

การจัดเส้นทางยานพาหนะเพื่อออกตรวจโรงงานเสี่ยงมลพิษทางน้ำด้วย โปรแกรมแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะด้วยสเปรดชีต VEHICLE ROUTING FOR INSPECTION OF WATER POLLUTION RISK FACTORIES WITH VRP SPREADSHEET SOLVER

จุลจักร กักโห้, พัทธพล คมขำ, ณัฐวุฒิ สระแก้ว, ณัฐพร ตั้งเจริญชัย*

Chunlachak Kakho, Patcharapol Khomkham, Natthawut Sakaew,

Nattaporn Tungcharoenchai*

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author e-mail: nattaporn.t@psru.ac.th

วันที่เข้าระบบ 27 มีนาคม 2569

วันที่แก้ไขบทความ 17 เมษายน 2569

วันที่ตอบรับบทความ 20 เมษายน 2569

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการตรวจโรงงานที่มีความเสี่ยงต่อการก่อมลพิษทางน้ำจำนวน 79 แห่ง โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver เพื่อประมาณการทรัพยากรและระยะเวลาปฏิบัติงานที่เหมาะสมสำหรับสำนักงานกรณีศึกษา การวิจัยจำลองสถานการณ์ 2 รูปแบบหลัก ได้แก่ 1) สถานการณ์ตามข้อกำหนดโครงการ ซึ่งกำหนดการตรวจ 5 แห่งต่อวัน และ 2) สถานการณ์ตามสถิติการปฏิบัติงานจริง ซึ่งกำหนดการตรวจ 10 แห่งต่อวัน โดยเปรียบเทียบการใช้ยานพาหนะ 1 คัน และ 2 คัน รวมทั้งสิ้น 4 กรณีศึกษา ผลการวิจัยพบว่า สถานการณ์ตามข้อกำหนดโครงการในกรณีที่ 1 และ 2 มีจำนวนเที่ยววิ่งรวม 16 เที่ยว และมีงบประมาณรวมสูงสุด 35,272.80 บาท อย่างไรก็ตาม สถานการณ์ดังกล่าวมีข้อดีคือระยะเวลาปฏิบัติงานต่อเที่ยวค่อนข้างสั้น ซึ่งช่วยลดความเหนื่อยล้าของบุคลากร ขณะที่สถานการณ์ตามสถิติการปฏิบัติงานจริงในกรณีที่ 3 และ 4 สามารถลดจำนวนเที่ยววิ่งได้ร้อยละ 50 และลดงบประมาณได้มากกว่าร้อยละ 48 เมื่อเทียบกับสถานการณ์ตามข้อกำหนดโครงการ เมื่อเปรียบเทียบกรณีการใช้ยานพาหนะ 1 คันและ 2 คัน ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน พบว่าระยะทางและระยะเวลารวมมีค่าใกล้เคียงกัน โดยกรณีที่ 3 มีความคุ้มค่าด้านงบประมาณสูงสุด คิดเป็น 17,931.25 บาท และสะดวกต่อการบริหารจัดการทรัพยากรบุคคลมากกว่า ส่วนกรณีที่ 4 สามารถกระจายภาระงานได้ดีกว่าแต่มีต้นทุนแฝงเพิ่มขึ้น ดังนั้นผลการศึกษานี้จึงสามารถใช้เป็นแนวทางสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกแผนการจัดเส้นทางที่สอดคล้องกับข้อจำกัดและบริบทการปฏิบัติงานจริงของหน่วยงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ, โปรแกรมแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะด้วยสเปรดชีต, การจัดสรรทรัพยากร

Abstract

This study aims to develop vehicle routing plans for inspecting 79 factories with potential risks of water pollution by applying the VRP Spreadsheet Solver to estimate appropriate resources and operational time for the case-study office. Two main scenarios were simulated: 1) the project requirement scenario, in which five factories were inspected per day, and 2) the actual operational performance scenario, in which ten factories were inspected per day. Each scenario compared the use of one and two vehicles, resulting in four case studies. The results showed that, under the project requirement scenario, Cases 1 and 2 required 16 total trips and generated the highest total budget of 35,272.80 THB. However, this scenario offered the advantage of shorter operational time per trip, which could reduce staff fatigue. In contrast, under the actual operational performance scenario, Cases 3 and 4 reduced the number of trips by 50% and decreased the total budget by more than 48% compared with the project requirement scenario. When comparing the use of one and two vehicles under the same conditions, the total distance and total operational time were found to be similar. Case 3 provided the highest budget efficiency, with a total budget of 17,931.25 THB, and offered greater convenience in human resource management. Meanwhile, Case 4 enabled better workload distribution but involved additional hidden costs. Therefore, the findings can serve as a decision-support guideline for selecting vehicle routing plans that align with the constraints and practical operational context of the organization.

Keywords: Vehicle routing problem, VRP spreadsheet solver, Resource allocation

1. บทนำ

ในปัจจุบันการขยายตัวทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็วส่งผลให้ปัญหามลพิษทางน้ำทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะน้ำเสียจากภาคอุตสาหกรรมซึ่งมักปนเปื้อนสารเคมีอันตราย โลหะหนัก และสารมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางน้ำ รวมถึงสุขภาพของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตในระยะยาว งานวิจัยล่าสุดชี้ให้เห็นว่า น้ำเสียอุตสาหกรรมเป็นหนึ่งในแหล่งกำเนิดสำคัญของโลหะ

หนักในแหล่งน้ำ และสารปนเปื้อนเหล่านี้มีความเป็นพิษสูง แม้พบในปริมาณไม่มากก็อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก (Anja, 2022; Oladimeji *et al.*, 2024)

สำหรับประเทศไทยที่เป็นประเทศซึ่งเน้นกิจกรรมในภาคของเกษตรกรรม และการท่องเที่ยว ปัญหาในเรื่องของมลพิษทางน้ำเป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองข้ามได้และจำเป็นต้องให้ความสำคัญ ทำให้สำนักงาน INT ในแต่ละจังหวัดจำเป็นต้องออกตรวจสอบและเฝ้าระวังแหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำ โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่ในรายชื่ออย่างใกล้ชิด เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในส่วนภาคอื่น ๆ แต่เนื่องจากสำนักงาน INT กรณีศึกษานั้นไม่ใช่จังหวัดสำหรับภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะทำให้การกระจายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมภายในจังหวัดนั้นกว้าง และบ่อยครั้งที่ทางสำนักงานต้องใช้เวลาในการเดินทางออกตรวจโรงงานในรายชื่อนานเกินความจำเป็น ทำให้มีการใช้งบประมาณอย่างสิ้นเปลืองไปกับน้ำมันเชื้อเพลิงยานพาหนะในการเดินทาง

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาผู้วิจัยพบว่า มีหลายบทความวิจัยได้ประยุกต์ใช้วิธีการแก้ปัญหาในกลุ่มฮิวริสติกส์ (Heuristics) และเมตาฮิวริสติกส์ (Metaheuristics) เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะด้วยหลากหลายแนวคิดวิธี เช่น การใช้วิธีการ Fisher and Jaikumar ในการขนส่งสินค้า (อนุชา และคณะ, 2565) การใช้วิธีการ Large Neighborhood Search ด้วยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ในการเข้ารับและจัดส่งพัสดุ (นริสรา และคณะ, 2568) วิธีการหาค่าเหมาะสมสุดอาณานิคมผึ้งเทียม (ศิริชัย, 2564) วิธีการหาค่าเหมาะสมแบบวาฬในการจัดเส้นทางยานพาหนะภายใต้เงื่อนไขด้านกรอบเวลาแบบยืดหยุ่น (กิตติพงษ์ และกนกพร, 2566) การใช้วิธีการ Large Neighborhood Search ด้วยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ในการจัดส่งพัสดุ (นริสรา และคณะ, 2568; ภาสวุฒิ, 2564) อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้วิธีการ Large Neighborhood Search ด้วยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ในการออกตรวจโรงงานโดยที่ไม่มีการนำส่งหรือรับพัสดุจริงจึงถือว่าเป็นช่องว่างหนึ่งสำหรับงานวิจัยเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะด้วยการประยุกต์ใช้โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ด้วยเหตุผลทั้งหมดที่กล่าวมาทั้งหมด ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการกำหนดเส้นทางเดินรถที่เหมาะสมสำหรับการออกตรวจโรงงานที่เสี่ยงต่อการก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ เพื่อช่วยให้สำนักงานบรรลุมิติประสงค์ของโครงการได้ตามเป้าหมาย และสามารถบริหารจัดการทรัพยากรของสำนักงาน และเวลาในการดำเนินโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับออกตรวจโรงงานที่มีความเสี่ยงก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ ด้วยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver

2.2 เพื่อให้สำนักงาน INT กรณีศึกษา สามารถใช้ผลการจัดเส้นทางยานพาหนะเป็นแนวทางในการประมาณการทรัพยากรที่จำเป็น ได้แก่ จำนวนยานพาหนะ บุคลากร งบประมาณ ระยะทาง และระยะเวลาในการออกตรวจโรงงาน

2.3 เพื่อนำเสนอแผนการออกตรวจโรงงานที่มีความเสี่ยงก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำที่เหมาะสมให้แก่สำนักงาน INT กรณีศึกษา ใช้เป็นแนวทางประกอบการวางแผนตัดสินใจ

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และการทบทวนวรรณกรรม

3.1 วิธีการแก้ปัญหาของ VRP

การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) มีวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายซึ่งเป็นปัญหาทางด้านการจัดการโลจิสติกส์ที่มุ่งเน้นการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับยานพาหนะตั้งแต่หนึ่งคันขึ้นไป ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ที่นิยมนำมาใช้งาน ได้แก่ อัลกอริทึมแบบแม่นยำ (Exact algorithm), วิธีคิดแบบฮิวริสติก (Heuristic Method) และวิธีคิดแบบเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic method) โดยแต่ละวิธีมีจุดเด่นและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน (รวีโรจน์, 2564)

อัลกอริทึมแบบแม่นยำ (Exact algorithm) กลุ่มของวิธีการที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อรับประกันการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) สำหรับปัญหา VRP โดยมีข้อดีคือให้คำตอบที่แน่นอนและดีที่สุดเสมอ แต่มีข้อเสียสำคัญคือใช้เวลาในการประมวลผลที่นานโดยเฉพาะเมื่อจำนวนลูกค้าและข้อจำกัดเพิ่มขึ้นเนื่องจากต้องพิจารณาและทดสอบความเป็นไปได้ของเส้นทางทั้งหมด ซึ่งปัญหานี้เป็น NP-hard (Non-Deterministic Polynomial-Time hard) ทำให้เวลาที่ใช้ในการประมวลผลเพิ่มขึ้นแบบทวีคูณ (Exponentially) เมื่อขนาดของปัญหาใหญ่ขึ้น (Liu *et al.*, 2023)

วิธีคิดแบบฮิวริสติก (Heuristic method) วิธีการเชิงพรรณนาเป็นวิธีการที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อหาคำตอบ "ที่ดีพอ" (Good enough) หรือใกล้เคียงกับคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่รับประกันว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุดเสมอไป แต่มีข้อดีคือใช้เวลาในการประมวลผลที่สั้นกว่าทำให้สามารถนำไปใช้กับปัญหา VRP ขนาดใหญ่และซับซ้อนในทางปฏิบัติได้จริง (Liu *et al.*, 2023)

วิธีคิดแบบเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic method) กลุ่มของอัลกอริทึมที่ถูกออกแบบมาเพื่อค้นหาคำตอบที่มีคุณภาพสูงภายในพื้นที่คำตอบขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่จำเป็นต้องตรวจสอบความเป็นไปได้ทั้งหมดเหมือนกับ อัลกอริทึมแบบแม่นยำ (Exact algorithm) วิธีการเหล่านี้มักจะผสมผสานเทคนิคฮิวริสติกหลายอย่างเข้าด้วยกันเพื่อสร้างกลยุทธ์การค้นหาที่

แข็งแกร่งและสามารถหลีกเลี่ยงการติดอยู่ในคำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ (Local optimum) (Liu *et al.*, 2023)

3.2 โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver

โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver คือ เครื่องมือแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) ที่พัฒนาขึ้นบนแพลตฟอร์ม Microsoft excel โดยใช้ภาษา Visual Basic for Applications (VBA) โดยโปรแกรมนี้ถูกออกแบบมาเพื่อเป็นเครื่องมือวิเคราะห์แบบ What-If และการเพิ่มประสิทธิภาพ (Optimization) สำหรับธุรกิจขนาดเล็กถึงขนาดกลาง เนื่องจาก Microsoft excel เป็นซอฟต์แวร์ที่เข้าถึงง่ายและเป็นมาตรฐานในแวดวงธุรกิจ ทำให้ VRP Spreadsheet solver สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาเกี่ยวกับการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) ได้ในวงกว้าง นอกจากนี้ตัวโปรแกรมยังเป็น Freeware ที่สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์วิชาการโดยไม่มีค่าใช้จ่าย (Gunes, 2017)

การทำงานของโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver อาศัยการคำนวณด้วยอัลกอริทึมการหาค่าเหมาะที่สุดแบบเมตาฮีริสติก (Metaheuristic optimization algorithm) เพื่อค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดและลดต้นทุนการขนส่ง เพื่อผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการวิเคราะห์คำตอบควรใช้เวลา 45 นาที ในการทำงานของโปรแกรม อย่างไรก็ตามโปรแกรมนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์เชิงวางแผนเท่านั้น และไม่สามารถตอบสนองต่อปัญหาเฉพาะหน้าที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติงานจริงได้ (เนตรนภา จุ้ยคลัง และคณะ, 2568)

การประยุกต์ใช้โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver จำเป็นต้องมีการเตรียมข้อมูลที่ครอบคลุม 5 ส่วนหลักประกอบด้วย: 1. Locations 2. Distances 3. Vehicles 4. Solution และ 5. Visualization เพื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางเดิม (Current routing) กับเส้นทางที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม (Optimized routing) เพื่อประเมินประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นและการลดลงของต้นทุน ซึ่งผลการวิเคราะห์โปรแกรมจะเป็นส่วนช่วยที่ใช้ยืนยันแผนในการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการจัดเส้นทางได้อย่างมีนัยสำคัญ (เนตรนภา และคณะ, 2568)

4. วิธีดำเนินงานวิจัย

4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนนี้จะเป็นการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่มีผลต่อการวางแผนการจัดเส้นทางการเดินทางออกตรวจโรงงาน เพื่อนำไปพิจารณาในการวางแผนการจัดเส้นทาง โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลตำแหน่งโรงงาน รายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 เป็นข้อมูลโรงงานซึ่งเสี่ยงต่อการก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำซึ่งสำนักงาน INT ภูมิศึกษา ต้องออกตรวจที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการติดต่อและรวบรวมจากสำนักงาน และเพื่อให้

สอดคล้องกับหลักการรักษาความลับทางธุรกิจอันเป็นข้อมูลส่วนบุคคลของสถานประกอบการ ผู้วิจัยจึงดำเนินการปกปิดชื่อ รายละเอียดเฉพาะของแต่ละโรงงาน และแสดงรายการข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ของโรงงานตัวอย่างเพียงบางส่วน เพื่อเป็นแนวทางในการนำเสนอข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

ตารางที่ 1 โรงงานที่ต้องออกตรวจ

ชื่อโรงงาน	ละติจูด	ลองจิจูด
1	17.068079	99.858813
2	17.069988	99.859293
.	.	.
.	.	.
.	.	.
79	17.4744452	99.75372636

4.2 การประยุกต์ใช้โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver

เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองการจัดเส้นทางของโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ที่แตกต่างจากบริบทเป้าหมายเดิมของโปรแกรมที่ใช้เพื่อการขนส่งสินค้าและรับสินค้า ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายการใช้งานของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในโปรแกรมใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะของภารกิจของสำนักงาน INT กรณีศึกษา โดยกำหนดให้คลังสินค้า (Depot) แทนสำนักงาน INT และลูกค้า (Customer) แทนโรงงานอุตสาหกรรมเป้าหมาย

โดยกำหนดการรับ-ส่งพัสดุ (Pickup & Delivery) ใช้แทนการจัดเตรียมเอกสารและการเข้าตรวจโรงงานของเจ้าหน้าที่ โดยกำหนดปริมาณพัสดุที่จุดรับ (Depot – Pickup amount) ให้สอดคล้องกับจำนวนโรงงานเป้าหมาย และกำหนดปริมาณการส่งพัสดุลูกค้าแต่ละแห่ง (Customer – Delivery amount) เป็น 1 หน่วย แทนการบันทึกผลการเข้าตรวจโรงงาน

ในส่วนของจำนวนยานพาหนะ (Number of vehicles) ถูกใช้แทนโควตาเที่ยววิ่งรวมของยานพาหนะตลอดระยะเวลาดำเนินโครงการ ปริมาณความจุของยานพาหนะ (Capacity) ใช้แทนจำนวนโรงงานสูงสุดที่สามารถเข้าตรวจได้ต่อวัน และระยะเวลาในการบริการ (Service time) ใช้แทนระยะเวลาที่เจ้าหน้าที่ใช้ในการตรวจสอบหน้างาน

4.3 การกำหนดค่าพารามิเตอร์เพื่อจำลองสถานการณ์

สำหรับข้อกำหนดเบื้องต้นของแผนการออกตรวจสำนักงานกำหนดให้การออกตรวจแต่ละครั้งใช้ระยะเวลาอย่างน้อยครึ่งวันซึ่งเทียบเท่ากับระยะเวลาทำงานประมาณ 5 ชั่วโมง และมีความถี่ใน

การปฏิบัติงานอย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์ โดยมีเงื่อนไขว่ากระบวนการตรวจสอบโรงงานทั้งหมดต้องเสร็จสิ้นภายในระยะเวลา 3 เดือน โดยกำหนดงบประมาณตลอดโครงการไว้ไม่เกิน 50,000 บาท และพนักงานที่ออกตรวจจะได้รับเบี้ยเลี้ยง 2,000 บาทต่อการออกตรวจหนึ่งครั้ง

ในส่วนของกระบวนการตรวจสอบโรงงานได้กำหนดระยะเวลาเฉลี่ยในการตรวจโรงงานไว้ที่ 30 นาทีต่อแห่ง และต้องเข้าตรวจโรงงานไม่น้อยกว่า 3 แห่งต่อวัน ทั้งนี้หน่วยงานมีรถยนต์กระบะสำหรับใช้ในการปฏิบัติหน้าที่จำนวน 2 คัน ซึ่งมีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันแตกต่างกันโดยมีค่าใช้จ่ายในการเดินทางเท่ากับ 2.27 บาทต่อกิโลเมตร และ 3.00 บาทต่อกิโลเมตรตามลำดับ

นอกจากข้อกำหนดของโครงการ ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลเชิงสถิติจากการปฏิบัติงานจริงของโครงการที่มีลักษณะใกล้เคียงของสำนักงาน INT กรณีศึกษาในอดีต มาใช้เป็นฐานข้อมูลอ้างอิงสำหรับการวิเคราะห์และการสร้างสถานการณ์จำลอง โดยพบว่าระยะเวลาการตรวจสอบโรงงานจริงมีค่าเฉลี่ยประมาณ 25 นาทีต่อโรงงาน และสามารถเข้าตรวจโรงงานได้เฉลี่ย 7 แห่งต่อรอบการเดินทาง ซึ่งมีระดับการเข้าตรวจสูงสุดได้ถึง 10 แห่งต่อรอบการเดินทาง เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของผลการจำลองภายใต้เงื่อนไขการปฏิบัติงานที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาแปลงค่าเป็นค่าพารามิเตอร์ตัวเลข โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 สถานการณ์ (Scenario) เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการจำลองกรณีศึกษา (Case study) โดยกรณีที่ 1 และ 2 เป็นการจำลองภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนดโครงการ ในขณะที่กรณีที่ 3 และ 4 เป็นการจำลองภายใต้เงื่อนไขสถิติการปฏิบัติงานในอดีตของสำนักงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองการจัดเส้นทาง

พารามิเตอร์	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4
Number of depots (แห่ง)	1	1	1	1
Number of customers (แห่ง)	79	79	79	79
Average vehicle speed (กม./ชม.)	70	70	70	70
Service time (ชั่วโมง:นาที)	0:30	0:30	0:25	0:25
Vehicle Type (ชนิด)	1	2	1	2
Vehicle – Capacity (ชิ้น)	5	5	10	10
Number of vehicles route (เส้นทาง)	72	72	36	36
Vehicle – Fixed cost per trip (บาท)	2,000	2,000	2,000	2,000
Vehicle T1 – Cost per unit distance (บาท)	2.27	2.27	2.27	2.27
Vehicle T2 – Cost per unit distance (บาท)	3.00	3.00	3.00	3.00

จากตารางที่ 2 แบบจำลองการจัดเส้นทางของทั้งสองสถานการณ์ถูกกำหนดให้มีโครงสร้างพื้นฐานเหมือนกัน เพื่อให้ผลการจำลองสามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้อย่างเหมาะสม โดยค่าพารามิเตอร์ที่สะท้อนลักษณะทั่วไปของระบบ เช่น จำนวนโรงงานเป้าหมาย ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ และต้นทุนการเดินทาง ถูกควบคุมให้มีค่าเท่ากันตลอดการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

ความแตกต่างระหว่างสองสถานการณ์จึงเกิดขึ้นจากลักษณะการปฏิบัติงานที่ไม่เหมือนกัน โดยในสถานการณ์ที่ 1 ซึ่งอ้างอิงตามข้อกำหนดของโครงการ การตรวจสอบหน้างานกำหนดให้ใช้ระยะเวลา 30 นาทีต่อโรงงาน และสามารถเข้าตรวจโรงงานได้ 5 แห่งต่อวัน ซึ่งค่าดังกล่าวถูกกำหนดจากสัดส่วนที่ลดลงจากข้อมูลสถิติการปฏิบัติงานจริงในสถานการณ์ที่ 2 ที่สามารถเข้าตรวจโรงงานได้สูงสุด 10 แห่งต่อวัน เพื่อสร้างกรอบการเปรียบเทียบที่มีสัดส่วนสอดคล้องกันระหว่างสองสถานการณ์

ในด้านจำนวนเที่ยววิ่งรวมของยานพาหนะสถานการณ์ที่ 1 ได้คำนวณจากเป้าหมายการออกตรวจขั้นต่ำ 3 วันต่อสัปดาห์ ภายในระยะเวลา 3 เดือน ส่งผลให้มีจำนวนเที่ยววิ่งรวมทั้งสิ้น 72 เที่ยว เมื่อพิจารณาพร้อมกับขีดความสามารถในการเข้าตรวจที่เพิ่มขึ้นในสถานการณ์ที่ 2 จำนวนเที่ยววิ่งรวมจึงถูกปรับลดลงเหลือเพียง 36 เที่ยว

4.4 ตรวจสอบผลลัพธ์และยืนยันความถูกต้อง

ขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินการตรวจสอบและยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่ได้จากโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver นั้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและเชื่อถือได้ โดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อยืนยันว่าไม่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในกระบวนการประมวลผลของโปรแกรม การตรวจสอบจะมุ่งเน้นไปที่การยืนยันรายละเอียดว่าทุกแบบจำลองนั้นสอดคล้องกับข้อกำหนดของสำนักงาน เช่น กรอบเวลา (Time window) ขีดจำกัดระยะทาง (Distance limit) และยานพาหนะทุกคันจะต้องเดินทางกลับมายังจุดเริ่มต้น (Depot)

5. ผลการวิจัย

เพื่อสร้างแผนการออกตรวจโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความเสี่ยงต่อการก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำที่เหมาะสมให้แก่สำนักงาน INT กรณีศึกษา การจำลองในงานวิจัยนี้จึงได้แบ่งการจำลองออกเป็น 2 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์ข้อกำหนดของโครงการ และสถานการณ์สถิติการปฏิบัติงาน ทั้งนี้เพื่อให้แบบจำลองสามารถนำไปใช้ได้เหมาะสมกับบริบทของกรณีศึกษา จึงมีการตีความความหมายของพารามิเตอร์ให้สอดคล้องกับบริบทของการออกตรวจ และกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันในแต่ละสถานการณ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 การจำลองกรณีที่ 1 – กรณีข้อกำหนดโครงการ ยานพาหนะ 1 คัน

การจำลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของโปรแกรมตามเงื่อนไขของสถานการณ์ 1 ข้อกำหนดโครงการดังตารางที่ 2 ผลลัพธ์จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมพบว่าจาก

ทั้งหมด 72 เทียววี่งที่กำหนดไว้ มีเพียงเส้นทางลำดับที่ 1-16 เท่านั้นที่มีการจัดสรรภาระงานจริง ในขณะที่เส้นทางลำดับที่ 17-72 เป็นเส้นทางเปล่าที่ไม่มีภาระงาน โดยผู้วิจัยได้สรุปข้อมูลสำคัญของการจำลองครั้งนี้เฉพาะเส้นที่มีการปฏิบัติงานจริงมาแสดงผลดังตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 พบว่าการปฏิบัติงานรวมทั้ง 16 เทียววี่งนั้นมีระยะทางรวม 1,318.52 กิโลเมตร คิดเป็นระยะทางเฉลี่ย 82.41 กิโลเมตรต่อเทียววี่ง โดยใช้ระยะเวลาปฏิบัติงานรวมทั้งหมด 55:59 ชั่วโมง คิดเป็นระยะเวลาปฏิบัติงานเฉลี่ย 3:29 ชั่วโมงต่อเทียววี่ง ในด้านงบประมาณมีค่าใช้จ่ายรวมทั้งสิ้น 34,993.05 บาท เป็นต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวน 2,993.05 บาท คิดเป็นร้อยละ 8.54 ของงบประมาณทั้งหมด

5.2 การจำลองกรณีที่ 2 – กรณีข้อกำหนดโครงการ ยานพาหนะ 2 คัน

การจำลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ปรับปรุงขึ้นจากกรณีที่ 1 เพื่อให้ทางสำนักงานสามารถใช้ทรัพยากรของโครงการได้อย่างคุ้มค่าที่สุด โดยการนำจำนวนเส้นทางจริงที่เกิดขึ้นในกรณีที่ 1 มาแบ่งครึ่ง เพื่อกำหนดพารามิเตอร์จำนวนยานพาหนะ (Number of vehicles) ของยานพาหนะทั้งสองประเภทให้เป็น 8 โดยเพื่อบังคับให้โปรแกรมแบ่งกระจายภาระงานไปยังยานพาหนะทั้งสองประเภทในปริมาณงานที่เท่าเทียมกัน ในขณะที่เงื่อนไขพารามิเตอร์อื่น ๆ ยังคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง โดยมีรายละเอียดสำคัญของผลลัพธ์การจำลองครั้งนี้ดังแสดงในตารางที่ 4

จากตารางที่ 4 พบว่าหลังจากแบ่งให้ยานพาหนะทั้งสองประเภทได้รับภาระงานที่เท่าเทียมกันนั้นมีระยะทางรวมอยู่ที่ 13,11.37 กิโลเมตร คิดเป็นระยะทางเฉลี่ย 81.96 กิโลเมตรต่อเทียววี่ง โดยใช้ระยะเวลาปฏิบัติงานรวมทั้งหมด 55:46 ชั่วโมง คิดเป็นระยะเวลาปฏิบัติงานเฉลี่ย 3:29 ชั่วโมงต่อเทียววี่ง ในด้านงบประมาณมีค่าใช้จ่ายรวมทั้งสิ้น 35,272.80 บาท เป็นต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวน 3,272.80 บาท คิดเป็นร้อยละ 9.28 ของงบประมาณทั้งหมด

5.3 การจำลองกรณีที่ 3 – กรณีสถิติการปฏิบัติงาน ยานพาหนะ 1 คัน

การจำลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของโปรแกรมตามเงื่อนไขของกรณีที่ 3 ตามข้อกำหนดโครงการดังตารางที่ 2 ผลลัพธ์จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมพบว่า จากทั้งหมด 36 เทียววี่งที่กำหนดไว้ มีเพียงเส้นทางลำดับที่ 1-8 เท่านั้นที่มีการจัดสรรภาระงานจริง ในขณะที่เส้นทางลำดับที่ 9-36 เป็นเส้นทางเปล่าที่ไม่มีภาระงาน โดยผู้วิจัยได้สรุปข้อมูลสำคัญของการจำลองครั้งนี้เฉพาะเส้นที่มีการปฏิบัติงานจริงมาแสดงผลดังตารางที่ 5



ตารางที่ 3 ผลลัพธ์การจำลองกรณีที่ 1

ประเภท ยานพาหนะ	ลำดับ เส้นทาง	ลำดับการเดินทาง	ระยะทาง (กม.)	ระยะเวลา (ชม.)	งบประมาณ (บาท)
T1	เส้นทางที่ 1	Depot → 77 → 72 → 75 → 79 → 59 → Depot	86.00	3:34	2,195.22
	เส้นทางที่ 2	Depot → 67 → 76 → 64 → 74 → 78 → Depot	97.50	3:43	2,221.33
	เส้นทางที่ 3	Depot → 66 → 52 → 46 → 51 → 70 → Depot	124.00	4:03	2,281.48
	เส้นทางที่ 4	Depot → 62 → 68 → 69 → 71 → 9 → Depot	68.40	3:21	2,155.27
	เส้นทางที่ 5	Depot → 60 → 16 → 17 → 14 → 15 → Depot	141.50	4:16	2,321.21
	เส้นทางที่ 6	Depot → 53 → 54 → 56 → 55 → 58 → Depot	48.70	3:06	2,110.55
	เส้นทางที่ 7	Depot → 49 → 50 → 47 → 48 → 44 → Depot	166.20	4:34	2,377.27
	เส้นทางที่ 8	Depot → 45 → 41 → 42 → 43 → 61 → Depot	147.80	4:20	2,335.51
	เส้นทางที่ 9	Depot → 65 → 63 → 40 → 73 → 20 → Depot	77.70	3:28	2,176.38
	เส้นทางที่ 10	Depot → 19 → 18 → 38 → 29 → Depot	67.60	2:50	2,153.45
	เส้นทางที่ 11	Depot → 5 → 6 → 12 → 13 → 31 → Depot	59.30	3:14	2,134.61
	เส้นทางที่ 12	Depot → 26 → 37 → 35 → 28 → 27 → Depot	19.40	2:44	2,044.04
	เส้นทางที่ 13	Depot → 24 → 21 → 34 → 32 → 33 → Depot	29.20	2:59	2,066.28
	เส้นทางที่ 14	Depot → 30 → 25 → 23 → 22 → 57 → Depot	33.22	2:54	2,075.41
T1	เส้นทางที่ 15	Depot → 10 → 4 → 3 → 11 → 39 → Depot	75.30	3:26	2,170.93
	เส้นทางที่ 16	Depot → 36 → 1 → 2 → 7 → 8 → Depot	76.70	3:27	2,174.11
รวม			1,318.52	55:59	34,993.05



ตารางที่ 4 ผลลัพธ์การจำลองกรณีที่ 2

ประเภทยานพาหนะ	ลำดับเส้นทาง	ลำดับการเดินทาง	ระยะทาง (กม.)	ระยะเวลา (ชม.)	งบประมาณ (บาท)
T1	เส้นทางที่ 1	Depot → 61 → 43 → 42 → 73 → 20 → Depot	82.10	3:31	2,186.37
	เส้นทางที่ 2	Depot → 33 → 15 → 17 → 14 → 16 → Depot	106.00	3:49	2,240.62
	เส้นทางที่ 3	Depot → 66 → 52 → 46 → 51 → 70 → Depot	124.00	4:03	2,281.48
T1	เส้นทางที่ 4	Depot → 67 → 76 → 64 → 75 → 79 → Depot	98.00	3:43	2,222.46
	เส้นทางที่ 5	Depot → 60 → 74 → 72 → 77 → 78 → Depot	97.60	3:43	2,221.55
	เส้นทางที่ 6	Depot → 9 → 1 → 2 → 7 → 8 → Depot	80.60	3:30	2,182.96
	เส้นทางที่ 7	Depot → 49 → 50 → 47 → 48 → 44 → Depot	166.20	4:34	2,377.27
	เส้นทางที่ 8	Depot → 65 → 41 → 45 → 40 → 63 → Depot	151.40	4:23	2,343.68
T2	เส้นทางที่ 9	Depot → 19 → 18 → 38 → 30 → 29 → Depot	68.25	3:21	2,204.75
	เส้นทางที่ 10	Depot → 53 → 55 → 59 → 56 → 54 → Depot	55.70	3:11	2,167.10
	เส้นทางที่ 11	Depot → 39 → 6 → 12 → 13 → 31 → Depot	59.30	3:14	2,177.90
	เส้นทางที่ 12	Depot → 10 → 4 → 3 → 11 → 5 → Depot	75.30	3:26	2,225.90
	เส้นทางที่ 13	Depot → 36 → 37 → 28 → 27 → Depot	18.30	2:13	2,054.90
	เส้นทางที่ 14	Depot → 62 → 68 → 69 → 71 → 35 → Depot	62.80	3:17	2,188.40
	เส้นทางที่ 15	Depot → 58 → 21 → 24 → 34 → 32 → Depot	32.50	2:54	2,097.50
	เส้นทางที่ 16	Depot → 26 → 25 → 23 → 22 → 57 → Depot	33.32	2:54	2,099.96
รวม			1,311.37	55:46	35,272.80



ตารางที่ 5 ผลลัพธ์การจำลองกรณีที่ 3

ประเภท ยานพาหนะ	ลำดับ เส้นทาง	ลำดับการเดินทาง	ระยะทาง (กม.)	ระยะเวลา (ชม.)	งบประมาณ (บาท)
T1	เส้นทางที่ 1	Depot → 54 → 56 → 61 → 43 → 42 → 40 → 73 → 20 → 22 → 23 → Depot	99.82	5:24	2,226.59
	เส้นทางที่ 2	Depot → 53 → 55 → 58 → 25 → 57 → 21 → 24 → 34 → 32 → 33 → Depot	48.90	4:46	2,111.00
	เส้นทางที่ 3	Depot → 31 → 30 → 29 → 26 → 36 → 37 → 35 → 28 → 27 → Depot	23.65	4:02	2,053.69
	เส้นทางที่ 4	Depot → 39 → 5 → 4 → 9 → 10 → 3 → 11 → 6 → 12 → 13 → Depot	101.90	5:26	2,231.31
	เส้นทางที่ 5	Depot → 59 → 79 → 78 → 16 → 17 → 14 → 15 → 18 → 19 → 38 → Depot	172.40	6:19	2,391.35
	เส้นทางที่ 6	Depot → 60 → 77 → 64 → 68 → 69 → 71 → 7 → 8 → 2 → 1 → Depot	119.00	5:39	2,270.13
	เส้นทางที่ 7	Depot → 62 → 65 → 74 → 72 → 75 → 76 → 51 → 70 → 67 → 63 → Depot	104.60	5:28	2,237.44
T1	เส้นทางที่ 8	Depot → 66 → 52 → 49 → 50 → 47 → 48 → 44 → 45 → 41 → 46 → Depot	180.50	6:25	2,409.74
รวม			850.77	43:29	17,931.25

จากตารางที่ 5 พบว่าการปฏิบัติงานรวมทั้ง 8 เทียรวังนั้นมีระยะทางรวม 850.77 กิโลเมตร คิดเป็นระยะทางเฉลี่ย 106.35 กิโลเมตรต่อเทียรวัง โดยใช้ระยะเวลาปฏิบัติงานรวมทั้งหมด 43:29 ชั่วโมง คิดเป็นระยะเวลาปฏิบัติงานเฉลี่ย 5:26 ชั่วโมงต่อเทียรวัง ในด้านงบประมาณมีค่าใช้จ่ายรวมทั้งสิ้น 17,931.25 บาท เป็นต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวน 1,931.00 บาท คิดเป็นร้อยละ 10.77 ของงบประมาณทั้งหมด



5.4 การจำลองกรณีที่ 4 – กรณีสถิติการปฏิบัติงาน ยานพาหนะ 2 คัน

การจำลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ปรับปรุงขึ้นจากกรณีที่ 3 เพื่อให้ทางสำนักงานสามารถใช้ทรัพยากรของโครงการได้อย่างคุ้มค่าที่สุด โดยการนำจำนวนเส้นทางจริงที่เกิดขึ้นในกรณีที่ 3 มาแบ่งครึ่งเพื่อกำหนดพารามิเตอร์จำนวนยานพาหนะ (Number of vehicles) ของยานพาหนะทั้งสองประเภทให้เป็น 4 คัน เพื่อบังคับให้โปรแกรมกระจายภาระงานไปยังยานพาหนะทั้งสองประเภทในปริมาณงานที่เท่าเทียมกัน ในขณะที่เงื่อนไขพารามิเตอร์อื่น ๆ ยังคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง โดยมีรายละเอียดสำคัญของผลลัพธ์การจำลองครั้งนี้แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลลัพธ์การจำลองกรณีที่ 4

ประเภท ยานพาหนะ	ลำดับ เส้นทาง	ลำดับการเดินทาง	ระยะทาง (กม.)	ระยะเวลา (ชม.)	งบประมาณ (บาท)
T1	เส้นทางที่ 1	Depot → 49 → 50 → 47 → 48 → 44 → 45 → 41 → 42 → 43 → 61 → Depot	176.40	6:22	2,400.43
	เส้นทางที่ 2	Depot → 39 → 33 → 15 → 17 → 14 → 16 → 60 → 19 → 18 → 38 → Depot	159.30	6:09	2,361.61
	เส้นทางที่ 3	Depot → 59 → 79 → 75 → 66 → 52 → 46 → 51 → 70 → 76 → 64 → Depot	127.70	5:45	2,289.88
	เส้นทางที่ 4	Depot → 31 → 67 → 68 → 69 → 71 → 7 → 8 → 2 → 1 → 29 → Depot	107.30	5:30	2,243.57
T2	เส้นทางที่ 5	Depot → 26 → 37 → 23 → 22 → 57 → 21 → 24 → 34 → 32 → 35 → Depot	39.32	4:39	2,117.96
	เส้นทางที่ 6	Depot → 62 → 78 → 77 → 72 → 74 → 65 → 63 → 40 → 73 → 20 → Depot	68.90	5:01	2,206.70
	เส้นทางที่ 7	Depot → 36 → 10 → 9 → 4 → 3 → 11 → 5 → 6 → 12 → 13 → Depot	96.00	5:22	2,288.00
	เส้นทางที่ 8	Depot → 30 → 53 → 54 → 56 → 55 → 58 → 25 → 28 → 27 → Depot	56.40	4:27	2,169.20
รวม			831.32	43:15	18,077.35

จากตารางที่ 6 พบว่าหลังจากแบ่งให้ยานพาหนะทั้งสองประเภทได้รับการงานที่เท่าเทียมกันในสถานการณ์นี้ สถิติการปฏิบัติงานนั้นมีระยะทางรวมอยู่ที่ 831.32 กิโลเมตร คิดเป็นระยะทางเฉลี่ย 103.92 กิโลเมตรต่อเที่ยววิ่ง โดยใช้ระยะเวลาปฏิบัติงานรวมทั้งหมด 43:15 ชั่วโมง คิดเป็นระยะเวลาปฏิบัติงานเฉลี่ย 5:24 ชั่วโมงต่อเที่ยววิ่ง ในด้านงบประมาณมีค่าใช้จ่ายรวมทั้งสิ้น 18,077.35 บาท เป็นต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวน 2,077.00 บาท คิดเป็นร้อยละ 11.49 ของงบประมาณทั้งหมด

5.5 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์

จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 4 กรณี ผู้วิจัยได้นำผลลัพธ์ด้านระยะทาง ระยะเวลา และงบประมาณ มาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการปรับปรุงแบบจำลองเพื่อให้สำนักงานได้เลือกแผนงานตามดุลพินิจความเหมาะสม รายละเอียดดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบผลลัพธ์แบบจำลองในแต่ละกรณี

ตัวชี้วัด	การจำลองกรณี ที่ 1	การจำลอง กรณีที่ 2	การจำลองกรณี ที่ 3	การจำลองกรณี ที่ 4
จำนวนเที่ยววิ่งรวม (เที่ยว)	16	16	8	8
การกระจายงาน (T1 : T2)	16 : 0	8 : 8	8 : 0	4 : 4
ระยะทางรวม (กม.)	1,318.52	1,311.37	850.77	831.32
ระยะทางเฉลี่ยต่อเที่ยววิ่ง (กม.)	82.41	81.96	106.35	103.92
ระยะเวลารวม (ชม.)	55:59	55:46	43:29	43:15
ตัวชี้วัด	การจำลองกรณี ที่ 1	การจำลอง กรณีที่ 2	การจำลองกรณี ที่ 3	การจำลองกรณี ที่ 4
ระยะเวลาเฉลี่ยต่อเที่ยววิ่ง (ชม.)	3:29	3:29	5:26	5:24
ต้นทุนค่าน้ำมัน (บาท)	2,993.05	3,272.80	1,931.00	2,077.00
งบประมาณรวม (บาท)	34,993.05	35,272.80	17,931.25	18,077.35

จากตารางที่ 7 พบว่าการเปลี่ยนแปลงขีดความสามารถการเข้าตรวจและจำนวนเที่ยววิ่ง ส่งผลต่อระยะทาง ระยะเวลา และงบประมาณในแต่ละกรณีอย่างชัดเจน โดยเมื่อเปรียบเทียบสถานการณ์สถิติการปฏิบัติงานกรณีที่ 3 และ 4 กับสถานการณ์ข้อกำหนดโครงการกรณีที่ 1 และ 2 พบว่าสถิติการปฏิบัติงานจริงส่งผลให้จำนวนเที่ยววิ่ง ระยะทางรวม และงบประมาณลดลงอย่างมาก ระยะทางและระยะเวลาเฉลี่ยต่อเที่ยววิ่งสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างกรณีการใช้งานพาหนะ 1 คัน และ 2 คัน ในสถานการณ์เดียวกัน พบว่าการเพิ่มจำนวนยานพาหนะช่วยให้

การกระจายภาระงานได้สมดุลขึ้น โดยที่ระยะทางรวมและต้นทุนค่าน้ำมันเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ระยะเวลาปฏิบัติงานรวมยังคงอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน

6. สรุปผลและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ในการวางแผนจัดเส้นทางเข้าตรวจสอบโรงงานอุตสาหกรรมเป้าหมายจำนวน 79 แห่ง โดยผู้วิจัยได้จำลองสถานการณ์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเส้นทางรวมทั้งสิ้น 4 กรณีศึกษา เพื่อจัดทำและนำเสนอตัวเลือกในการออกตรวจโรงงานที่มีความเสี่ยงต่อการก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ ซึ่งครอบคลุมทั้งการระบุรายละเอียดทรัพยากรยานพาหนะ บุคลากร และงบประมาณที่ใช้ในแต่ละเส้นทาง รวมถึงการวิเคราะห์จุดเด่นและจุดด้อยของกรณีศึกษานั้น ๆ ซึ่งสอดคล้องตามวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1, 2 และ 3 โดยมีรายละเอียดสรุปผลของแต่ละกรณีศึกษา ดังนี้

กรณีที่ 1 ภายใต้ข้อกำหนดโครงการและใช้ยานพาหนะ 1 คัน มีจำนวนเที่ยววิ่งรวม 16 เที่ยว ระยะทางรวม 1,318.52 กิโลเมตร หรือเฉลี่ย 82.41 กิโลเมตรต่อเที่ยว ใช้ระยะเวลารวม 55:59 ชั่วโมง และมีงบประมาณรวม 34,993.05 บาท จุดเด่นของกรณีนี้คือใช้ทรัพยากรบุคลากรเพียง 1 ชุด และมีระยะเวลาปฏิบัติงานเฉลี่ยต่อเที่ยวเพียง 3:29 ชั่วโมง ซึ่งช่วยลดความเหนื่อยล้าต่อการปฏิบัติงานได้ดี แต่มีข้อจำกัดคือยานพาหนะคันเดียวต้องรับภาระงานทั้งหมด ทำให้ระยะทางรวมและระยะเวลาดำเนินโครงการสูงที่สุด

กรณีที่ 2 ภายใต้ข้อกำหนดโครงการและใช้ยานพาหนะ 2 คัน มีจำนวนเที่ยววิ่งรวม 16 เที่ยว ระยะทางรวม 1,311.37 กิโลเมตร หรือเฉลี่ย 81.96 กิโลเมตรต่อเที่ยว ใช้ระยะเวลารวม 55:46 ชั่วโมง และมีงบประมาณรวม 35,272.80 บาท ซึ่งเป็นงบประมาณสูงที่สุด แม้ว่ากรณีนี้จะช่วยกระจายภาระงานได้สมดุลมากขึ้น และมีระยะทางเฉลี่ยต่อเที่ยวต่ำที่สุด แต่การเพิ่มทรัพยากรบุคลากรและยานพาหนะทำให้ต้นทุนรวมสูงขึ้น

กรณีที่ 3 อ้างอิงตามสถิติการปฏิบัติงานจริงและใช้ยานพาหนะ 1 คัน มีจำนวนเที่ยววิ่งรวม 8 เที่ยว ระยะทางรวม 850.77 กิโลเมตร หรือเฉลี่ย 106.35 กิโลเมตรต่อเที่ยว ใช้ระยะเวลารวม 43:29 ชั่วโมง และมีงบประมาณรวม 17,931.25 บาท ซึ่งเป็นกรณีที่มีความคุ้มค่าด้านงบประมาณมากที่สุด สามารถลดจำนวนเที่ยววิ่งลงได้อย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับกรณีตามข้อกำหนดโครงการ อย่างไรก็ตามภาระงานต่อเที่ยวค่อนข้างสูง และใช้เวลาปฏิบัติงานเฉลี่ยต่อเที่ยว 5:26 ชั่วโมง ซึ่งอาจส่งผลต่อความเหนื่อยล้าของบุคลากร

กรณีที่ 4 อ้างอิงตามสถิติการปฏิบัติงานจริงและใช้ยานพาหนะ 2 คัน มีจำนวนเที่ยววิ่งรวม 8 เที่ยว ระยะทางรวม 831.32 กิโลเมตร หรือเฉลี่ย 103.92 กิโลเมตรต่อเที่ยว ใช้ระยะเวลารวม 43:15 ชั่วโมง และมีงบประมาณรวม 18,077.35 บาท กรณีนี้ให้ผลลัพธ์ด้านระยะทางรวมและระยะเวลารวม

ต่ำที่สุด และสามารถกระจายภาระงานระหว่างบุคลากรได้ดีขึ้น แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับกรณีที่ 3 พบว่าผลต่างด้านประสิทธิภาพโดยรวมมีไม่มาก ขณะที่ต้นทุนรวมสูงกว่าเล็กน้อย

โดยสรุป กลุ่มกรณีที่อ้างอิงตามสถิติการปฏิบัติงานจริง (กรณีที่ 3 และ 4) ให้ผลลัพธ์ดีกว่ากลุ่มกรณีตามข้อกำหนดโครงการ (กรณีที่ 1 และ 2) อย่างชัดเจนในด้านจำนวนเที่ยววิ่ง ระยะทางรวม ระยะเวลารวม และงบประมาณรวม ทั้งนี้ กรณีที่ 3 เหมาะสมที่สุดในด้านความคุ้มค่าของงบประมาณ ส่วน กรณีที่ 4 เหมาะสมที่สุดในด้านการลดระยะทางรวม ระยะเวลารวม และการกระจายภาระงาน

6.5 การอภิปรายผลลัพธ์เพื่อการตัดสินใจเลือกแผนงานจากการจำลอง

ผลการศึกษาสะท้อนให้เห็นว่าโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver สามารถใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนเส้นทางออกตรวจโรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากช่วยให้หน่วยงานสามารถเปรียบเทียบทางเลือกเชิงปฏิบัติการได้อย่างเป็นระบบ ทั้งในมิติของจำนวนเที่ยววิ่ง ระยะทางรวม ระยะเวลารวม งบประมาณ และการใช้ทรัพยากรบุคลากรและยานพาหนะ

เมื่อพิจารณาผลการจำลอง พบว่าการกำหนดจำนวนโรงงานที่ตรวจต่อรอบการเดินทางมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของแผนงาน กล่าวคือ แผนงานตามสถิติการปฏิบัติงานจริงที่กำหนดไว้ 10 แห่งต่อรอบการเดินทาง สามารถลดจำนวนเที่ยววิ่งจาก 16 เที่ยว เหลือ 8 เที่ยว หรือลดลงร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับแผนงานตามข้อกำหนดโครงการที่กำหนดไว้ 5 แห่งต่อรอบ นอกจากนี้ยังช่วยลดระยะทางรวมจากมากกว่า 1,300 กิโลเมตร เหลือประมาณ 831.32–850.77 กิโลเมตร และลดระยะเวลารวมจากประมาณ 55 ชั่วโมง เหลือประมาณ 43 ชั่วโมง ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าโปรแกรมสามารถช่วยออกแบบเส้นทางที่ทำให้การใช้ทรัพยากรมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ในด้านงบประมาณ ผลการศึกษาพบว่าแผนงานตามสถิติการปฏิบัติงานจริงช่วยลดงบประมาณรวมจากประมาณ 34,993.05–35,272.80 บาท เหลือเพียง 17,931.25–18,077.35 บาท หรือลดลงมากกว่าร้อยละ 48 เมื่อเทียบกับแผนงานตามข้อกำหนดโครงการ ผลลัพธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าโปรแกรมไม่ได้ช่วยเพียงจัดเส้นทางให้สั้นลงเท่านั้น แต่ยังช่วยให้หน่วยงานมองเห็นผลกระทบด้านต้นทุนจากการเลือกใช้จำนวนยานพาหนะและรูปแบบการจัดงานที่แตกต่างกันได้อย่างชัดเจน

อย่างไรก็ตาม แม้กรณีที่ 3 จะให้ผลดีที่สุดด้านงบประมาณ แต่การใช้ยานพาหนะเพียง 1 คันทำให้ภาระงานต่อเที่ยวสูงขึ้น ทั้งในด้านระยะทางเฉลี่ยและระยะเวลาปฏิบัติงานเฉลี่ยต่อเที่ยว ซึ่งอาจส่งผลต่อความเหนื่อยล้าสะสมของบุคลากรได้ ขณะที่กรณีที่ 4 แม้จะมีต้นทุนสูงกว่ากรณีที่ 3 เล็กน้อย แต่ช่วยลดระยะทางรวมและระยะเวลารวมลงได้อีก และเอื้อต่อการกระจายภาระงานที่สมดุลมากขึ้น จึงเหมาะกับสถานการณ์ที่หน่วยงานให้ความสำคัญกับความต่อเนื่องในการปฏิบัติงาน และการบริหารความเสี่ยงด้านทรัพยากร

ในอีกด้านหนึ่ง กรณีที่ 1 และ 2 แม้จะมีต้นทุนรวมและจำนวนเที่ยววิ่งสูงกว่า แต่มีข้อได้เปรียบคือระยะเวลาปฏิบัติงานเฉลี่ยต่อเที่ยวสั้นกว่าอย่างชัดเจน จึงเหมาะในกรณีที่หน่วยงานต้องการลดความเหนื่อยล้าของบุคลากรต่อการปฏิบัติงานหนึ่งครั้ง หรือต้องการจัดสรรเวลาให้สามารถกลับมาดำเนินงานด้านเอกสารหรือภารกิจอื่นภายในวันเดียวกันได้

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงชี้ให้เห็นว่า การใช้โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ไม่ได้ให้คำตอบเพียงแผนงานที่ “ดีที่สุด” เพียงรูปแบบเดียว แต่ช่วยให้หน่วยงานสามารถเลือกแผนงานที่เหมาะสมกับข้อจำกัดและเป้าหมายการบริหารจัดการของตนเองได้อย่างชัดเจน กล่าวคือ หากมุ่งเน้นความคุ้มค่าด้านงบประมาณ กรณีที่ 3 เป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด แต่หากมุ่งเน้น การลดระยะทางรวม ลดระยะเวลารวม และกระจายภาระงาน กรณีที่ 4 จะเหมาะสมกว่า ขณะที่กรณีที่ 1 และ 2 เหมาะสำหรับการให้ความสำคัญกับการลดภาระงานต่อเที่ยวและการควบคุมคุณภาพการตรวจในแต่ละรอบการปฏิบัติงาน

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงาน INT กรณีศึกษา ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำแนะนำในการดำเนินงานวิจัย รวมถึงขอขอบคุณสาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมการจัดการและโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามสำหรับการสนับสนุนบทความนี้

8. เอกสารอ้างอิง

กิตติพงษ์ ม้าลำพอง, และกนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์. (2566). การประยุกต์ใช้วิธีหาค่าที่เหมาะสมแบบวาฬสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะหลายประเภทภายใต้เงื่อนไขด้านกรอบเวลาแบบยืดหยุ่น. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน*, 11(1), 32–43.

นริศรา นาคะเมฆ, เนตรนภา จัยคลัง, วิลาวัลย์ สอนสิงห์, รัตนศิริ ท้วมยัง, ธัชชัย เทพกรณ์, ณัฐพร ตั้งเจริญชัย. (2568). การจัดเส้นทางยานพาหนะที่เหมาะสมสำหรับการเข้ารับและจัดส่งพัสดุด้วย VRP SPREADSHEET SOLVER กรณีศึกษาบริษัท BTF. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, 7(3), 407–422.

นริศรา นาคะเมฆ, รัตนศิริ ท้วมยัง, พัฒนวิวัฒน์ จันทะคุณ, วรเทพ ธวัชรสุวรรณ, ธัชชัย เทพกรณ์. (2568). การจัดเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดส่งพัสดุด้วยโปรแกรม VRP SPREADSHEET SOLVER ของบริษัทกรณีศึกษาแห่งหนึ่ง. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, 7(1), 31–50.

- เนตรนภา จุ้ยคลัง, พัชรกร ทองทับ, วิลาวัลย์ สอนสิง. (2568). การจัดเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการเข้ารับพัสดุจากบ้านลูกค้าและสาขาแฟรนไชส์ไปยังศูนย์รวบรวมสินค้าด้วยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver: กรณีศึกษาบริษัท XYZ พิชญ์โลก. **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม**, 7(1), 101-117.
- ปารณท์ กัญวิมล, และสราวุธ จันทร์สุวรรณ. (2564). การศึกษาเพื่อจัดเส้นทางเดินรถขนส่งรูปแบบมัลติรันและการจัดการกำหนดการรับสินค้า กรณีศึกษา การส่งชิ้นส่วนโรงงานประกอบรถยนต์แบบทันเวลาพอดี ABC. **TJOR**, 9(2), 1-11.
- ภาสวุฒิ เลิศมัธยกุล.(2564).การเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนสำหรับการจัดส่งสินค้าด้วยวิธีเมตาฮิวริสติก. (ปริญญาณิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- รวีโรจน์ ป้องทรัพย์. (2564). **การจัดเส้นทางขนส่งชิ้นส่วนรถยนต์กรณีศึกษาบริษัทขนส่งชิ้นส่วนรถยนต์**. มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- ศิริชัย ยศวังใจ. (2564). การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งที่มีกรอบเวลาโดยการใช้การค้นหาเฉพาะที่แบบปรับเปลี่ยนเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดด้วยอาณานิคมผึ้งเทียม. **UBU Engineering Journal**, 14(4), 161-171.
- อนุชา ศรีบุญรัมย์, ไทยทัศน์ สุดสวนสี, วราภรณ์ วโรรส, อามิณห์ หล้าวงศ์. (2565). ฮิวริสติกแบบสองเฟสสำหรับการจัดเส้นทางขนส่ง : กรณีศึกษาร้านขายส่งขนมแห่งหนึ่งในจังหวัดกาฬสินธุ์. **วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน**, 10(1), 16-28.
- Du Plessis, A. (2022). Persistent degradation: Global water quality challenges and required actions. **One Earth**, 5(2), 129-131.
- Erdogan, G. (2017). An open source spreadsheet solver for vehicle routing problems. **Computers & Operations Research**, 84, 62-72.
- Liu, X., Chen, Y.-L., Por, L. Y., & Ku, C. S. (2023). A systematic literature review of vehicle routing problems with time windows. **Sustainability**, 15(15), 12004. Doi: <https://doi.org/10.3390/su151512004>
- Oladimeji, T.E., Oyedemi, M., Emetere, M.E., Agboola, O., Adeoye, J.B., & Odunlami, O.A. (2024). Review on the impact of heavy metals from industrial wastewater effluent and removal technologies. **Heliyon**, 10 (23) , Article e40370 . Doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40370>