การแก้ปัญหาการวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวในซาฟารีเวิลด์ด้วยขั้นตอนวิธีฮังกาเรียนและขั้นตอนวิธีแบบละโมบ

ณดล อ้วนสะอาด[1], อาทิติยา นิลเพชร[2] และ กรณ์พงศ์ ชลศิริพงษ์[*3]

คณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ชลบุรี 20230

Received: 03 March 2024; Revised: 26 May 2024; Accepted: 27 May 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ใช้ในการท่องเที่ยวชมสัตว์ และเข้าชมการแสดงทุกการแสดงในซาฟารีเวิลด์ การแก้ปัญหาของการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้ประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดสรรงานและขั้นตอนวิธีละโมบ ในขั้นแรกปัญหาการจัดสรรงานถูกใช้เพื่อกำหนดลำดับการเข้าชมการแสดงหลังจากนั้นวิธีการละโมบถูกนำมาใช้เพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการชมสัตว์ งานวิจัยได้ผลลัพธ์เส้นทางที่สั้นที่สุดที่มีระยะทางรวม 7.578 กิโลเมตร โดยเริ่มการท่องเที่ยวเวลา 9.00 น. และสิ้นสุดการท่องเที่ยวเวลา 16.48 น.

คำสำคัญ: ซาฟารีเวิลด์, ปัญหาการจัดสรรงาน, ขั้นตอนวิธีแบบละโมบ

* Corresponding author. E-mail: sittipong.da@ku.th

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและพลศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและพลศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและพลศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

Solving Tourist Route Planning in Safari World with Hungarian and Greedy Algorithm

Nadol Ounsard[1], Artitiya Nilpatch[2] and Kornphong Chonsiripong[*3]
Faculty of science at Sriracha, Kasetsart University, Sriracha Campus 20300

Received: 03 March 2024; Revised: 26 May 2024; Accepted: 27 May 2024

Abstract

The objective of this research is to find the shortest route for touring animal exhibits and attending all shows at Safari World. This problem is addressed by applying the assignment problem and a greedy algorithm. Initially, the assignment problem is utilized to determine the sequence of show visits. Following that, the greedy algorithm is employed to find the optimal route for visiting animal exhibits, maximizing the coverage between the routes to the shows. After executing these two steps, the research produces the shortest route, with a total distance of 7.578 kilometers, and tour starts at 9:00 AM and ends at 4:48 PM.

Keywords: Safari world, the assignment problem, greedy algorithm

* Corresponding author. E-mail: sittipong.da@ku.th

[1] Faculty of science at Sriracha, Kasetsart University, Sriracha Campus

[2] Faculty of science at Sriracha, Kasetsart University, Sriracha Campus

[3] Assistant Professor in Faculty of science at Sriracha, Kasetsart University, Sriracha Campus

1. คำนำ

การท่องเที่ยวเป็นกิจกรรมที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน ผู้คนต่างหลงใหลในประสบการณ์ใหม่ ๆ ที่ได้พบเจอระหว่างการเดินทาง ไม่ว่าจะเป็นการสัมผัสธรรมชาติ การพักผ่อนหย่อนใจ หรือการเรียนรู้วัฒนธรรมใหม่ ๆ สวนสัตว์เป็นหนึ่งในสถานที่ท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากเป็นสถานที่ที่ผู้คนสามารถสัมผัสกับธรรมชาติและสัตว์ป่าได้อย่างใกล้ชิด

ประเทศไทยมีสวนสัตว์มากมาย หนึ่งในสวนสัตว์ที่มีชื่อเสียงและน่าสนใจมากที่สุด คือ ซาฟารีเวิลด์ ซาฟารีเวิลด์เป็นสวนสัตว์และมีการแสดงขนาดใหญ่ ตั้งอยู่ที่แขวงสามวาตะวันตก จังหวัดกรุงเทพมหานคร มีเนื้อที่ประมาณ 430 ไร่ เปิดให้บริการวันอังคารถึงวันอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 09.00 - 17.00 น. สำหรับวันอังคารถึงวันศุกร์และ เวลา 09.00 - 18.00 น. ในวันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์ ซาฟารีเวิลด์เป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่รวบรวมสัตว์ป่ามากกว่า 50,000 ตัว จากทั่วทุกมุมโลกมาไว้ที่นี่ นักท่องเที่ยวสามารถชมสัตว์ป่านานาชนิดได้อย่างใกล้ชิด ทั้งสัตว์ป่าแอฟริกัน เช่น ยีราฟ ม้าลาย เสือ สิงโต ช้าง ลิง เป็นต้น และสัตว์ป่าอื่น ๆ จากทั่วโลก เช่น แพนด้า กวางมูส เพนกวิน เป็นต้น

นอกจากการชมสัตว์ป่าแล้ว ซาฟารีเวิลด์ยังมีการแสดงจากสัตว์แสนรู้มากมายตามรอบเวลา เช่น การแสดงโลมา การแสดงลิง การแสดงช้าง การแสดงนก เป็นต้น การแสดงเหล่านี้ล้วนเป็นการแสดงที่สนุกสนานและน่าตื่นเต้น เนื่องจากซาฟารีเวิลด์มีพื้นที่ขนาดใหญ่ มีจุดชมสัตว์ จุดชมการแสดง และจุดรับประทานอาหารกระจายอยู่ในพื้นที่ของซาฟารีเวิลด์ นักท่องเที่ยวจึงอาจประสบปัญหาในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการเดินชมสัตว์ และชมการแสดงให้ครบทุกจุด คณะผู้จัดทำจึงอยากจะนำเสนอการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ใช้ในการเดินชมสัตว์และชมการแสดง ในซาฟารีเวิลด์ให้ครบทุกจุดก่อนที่ซาฟารีเวิลด์จะปิดทำการ

ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problems: TSP) ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายคือปัญหาที่พนักงานขายต้องการเดินทางไปเยือนเมืองต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ให้ครบทุกเมืองและกลับมายังจุดเริ่มต้นด้วยเส้นทางโดยรวมที่สั้นที่สุด ปัญหาดังกล่าวเป็นที่สนใจของนักวิจัยอย่างแพร่หลาย [1, 2] ปัญหานี้จัดเป็นปัญหาเอ็นพีแบบยาก (NP-Hard problem) นักวิจัยส่วนใหญ่ได้เสนอขั้นตอนวิธีในรูปแบบฮิวริสติกส์ (Heuristic) ในการหาผลเฉลย เนื่องจากขั้นตอนวิธีรูปแบบฮิวริสติกส์สามารถหาผลเฉลยได้อย่างรวดเร็ว อาทิเช่น การค้นหาคำตอบแบบทาบู (Tabu search) [3] การจับกลุ่มอนุภาค (Particle swarm) [4] ขั้นตอนวิธีแบบละโมบ (Greedy algorithm) [5, 6] ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหาต่าง ๆ มากมายอาทิเช่น การจัดเส้นทางของรถสายตรวจ [7] การออกแบบเส้นทางการท่องเที่ยว [8] หากไม่พิจารณาว่าจุดชมการแสดงที่ให้ชมตามรอบเวลา ปัญหาการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ใช้ในการเดินชมสัตว์และชมการแสดงในซาฟารีเวิลด์สอดคล้องกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย

อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้นำกรอบเวลาของจุดชมการแสดงมาเป็นเงื่อนไขหนึ่งในการจัดเส้นทาง ปัญหาลักษณะดังกล่าวจะถูกจัดเป็นปัญหาที่มีกรอบเวลาการให้บริการ (Traveling Salesman Problems with Time Window: TSPTW) ซึ่งนักวิจัยได้ประยุกต์ปัญหาที่มีกรอบเวลามาใช้เกี่ยวกับการวางแผนการท่องเที่ยว [9, 10] การแก้ปัญหาที่มีกรอบเวลามักจะใช้วิธีการฮิวริสติกเนื่องจากสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดสรรงานเพื่อหาลำดับการเข้าชมการแสดงและขั้นตอนวิธีละโมบเพื่อแก้ปัญหาการหาเส้นทางการท่องเที่ยว และชมการแสดงสัตว์ในซาฟารีเวิลด์

2. ขอบเขตงานวิจัย

บริเวณที่งานวิจัยนี้สนใจคือ การเดินท่องเที่ยวในโซนมารีนปาร์ค (Marine Park) ดังรูปที่ 1 โดยงานวิจัยนี้สนใจจุดชมสัตว์ทั้งหมด 48 จุด จุดชมการแสดง 7 จุด และกำหนดจุดรับประทานอาหาร 1 จุด รวมทั้งสิ้น 56 จุด โดยจุดที่สนใจทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 1

รูปที่ 1 แผนที่ในซาฟารีเวิลด์

ตารางที่ 1 ลำดับและรายชื่อจุดชมสัตว์ จุดชมการแสดงในซาฟารีเวิลด์

ลำดับ	รายชื่อ	ลำดับ	รายชื่อ
0	ทางเข้า	21	การแสดงสงครามจารกรรม
1	นกแก้วมาคอร์	22	ฟลามิงโก
2	ม้าแคระ	23	นกกีวี่
3	จระเข้	24	อูฐ
4	แมนนาที	25	สมเสร็จ
5	การแสดงนก	26	เป็ดแมนดาริน
6	นกกระทุง	27	ฟลามิงโกแอนเดียน
7	นกพิราบหงอนวิคตอเรีย	28	หงส์
8	นกเขียวคราม	29	การแสดงโลมา
9	นกเขียวก้านตอง	30	การแสดงคาวบอยสตั้นท์
10	นกพิราบขาว	31	จุดรับประทานอาหาร
11	นกตะขาบทุ่งอกสีม่วง	32	ตัวนาก
12	ยีราฟ	33	เสือโคร่ง
13	หมีดำ	34	ไนอาลา
14	เสือดาว	35	แพรอทเลน
15	ปลากระเบนราหู	36	การแสดงสิงโตทะเล
16	ปลาช่อนยักษ์	37	สวนป่าไม้
17	เอ็กส์เวิลด์	38	สวนปลาคาร์ฟ
18	ปลาบึก	39	การแสดงลิงอุรังอุตัง
19	การแสดงช้าง	40	ปลาแรด
20	วอลรัส	41	แรคคูน
		42	นกทูแคน
		43	เม่น
		44	ลีมูเรีย
		45	ลีเมอร์
		46	นางอาย
		47	คาปิบาร่า
		48	งูเหลือมเผือก
		49	ค่างแว่น
		50	ลิงบาบูน
		51	แคมป์จิงโจ้
		52	ป่าดงดิบนกเงือก
		53	ตะโขง
		54	เต่าบก
		55	นกอีมู
		56	ฮิปโปโปเตมัส

ซาฟารีเวิลด์เปิดให้บริการวันอังคารถึงวันอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 09.00 - 17.00 น. สำหรับวันอังคารถึงวันศุกร์ และ เวลา 09.00 - 18.00 น. ในวันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์ ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาการท่องเที่ยวในวันหยุดและเริ่มต้นเส้นทางการท่องเที่ยวจากจุดเริ่มจากจุดเริ่มต้น(จุด 0 ทางเข้า) ในเวลา 9.00 น. ผู้จัดทำเลือกกำหนดให้นักท่องเที่ยวใช้เวลาในการเดินเฉลี่ย 10 นาทีต่อกิโลเมตร หรือ 1 เมตรจะใช้เวลา 0.6 วินาที การแสดงแต่ละการแสดงใช้เวลาในการแสดง 30 นาทีต่อการแสดง นอกจากนี้ผู้จัดทำกำหนดให้ใช้เวลาการชมสัตว์ 2 นาทีต่อจุดชมสัตว์ สำหรับรอบการแสดงแต่ละการแสดงมีเวลาเริ่มการแสดงดังนี้

1. การแสดงโลมา เวลา 13.30 น. และ 16.15 น.
2. การแสดงคาวบอยสตั้นท์ เวลา 15.15 น.
3. การแสดงนก เวลา 11.45 น. และ 16.15 น.
4. การแสดงช้าง เวลา 11.00 น.
5. การแสดงสงครามจารกรรม เวลา 11.45 น.
6. การแสดงสิงโตทะเล เวลา 10.15 น. และ 14.15 น.
7. การแสดงลิงอุรังอุตัง เวลา 10.15 น.

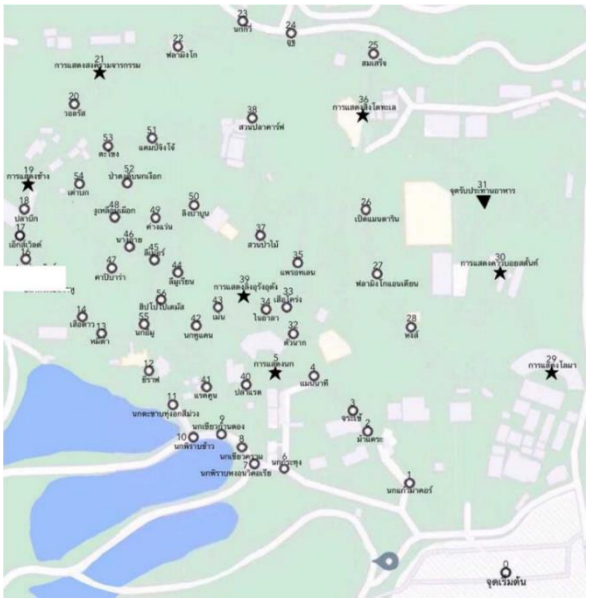
หมายเหตุ* รอบการแสดงและเวลาเปิดทำการใช้ข้อมูลของ วันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์เก็บข้อมูล ณ วันที่ 14 เมษายน 2566

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การจัดการข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำจุดที่สนใจดังกล่าวพล็อตลงบนแผนที่กูเกิล (google map) แสดงดังรูปที่ 2 โดยจุดรูปวงกลมแสดงถึงจุดชมสัตว์ จุดรูปดาวแสดงถึงจุดชมการแสดง และจุดรูป

สามเหลี่ยมแสดงถึงจุดรับประทานอาหาร ผู้วิจัยได้นำข้อมูลเส้นทางที่สามารถเดินหากันได้ในแต่ละจุด มาหาระยะทางจากการปักหมุดและวัดระยะทางโดยใช้แผนที่กูเกิล สำหรับจุดที่ไม่มีเส้นทางเดินเชื่อมผู้วิจัยได้ใช้ขั้นตอนวิธีของไดก์สตราเพื่อสร้างให้เป็นกราฟบริบูรณ์



รูปที่ 2 ที่ตั้งจุดชมสัตว์ จุดชมการแสดง และจุดรับประทานอาหารบนแผนที่กูเกิล

3.2 ขั้นตอนวิธีหาผลเฉลย

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้หาผลเฉลยด้วยการประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดสรรงาน และขั้นตอนวิธีละโมบ โดยเริ่มต้นใช้ปัญหาการจัดสรรงานเพื่อหาลำดับการดูการแสดงเริ่มต้นได้นำการแสดงทั้ง 7 การแสดงมาสร้างตารางการจัดสรรงาน จากนั้นได้แก้ปัญหาด้วยขั้นตอนวิธีฮังกาเรียน (Hungarian Algorithm) ขั้นตอนวิธีฮังกาเรียนเป็นขั้นตอนวิธีสำหรับแก้ปัญหาการจัดสรรงานที่มีประสิทธิภาพ หลักการทำงานใช้แนวคิดการจัดคู่งานและผู้ปฏิบัติงานให้มีค่าเหมาะสมที่สุดในลักษณะหนึ่งต่อหนึ่ง โดยพิจารณาค่าใช้จ่ายให้มีค่าต่ำที่สุด (หรือผลตอบแทนสูงที่สุด) ในงานวิจัยนี้ได้นำขั้นตอนวิธีฮังกาเรียนมาประยุกต์ใช้โดยการทำการจัดคู่ระหว่างการแสดงและเวลาที่ทำการแสดงให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด โดยกำหนดให้ค่าใช้จ่ายเป็น 0 มีการแสดงสัตว์ในช่วงเวลานั้น และค่าใช้จ่ายเป็น 1 เมื่อไม่มีการแสดงสัตว์ในช่วงเวลานั้น โดยตารางจัดสรรงานดังแสดงในตารางที่ 2

ขั้นตอนวิธีฮังกาเรียนที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นขั้นตอนวิธีสำหรับหาค่าต่ำสุดโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างตารางการจัดสรรงานเริ่มต้น ถ้าตารางไม่สมดุล (จำนวนคนและจำนวนงานไม่เท่ากัน) ต้องทำให้สมดุลโดยเพิ่มคนเทียมหรืองานเทียมลงในตาราง

ขั้นตอนที่ 2 นำสมาชิกที่มีค่าต่ำสุดในแต่ละหลักมาลบออกจากสมาชิกทั้งหมดที่อยู่ในหลักเดียวกัน ถ้าในแต่ละแถวมีสมาชิกเป็นศูนย์อย่างน้อย 1 ตัวปรากฏอยู่ ให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 3 นำสมาชิกที่มีค่าต่ำสุดในแต่ละแถว มาลบออกจากสมาชิกทั้งหมดที่อยู่ในแถวเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 4 ให้ลากเส้นตรงตัดผ่านสมาชิกที่เป็นศูนย์ทั้งหมด ในแนวตั้งหรือแนวนอน โดยให้มีจำนวนเส้นตรงน้อยที่สุด ถ้าจำนวนเส้นตรงมีจำนวนเท่ากับจำนวนแถวหรือจำนวนหลัก แสดงว่าได้ผลเฉลยเหมาะที่สุดแล้ว ให้ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 6

ขั้นตอนที่ 5 ถ้ายังไม่ได้ผลเฉลยเหมาะที่สุด จะต้องลดค่าของสมาชิกในตารางที่ได้รับจากขั้นตอนที่ 4 ดังนี้

5.1 หาสมาชิกที่มีค่าต่ำสุดที่ไม่มีเส้นตรงตัดผ่าน นำสมาชิกนี้ไปลบออกจาก สมาชิกตัวอื่น ๆ ที่ไม่มีเส้นตรงตัดผ่าน

5.2 นำสมาชิกในข้อ 5.1 ไปบวกให้กับสมาชิกที่มีเส้นตรงตัดผ่าน 2 เส้น

จากนั้นย้อนกลับไปทำขั้นตอนที่ 4 อีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 6 พิจารณาหาผลเฉลยเหมาะที่สุด จากสมาชิกที่เป็นศูนย์ในขั้นตอนที่ 4 โดยในแต่ละแถวหรือแต่ละหลัก จะต้องพิจารณาสมาชิกที่เป็นศูนย์เพียงหนึ่งตัวที่เป็นไปได้เท่านั้น

จากตารางที่ 2 พบว่าปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่สมดุลและสามารถข้ามไปทำขั้นตอนที่ 4 ได้เลยเนื่องจากสอดคล้องกับเงื่อนไขในขั้นตอนที่ 2 พิจารณาลากเส้นตรงตัดผ่านสมาชิกที่เป็น 0 ในแนวตั้งหรือแนวนอน โดยให้มีจำนวนเส้นตรง น้อยที่สุดโดยจะลากแบบใดก็ได้หลังจากการลากเส้นพบว่าสามารถลากได้จำนวนเส้นเท่ากับ 7 เส้น ดังนั้นจึงได้ผลเฉลยเหมาะที่สุดสำหรับปัญหาการจัดสรรงานดังแสดงในตารางที่ 3 โดยใช้ตัวเลขหนาและมีแถบสีแทนการลากเส้นและการเลือกชมการแสดงแทนด้วยตัวหนาละขีดเส้นใต้

ตารางที่ 2 ตารางการจัดสรรงาน

	10.15-10.45	11.00-11.30	11.45-12.15	13.30-14.00	14.15-14.45	15.15-15.45	16.15-16.45
1. การแสดงโลมา	1	1	1	0	1	1	0
2. การแสดงคาวบอยสตั้นท์	1	1	1	1	1	0	1
3. การแสดงนก	1	1	0	1	1	1	0
4. การแสดงช้าง	1	0	1	1	1	1	1
5. การแสดงสงครามจารกรรม	1	1	0	1	1	1	1
6. การแสดงสิงโตทะเล	0	1	1	1	0	1	1
7. การแสดงลิงอุรังอุตัง	0	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ 3 ตารางจัดสรรงานของผลเฉลยเหมาะที่สุด

	10.15-10.45	11.00-11.30	11.45-12.15	13.30-14.00	14.15-14.45	15.15-15.45	16.15-16.45
1. การแสดงโลมา	1	1	1	**0**	1	1	0
2. การแสดงคาวบอยสตั้นท์	1	1	1	1	1	**0**	1
3. การแสดงนก	1	1	0	1	1	1	**0**
4. การแสดงช้าง	1	**0**	1	1	1	1	1
5. การแสดงสงครามจารกรรม	1	1	**0**	1	1	1	1
6. การแสดงสิงโตทะเล	0	1	1	1	**0**	1	1
7. การแสดงลิงอุรังอุตัง	**0**	1	1	1	1	1	1

หลังจากแก้ปัญหาด้วยวิธีฮังกาเรียนจะได้ลำดับการชมการแสดงสัตว์ ดังนี้

ลำดับที่ 1 การแสดงลิงอุรังอุตัง รอบเวลา 10.15 - 10.45 น.

ลำดับที่ 2 การแสดงช้างรอบเวลา11.00 - 11.3น.

ลำดับที่ 3 การแสดงสงครามจารกรรม รอบเวลา 11.45-12.15 น.

ลำดับที่ 4 การแสดงโลมารอบเวลา 13.30-14.0 น.

ลำดับที่ 5 การแสดงสิงโตทะเลรอบเวลา 14.15-14.45 น.

ลำดับที่ 6 การแสดงคาวบอยสตั้นท์ รอบเวลา 15.15-15.45 น.

ลำดับที่ 7 การแสดงนกรอบเวลา 16.15-16.45 น.

จะเห็นว่าการแสดงสงครามจารกรรม สิ้นสุดการแสดงเวลา 12.15 น. และการแสดงโลมาเริ่มต้นการแสดงเวลา 13.30 น. โดยที่ช่วงเวลา 12.15 - 13.30 น. มีระยะห่างระหว่างเวลาของการแสดงมากที่สุด จึงกำหนดให้รับประทานอาหาร เวลา 12.30 - 13.15 น.

หลังจากทราบลำดับการแสดงสัตว์ งานวิจัยนี้จะหาเส้นทางชมสัตว์โดยมีหลักแนวคิดคือ หาจุดชมสัตว์ระหว่างทางไปจุดชมการแสดงให้มากที่สุด ซึ่งแนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับหลักการของขั้นตอนวิธีแบบละโมบที่มุ่งเน้นไปที่การค้นหาทางเลือกที่ดีที่สุดในแต่ละขั้นตอน ข้อดีของวิธีแบบละโมบคือสามารถหาผลเฉลยได้อย่างรวดเร็วแต่อาจยังไม่ใช่ผลเฉลยเหมาะที่สุดแต่ผลเฉลยดังกล่าวถือว่าเป็นขอบเขตล่างที่ยอมรับได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้วิธีแบบละโมบในการหาเส้นทางในการชมสัตว์

โดยมีแบบละโมบที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้นเส้นทางที่จุดเริ่มต้น (จุด 0) พิจารณาการแสดงลำดับแรก

ขั้นตอนที่ 2 หาจุดชมสัตว์ที่มีระยะทางสั้นที่สุด 3 อันดับจากจุดปัจจุบัน

ขั้นตอนที่ 3 นำจุดชมสัตว์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 วัดระยะทางไปยังจุดชมการแสดง

ขั้นตอนที่ 4 นำระยะทางที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 และ 3 รวมกัน

ขั้นตอนที่ 5 จุดชมสัตว์ใดที่มีระยะทางรวมสั้นที่สุด พิจารณาเลือกเดินชมสัตว์เป็นจุดถัดไป (ถ้าผลรวมระยะทางเท่ากัน ให้เลือกระยะทางที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 สั้นที่สุด)

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณระยะเวลาในการเดินรวมเวลาที่ใช้ชมสัตว์ด้วย

- กรณีมีเวลาเหลือในการเพิ่มจุดชมสัตว์ เลือกเดินไปยังจุดชมสัตว์ถัดไป

- กรณีไม่มีเวลาเหลือในการเพิ่มจุดชมสัตว์ เดินไปจุดชมการแสดงและอัพเดทการแสดงเป็นการแสดงลำดับถัดไป

ขั้นตอนที่ 7 พิจารณาจำนวนจุดชมสัตว์ที่ยังเหลืออยู่ กรณียังเหลือจุดชมสัตว์ที่ไม่อยู่บนเส้นทาง กลับไปยังขั้นตอนที่ 2 กรณีอื่น ๆ จบการทำงาน

ตัวอย่างขั้นตอนวิธี

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้นเส้นทางที่จุดเริ่มต้น เวลา 09.00 น. พิจารณาการแสดงลำดับแรก คือ การแสดงลิงอุรังอุตังเวลา 10.15 น.

ขั้นตอนที่ 2 หาจุดชมสัตว์ที่มีระยะทางสั้นที่สุดจากจุดเริ่มต้นสามอันดับ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระยะทางในขั้นตอนที่ 2

จุดเริ่มต้น	จุดชมสัตว์	ระยะทางจากจุดเริ่มต้นไปจุดชมสัตว์
0	1	137 m
	2	121 m
	3	238 m

ขั้นตอนที่ 3 นำจุดชมสัตว์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 วัดระยะทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดชมการแสดงลำดับที่ 1 การแสดงลิงอุรังอุตัง (จุดที่ 39)

ตารางที่ 5 ระยะทางในขั้นตอนที่ 3

จุดเริ่มต้น	จุดชมสัตว์	ระยะทางจากจุดเริ่มต้นไปจุดชมสัตว์	ระยะทางจากจุดชมสัตว์ไปจุดชมการแสดง
0	1	137 m	241 m
	2	121 m	166 m
	3	238 m	140 m

ขั้นตอนที่ 4 นำระยะทางที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอนที่ 3 มารวมกัน

ตารางที่ 6 ระยะทางในขั้นตอนที่ 4

จุดเริ่มต้น	จุดชมสัตว์	ผลรวมระยะทาง
0	1	378 m
	2	378 m
	3	378 m

ขั้นตอนที่ 5 จุดชมสัตว์ใดที่มีระยะทางรวมสั้นที่สุด พิจารณาเลือกเดินชมสัตว์เป็นจุดถัดไป (กรณีนี้มีผลรวมระยะทางเท่ากัน ดังนั้นเลือกระยะทางจากขั้นตอนที่ 2 ที่สั้นที่สุด) โดยที่แถบตัวหนาแทนการเลือกจุดถัดไป

ตารางที่ 7 ระยะทางในขั้นตอนที่ 5

จุดเริ่มต้น	จุดชมสัตว์	ระยะทางจากจุดเริ่มต้นไปจุดชมสัตว์	ระยะทางจากจุดชมสัตว์ไปจุดชมการแสดง	ผลรวมระยะทาง
0	**1**	**137 m**	**241 m**	**378 m**
	2	121 m	166 m	378 m
	3	238 m	140 m	378 m

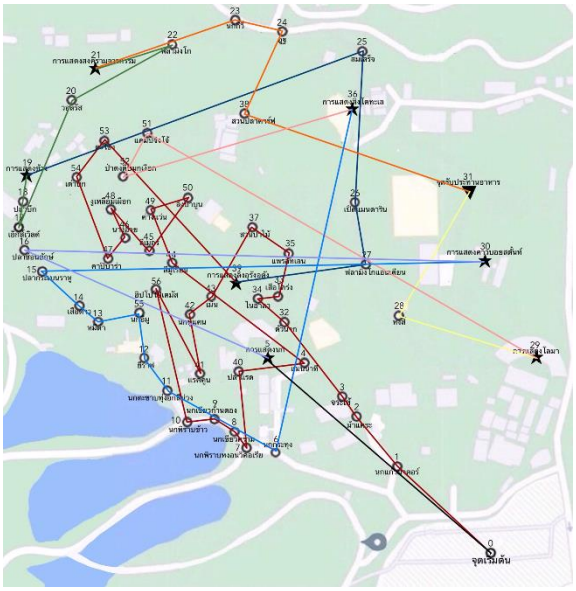
ขั้นตอนที่ 6 คำนวณระยะเวลา โดยเวลาที่คำนวณคือเวลาที่ทำการเดินจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดชมสัตว์ที่ 1 ในตัวอย่างนี้ คือ ระยะทาง 137 เมตร ใช้เวลาเดินทั้งหมด 1 นาที 22 วินาที ดังนั้นจะเดินถึงจุดชมสัตว์ที่ 1 เวลา 9.01.22 น. และใช้เวลาชมสัตว์ 2 นาที ดังนั้นจะพร้อมสำหรับเดินไปยังจุดถัดไปเวลา 9.03.22 น. จะหาเส้นทางการเดินโดยเริ่มทำขั้นตอนที่ 2 ซ้ำไปเรื่อย ๆ จนครบทุกจุดชมสัตว์ ทุกจุดชมการแสดง หลักจากทำตามขั้นตอนวิธีได้ผลเฉลยแสดงดังตารางที่ 7 โดยจุดที่มาการแสดงจะเป็นตัวหนาและขีดเส้นใต้

ตารางที่ 8 ลำดับเส้นทางที่ได้รับจากขั้นตอนวิธีที่นำเสนอ

จุดเริ่มต้น	จุดปลายทาง	ระยะทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทาง	เวลาเริ่มต้นเดิน ไปยังจุดถัดไป
0	1	137 m	09.03 น.
1	2	75 m	09.06 น.
2	3	26 m	09.08 น.
3	32	94 m	09.11 น.
32	34	28 m	09.13 น.
34	33	19 m	09.15 น.
33	35	28 m	09.18 น.
35	37	52 m	09.20 น.
37	43	117 m	09.23 น.
43	42	28 m	09.26 น.
42	41	63 m	09.28 น.
41	56	51 m	09.31 น.
56	10	98 m	09.34 น.
10	9	29 m	09.36 น.
9	8	25 m	09.38 น.
8	7	22 m	09.40 น.
7	40	72 m	09.43 น.
40	4	73 m	09.46 น.
4	44	190 m	09.50 น.
44	49	39 m	09.52 น.
49	50	42 m	09.55 น.
50	45	93 m	09.58 น.
45	48	37 m	10.00 น.
48	46	39 m	10.02 น.
46	47	33 m	10.05 น.
47	54	68 m	10.07 น.
54	53	49 m	10.10 น.
53	**39**	283 m	10.13 น.
39	27	149 m	10.48 น.
27	26	65 m	10.51 น.
26	25	160 m	10.54 น.
25	**19**	316 m	10.57 น.
19	18	25 m	11.32 น.
18	17	28 m	11.34 น.
17	20	85 m	11.37 น.
20	22	130 m	11.40 น.
22	**21**	89 m	11.41 น.
21	23	93 m	12.17 น.
23	24	53 m	12.20 น.
24	38	98 m	12.23 น.
38	**31**	345 m	12.26 น.
31	28	206 m	13.19 น.
28	**29**	351 m	13.22 น.
29	51	512 m	14.05 น.
51	52	87 m	14.07 น.
52	**36**	325 m	14.11 น.
36	6	366 m	14.50 น.
6	11	149 m	14.54 น.
11	12	43 m	14.56 น.
12	55	49 m	14.59 น.
55	13	45 m	15.01 น.
13	14	26 m	15.03 น.
14	15	53 m	15.06 น.
15	**30**	567 m	15.11 น.
30	16	570 m	15.52 น.
16	**5**	353 m	15.56 น.
5	0	330 m	16.48 น.

ได้ผลลัพธ์ลำดับเส้นทางดังนี้ จุดเริ่มต้น (จุดที่0) --> นกแก้วมาคอร์ (จุดที่1) --> ม้าแคระ (จุดที่2) --> จระเข้ (จุดที่3) --> ตัวนาก (จุดที่32) --> ไนอาลา (จุดที่34) --> เสือโคร่ง (จุดที่33) --> แพรอทเลน (จุดที่35) --> สวนป่าไม้ (จุดที่37) --> เม่น (จุดที่43) --> นกทูแคน (จุดที่42) --> แรคคูน (จุดที่41) --> ฮิปโปโปเตมัส (จุดที่56) --> นกพิราบขาว (จุดที่10) --> นกเขียวก้านตอง (จุดที่9) --> นกเขียวคราม (จุดที่8) --> นกพิราบหงอนวิคตอเรีย (จุดที่7) --> ปลาแรด (จุดที่40) --> แมนนาที (จุดที่4) --> ลีมูเรีย (จุดที่44) --> ค่างแว่น (จุดที่49) --> ลิงบาบูน (จุดที่50) --> ลีเมอร์ (จุดที่45) --> งูเหลือมเผือก (จุดที่48) --> นางอาย (จุดที่46) --> คาปิบาร่า (จุดที่47) --> เต่าบก (จุดที่54) --> ตะโขง (จุดที่53) --> **การแสดงลิงอุรังอุตัง (จุดที่39)** --> ฟลามิงโกแอนเดียน (จุดที่27) --> เป็ดแมนดาริน (จุดที่26) --> สมเสร็จ (จุดที่25) --> **การแสดงช้าง (จุดที่19)** --> ปลาบึก (จุดที่18) --> เอ็กส์

เวิลด์ (จุดที่17) --> วอลรัส (จุดที่20) --> ฟลามิงโก (จุดที่22) --> **การแสดงสงครามจารกรรม (จุดที่21)** --> นกกีวี่ (จุดที่ 23) --> อูฐ (จุดที่24) --> สวนปลาคาร์ฟ (จุดที่38) --> **จุดรับประทานอาหาร (จุดที่31)** --> หงส์ (จุดที่28) --> **การแสดงโลมา (จุดที่29)** --> แคมป์จิงโจ้ (จุดที่51) --> ป่าดงดิบนางเงือก (จุดที่ 52) --> **การแสดงสิงโตทะเล (จุดที่36)** --> นกกระทุง (จุดที่6) --> นกตะขาบทุ่งอกสีม่วง (จุดที่11) --> ยีราฟ (จุดที่12) --> นกอีมู (จุดที่55) --> หมีดำ (จุดที่13) --> เสือดาว (จุดที่14) --> ปลากระเบนราหู (จุดที่15) --> **การแสดงคาวบอยสตั้นท์ (จุดที่30)** --> ปลาช่อนยักษ์ (จุดที่16) --> **การแสดงนก (จุดที่5)** --> จุดเริ่มต้น (จุดที่0) รวมระยะทาง 7.578 กิโลเมตร สิ้นสุดการเดินทางเวลา 16.48 น. และเส้นทางดังกล่าวดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ผลลัพธ์ลำดับเส้นทางการเดินชมสัตว์และชมการแสดง ในซาฟารีเวิลด์

4. สรุปผลและอภิปราย

จากกรณีศึกษาเส้นทางการท่องเที่ยวและชมการแสดงสัตว์ในซาฟารีเวิลด์นั้น ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอสามารถท่องเที่ยวชมทุกจุดชมสัตว์และสามารถรับชมทุกการแสดง โดยมีระยะทางรวม 7.578 กิโลเมตร งานวิจัยนี้กำหนดให้เริ่มเข้าชมสัตว์ในเวลา 9.00 น. หากนักท่องเที่ยวใช้เส้นทางที่นำเสนอ จะสามารถสิ้นสุดการท่องเที่ยวได้ภายในเวลา 16.48 น. อย่างไรก็ตามผลเฉลยที่ได้รับจากระเบียบวิธีที่นำเสนออาจยังไม่ใช่ผลเฉลยเหมาะที่สุดแต่ผลเฉลยดังกล่าวถือว่าเป็นขอบเขตล่างที่ยอมรับได้และสามารถหาเส้นทางสำหรับท่องเที่ยวได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้หากนักท่องเที่ยวต้องการเริ่มเข้าชมสัตว์ในเวลาที่ต่างออกไปหรือมีความเร็วในการเดินที่ต่างจากที่สมมติฐานในงานวิจัยนี้คำนวณไว้ จะต้องมีการคำนวณเส้นทางใหม่ แต่ระเบียบวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถคำนวณเส้นทางใหม่ได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ผู้วิจัยเห็นว่าในอนาคตอาจต้องมีการกำหนดจุดพักเมื่อมีการท่องเที่ยวไประยะเวลาหนึ่ง หรือนำกิจกรรมต่าง ๆ มาพิจารณาเพิ่มเติม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ในการให้ความสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] G. N. Frederickson, M. S. Hecht and C. E. Kim, "Approximation algorithms for some routing problems", in *17th Annual Symposium on Foundations of Computer Science*, United State, 1976.

[2] O. Michail and P. G. Spirakis, “Traveling salesman problems in temporal graphs,” *Theoretical Computer Science.,* Vol. 634, pp. 1-23, 2016.

[3] O. Pedro, R. Saldanha and R. Camargo, “A Tabu search approach for the prize collecting traveling salesman problem,” *Electronic Notes in Discrete Mathematics.*, Vol. 41, pp. 261-268, 2013.

[4] X.H. Shi, Y.C. Liang, H.P. Lee, C. Lu and Q.X. Wang, “Particle swarm optimization-based algorithms for TSP and generalized TSP,” *Information Processing Letters.,* Vol. 103, no. 5, pp. 169-176, 2007.

[5] X. Geng, Z. Chen, W. Yang, D. Shi and K. Zhao, "Solving the traveling salesman problem based on an adaptive simulated annealing algorithm with greedy search," *Applied Soft Computing.*, Vol. 11, no. 4, pp. 3680-3689, 2011.

[6] C. Murat and A. Ekici, "Solving a modified TSP problem by a Greedy heuristic for cost minimization," *International Journal of Modeling and Optimization.*, Vol. 8, no. 3, pp. 138-144, 2018.

[7] ธัญภัส เมืองปัน, ฐิติมา วงศ์อินตา, และ เทอดพงศ์ เมืองปัน, "กรอบแนวคิดการจัดเส้นทางสายตรวจรถจักรยานยนต์ :กรณีศึกษาสถานีตำรวจภูธรเสม็ดจังหวัดชลบุรี," *วารสารการขนส่งและโลจิสติกส์.,* ปีที่ 1, ฉบับที่ 9, น. 30-42, 2559.

[8] วิรัลพัชร สว่างญาติ, "การเปรียบเทียบ 3 วิธี ในการออกแบบเส้นทางท่องเที่ยว กรณีศึกษาจังหวัดพระนครศรีอยุธยา," *วารสารรังสิตบัณฑิตศึกษาในกลุ่มธุรกิจและสังคมศาสตร์.,* ปีที่ 4, ฉบับที่ 2, น. 64-77, 2561.

[9] D. Gavalas, C. Konstantopoulos, K.Mastakas, G. Pantziou and N. Vathis, "Heuristics for the time dependent team orienteering problem: application to tourist route planning," *Computers & Operations Research.,* Vol. 62, pp. 36-50, 2015.

[10] T. Tlili and S. Krichen, "A simulated annealing-based recommender system for solving the tourist trip design problem," *Expert Systems with Applications.,* Vol. 186, no. 2, 2021.