \leq CAP_k \quad ; \forall i, k \quad (6)$$

$$SJ_i \leq \sum_{k \in K} CT_{ijk} \leq EJ_i \quad ; \forall i, j = O \quad (7)$$

$$ST_{ijk} \geq SM_{jk} \cdot X_{ijk} \quad ; \forall i, j, k \quad (8)$$

$$CT_{ijk} \leq EM_{jk} \cdot X_{ijk} \quad ; \forall i, j < O, k \quad (9)$$

$$CT_{ijk} \geq ST_{ijk} + PT_{ijk} - (1 - X_{ijk}) \cdot M \quad ; \forall i, j, k \quad (10)$$

$$\sum_{k \in K} X_{ijk} = 1 \quad ; \forall i, j \quad (11)$$

$$\sum_{k \in K} ST_{i1k} \geq \sum_{k \in K} W_{i1k1} \cdot TRA_{1k} \quad ; \forall i \quad (12)$$

$$\sum_{k \in K} ST_{ijk} \geq \sum_{k \in K} CT_{i(j-1)k} + \sum_{h \in K} \sum_{k \in K} TRA_{hk} \cdot W_{ijkh} \quad ; \forall i, j > 1 \quad (13)$$

$$\sum_{h \in K} \sum_{k \in K} W_{ijkh} = 1 \quad ; \forall i, j > 1, k \neq h \quad (14)$$

$$\sum_{k \in M} W_{i1k1} = 1 \quad ; \forall i \quad (15)$$

$$\sum_{h \in K} W_{ijkh} \leq MR_{ijk} \quad ; \forall i, j > 1, k \quad (16)$$

$$W_{i1k1} \leq MR_{i1k} \quad ; \forall i, k, h \quad (17)$$

$$\sum_{k \in K} W_{ijkh} \leq \sum_{k \in K} W_{i(j-1)hk} \quad ; \forall i, j > 1, h \quad (18)$$

$$ST_{ijk}, CT_{ijk}, T_k \geq 0 \quad ; \forall i, j, k \quad (19)$$

$$X_{ijk}, Y_{kijpl}, W_{ijkh} \in \{0,1\} \quad ; \forall i, j, p, l, k, h \quad (20)$$

สมการวัตถุประสงค์ที่ (1) แสดงวัตถุประสงค์เพื่อวางแผนตารางเวลาการให้บริการของสถานที่ท่องเที่ยวที่ไม่สามารถให้บริการในกรอบเวลาได้ให้มีค่าต่ำที่สุด สมการที่

(2) เพื่อหาเวลาที่สถานที่ท่องเที่ยวแต่ละแห่งไม่สามารถให้บริการได้ สมการที่ (3)–(4) แสดงข้อจำกัดเกี่ยวกับลำดับก่อนหลังของกลุ่มนักท่องเที่ยว สมการที่ (5) แสดงข้อจำกัดของสถานที่ท่องเที่ยว สมการที่ (6) แสดงข้อจำกัดด้านความจุจำนวนคนของสถานที่ท่องเที่ยว สมการที่ (7)–(9) แสดงข้อจำกัดด้านเวลาของนักท่องเที่ยวและสถานที่ท่องเที่ยว สมการที่ (10) เพื่อหาเวลาแล้วเสร็จของกลุ่มนักท่องเที่ยว i กิจกรรมการท่องเที่ยว j ในสถานที่ท่องเที่ยว k ต้องมากกว่าหรือเท่ากับเวลาเริ่มต้นบวกกับเวลาที่ใช้ สมการที่ (11) เพื่อให้แน่ใจว่ากิจกรรมการท่องเที่ยวใด ๆ จะถูกจัดสรรให้กับสถานที่ท่องเที่ยวครั้งละสถานที่เท่านั้น สมการที่ (12)–(18) แสดงข้อจำกัดด้านการเดินทางระหว่างสถานที่ท่องเที่ยว ซึ่งพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของสถานที่ท่องเที่ยวที่กิจกรรมการท่องเที่ยวของแต่ละกลุ่มนักท่องเที่ยว สมการที่ (19)–(20) แสดงชนิดของตัวแปรแต่ละชนิด

4.2 ตัวอย่างและผลลัพธ์จากการตรวจสอบรูปแบบทางคณิตศาสตร์

ปัญหาการวางแผนจัดการตารางการให้บริการของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวที่ไม่สามารถให้บริการในกรอบเวลาได้ให้มีค่าต่ำที่สุด ซึ่งพิจารณาเงื่อนไขข้อจำกัดต่าง ๆ โดยดำเนินการทดสอบรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นกับตัวอย่างปัญหขนาดเล็ก เพื่อเปรียบเทียบคำตอบและสามารถเป็นตัวแทนของปัญหาที่ซับซ้อนดังกล่าว จากนั้นดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น รวมทั้งดำเนินการตรวจสอบผลเฉลย ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบทางคณิตศาสตร์กำหนดให้มีจำนวนนักท่องเที่ยว 4 กลุ่ม กิจกรรมการท่องเที่ยว 3 กิจกรรม และสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว 3 แห่ง คือ ข้อมูลนำเข้า (Input data) มีดังนี้

1) ระยะเวลาที่ใช้ของกลุ่มนักท่องเที่ยว i ที่กิจกรรมการท่องเที่ยว j บนสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว k และเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของกลุ่มนักท่องเที่ยว ดังตารางที่ 1

2) ระยะเวลาเดินทางระหว่างสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว k ไปยังสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว k ดังตารางที่ 2

3) เวลาเปิดและเวลาปิดให้บริการของกิจกรรมการท่องเที่ยว j บนสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว k ดังตารางที่ 3

4) ความจุของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว k มีค่าเท่ากับ 40, 50, 65 และ 50 ชั่วโมง ตามลำดับ

5) จำนวนนักท่องเที่ยว i มีค่าเท่ากับ 15, 29, 49 และ 10 คน ตามลำดับ

อธิบายความหมายโดยการยกตัวอย่างของกลุ่มนักท่องเที่ยวที่ 1 ดังนี้ นักท่องเที่ยวกลุ่มที่ 1 มีจำนวนนักท่องเที่ยว 15 คน สามารถทำกิจกรรมท่องเที่ยวได้ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 12 ซึ่งกิจกรรมแรกใช้เวลา 4 ชั่วโมง สถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวที่ 1 กิจกรรมต่อมาใช้เวลา 3 ชั่วโมงที่สถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวที่ 2 และกิจกรรมสุดท้ายใช้เวลา 2 ชั่วโมงที่สถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวที่ 3 แต่ละกิจกรรมนี้นักท่องเที่ยวจะเป็นผู้ระบุสถานที่และเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมนั้น ๆ เช่น การเข้าเยี่ยมชมสถานที่ต่าง ๆ การรับประทานอาหาร การพักผ่อนส่วนตัว และการซื้อของที่ระลึก เป็นต้น โดยในแต่ละสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว นักท่องเที่ยวก็เป็นผู้กำหนดความต้องการเช่นกัน เช่น พิพิธภัณฑ์ วัด ตลาด ร้านกาแฟ สวนสนุก สวนสาธารณะ ร้านค้า เป็นต้น

ตารางที่ 1 ระยะเวลาที่ใช้: PT_{ijk} (ชั่วโมง)

PT_{ijk}	กิจกรรมการท่องเที่ยว			เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมง): S_j	เวลาสิ้นสุด (ชั่วโมง): E_j
	$j=1$	$j=2$	$j=3$		
$i=1$	1(4)	3(3)	2(2)	1	12
$i=2$	2(4)	1(5)	3(3)	1	24
$i=3$	3(3)	2(5)	1(4)	1	18
$i=4$	2(1)	3(7)	1(5)	1	24

หมายเหตุ: k (PT): หมายถึงสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว k ; ระยะเวลาที่ใช้ของกลุ่มนักท่องเที่ยว (PT)

ตารางที่ 2 ระยะเวลาเดินทาง: TRA_{hk} (ชั่วโมง)

TRA_{hk}	1	2	3	4
1	0.00	0.5	0.72	0.75
2	0.58	0.00	0.67	0.83
3	0.9	0.77	0.00	0.87
4	0.83	0.55	0.90	0.00

ตารางที่ 3 เวลาเปิดและเวลาปิด: (SM_{jk}, EM_{jk}) (ชั่วโมง)

(SM_{jk}, EM_{jk})	สถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว k					
	กิจกรรม j					
	เปิด	ปิด	เปิด	ปิด	เปิด	ปิด
1	0.00	20	0.02	20	0.03	20
2	0.00	20	0.02	20	0.03	20
3	0.00	20	0.02	20	0.03	20

Lingo 13.0 Solver Status [Lingo33]

Solver Status Model Class: MILP State: Global Opt Objective: 6.24 Infeasibility: 6.55476e-013 Iterations: 296		Variables Total: 869 Nonlinear: 0 Integers: 433
Extended Solver Status Solver Type: B-and-B Best Obj: 6.24 Obj Bound: 6.24 Steps: 0 Active: 0		Constraints Total: 1557 Nonlinear: 0
		Nonzeros Total: 3896 Nonlinear: 0
		Generator Memory Used (K) 293
		Elapsed Runtime (hh:mm:ss) 00:00:00
Update Interval: 2		Interrupt Solver Close

รูปที่ 2 ผลการทดสอบรูปแบบทางคณิตศาสตร์ด้วย

โปรแกรม LINGO Version 13.0

จากสมการคณิตศาสตร์ทั้ง 20 สมการ สามารถหาคำตอบที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม LINGO Version 13.0 (LINDO Systems, Inc., Chicago, IL, USA) บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ โดยทำการทดสอบบนคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพ Processor: Intel(R) Core(TM) i5-7200U CPU @ 2.50GHz 2.70 GHz. Installed memory (RAM): 4.00 GB. System type: 64bit Operating

System ผลเฉลยจากการประมวลผลแสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งผลการคำนวณของค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 6.24 ชั่วโมง

ค่าของตัวแปรไบนารี Y_{kijpl} บอกถึงลำดับการเข้ารับบริการจากสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว k โดยกลุ่มนักท่องเที่ยว i กิจกรรมการท่องเที่ยว j แล้วตามด้วยกลุ่มนักท่องเที่ยว p กิจกรรมการท่องเที่ยว l แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างค่าของตัวแปรไบนารี Y_{kijpl}

k	i	j	p	l	Activity
1	1	1	2	2	1
1	2	2	4	3	1
1	4	3	3	3	1
2	2	1	4	1	1
2	4	1	3	2	1
2	3	2	1	2	1
3	3	1	4	2	1
3	4	2	1	3	1
3	1	3	2	3	1

ค่าของตัวแปรไบนารี X_{ijk} บอกถึงการกำหนดเมื่อกลุ่มนักท่องเที่ยว i ในกิจกรรมการท่องเที่ยว j บนสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว k แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวอย่างค่าของตัวแปรไบนารี X_{ijk}

i	j	k	Activity
1	1	1	1
1	2	2	1
1	3	3	1
2	1	2	1
2	2	1	1
3	2	2	1
3	3	1	1
4	3	1	1

จากนั้นพิจารณาค่าตัวแปรตัดสินใจอื่น ๆ โดยค่าตัวแปรตัดสินใจ ST_{ijk} และค่าตัวแปรตัดสินใจ CT_{ijk} เป็นเวลาเริ่มต้น

และสิ้นสุดการทำกิจกรรมของนักท่องเที่ยวในสถานที่ใด ๆ แสดงผลดังตารางที่ 6

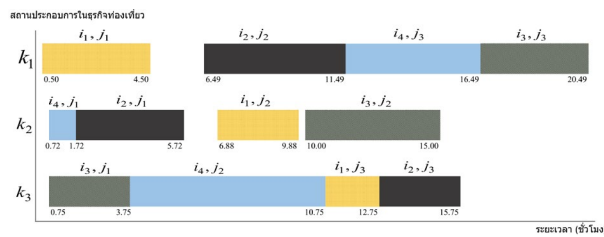
ตารางที่ 6 ตัวอย่างค่าของตัวแปรตัดสินใจ ST_{ijk} และ CT_{ijk}

i	j	k	ST_{ijk}	CT_{ijk}
1	1	1	0.5	4.5
1	2	2	6.88	9.88
1	3	3	10.75	12.75
2	1	2	1.72	5.72
2	2	1	6.49	11.49
2	3	3	12.75	15.75
3	1	3	0.75	3.75
3	2	2	10.00	15.00
3	3	1	16.49	20.49
4	1	2	0.72	1.72
4	2	3	3.75	10.75
4	3	1	11.49	16.49

พิจารณาค่าตัวแปรตัดสินใจ T_k ซึ่งแสดงเวลาที่สถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวแต่ละแห่งไม่สามารถให้บริการได้ โดยอ้างอิงการคำนวณจากสมการที่ (2) แสดงผลดังตารางที่ 7 ดังนั้นค่าวัตถุประสงค์ (Objective function) จากสมการที่ (1) คือการหาผลรวมเวลาที่ต่ำที่สุดของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวที่ไม่สามารถให้บริการในกรอบเวลาได้ มีค่าเท่ากับ $5.49 + 0.75 = 6.24$ ชั่วโมง เมื่อนำมาสร้างแผนภูมิการจัดตารางการให้บริการของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวในแต่ละสถานที่จะได้ดังรูปที่ 3 ที่แสดงถึงลำดับการให้บริการแก่นักท่องเที่ยวในกิจกรรมการท่องเที่ยวใด ๆ

ตารางที่ 7 ค่าของตัวแปรตัดสินใจ T_k

T_k	เวลาที่ไม่สามารถให้บริการ (ชั่วโมง)
1	5.49
2	0.00
3	0.75



รูปที่ 3 แผนการจัดตารางการให้บริการของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวจากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนา

จากตัวอย่างการทดสอบรูปแบบทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวนี้พบว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องและเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเมื่อนำผลลัพธ์จากการทดลองไปคำนวณโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กเซล 2016 (Microsoft Excel 2016) โดยการจัดเรียงกลุ่มนักท่องเที่ยวเข้าสู่สถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวจากนั้นทำการตรวจสอบเงื่อนไขข้อจำกัดต่าง ๆ อาทิ เวลาเริ่มต้นและเวลาแล้วเสร็จของกลุ่มนักท่องเที่ยวที่สถานประกอบการธุรกิจในแต่ละแห่ง ลำดับก่อนหลังของกิจกรรมการท่องเที่ยว เป็นต้น พบว่าผลรวมเวลาที่ต่ำที่สุดของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวที่ไม่สามารถให้บริการในกรอบเวลาได้ มีค่าเท่ากับผลลัพธ์การคำนวณจากโปรแกรม LINGO Version 13.0 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.24 ชั่วโมง

5. ผลการวิจัย

จากการศึกษาและพัฒนาในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอสำหรับวางแผนการจัดตารางการให้บริการของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวเพื่อลดระยะเวลาของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวที่ไม่สามารถให้บริการในกรอบเวลาให้มีค่าต่ำที่สุด ซึ่งจากการทดลองการแก้ไขปัญหาก็ได้สร้างตัวอย่างปัญหาที่มีขนาดแตกต่างกัน ได้แก่ กลุ่มปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ รวมทั้งสิ้น 25 ตัวอย่าง โดยดำเนินการปรับค่าจำนวนของกลุ่มนักท่องเที่ยวระหว่าง 2 ถึง 14 กลุ่ม จำนวนกิจกรรมการท่องเที่ยวระหว่าง 3 ถึง 6 กิจกรรม และจำนวนของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวระหว่าง 2 ถึง 5 สถานที่ และปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลนำเข้า (Input data) ซึ่งอ้างอิงจากข้อมูลจริงของกรณีศึกษาในปัจจุบัน ผลการทดลองจะแสดงผลเลขของค่าวัตถุประสงค์ที่ต่ำที่สุด ระยะเวลารวมที่สถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวไม่สามารถให้บริการในกรอบเวลาได้ (ชั่วโมง)

และระยะเวลาในการคำนวณ (วินาที) ดังตารางที่ 8 โดยขนาดปัญหาที่ใหญ่ที่สุดที่รูปแบบทางคณิตศาสตร์สามารถคำนวณหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดได้มีขนาดจำนวนนักท่องเที่ยว 13 กลุ่ม กิจกรรมการท่องเที่ยว 5 กิจกรรม และสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยว 5 แห่ง ซึ่งสามารถครอบคลุมขนาดของปัญหาจริงที่ใหญ่ที่สุดได้ ภายใต้กรอบระยะเวลาในการคำนวณที่อุตสาหกรรมท่องเที่ยวสามารถยอมรับได้

ตารางที่ 8 คำตอบและเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบจากโปรแกรม LINGO Version 13.0

ขนาดของปัญหา ($N \cdot O \cdot K$)	ค่าวัตถุประสงค์ (ชั่วโมง)	เวลาในการ คำนวณ (วินาที)
2•3•3	16.98	<1
2•3•2	8.95	<1
3•3•2	9.62	1
3•3•3	16.98	1
4•3•3	26.78	1
4•4•3	31.84	1
5•3•3	28.87	2
5•4•4	18.53	1
5•5•4	45.78	1
5•5•5	29.72	2
6•4•4	40.47	2
6•5•5	67.41	2
7•3•3	19.64	3
7•5•5	38.32	3
8•4•4	44.58	3
8•5•5	52.7	3
9•5•5	53.39	3
10•4•4	61.58	3
10•5•5	148.86	11
11•5•5	154.36	252.01
11•6•5	159.8	729.21
12•5•5	201.42	1,312.62
12•6•5	164.69	8,741.83

ตารางที่ 8 ค่าตอบและเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบจากโปรแกรม LINGO Version 13.0 (ต่อ)

ขนาดของปัญหา ($N \cdot O \cdot K$)	ค่าวัตถุประสงค์ (ชั่วโมง)	เวลาในการ คำนวณ (วินาที)
13•5•5	203.42	1,711.56
14•5•5	257.42	> 86,487

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการแก้ไขปัญหาวางแผนการจัดตารางการให้บริการของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากการวางแผนดังกล่าวต้องมีการคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่หลากหลายและผู้ใช้มีส่วนเกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวไม่สามารถจัดสรรทรัพยากรต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นเพื่อให้การวางแผนดังกล่าวเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวที่ไม่สามารถให้บริการในกรอบเวลาได้ให้มีค่าต่ำที่สุด สำหรับแก้ไขปัญหาดังกล่าวในเชิงอุตสาหกรรมทำให้สถานประกอบการเหล่านี้ได้มีการวางแผนจัดการในเรื่องของค่าใช้จ่ายที่อาจจะเกิดขึ้น เช่น ค่าจ้างพนักงานที่ทำงานล่วงเวลา ค่าปรับหรือค่าสูญเสียรายได้จากการที่ไม่สามารถให้บริการได้ เป็นต้น เพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่ายต่อการนำไปใช้งานของกรณีศึกษาได้ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาแล้ว ผลปรากฏว่ารูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพทั้งด้านการพัฒนาคุณภาพของผลเฉลยและระยะเวลาในการคำนวณซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาวางแผนการจัดตารางการให้บริการของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวดังกล่าวได้ ซึ่งขณะนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น และอยู่ระหว่างการดำเนินการต่อยอดและขยายผลไปยังกลุ่มอุตสาหกรรมท่องเที่ยวในรูปแบบการให้ภาพเป็นตัวประสานกับผู้ใช้ (Graphical user interface: GUIs) ที่ผู้ใช้งานสามารถใช้วางแผนได้สะดวก

และง่ายขึ้น นอกจากนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน เช่น ธุรกิจโรงแรมและที่พัก ธุรกิจขนส่ง ธุรกิจอาหารและเครื่องดื่ม เป็นต้น

อย่างไรก็ตามสำหรับการวางแผนการจัดตารางการให้บริการของสถานประกอบการในธุรกิจท่องเที่ยวยังต้องมีการคำนึงถึงปัจจัยในด้านต้นทุน และกำไร ดังนั้นในการต่อขอผลงานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาสถานการณ์หรือเงื่อนไขที่ใกล้เคียงความเป็นจริงของปัญหามากยิ่งขึ้น โดยมีการพิจารณาเพิ่มช่วงเวลาในการคำนวณ เพื่อความเหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง และในส่วนวิธีการแก้ไขปัญหของงานวิจัย ควรประยุกต์ใช้วิธีการทางเมตธีวริสติกส์ ในการพัฒนาผลเฉลยและระยะเวลาในการคำนวณ เพื่อรองรับขนาดของปัญหาในเชิงอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจากกลุ่มวิจัยการพัฒนาโมเดลเชิงระบบสำหรับอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

- [1] N. Khamsing, K. Chindaprasert, R. Pitakaso, W. Sirirak, and C. Theeraviriya, "Modified ALNS algorithm for a processing application of family tourist route planning: a case study of Buriram in Thailand," *computation*, vol. 9, no. 2, pp. 23, 2021, doi: 10.3390/computation9020023.
- [2] X. Wu, H. Guan, Y. Han, and J. Ma, "A tour route planning model for tourism experience utility maximization," *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 9, no. 10, 2017, doi: 10.1177/1687814017732309.
- [3] X. Zhou, M. Su, Z. Liu and D. Zhang, "Smart tour route planning algorithm based on clustering center motive iteration search," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 185607–185633, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2960761.

-
- [4] X. Zhou, B. Sun, S. Li and S. Liu, "Tour route planning algorithm based on precise interested tourist sight data mining," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 153134–153168, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3010420.
- [5] Q. Pan and X. Wang, "Independent travel recommendation algorithm based on analytical hierarchy process and simulated annealing for professional tourist," *Applied Intelligence*, vol. 48, no. 6, pp. 1565–1581, 2017, doi: 10.1007/s10489-017-1014-0.
- [6] W. Sirirak and R. Pitakaso, "Marketplace location decision making and tourism route planning," *administrative sciences*, vol.8, no. 4, pp. 72, 2018, doi: 10.3390/admsci8040072.
- [7] Z. K. A. Baizal, K. M. Lhaksmana, A. A. Rahmawati, M. Kirom, and Z. Mubarak, "Travel route scheduling based on user's preferences using simulated annealing," *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 9, no. 2, pp. 1275–1287, 2019, doi: 10.11591/ijece.v9i2.pp1275-1287.
- [8] M. A. Uwaisy, Z. K. A. Baizal, and M. Y. Reditya, "Recommendation of scheduling tourism routes using tabu search method (case study Bandung)," *Procedia Computer Science*, vol. 157, pp. 150–159, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.08.152.
- [9] S. Boontaveeyuwat, "Optimizing the transportation of international container cargoes of Thailand under the appearances of two new deep seaports: Dawei and Pakbara ports," *Ladkrabang Engineering Journal*, vol. 33, no. 2, pp. 104–110, 2016.
- [10] K. Sathapornprasath and P. Praneetpckkrang, "Mathematical model for paddy drying by jet spouted bed dryer," *Ladkrabang Engineering Journal*, vol. 34, no. 4, pp. 22–29, 2017.