การประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดสำหรับปัญหาการจัดเส้นทาง กรณีศึกษา เส้นทางในการบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์

APPLYING SAVING ALGORITHM FOR THE VEHICLE ROUTING PROBLEM: A CASE STUDY OF THE MAINTENANCE ROUTE OF THE TV TRANSMISSION SITE

พิมพ์พลอย ภวภูตานนท์[1]
ผศ.ดร.ดวงใจ จิตคงชื่น[2]

บทคัดย่อ

สารนิพนธ์นี้นำเสนอการประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดในการจัดเส้นทางในการเดินทางเพื่อไปบำรุงรักษาอุปกรณ์ในสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ ซึ่งได้มีการแบ่งประเภทของสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ (1) สถานีหลักที่ ส.ส.ท. เป็น Facility Provider (2) สถานีเสริม ที่ ส.ส.ท. เป็น Facility Provider (3) สถานีหลัก ที่ ส.ส.ท. ไม่ได้เป็น Facility Provider (4) สถานีเสริม ที่ ส.ส.ท. ไม่ได้เป็น Facility Provider และ พิจารณาเงื่อนไขของเวลาที่ใช้ในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ภายในสถานี เพื่อให้ได้เส้นทางที่มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางรวมน้อยที่สุด ผลการศึกษาพบว่าเส้นทางที่นำเสนอจะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 82 % และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางลดลงจากเดิม 112 วัน คงเหลือ 53 วัน

คำสำคัญ : ปัญหาการจัดเส้นทาง, อัลกอริทึมแบบประหยัด

ABSTRACT

This paper proposed the applied saving algorithm for vehicle routing problems to the maintenance of equipment in a TV transmission site, which has classified the types of transmission sites into 4 type: (1) Main Site of Thai PBS facility (2) Additional Site of Thai PBS facility (3) Main Site of another facility provider (4) Additional Site of another facility provider and considered the conditions of time spent on equipment maintenance within the station to get the route with the lowest total cost. According to the findings, the proposed route can save up to 82% on costs, and walking time was reduced from 112 days to 53 days.

Keyword: Vehicle Routing Problem, Saving Algorithm

บทนำ

Thai PBS มีสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล จำนวน 168 สถานีทั่วประเทศ ซึ่งสำนักวิศวกรรมแบ่งความรับผิดชอบออกเป็น 4 ภาค 11 ศูนย์วิศวกรรม โดยเจ้าหน้าที่จะประจำการที่ศูนย์วิศวกรรมและสลับสับเปลี่ยนหมุนเวียนกันออกไปตรวจสอบอุปกรณ์และบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ ซึ่งการเดินทางจากศูนย์วิศวกรรมไปยังสถานีลูกข่ายต่างๆจะมีค่าใช้จ่ายประจำที่นอกเหนือจากค่าวัสดุอุปกรณ์ ได้แก่ ค่าน้ำมันรถ ค่าเบี้ยเลี้ยงและค่าที่พัก จากการตรวจสอบของผู้ตรวจสอบภายในและจากข้อมูลรายงานการใช้งบประมาณประจำเดือนพบว่า ค่าใช้จ่ายในการเดินทางเพื่อบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่ผ่านมาในแต่ละเดือนนั้นค่อนข้างสูง จึงเสนอแนะให้สำนักวิศวกรรมหามาตรการในการลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ แต่ยังให้คงไว้ซึ่งมาตรฐานและกรอบระยะเวลาที่กำหนด

สารนิพนธ์นี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) ในการแก้ไขปัญหาการวางแผนการจัดการเส้นทางการบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ โดยมีวัตถุประสงค์ในการวางแผนเส้นทางและจัดลำดับในการเดินทางเพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการเดินทางลดต่ำลงที่สุด ซึ่งค่าใช้จ่ายในการเดินทางประกอบด้วย 1) ค่าเบี้ยเลี้ยง 2) ค่าที่พัก โดยผลของการศึกษาจะช่วยให้สำนักวิศวกรรมสามารถวางแผนในการจัดเส้นทางการเดินทางไปบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ผลการศึกษาพบว่าเส้นทางและลำดับการเดินทางที่นำเสนอสำหรับการเดินทางไปบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ทั้ง 168 สถานี จะสามารถลดค่าใช้จ่ายจากเดิม 106,000 บาท คงเหลือ 18,400 บาท หรือคิดเป็นประมาณ 82% และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากเดิมในหนึ่งรอบการบำรุงรักษาเป็น จำนวน 112 วัน ลดลงเหลือเพียง 53 วันเท่านั้น ซึ่งอาจนำไปสู่การต่อยอดในการวางแผนการเดินทางไปทำข่าวหรือถ่ายทำรายการที่ต้องเดินทางไปในหลายๆสถานที่แต่มีข้อจำกัดด้านเวลาและค่าใช้จ่าย เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางในการบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์
2. เสนอเส้นทางที่ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง
3. นำเสนอเส้นทางและลำดับการเดินทางผ่านระบบติดตามการเดินทางบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์

ขอบเขตงานวิจัย

1. ข้อมูลพิกัดที่ตั้งของสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิตอล 168 สถานีทั่วประเทศไทย
2. ข้อมูลการแบ่งศูนย์วิศวกรรมและสถานีลูกข่าย
3. ข้อมูลระยะทางระหว่างศูนย์วิศวกรรมและสถานีลูกข่าย
4. ใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) หาเส้นทางและลำดับการเดินทาง

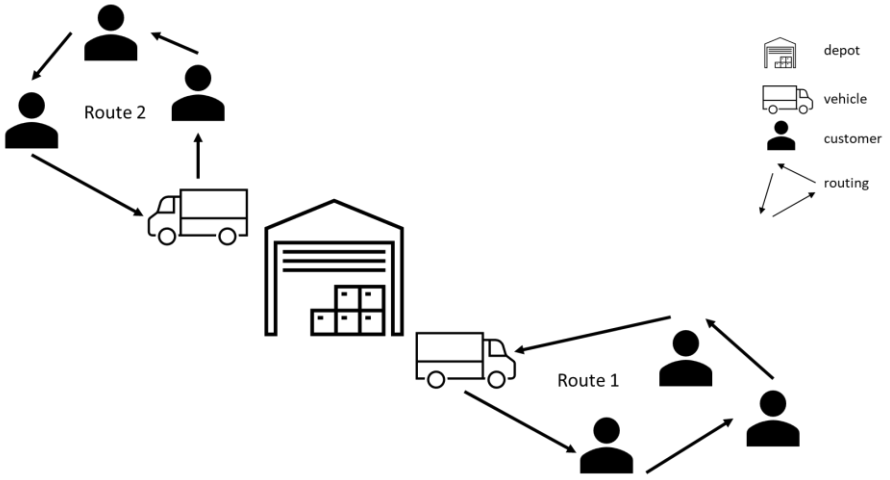
ทฤษฎี และผลงานที่เกี่ยวข้อง

สารนิพนธ์นี้มีวัตุประสงค์เพื่อนำวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางในการบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ โดยมีผลลัพธ์เป็นเส้นทางและลำดับการเดินทาง และนำเสนอผ่านระบบติดตามการเดินทางบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ จึงจำเป็นต้องศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem; VRP) เป็นปัญหาการตัดสินใจเลือกทางที่ดีที่สุดในการวางแผนการจัดลำดับและเส้นทางการขนส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า

จากการศึกษาทฤษฎีและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถมักจะพิจารณาเงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ เช่น เวลา ระยะทาง จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด เป็นต้น โดยมีองค์ประกอบ

หลัก คือ พาหนะ (Vehicle) เส้นทาง (Routing) ศูนย์กลางกระจายสินค้าหรือคลังสินค้า (Depot) และสุดท้ายคือ ลูกค้า (Customer)



ภาพที่ 1 องค์ประกอบของปัญหาการจัดเส้นทาง (Vehicle Routing Problem)

2. วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm)

ในปี 1964 Clarke, G. and Wright, J.R. [1] ได้นำเสนออัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) ในการแก้ปัญหาวิธีการจัดเส้นทาง โดยได้พิจารณาจากการที่ยานพาหนะขนส่งต้องออกจากคลังแห่งเดียวกัน เพื่อไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าหลายราย และขนาดความจุของยานพาหนะ ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คำนวนค่าประหยัด (Saving)

ค่าประหยัดของลูกค้า i และ j คือต้นทุนที่สามารถประหยัดได้จากผลของการเชื่อมโยง (i,j) ทำให้เกิดเส้นทาง (0,i,j,0) ดังภาพที่ 2 (ก) แทนการเสียต้นทุนในการเดินทางสองเส้นทางคือ (0,i,0) และ (0,j,0) ดังภาพที่ 2 (ข)

(ก) (ข)

ภาพที่ 2 (ก) ส่งสินค้าไปกลับทุกจุด (ข) รวมจุดส่งสินค้าเข้าด้วยกัน

จะได้สมการในการคำนวนค่าประหยัด ดังนี้

$$S_{ij} = D_{0j} + D_{0i} - D_{ij}$$

โดยกำหนดให้ 0 คือ จุดเริ่มต้นในการขนส่งสินค้าไปให้ลูกค้า i และ j

S_{ij} คือ ค่าประหยัดระหว่างจุดส่งสินค้า i และ j

D_{0j} คือ ระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้า 0 และ j

D_{0i} คือ ระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้า 0 และ i

D_{ij} คือ ระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้า i และ j

2. เรียงลำดับค่า S_{ij} จากมากไปหาน้อย

3. แทรกลูกค้ารายใหม่เข้าไปในเส้นทางเดิมแบบขนาน ถ้าการเชื่อมโยงลูกค้ารายใหม่มีความเป็นไปได้และอยู่ภายใต้เงื่อนไข ให้ยอมรับการเชื่อมโยงของลูกค้ารายนั้น

4. ทำการแทรกลูกค้ารายใหม่และเชื่อมโยงไปเรื่อยๆจนกระทั่งไม่สามารถแทรกลูกค้ารายใหม่และเชื่อมโยงได้อีก

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถด้วยการประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า สามารถสรุปได้ดังนี้

งานวิจัยของ กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์ อภิชิต มณีงาม และอภินันทนา อุดมศักดิกุล [2] ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึมในการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งอิฐบล็อกให้กับโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งโรงงานมีรถขนส่งหลายประเภท โดยโรงงานจะจัดรถขนส่งตามกลุ่มลูกค้า คือ กลุ่มลูกค้าต่างจังหวัด และกลุ่มลูกค้ากรุงเทพและปริมณฑล และงานวิจัยนี้มีการพิจารณาเงื่อนไขการจำกัดเวลาเดินรถบรรทุกขนาดใหญ่ในเขตเมือง โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเฉพาะการขนส่งอิฐบล๊อคขนาด 7 เซนติเมตรเท่านั้น จุดประสงค์หลักของงานวิจัยเพื่อให้ได้เส้นทางเดินรถที่มีต้นทุนการขนส่งรวมต่ำที่สุด ซึ่งผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะพัฒนาวิธีการจัดเส้นทางโดยพิจารณาชนิดของอิฐและขนาดของอิฐที่หลากหลายในอนาคต ผลการศึกษาพบว่าวิธีการที่ผู้วิจัยนำเสนอจะสามารถ

(1) ลดต้นทุนที่ใช้ในการขนส่งรวมโดยเฉลี่ย 12.17%

(2) ระยะทางรวมลดลง 25.88%

(3) ลดจำนวนรถขนส่งได้ 2 คัน/วัน

งานวิจัยของ น้ำฝน พาพันธ์ และ ภัทรานิษฐ์ แก้วประดิษฐ [3] สรุปได้ว่า การจัดเส้นทางการขนส่งแบบเดิมของโรงงานเม็ดพลาสติกกรณีศึกษา ใช้รถขนส่งจำนวน 7 คัน โดยแบ่งเป็นรถสิบล้อ 6 คัน และรถหกล้อ 1 คัน และเส้นทางการขนส่งในหนึ่งวันไม่มีแบบแผนที่ชัดเจน ซึ่งมีระยะทางรวม 3,180.6 กิโลเมตร ส่งสินค้าให้ลูกค้า 15 รายในเขตกรุงเทพ สมุทรสาคร และระยอง หลังจากใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด ใช้รถสิบล้อในการส่งสินค้าลดลงเหลือ 5 คัน มีระยะทางรวมลดลงเหลือ 2,094.1 กิโลเมตร คิดเป็น 34.16%

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เสนอว่าในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการเก็บข้อมูลเพิ่มในเรื่องของรายละเอียดของสินค้า ปริมาตรของสินค้า น้ำหนักของสินค้า ที่อยู่ของลูกค้า ตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองติจูด และควรมีการวิเคราะห์ให้ครอบคลุมถึงเรื่องของต้นทุนอื่น เช่น ต้นทุนด้านแรงงาน

งานวิจัยของ รวีโรจน์ ป้องทรัพย์ และ ธัญภัส เมืองปัน จากมหาวิทยาลัยบูรพา [4] เป็นการวิจัยเชิงปริมาณโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาและเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งสินค้าก่อนจัดเส้นทางขนส่งและหลังการจัดเส้นทางขนส่ง ซึ่งผู้วิจัยใช้มูลตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ในปี 2563 โดยเส้นทางแต่ละโซนที่ลานจอดมีทั้งหมด 3 โซน ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกศึกษา 5 เส้นทางต่อ 1 โซน รวมทั้งหมด 15 เส้นทาง มาวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้นำวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการจัดเส้นทางขนส่งหลังการวิเคราะห์สามารถลดต้นทุนรวมในการขนส่งสินค้าได้ 23.68% ระยะทางรวมลดลง 18.83% ระยะเวลาขนส่งรวมลดลง 17.37% ปริมาณเชื้อเพลิงรวมลดลง 18.38% จำนวนรถบรรทุกลดลง 4 คัน คิดเป็น 26.67% และจำนวนพนักงานลดลง 8 คน คิดเป็น 26.67% ทั้งนี้ผู้วิจัยได้พิจารณาข้อมูลที่ตั้งของผู้ผลิตสินค้าแล้ว พบว่าสามารถนำข้อมูลทั้ง 3 โซนมารวมกันและจัดสินเส้นทางขนส่งไปพร้อมกันได้ เนื่องจากว่าสถานที่จอดรถและที่ส่งสินค้าเป็นจุดเดียวกันทั้งหมด ซึ่งหากนำมารวมกันก็อาจจะลดจำนวนเส้นทาง ระยะทาง ระยะเวลา และต้นทุนรวมลงได้อีก และผู้วิจัยได้เสนอว่าควรจะเพิ่มข้อจำกัด เช่น การจำกัดความเร็วของแต่ละสถานที่ ความเหนื่อยล้าหรือสภาพร่างกายของคนขับ เป็นต้น

ระเบียบวิธีวิจัย

สารนิพนธ์นี้เป็นการนำวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางในการบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ มีผลลัพธ์เป็นเส้นทางและลำดับการเดินทาง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. การรวบรวมข้อมูล

    1.1 ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์

สถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลของประเทศไทยมีทั้งหมด 168 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการ 95.1% ของจำนวนครัวเรือนทั้งประเทศ ซึ่งไทยพีบีเอสแบ่งความรับผิดชอบออกเป็น 4 ภาค 11 ศูนย์วิศวกรรม โดยในที่นี้จะนำชุดข้อมูลของศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพมาเป็นตัวอย่าง

ตารางที่ 1 ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ของศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ

Station ID	Station Name	Facility Provider	Station Type	Longitude	Latitude
1.00	กรุงเทพ	ส.ส.ท.	M	100.540270	13.754300
1.03	จอมบึง	ททบ	A2	99.613515	13.627185
1.05	สมุทรสงคราม	ส.ส.ท.	A2	99.994444	13.385428
2.00	กาญจนบุรี	ส.ส.ท.	M	99.420556	14.074444
2.01	ไทรโยค	ททบ	A2	99.158136	14.125748
2.02	ทองผาภูมิ	กปส	A2	98.670663	14.751217
2.03	สังขละบุรี	กปส	A3	98.444913	15.139770
2.04	หนองปรือ	อสมท	A3	99.464504	14.603817
3.00	สิงห์บุรี	ส.ส.ท.	M	100.377004	14.836115
3.01	สุพรรณบุรี	กปส	A1	100.180238	14.463391
3.02	วังคัน	ททบ	A1	99.666599	14.928687
3.03	มวกเหล็ก	ส.ส.ท.	A1	101.153715	14.652015
3.04	สระบุรี	ททบ	A1	100.921747	14.511464
3.05	ด่านช้าง	ททบ	A3	99.752582	14.852947
3.06	ชัยบาดาล	ส.ส.ท.	A3	101.145860	15.237850
3.07	โคกเจริญ	ททบ	A2	100.835141	15.414552

1.2 ข้อมูลระยะเวลาที่ต้องใช้ในการบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณ

สถานีส่งสัญญาณแบ่งประเภทออกเป็น 4 ประเภท คือ

(1) ประเภทสถานีหลัก M (2) ประเภทสถานีเสริม A1

(3) ประเภทสถานีเสริม A2 (4) ประเภทสถานีเสริม A3

ซึ่งประเภทสถานี A1 A2 A3 ไม่มีผลต่อระยะเวลาที่ต้องใช้ในการบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์อย่างมีนัยสำคัญ แต่ระยะเวลาที่ต้องใช้ในการบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์จะแปรผันตามความซับซ้อนของระบบและจำนวนอุปกรณ์ภายในสถานี ผู้วิจัยจึงแบ่งประเภทสถานีใหม่ ดังนี้

(1) ประเภทสถานีหลัก M ที่ ส.ส.ท. เป็น Facility Provider สัญลักษณ์ M_T

(2) ประเภทสถานีเสริม A ที่ ส.ส.ท. เป็น Facility Provider สัญลักษณ์ A_T

(3) ประเภทสถานีหลัก M ที่ ส.ส.ท. ไม่ได้เป็น Facility Provider สัญลักษณ์ M_O

(4) ประเภทสถานีเสริม A ที่ ส.ส.ท. ไม่ได้เป็น Facility Provider สัญลักษณ์ A_O

สำหรับข้อมูลระยะเวลาที่ต้องใช้ในการบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณของศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ มีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1.2 ซึ่งช่วงเวลาที่เจ้าหน้าที่จะปฏิบัติงานในหนึ่งวันคือ 09.00 น. ถึง 18.00 น. ซึ่งทำให้เจ้าหน้าที่จะมีเวลาปฏิบัติงานและเดินทางรวม 9 ชั่วโมงหรือ 540 นาทีต่อหนึ่งวัน จึงมีการกำหนดให้ระยะเวลาสูงสุดที่ใช้ในการปฏิบัติงานภายในสถานีต้องไม่เกิน 270 นาทีต่อวัน

ตารางที่ 2 ข้อมูลระยะเวลาที่ต้องใช้ในการบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณของศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ

Station ID	Station Name	Station Type	PM Time Spend (minute)
1.00	กรุงเทพ	M_T	120
1.03	จอมบึง	A_O	30
1.05	สมุทรสงคราม	A_T	90
2.00	กาญจนบุรี	M_T	120
2.01	ไทรโยค	A_O	30
2.02	ทองผาภูมิ	A_O	30
2.03	สังขละบุรี	A_O	30
2.04	หนองปรือ	A_O	30
3.00	สิงห์บุรี	M_T	120
3.01	สุพรรณบุรี	A_O	30
3.02	วังคัน	A_O	30
3.03	มวกเหล็ก	A_T	90
3.04	สระบุรี	A_O	30
3.05	ด่านช้าง	A_O	30
3.06	ชัยบาดาล	A_T	90
3.07	โคกเจริญ	A_O	30

1.3 ข้อมูลการจัดเส้นทางการเดินทางแบบเดิมในหนึ่งรอบการบำรุงรักษา

ในที่นี้ศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพจึงต้องจัดเส้นทางในการเดินทางไปบำรุงรักษาสถานีในหนึ่งรอบการบำรุงรักษาหรือกรอบระยะเวลาหนึ่งเดือน สถานีละ 1 ครั้ง

ตารางที่ 3 การจัดเส้นทางการเดินทางแบบเดิมของศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ

เส้นทาง	**รายละเอียด**	**จำนวนวันที่ใช้ในการเดินทางและบำรุงรักษาสถานี**
เส้นทางที่ 1	ศ.กทม > วังคัน > ด่านช้าง > สุพรรณบุรี > สิงห์บุรี > โคกเจริญ > ชัยบาดาล > มวกเหล็ก > สระบุรี > ศ.กทม	5 วัน
เส้นทางที่ 2	ศ.กทม > สังขละบุรี > ทองผาภูมิ > ไทรโยค > กาญจนบุรี> หนองปรือ > จอมบึง > สมุทรสงคราม > ศ.กทม	5 วัน
เส้นทางที่ 3	ศ.กทม > กรุงเทพ > ศ.กทม	1 วัน
รวมวันที่ใช้ในการเดินทางและปฏิบัติงาน		11 วัน

1.4 ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการเดินทาง

(1) ค่าน้ำมันรถ (ตามจริง)

(2) ค่าเบี้ยเลี้ยง คนละ 400 บาท/วัน

(3) ค่าที่พัก คนละ 800 บาท/คืน/คน

แต่เนื่องจากค่าน้ำมันรถต้องจ่ายในอัตราที่ใช้จริงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ในสารนิพนธ์นี้จึงจะคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางเฉพาะค่าเบี้ยเลี้ยงและค่าที่พักของเจ้าหน้าที่เท่านั้น ซึ่งหากสามารถลดจำนวนวันที่ใช้ในการเดินทางไปบำรุงรักษาสถานีฯได้ ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้เช่นกัน

2. การเตรียมข้อมูล

2.1 ระยะทางระหว่างศูนย์วิศวกรรมไปยังสถานีลูกข่าย

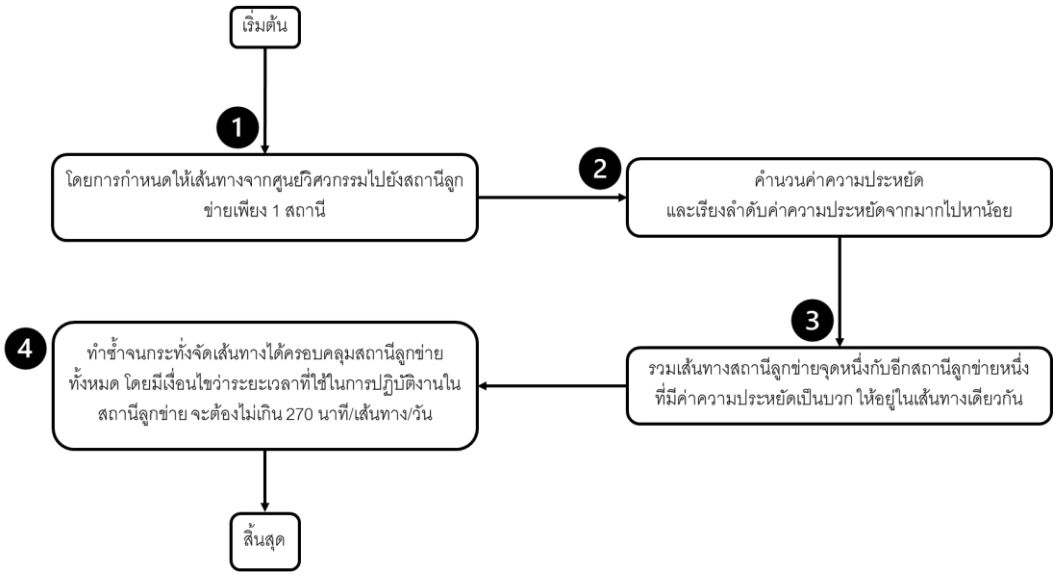
คำนวณหาระยะทางระหว่างศูนย์วิศวกรรมไปยังสถานีลูกข่ายจากพิกัด Latitude และ Longitude โดยใช้ฟังก์ชั่น GOOGLEMAPS_DISTANCE() ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของ GOOGLE SHEET

สำหรับระยะทางระหว่างศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพไปยังสถานีลูกข่าย และระยะทางระหว่างสถานีลูกข่ายหนึ่งไปยังสถานีลูกข่ายหนึ่ง มีหน่วยเป็นกิโลเมตร

ตารางที่ 4 ระยะระหว่างศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพไปยังสถานีลูกข่าย

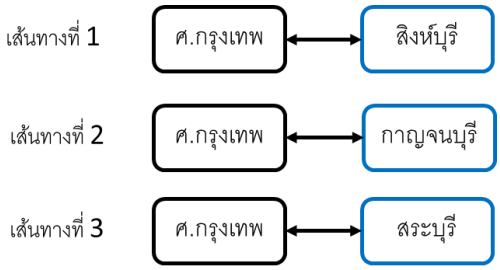
	ศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ	กรุงเทพ	จอมบึง	สมุทรสงคราม	กาญจนบุรี	ไทรโยค	ทองผาภูมิ	สังขละบุรี	หนองปรือ	สิงห์บุรี	สุพรรณ บุรี	วังค้น	มวกเหล็ก	สระบุรี	ด่านข้าง	ชัยบาดาล	โคกเจริญ
ศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ	0																
กรุงเทพ	21.7	0															
จอมบึง	141	128	0														
สมุทรสงคราม	103	82.6	66.9	0													
กาญจนบุรี	156	147	74.8	131	0												
ไทรโยค	185	175	97.4	165	32.3	0											
ทองผาภูมิ	287	278	200	268	134	104	0										
สังขละบุรี	358	348	270	338	205	175	75.7	0									
หนองปรือ	181	189	131	181	69.1	95	197	268	0								
สิงห์บุรี	126	143	204	223	172	198	300	371	132	0							
สุพรรณ บุรี	114	107	147	162	115	141	243	314	93.9	66.3	0						
วังค้น	181	189	179	217	128	153	256	327	60.5	99.8	88.3	0					
มวกเหล็ก	126	143	256	223	247	277	379	450	230	117	139	204	0				
สระบุรี	88.9	106	219	186	210	240	342	413	188	90	97.4	188	41.3	0			
ด่านข้าง	178	186	176	213	124	150	253	323	57.3	87.4	85.5	18	185	165	0		
ชัยบาดาล	184	201	314	281	286	312	414	485	239	114	174	211	83.3	103	194	0	
โคกเจริญ	201	218	307	298	274	300	403	474	225	95.5	163	181	141	122	170	55.8	0

3. การประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm)



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการนำวิธีอัลลกอริทึมแบบประหยัดมาใช้ในการจัดเส้นทาง

3.1 สร้างคำตอบเริ่มต้น โดยการกำหนดให้เส้นทางจากศูนย์วิศวกรรมไปยังสถานีลูกข่ายเพียง 1 สถานี ดังนั้นจะได้จำนวนเส้นทางเท่ากับจำนวนสถานีลูกข่ายทั้งหมด



ภาพที่ 4 การสร้างคำตอบเริ่มต้น โดยกำหนดเส้นทางเพียง 1 เส้นทางต่อ 1 สถานีลูกข่าย

3.2 คำนวณหาค่าความประหยัด (Saving)

จากสูตรการคำนวณ $S_{ij} = D_{0j} + D_{0i} - D_{ij}$

โดยกำหนดให้ 0 คือ จุดเริ่มต้นหรือศูนย์วิศวกรรม

i คือ สถานีลูกข่าย i

j คือ สถานีลูกข่าย j

S_{ij} คือ ค่าประหยัดระหว่างจุด i และ j

D_{0j} คือ ระยะทางระหว่างจุด 0 และ j

D_{0i} คือ ระยะทางระหว่างจุด 0 และ i

D_{ij} คือ ระยะทางระหว่างจุด i และ j

ตัวอย่างการคำนวณค่าความประหยัด

- ศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ > สถานีกรุงเทพ > สถานีจอมบึง > ศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ

$$S_{ij} = 141 + 21.7 - 128 = 34.7$$

- ศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ > สถานีกรุงเทพ > สถานีสมุทรสงคราม > ศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ

$$S_{ij} = 103 + 21.7 - 82.6 = 42.1$$

- ศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ > สถานีกรุงเทพ > สถานีกาญจนบุรี > ศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ

$$S_{ij} = 156 + 21.7 - 147 = 30.7$$

3.3 เรียงลำดับค่าความประหยัดจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด

ถ้าค่าประหยัด S_{ij} มีค่าเป็นบวก ให้จัด สถานีลูกข่าย i และ j ให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน

จากตัวอย่างการคำนวณค่าประหยัด เรียงลำดับจากค่าประหยัดมากไปน้อย ได้ดังนี้

ศ.กรุงเทพ > สถานีกรุงเทพ >สถานีสมุทรสงคราม > สถานีจอมบึง > สถานีกาญจนบุรี > ศ.กรุงเทพ

3.4 ทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าระยะเวลารวมที่ใช้ในการปฏิบัติงานภายในสถานีไม่เกินเงื่อนไขที่กำหนดไว้ที่ 270 นาทีต่อวันต่อเส้นทาง

จากตัวอย่างการคำนวณค่าความประหยัด สามารถเรียงลำดับและรวมระยะเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานภายในสถานีได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการเรียงลำดับและระยะเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานในสถานี

ลำดับ	เรียงลำดับเส้นทาง	เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานในสถานี	เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานในสถานีสะสม
เริ่มต้น	ศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ	0	0
1	สถานีกรุงเทพ	120	120
2	สถานีสมุทรสงคราม	90	210
3	สถานีจอมบึง	30	240
4	สถานีกาญจนบุรี	120	360
สิ้นสุด	ศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ	0	360

จากตารางสามารถอธิบายได้ว่า ลำดับเส้นทางนี้มีระยะเวลารวมที่ใช้ปฏิบัติงานในสถานีเท่ากับ 360 นาที ซึ่งมากกว่าเงื่อนไขที่กำหนดไว้ว่าระยะเวลาสูงสุดที่ใช้ในการปฏิบัติงานภายในสถานีต้องไม่เกิน 270 นาทีต่อวันต่อหนึ่งเส้นทาง ทำให้ต้องแบ่งออกเป็นสองเส้นทาง ดังนี้

<u>เส้นทางที่ 1</u> ศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ > สถานีกรุงเทพ >สถานีสมุทรสงคราม > สถานีจอมบึง > ศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ จะมีเวลารวมที่ใช้ในการปฏิบัติงาน 240 นาที ซึ่งไม่เกินจากเงื่อนไขที่กำหนดไว้

<u>เส้นทางที่ 2</u> ศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ > สถานีกาญจนบุรี > ศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ จะใช้เวลาในการปฏิบัติงาน 120 นาที ซึ่งไม่เกินจากเงื่อนไขที่กำหนดไว้เช่นกัน

ผลการศึกษา

สารนิพนธ์นี้ได้นำวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดมาใช้ในการจัดเส้นทางการเดินทางไปบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์เพื่อลดค่าเบี้ยเลี้ยงและที่พัก ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่สำคัญในการเดินทางไปปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ และนำผลลัพธ์จากการจัดเส้นทางและลำดับการเดินทางมานำเสนอในรูปแบบของระบบติดตามการเดินทางบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. เส้นทางและลำดับการเดินทางหลังปรับปรุงด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด

การจัดเส้นทางการเดินทางหลังปรับปรุงด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดของศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ มีรายละเอียดดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เส้นทางใหม่หลังการปรับปรุงของศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ

เส้นทางที่	**เส้นทางใหม่**	**จำนวนวันที่ใช้ในการเดินทางและบำรุงรักษาสถานี**
1	ศ.กรุงเทพ > หนองปรือ > สังขละบุรี > ทองผาภูมิ > ไทรโยค > ศ.กรุงเทพ	1 วัน
2	ศ.กรุงเทพ > วังคัน > ชัยบาดาล > มวกเหล็ก > ศ.กรุงเทพ	1 วัน
3	ศ.กรุงเทพ > สุพรรณบุรี > โคกเจริญ > ด่านช้าง > สระบุรี > ศ.กรุงเทพ	1 วัน
4	ศ.กรุงเทพ > สมุทรสงคราม > กาญจนบุรี > จอมบึง > ศ.กรุงเทพ	1 วัน
5	ศ.กรุงเทพ > สิงห์บุรี > กรุงเทพ > ศ.กรุงเทพ	1 วัน
รวมวันที่ใช้ในการเดินทางและปฏิบัติงาน		5 วัน

เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลการจัดเส้นทางการเดินทางแบบเดิมในตารางที่ 3.1.3 ที่ใช้จำนวนวันในการเดินทางและปฏิบัติงานรวม 11 วัน แต่เส้นทางใหม่หลังปรับปรุงด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดคงเหลือเพียง 5 วัน

2. ค่าใช้จ่ายในการเดินทางของศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ

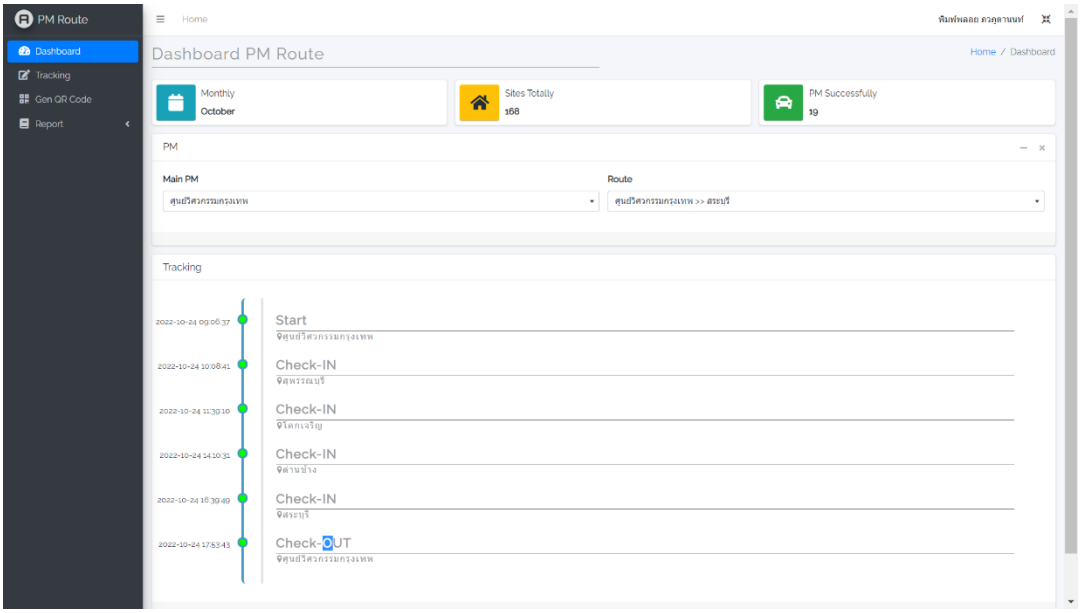
เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 6 มาคำนวณหาค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการเดินทางของเส้นทางใหม่และทำการเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายของเส้นทางเดิม จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ จำนวน 15 สถานีลูกข่ายของศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ ลงได้ประมาณ 80%

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างเส้นทางเดิมและเส้นทางใหม่ของศูนย์วิศวกรรมกรุงเทพ

เส้นทาง	**จำนวนวันรวมที่ใช้ในการเดินทางและบำรุงรักษาสถานี**	**ค่าเบี้ยเลี้ยง** (400 บาทต่อวัน)	**ค่าที่พัก** (800 บาทต่อคืน)	**รวมค่าใช้จ่าย (หน่วย: บาท)**
เดิม	11 วัน	400 บาท x 11 วัน = 4,400	800 บาท x 8 คืน = 6,400	10,800
ใหม่	5 วัน	400 บาท x 5 วัน =2,000	0	2,000

3. การนำเส้นทางและลำดับการเดินทางมาแสดงผล

สารนิพนธ์นี้ได้นำข้อมูลการจัดเส้นทางที่ได้จากการประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด มานำเสนอในรูปแบบของระบบติดตามการเดินทางบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ โดยระบบจะแสดงเส้นทางและการประทับเวลา ซึ่งมาจากการสแกนคิวอาร์โค้ดลงเวลา ณ สถานีนั้นๆ



ภาพที่ 5 หน้าจอแสดงเส้นทางและการประทับเวลา

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สารนิพนธ์นี้เป็นการนำวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) มาประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทางในการบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ คือ ค่าเบี้ยเลี้ยงและค่าที่พัก และนำผลลัพธ์ที่เป็นเส้นทางและลำดับในการเดินทางมานำเสนอในระบบติดตามการเดินทางบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ หรือ PM Route Tracking System โดยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

ตารางที่ 8 สรุปจำนวนเส้นทางและจำนวนวันที่ใช้เดินทางปฏิบัติงานของ 11 ศูนย์วิศวกรรม 168 สถานี

ศูนย์วิศวกรรม	เดิม		ใหม่	
	จำนวนเส้นทาง	จำนวนวัน	จำนวนเส้นทาง	จำนวนวัน
กรุงเทพ	3	11	5	5
สระแก้ว	3	11	4	4
ชุมพร	4	11	4	4
สุราษฎร์ธานี	4	12	7	7
สงขลา	4	10	5	5
สุโขทัย	3	9	5	5
แพร่	3	9	6	6
เชียงใหม่	3	11	7	7
ขอนแก่น	2	10	4	4
อุบลราชธานี	2	8	3	3
สุรินทร์	2	10	3	3
รวม	**33**	**112**	**53**	**53**

สถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิตอล 168 สถานี จากเดิมต้องใช้เวลาในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จำนวน 112 วัน หลังจากนำวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดมาประยุกต์ใช้แล้วทำให้จำนวนวันที่ต้องใช้ในการบำรักรักษาเชิงป้องกันเหลือเพียง 53 วันเท่านั้น

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในเดินทางระหว่างเส้นทางเดิมและเส้นทางใหม่ของ 11 ศูนย์วิศวกรรม 168 สถานี ในหนึ่งรอบการบำรุงรักษาหรือกรอบระยะเวลาหนึ่งเดือน

ศูนย์วิศวกรรม	เส้นทาง	จำนวนวันที่ใช้เดินทางและปฏิบัติงาน	ค่าเบี้ยเลี้ยง	ค่าที่พัก	รวมค่าใช้จ่าย (หน่วย: บาท)
กรุงเทพ	**เดิม**	11 วัน	4,400	6,400	10,800
	ใหม่	5 วัน	2,000	0	2,000
สระแก้ว	**เดิม**	11 วัน	4,000	6,400	10,400
	ใหม่	4 วัน	1,600	0	1,600
ชุมพร	**เดิม**	11 วัน	4,400	5600	10,000
	ใหม่	4 วัน	1,200	0	1,200
สุราษฎร์ธานี	**เดิม**	12 วัน	4,400	6,400	10,800
	ใหม่	7 วัน	2,400	0	2,400
สงขลา	**เดิม**	10 วัน	3,600	4,800	8,400
	ใหม่	5 วัน	1,600	0	1,600
สุโขทัย	**เดิม**	9 วัน	3,200	4,800	8,000
	ใหม่	5 วัน	2,000	0	2,000
แพร่	**เดิม**	9 วัน	3,600	4,800	8,400
	ใหม่	6 วัน	2,000	0	2,000
เชียงใหม่	**เดิม**	11 วัน	4,000	6,400	10,400
	ใหม่	7 วัน	1,600	0	1,600
ขอนแก่น	**เดิม**	10 วัน	4,000	6,400	10,400
	ใหม่	4 วัน	1,600	0	1,600
อุบลราชธานี	**เดิม**	8 วัน	3,200	4,800	8,000
	ใหม่	3 วัน	1,200	0	1,200
สุรินทร์	**เดิม**	10 วัน	4,000	6,400	10,400
	ใหม่	3 วัน	1,200	0	1,200

ภายหลังจากนำวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดมาใช้วางแผนการจัดเส้นทาง สามารถลดค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปปฏิบัติงานบำรุงรักษาสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ทั้ง 168 สถานีในหนึ่งรอบการบำรุงรักษา ซึ่งในสารนิพนธ์คิดคำนวณเฉพาะค่าเบี้ยเลี้ยงและค่าที่พักของเจ้าหน้าที่ จากเดิมมีค่าใช้จ่ายในการเดินทาง 106,000 บาทต่อเดือน คงเหลือเพียง 18,400 บาทต่อเดือน หรือคิดเป็นประมาณ 82%

ข้อเสนอแนะ

1. ปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณาเพิ่มเติม ได้แก่

- จำนวนเจ้าหน้าที่ที่ออกปฏิบัติหน้าที่ในแต่ละเส้นทาง เนื่องจากมีผลต่อค่าเบี้ยเลี้ยง
- ค่าใช้จ่ายอื่นที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปปฏิบัติงาน เช่น ค่าน้ำมันรถ ค่าเสี่ยงภัย

2. ข้อควรระวัง ได้แก่

- ในสารนิพนธ์นี้ได้นำฟังก์ชั่น GOOGLEMAPS_DISTANCE() มาใช้หาระยะทางระหว่างศูนย์วิศวกรรมไปยังสถานีลูกข่าย ซึ่งฟังก์ชั่นนี้จะเลือกระยะทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุดในการเดินทาง โดยที่อาจจะไม่ได้พิจารณาถึงสภาพแวดล้อม ถนน และประเภทของการเดินทาง เช่น เดินทางโดยรถยนต์ เดินทางโดยรถประจำทาง หรือเดินทางโดยรถมอเตอร์ไซค์ ควรนำ Google Map API มาใช้ เพื่อให้ระยะทางมีความแม่นยำและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

3. ข้อจำกัด

- สถานีเกาะสมุย และ สถานีเกาะพะงัน จำเป็นต้องใช้บริการเรือข้ามฟาก จึงควรนำรอบการเดินทางของเรือข้ามฟากและระยะเวลาในการเดินทางของเรือข้ามฟากมาเป็นเงื่อนไขในการพิจารณาประกอบด้วย
- สถานีที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัย เช่น พื้นที่ 4 จังหวัดชายแดนภาคใต้ อาจไม่สามารถเดินทาง ไปและกลับได้ภายในหนึ่งวัน รวมไปถึงการเลือกใช้เส้นทางและช่วงเวลาในการเดินทางจากคำแนะนำของเจ้าหน้าที่ทางการ

4. การพัฒนาระบบติดตามการเดินทาง (PM route tracking) เพิ่มเติม

- ทำให้ระบบสามารถ login ได้ง่ายขึ้นด้วยการใช้ Lightweight Directory Access Protocol หรือ LDAP ผู้ใช้งานจะได้ไม่ต้องจดจำ Username และ Password เยอะเกินความจำเป็น เนื่องจากระบบนี้ถูกใช้ภายในหน่วยงานอยู่แล้ว
- ผู้ใช้งานสามารถเลือกต้นทางและปลายทางเองได้ด้วย

- ระบบมีการคำนวณค่าใช้จ่ายในการเดินทางและสามารถออกรายงานได้
- เชื่อมต่อระบบติดตามการเดินทางเข้ากับระบบเบิกค่าใช้จ่ายของหน่วยงาน

บรรณานุกรม

น้ำฝน พาพันธ์ และ ภัทรานิษฐ์ แก้วประดิษฐ, “การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด กรณีศึกษา : โรงงานเม็ดพลาสติก” โครงงานวิศวกรรม, วศบ. (การจัดการและโลจิสติกส์), มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, กรุงเทพ, 2562.

รวีโรจน์ ป้องทรัพย์ และ ธัญภัส เมืองปัน, “การจัดเส้นทางขนส่งชิ้นส่วนรถยนต์ กรณีศึกษาบริษัทขนส่งชิ้นส่วนรถยนต์” Journal of Science and Technology Thonburi University, ปีที่ 5, ฉบับที่ 2 (2564): 12-23.

อภิชิต มณีงาม และคณะ, “การประยุกต์ใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึมในปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งอิฐบล็อก”, การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 4 (2556).

Clarke, G. and Wright, J.R. Scheduling of Vehicle Routing Problem from a Central Depot to a Number of Delivery Points, Operation Research. (1964). 12:568-581.