

**การวางแผนการดำเนินงานและปรับปรุงเส้นทางการจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อ
โดยใช้วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด**
**OPERATIONAL PLANNING AND IMPROVEMENT OF INFECTED WASTE
COLLECTION ROUTES BY USING THE SAVING ALGORITHM METHOD:
A CASE STUDY OF ABC CO., LTD.**

วันที่ได้รับต้นฉบับบทความ: 17 พฤษภาคม 2564

วันที่แก้ไขปรับปรุงบทความ: 10 มิถุนายน 2564

วันที่ตอบรับตีพิมพ์บทความ: 24 กรกฎาคม 2564

ชลิตา มีแสง*

Chalita Meesang

ญาณิศา ช้างน้อย*

Yanisa Changnong

ภาวิ วิตตานุช*

Papawee Wittanuch

ปรานค์ทิพย์ ไชยกิจ*

Prangtip Chaiking

กุสุมา พิริยาพรณ**

Kusuma Piriyaapun

รักสกุล ชีวะโกเศษฐ***

Ruksakul Cheewakoset

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดำเนินงานและใช้หลักการ ECRS ในการลดขั้นตอนการดำเนินงานที่ก่อให้เกิดความสูญเสียของ บริษัท ABC นอกจากนี้งานวิจัยยังมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม (saving algorithm) ในการจัดเส้นทางเดินรถจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อของบริษัท ให้เกิดประสิทธิภาพด้านเวลา โดยเงื่อนไขของงานวิจัยนี้คือ เวลาทำงานของพนักงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน และจำกัดความเร็ว 80 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง เพื่อเปรียบเทียบผลการจัดเส้นทางเดินรถจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งผลการวิจัย พบว่าจากการปรับปรุงขั้นตอนการดำเนินงานเดิมที่ใช้เวลาในการจัดเก็บ 8.24 ชั่วโมง หลังปรับปรุงใช้เวลา 8.08 ชั่วโมง

* นิสิตหลักสูตรปริญญาตรี สาขาการจัดการโลจิสติกส์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

** อาจารย์ประจำสาขาการจัดการโลจิสติกส์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Corresponding author. e-Mail: kusuma.pi@ku.th

*** อาจารย์ประจำสาขาการจัดการ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลดลง 1.94% ในส่วนของการจัดเส้นด้วยวิธีเซฟวิงอัลกอริทึม พบว่าระยะเวลารวมในการจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อ ต่อเดือน ก่อนปรับปรุงใช้เวลา 271 ชั่วโมง หลังปรับปรุงใช้เวลา 226.15 ชั่วโมง สามารถลดระยะเวลารวมได้ถึง 16.55% และสามารถจัดการกองยานพาหนะให้เกิดประสิทธิภาพเพื่อรองรับต่อการเติบโตในอนาคต

คำสำคัญ: การวางแผนการดำเนินงาน, ECRS, การจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อ, เซฟวิงอัลกอริทึม

ABSTRACT

This research aims to study the operation and use of ECRS principle for reducing operating procedures that cause wastefulness of ABC company. Furthermore, the research was conducted to apply the Saving Algorithm method for improving time efficiency in routing of infected waste collection. Constrain of this research, the employee's operating time of 8 hours per day and limitation of speed is 80 kilometers per hour in order to compare the result between its current routing and rerouting with the Saving Algorithm method. The result showed that with the improvement of operational procedures, the collection time reduced from 8.24 hours to 8.08 hours with the total time reduction at 1.94%. The routing with the Saving Algorithm method reduced from 271 hours to 226.15 hours per month with the total time reduction at 16.55%. In summary, this application can effectively manage the vehicle plant division so as to support its future growth.

Keywords: Operating procedures improvement, ECRS, Infected Waste Collection Routing, Saving Algorithm.

บทนำ

ภายใต้สถานการณ์การแข่งขันในการทำธุรกิจ บทบาททางด้านโลจิสติกส์จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพื่อส่งมอบสินค้าและบริการ การตอบสนองความต้องการของลูกค้าเพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันกับธุรกิจในกลุ่มเดียวกัน เช่นเดียวกันกับธุรกิจการจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อที่ต้องมีมาตรการจัดการด้านการจัดเก็บให้ถูกวิธีการรักษาความสะอาด เนื่องจากขยะมูลฝอยติดเชื่อนั้นคือขยะที่เกิดจากขั้นตอนในการรักษาพยาบาล เศษชิ้นส่วนมนุษย์ และสัตว์หรือปนเปื้อน ซึ่งขยะประเภทนี้มีเชื้อโรคที่อาจอันตรายและสามารถแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว ทำให้การจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อต้องแข่งขันกับความเร็วและการจัดเก็บที่ถูกต้องตามข้อบังคับของกระทรวงสาธารณสุข (กฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2545, 2545) อีกหนึ่งความท้าทายของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมพบว่า ข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยติดเชื้อในปี พ.ศ. 2555-2559 ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2562) ดังนั้นผู้ประกอบการจึงต้องวางแผนจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อ เพื่อให้สามารถรองรับกับปริมาณขยะดังกล่าว ให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าเพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน

บริษัทกรณีศึกษาได้ดำเนินธุรกิจบริการจัดการของเสียทางการแพทย์ โดยดำเนินการจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อจากสถานพยาบาล โรงพยาบาล คลินิก สถานเสริมความงาม รวมไปถึงองค์กรที่มีห้องปฏุมพยาบาลที่ก่อให้เกิด

ขยะมูลฝอยติดเชื้อที่จำเป็นต้องกำจัด เช่น โรงงาน มหาวิทยาลัย เป็นต้น โดยผู้วิจัยได้แบ่งปัญหาของการดำเนินงานของบริษัทกรณีศึกษาเป็น 2 ประเด็น คือ ประเด็นที่ 1 ปัญหาการเดินรถไม่ตรงตามแผนการดำเนินงาน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ปัญหาโดยใช้ Why-Why Analysis ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุอย่างเป็นระบบ (ณัฐนนท์ จิระไพศาลพงศ์, 2555) พบว่า สาเหตุของการเดินรถไม่ตรงตามแผนการดำเนินงาน เกิดจากกระบวนการก่อนเริ่มการทำงานของบริษัท ไม่มีมาตรการตรวจสอบเอกสารและมีขั้นตอนการนำส่งเอกสารให้กับพนักงานล่วงหน้าก่อนการทำงานจริง ทำให้พนักงานลืมนำเอกสารไปกับการเก็บขยะ ซึ่งส่งผลให้พนักงานไม่สามารถจัดเก็บขยะในสถานที่แรกได้ ต้องวนรถกลับไปยังบริษัทอีกครั้ง ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำหลักการ ECRS (กุสุมา ไชยโชติ, 2559) ซึ่งเป็นแนวคิดการลดความสูญเปล่าในกระบวนการดำเนินงาน และนำเครื่องมือ Check Sheets เข้ามาใช้ในการตรวจสอบเอกสารและอุปกรณ์ต่างๆ (ณัฐนนท์ บุญเสนอ, 2560) ซึ่งผู้วิจัยนำมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการก่อนเริ่มทำงาน เป็นการปรับปรุงจากเดิมที่มีการนำส่งเอกสารก่อนล่วงหน้าเปลี่ยนเป็นการนำส่งเอกสารในวันที่ทำงานจริง ประเด็นที่ 2 ปัญหาการทำงานล่วงเวลาของพนักงาน อันเนื่องมาจากปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (vehicle routing problem) (รัฐกร แดงแสงจันทร์, 2558) ถือเป็นปัญหาที่สร้างความเสียหายของบริษัท ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจุบันบริษัทคำนึงเพียงวันและเวลาที่ทำการตกลงไว้กับลูกค้าในการเข้าจัดเก็บขยะเท่านั้น ไม่ได้มีการนำเทคโนโลยี หรือนำหลักวิชาการมาใช้ในการจัดเส้นทาง ส่งผลให้การเดินรถในปัจจุบันไม่เกิดประสิทธิภาพด้านเวลาชั่วโมงการดำเนินงานของพนักงานขับรถจึงเพิ่มขึ้น หากบริษัทไม่มีการวางแผนการจัดเส้นทางเดินรถให้มีประสิทธิภาพย่อมส่งผลถึงต้นทุนการดำเนินงานที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน ผู้วิจัยจึงได้นำวิธีเซฟวิงอัลกอริทึม (saving algorithm) (Clarke & Wright, 1964) มาประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถให้กับบริษัทกรณีศึกษา โดยผู้วิจัยได้พิจารณาการจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะจากลูกค้าหลายราย กำหนดให้บริษัทกรณีศึกษาเป็นต้นทางในการจัดเก็บซึ่งรอบในการจัดเก็บขยะเป็นไปตามข้อตกลงที่บริษัททำสัญญาร่วมกับลูกค้า งานวิจัยนี้ได้วางแผนลำดับและเส้นทางการจัดเก็บขยะให้อยู่ภายใต้กรอบเวลาการทำงานของพนักงานขับรถ ตั้งแต่เวลา 09.00-17.00 น. ไม่นับเวลาพักของพนักงาน กล่าวคือ ไม่เกิน 420 นาที หรือ 7 ชั่วโมง ซึ่งผลที่ได้จากการแก้ปัญหา ทำให้สามารถจัดลำดับและเส้นทางการจัดเก็บภายใต้ระยะเวลาการทำงานที่กำหนดโดยไม่เกิดการทำงานล่วงเวลาของพนักงานเพื่อให้บริษัทใช้ทรัพยากรการดำเนินงานได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น You and Jiao (2014) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาและประยุกต์ใช้การกระจายแบบ Milk-Run ในอุตสาหกรรมขนส่งบนฐานของ Saving Algorithm พบว่า ทำให้ต้นทุนด้านโลจิสติกส์ลดลงใช้งานรถบรรทุกน้อยลงจากเดิมที่ต้องใช้ยานพาหนะ 5 คัน และรวมระยะทางขับรถ 75.48 กิโลเมตร แต่หลังการปรับปรุงโดยใช้อัลกอริทึมแบบประหยัดที่ปรับปรุงเส้นทางที่เหมาะสม ใช้ยานพาหนะทั้งหมด 4 คัน โดยใช้ระยะทางทั้งหมด 64.58 กิโลเมตร อัตราค่าเฉลี่ยการกระจายและการขนส่งตามจริง 84 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการโหลดเฉลี่ยจริง 99 เปอร์เซ็นต์ และสำหรับการโหลดที่มีประสิทธิภาพโดยรวมคือ 91.5 เปอร์เซ็นต์ อัตราการบรรทุกจริงได้รับการปรับปรุงเพื่อหลีกเลี่ยงเงื่อนไขของความล่าช้าที่เกิดจากการไม่เป็นไปตามข้อกำหนด สอดคล้องกับ ศิวพร สุกสี และธารณี มีเจริญ (2562) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่องการลดต้นทุนการขนส่งโดยการประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ: กรณีศึกษาบริษัทจำหน่ายอุปกรณ์ประดับยนต์ กล่าวว่า วิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด นักวิจัยในประเทศอังกฤษ Clarke and Wright นำเสนอการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีความต้องการของลูกค้าหลายราย และยานพาหนะมีความจุหลายขนาด

ส่งสินค้าออกจากคลังพัสดุแห่งเดียว โดยพัฒนาขั้นตอนให้สามารถเลือกเส้นทางยานพาหนะที่เหมาะสมที่สุด และผลที่ได้จากการแก้ปัญหานี้คือทำให้ทราบจำนวนยานพาหนะที่จะใช้ในการขนส่ง และปริมาณสินค้าที่ขนส่งโดยยานพาหนะแต่ละคัน โดยมีวิธีการดำเนินงาน นอกจากนี้ พลอยไพลิน ภูมิโคกรักษ์ (2560) กล่าวว่า การพัฒนาระบบการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง เพื่อหาวิธีการจัดเส้นทางรถขนส่งที่เหมาะสมสามารถลดระยะทางการขนส่งสินค้าได้โดยการประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดในการสร้างคำตอบตั้งต้นและทำการพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมในการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่ง สำหรับการนำ ECRS มาปรับปรุงกระบวนการทำงาน มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น Suhardi, Anisa, and Laksono (2019) ได้ทำการศึกษา การลดของเสียโดยใช้การผลิตแบบลีนและหลักการ ECRS ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ชาวอินโดนีเซีย โดยใช้เทคนิค 5W1H และหลักการ ECRS นอกจากนี้ยังมีการพิจารณาปริมาณงานของผู้ปฏิบัติงานเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาคอขวดและลดระยะเวลารอคอยสินค้า ผลลัพธ์ที่ได้คือ ในช่วงเวลานำลดลงประมาณ 4.79% และสามารถปรับสมดุลปริมาณงานที่ได้รับจากผู้ปฏิบัติงาน สอดคล้องกับ Kasemset, Boonmee, and Khuntaporn (2016) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ ECRS และเทคนิคการจำลองในคอขวดการระบุ และปรับปรุง: โรงงานบรรจุภัณฑ์กระดาษ โดยเสนอแนวคิด ECRS มาใช้ในการเสนอวิธีการปรับปรุงเพื่อลดเวลารวมของกระบวนการเป้าหมาย พบว่า จากแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าเวลาในกระบวนการทั้งหมดลดลงจาก 4.99 ชั่วโมง เป็น 3.49 ชั่วโมง ซึ่งลดลง 28.06%

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการดำเนินงานและใช้หลักการ ECRS ในการลดขั้นตอนการดำเนินงานที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่าของบริษัท ABC
2. เพื่อประยุกต์ใช้วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึมในการจัดเส้นทางเดินรถจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อของบริษัท ABC ให้เกิดประสิทธิภาพด้านเวลา
3. เพื่อเปรียบเทียบผลการจัดเส้นทางเดินรถจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อก่อนและหลังของบริษัท ABC โดยใช้วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม

สมมติฐานของการวิจัย

1. การประยุกต์ใช้หลักการ ECRS และ Check Sheets ทำให้ลดความผิดพลาดในการดำเนินงานของพนักงานที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่าด้านระยะทางและระยะเวลาเดินรถจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อ
2. การใช้ Saving Algorithm ในการจัดเส้นทางจะทำให้ระยะเวลาเดินรถจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อลดลงจากก่อนปรับปรุงและไม่เกินระยะเวลาการทำงานในแต่ละวัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. วางแผนการจัดเส้นทางการเดินทางรถจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อกลุ่มลูกค้าของบริษัท ABC โดยการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลตำแหน่งที่ตั้ง โรงพยาบาล คลินิก และโรงงานทั้งสิ้น 662 แห่ง (พ.ศ.2563)
2. การวิจัยนี้ครอบคลุมเฉพาะเส้นทางรถจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อระหว่างบริษัท ABC ไปยังลูกค้าที่อยู่ในพื้นที่ให้บริการ
3. การจัดเส้นทางรถจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อภายใต้กรอบข้อตกลงที่บริษัท ABC และลูกค้าได้ทำสัญญาข้อตกลงไว้ เช่น วัน และเวลาในการเข้าจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาและปรับปรุงขั้นตอนการดำเนินงานที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่าของบริษัท ABC

ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์และสำรวจเชิงพื้นที่โดยการลงพื้นที่จริงร่วมกับพนักงานขับรถของบริษัท ABC ทำให้ทราบขั้นตอนการเตรียมความพร้อมก่อนและระหว่างการเดินทางรถจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อ และพบขั้นตอนการดำเนินงานที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่า (waste) คือการที่พนักงานลืมใบกำกับการเก็บขนที่จะต้องใช้ในการตรวจสอบที่อยู่ของลูกค้าและการบันทึกการเก็บขนขยะ ซึ่งระหว่างการเดินทางไปจัดเก็บขยะจากลูกค้าแห่งแรกทำให้พนักงานต้องย้อนกลับไปนำใบกำกับการเก็บขนที่บริษัท ABC อีกครั้ง สาเหตุที่พนักงานไม่ได้นำมาใบกำกับการเก็บขนมาดำเนินงานด้วยนั้น เกิดจากการไม่มีขั้นตอนการตรวจสอบเอกสารก่อนเริ่มดำเนินงาน และมีขั้นตอนในการรับใบกำกับการเก็บขนล่วงหน้าหนึ่งวัน พนักงานจึงได้รับเอกสารล่วงหน้าแต่ไม่ได้นำมาใช้ในวันดำเนินงานทำให้พนักงานต้องกลับไปยังจุดเริ่มต้นอีกครั้ง ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการจัดเก็บขยะ เมื่อผู้วิจัยได้ทราบถึงขั้นตอนการดำเนินงานที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่าจึงนำหลักการ ECRS และ Check Sheets มาปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานให้เกิดประสิทธิภาพด้านระยะเวลาและระยะทางเพิ่มขึ้น ดังนี้

C: Combine คือ การผสมผสานขั้นตอนเข้าด้วยกัน โดยการรับใบกำกับการเก็บขนพร้อมกับการลงชื่อเข้าทำงานในแอปพลิเคชันของบริษัท ณ วันดำเนินงาน ทำให้สามารถลดขั้นตอนของการนำส่งเอกสารให้กับพนักงานขับรถก่อนล่วงหน้า

R: Rearrange คือ การโยกย้ายสลับเปลี่ยนลำดับของขั้นตอนการดำเนินงาน โดยการรับใบกำกับการเก็บขน ณ วันดำเนินงานนั้น ๆ จากขั้นตอนเดิมเมื่อพนักงานขับรถดำเนินงานในวันนั้นเสร็จสิ้น จะได้รับใบกำกับการเก็บขนล่วงหน้าสำหรับการดำเนินงานในวันถัดไป

S: Simplify คือ การปรับปรุงการทำงานให้สะดวกและแม่นยำขึ้น โดยการส่งข้อมูลเส้นทางรถจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อผ่านแอปพลิเคชันของบริษัท ABC ให้กับพนักงานขับรถก่อนล่วงหน้า เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนการดำเนินงาน

2. การจัดเส้นทางรถจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อให้กับบริษัท ABC โดยใช้วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม
 - 1) นำตำแหน่งที่ตั้งของลูกค้ารวมทั้งสิ้น 662 แห่ง ทหาระยะทางระหว่างตำแหน่งลูกค้า 2 ตำแหน่ง ให้ครบทุกราย ผ่านเว็บไซต์ Google Map

2) สร้างเมทริกซ์ระยะทางจากระยะห่างระหว่างตำแหน่งลูกค้า จากข้อมูลระยะทางของเว็บไซต์ Google Map

3) สร้างเมทริกซ์ระยะเวลาระหว่างตำแหน่งลูกค้า 2 ตำแหน่ง ผ่านโปรแกรม Microsoft Excel ภายใต้เงื่อนไขความเร็วรถ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยคำนวณระยะเวลากการเดินทาง ดังนี้

ระยะเวลากการเดินทาง = (ระยะทาง/ความเร็ว) * ระยะเวลา

ระยะทาง ที่ใช้ในการคำนวณมีที่มาจากเมทริกซ์ระยะทางระหว่างตำแหน่ง 2 ตำแหน่งที่ต้องการความเร็ว ภายใต้เงื่อนไข 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ระยะเวลา คือ 60 นาที (1 ชั่วโมง)

4) คำนวณค่า Saving (S_{ij}) ของลูกค้าทุกคู่โดยใช้ข้อมูลจากตารางเมทริกซ์ระยะทาง จากสูตร Saving Cost (S_{ij}) = $C_{iD} + C_{Dj} - C_{ij}$ เมื่อ i, j คือ ลูกค้า D คือบริษัท ABC และ C คือ ระยะทาง โดยใช้ฟังก์ชัน OFFSET เป็นเครื่องมือคำนวณหาค่าความประหยัด กำหนดให้บริษัท ABC คือ 1 ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นในการเดินทาง

5) เรียงลำดับค่า Saving (S_{ij}) จากมากไปน้อยจัดเส้นทางเดินทางจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื่อโดยการรวมลูกค้าในแต่ละคู่ที่มีค่าความประหยัดสูงสุด ภายใต้เงื่อนไขไม่เกินระยะเวลากการทำงานในแต่ละวัน (รวมเวลาในการเดินทาง และเวลาในการจัดเก็บ) ตั้งแต่ 9.00-17.00 น. ไม่นับเวลาพักของพนักงาน กล่าวคือ ไม่เกิน 420 นาที หรือ 7 ชั่วโมง และทำซ้ำจนจัดเส้นทางได้ครบทุกตำแหน่งลูกค้า

6) คำนวณระยะเวลากการเดินทาง โดยอ้างอิงระยะเวลาระหว่างตำแหน่งลูกค้า 2 ตำแหน่งใด ๆ ได้จากเมทริกซ์ระยะเวลากที่ได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 3

7) แสดงผลเส้นทางเดินทางจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื่อก่อนและหลังปรับปรุงผ่านเว็บไซต์ Optimap เพื่อเปรียบเทียบเส้นทางกการจัดเก็บก่อนและหลังปรับปรุง

อย่างไรก็ตามการกจัดเส้นทางกการเดินทางไม่ได้คำนึงเพียงระยะเวลากการดำเนินงานเท่านั้น แต่ยังคำนึงถึงปริมาณขยะมูลฝอยติดเชื่อที่ต้องจัดเก็บจากลูกค้าแต่ละราย ซึ่งจากการสอบถามข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา พบว่าปริมาณขยะมูลฝอยติดเชื่อที่จัดเก็บในแต่ละรอบมีสัดส่วนน้อยกว่าพื้นที่จัดเก็บของรถที่สามารถจัดเก็บขยะได้ ดังนั้นการกจัดลำดับเส้นทางกการจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื่อจากลูกค้าในแต่ละรอบจึงไม่พบปัญหาพื้นที่จัดเก็บขยะไม่เพียงพอ

ตารางที่ 1 เมทริกซ์ระยะเวลาของการวิ่งรถ ภายใต้เงื่อนไขความเร็ว 80 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง

80 km/hr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
1	0.00	36.98	41.48	41.70	39.75	46.35	43.73	32.93	38.18	34.65	24.53	50.03	47.10	47.10	46.28	44.03	57.00	54.83	61.73	62.63	70.50	67.28	65.55	63.90	62.18	69.00	61.50	64.95	67.73	67.28	42.53	58.20	56.70	77.25	65.70	65.78	66.68	59.93	59.25	59.10	59.93	83.25	59.78	60.98	10.28	87.00
2	36.98	0.00	9.15	9.68	4.95	7.35	5.78	8.03	1.05	0.41	9.45	17.70	16.13	16.13	14.70	12.98	25.95	24.38	34.65	35.55	43.43	40.20	35.03	36.90	35.10	41.93	39.68	34.50	40.65	39.30	23.93	31.13	30.38	40.20	38.63	38.70	39.60	34.35	33.68	33.53	34.43	56.10	34.20	33.23	24.30	73.73
3	41.48	9.15	0.00	0.41	5.03	7.88	8.55	16.43	8.85	9.83	25.80	19.43	18.00	18.30	8.25	4.95	23.18	23.63	36.60	36.23	42.98	39.75	34.58	36.38	34.65	37.58	39.23	33.98	40.20	38.85	34.95	25.65	26.18	39.75	38.18	38.25	39.15	37.43	35.93	38.33	34.58	55.65	37.13	42.08	30.60	63.45
4	41.70	9.68	0.41	0.00	7.43	9.15	15.98	8.70	9.23	26.03	19.05	17.55	17.93	7.88	5.18	22.73	23.25	36.15	35.78	42.53	39.30	34.13	36.00	34.20	41.03	38.78	33.60	39.75	38.48	34.50	23.85	25.80	39.38	37.80	37.80	38.70	36.98	35.48	37.88	34.13	55.20	36.75	41.63	30.83	63.68	
5	39.75	4.95	5.03	5.10	0.00	3.00	3.75	11.78	3.98	6.53	16.43	13.65	12.30	12.30	8.63	9.68	20.40	19.28	31.95	29.63	38.40	35.18	31.73	31.80	30.00	36.83	34.65	29.40	35.63	34.28	30.23	20.25	25.28	35.18	33.60	33.68	34.58	33.00	30.23	32.63	30.23	51.00	32.78	36.38	29.03	66.83
6	46.35	7.35	7.88	7.43	3.00	0.00	3.45	14.10	6.38	7.35	17.48	11.93	10.65	10.65	10.50	12.83	20.40	19.50	29.85	30.68	38.55	35.33	30.15	32.03	30.23	37.05	34.80	29.63	35.85	34.50	31.28	20.18	23.63	35.40	33.83	33.83	34.73	30.00	28.50	30.90	27.15	51.23	29.78	34.65	33.08	68.55
7	43.73	5.78	8.55	9.15	3.75	3.45	0.00	10.28	4.80	5.78	15.68	12.15	10.80	10.80	12.90	13.35	20.63	19.65	30.00	30.90	38.78	35.55	30.38	32.25	30.45	37.28	35.03	29.85	36.00	34.65	28.73	20.40	25.73	35.55	33.98	34.05	34.95	30.15	28.73	31.13	27.38	51.45	29.93	34.88	30.53	70.35
8	32.93	8.03	16.43	15.98	11.78	14.10	10.28	0.00	1.95	0.38	10.20	17.48	16.80	16.80	14.70	12.98	26.63	24.90	35.40	36.23	38.55	40.88	35.55	37.43	35.63	41.25	40.35	35.18	41.33	40.05	24.68	26.48	31.05	40.95	39.38	39.38	40.28	35.03	33.90	34.28	32.55	56.78	34.95	33.90	24.30	71.55
9	38.18	1.05	8.85	8.70	3.98	6.38	4.80	1.95	0.00	0.98	15.90	15.90	16.65	16.65	12.38	12.75	24.38	24.90	35.25	36.15	44.03	40.80	35.63	37.43	35.63	42.45	40.28	35.03	41.25	39.90	26.25	26.33	30.90	40.80	39.23	39.30	40.20	34.95	34.28	34.13	34.95	56.63	34.80	33.75	24.90	74.93
10	34.65	0.41	9.83	9.23	6.53	7.35	5.78	0.38	0.98	0.00	9.83	17.78	16.43	16.43	14.33	12.53	26.25	25.13	35.03	35.85	43.73	40.50	35.33	37.20	35.40	42.23	39.98	34.80	40.95	39.68	26.03	26.10	30.68	40.50	39.00	39.00	39.90	34.65	33.98	33.90	34.73	56.40	34.50	33.53	23.93	77.25
11	24.53	9.45	25.80	26.03	16.43	17.48	15.68	10.20	15.90	9.83	0.00	24.30	25.80	25.80	26.25	24.53	37.50	29.18	39.45	40.35	48.23	45.00	39.83	41.70	39.90	46.73	44.48	39.30	45.45	44.18	17.70	35.93	35.18	45.00	43.43	43.50	44.40	40.73	40.05	39.90	40.80	60.90	40.58	41.78	15.08	82.50
12	50.03	47.10	19.43	19.05	13.65	11.93	12.15	17.48	15.90	17.78	24.30	0.00	1.50	1.65	14.93	19.95	11.78	7.80	17.85	18.68	26.55	23.33	18.15	20.03	18.23	25.05	22.80	17.63	23.78	22.50	22.58	11.63	13.50	23.33	21.75	21.83	22.73	18.00	16.50	18.90	15.15	39.23	17.70	22.65	37.50	62.55
13	47.10	16.13	18.00	17.55	12.30	10.65	10.80	16.80	16.65	16.43	25.80	1.50	0.00	0.34	12.98	18.00	9.83	8.78	19.13	19.95	27.83	24.60	19.43	21.30	19.50	26.33	24.08	18.90	25.13	23.78	24.08	9.68	14.78	24.68	23.10	23.10	24.00	19.43	17.93	20.40	16.58	40.50	19.20	24.08	39.83	64.05
14	47.10	16.13	18.30	17.93	12.30	10.65	10.80	16.80	16.65	16.43	25.80	1.65	0.34	0.00	13.28	18.38	10.20	9.15	19.43	20.33	28.20	24.98	19.80	21.68	19.88	25.28	24.45	19.28	25.43	24.08	24.30	9.98	15.15	24.98	23.40	23.48	24.38	19.65	18.15	20.55	16.80	40.88	19.35	24.30	39.15	64.28
15	46.28	14.70	8.25	7.88	8.63	10.50	12.90	14.70	12.38	14.33	26.25	14.93	12.98	13.28	0.00	5.18	15.90	18.68	29.33	28.95	35.70	32.48	27.30	29.18	27.38	34.20	31.95	26.78	32.93	31.65	36.98	17.78	18.98	32.48	30.90	30.98	31.88	35.63	30.90	35.48	33.45	34.80	37.88	59.48		
16	44.03	12.98	4.95	5.18	9.68	12.83	13.35	12.98	12.75	12.53	24.53	19.95	18.00	18.38	5.18	0.00	20.70	27.90	34.13	33.75	40.50	37.28	32.10	33.98	32.18	37.58	36.75	31.58	37.73	36.45	45.00	21.83	23.78	37.05	35.70	35.78	36.68	37.20	35.70	38.10	34.35	52.58	36.90	45.68	33.60	57.53
17	57.00	25.95	23.18	22.73	20.40	20.40	20.63	26.63	24.38	26.25	37.50	11.78	9.83	10.20	15.90	20.70	0.00	7.43	13.95	13.50	20.33	17.10	11.93	13.73	11.93	18.75	16.50	11.33	17.55	16.20	34.13	1.43	3.53	17.10	15.53	15.53	16.43	19.58	18.98	20.03	18.00	32.93	19.50	30.83	48.98	52.43
18	54.83	24.38	23.63	23.25	19.28	19.50	19.65	24.90	24.90	25.13	29.18	7.80	8.78	9.15	18.68	27.90	7.43	0.00	11.48	12.38	20.25	17.03	11.85	13.73	11.93	18.75	16.50	11.33	17.48	16.20	27.83	7.35	5.78	17.03	15.45	15.53	16.43	17.18	15.98	17.03	14.93	32.93	16.88	24.53	43.58	56.25
19	61.73	34.65	36.60	36.15	31.95	29.85	30.00	35.40	35.25	35.03	39.45	17.85	19.13	19.43	29.33	34.13	13.95	11.48	0.00	3.00	6.68	10.58	6.00	7.65	7.65	9.00	9.98	6.75	9.23	13.73	39.68	14.85	10.58	15.98	13.05	13.13	14.25	8.40	8.70	10.28	8.25	32.18	8.03	17.25	54.53	56.48
20	62.63	35.55	36.23	35.78	29.63	30.68	30.90	36.23	36.15	35.85	40.35	18.68	19.95	20.33	28.95	33.75	13.50	12.38	3.00	0.00	4.95	10.20	6.00	7.28	5.85	8.63	8.03	6.68	8.85	13.35	39.60	14.78	10.50	15.60	12.68	12.75	13.88	9.90	12.00	13.05	10.95	31.80	9.53	20.55	55.35	55.05
21	70.50	43.43	42.98	42.53	38.40	38.55	38.78	38.55	44.03	43.73	48.23	26.55	27.83	28.20	35.70	40.50	20.33	20.58	6.68	4.95	0.00	5.03	3.15	4.50	3.08	4.80	3.98	3.98	3.98	8.25	42.75	17.93	13.65	10.05	7.50	7.58	8.70	15.15	13.95	15.00	12.98	25.20	14.85	21.50	58.50	51.98
22	67.28	40.20	39.75	39.30	35.18	35.33	35.55	40.88	40.80	40.50	45.00	23.33	24.60	24.98	32.48	37.28	17.10	17.03	10.58	10.20	5.03	0.00	4.20	3.90	4.05	1.58	0.71	4.88	1.65	4.58	42.38	17.55	13.28	7.20	3.90	3.90	5.03	16.35	15.15	16.20	14.10	23.03	16.05	23.70	58.13	46.95
23	65.55	35.03	34.58	34.13	31.73	30.15	30.38	35.55	35.63	35.33	39.83	18.15	19.43	19.80	27.30	32.18	11.93	11.85	6.00	6.00	3.15	4.20	0.00	1.88	0.17	3.15	4.13	1.80	3.38	7.88	41.18	16.35	12.08	11.40	7.20	7.28	8.40	12.45	11.25	12.30	10.28	26.33	12.23	19.80	56.93	51.08
24	63.90	36.90	36.38	36.00	31.80	32.03	32.25	37.43	37.43	37.20	41.70	20.03	21.30	21.68	29.18	33.98	13.73	13.73	7.65	7.28	4.50	3.90	1.88	0.00	0.16	3.30	4.20	0.98	3.45	8.03	37.73	12.90	8.63	11.48	7.28	7.35	8.48	12.60	11.25	12.30	10.20	26.38	12.15	19.80	54.83	51.60
25	62.18	35.10	34.65	34.20	30.00	30.23	30.45	35.63	35.63	35.40	39.90	18.23	19.50	19.88	27.38	32.18	11.93	11.93	7.65	5.85	3.08	4.05	0.17	0.16	0.00	3.15	4.05	1.95	3.30	7.88	41.18	16.28	9.68	9.68	7.13	7.20	8.33	12.98	11.70	12.68	10.65	26.25	12.60	21.60	56.85	51.75
26	69.00	41.93	37.58	41.03	36.83	37.05	37.28	41.25	42.45	42.23	46.73	25.05	26.33	25.28	34.20	37.58	18.75	18.75	9.00	8.63	4.80	1.58	3.15	3.30	3.15	0.00	0.90	5.10	1.88	4.73	42.53	17.70														

ผลการวิจัย

ผลการนำหลักการ ECRS และ Check Sheets มาใช้ในการลดขั้นตอนการดำเนินงานที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่าของบริษัท ABC

ตารางที่ 2 ผลการปรับปรุงกระบวนการก่อนการปฏิบัติงานโดยใช้หลักการ ECRS และ Check sheets

	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	อัตราการเปลี่ยนแปลง
ระยะทาง (กิโลเมตร)	174	152	-12.64%
เวลา (ชั่วโมง)	8.24	8.08	-1.94%

จากตารางที่ 2 พบว่าระยะเวลาและระยะทางลดลงจากการที่ไม่ต้องวนรถซ้ำ จากเดิมที่มีการวนรถซ้ำใช้เวลา 8.24 ชั่วโมง หลังปรับปรุงใช้เวลา 8.08 ชั่วโมง สามารถลดเวลาได้ 16.30 นาที คิดเป็น 1.94% และระยะทางที่มีการวนรถซ้ำมีระยะทาง 174 กิโลเมตร หลังปรับปรุงมีระยะทาง 152 กิโลเมตร สามารถลดระยะทางได้ 22 กิโลเมตร คิดเป็น 12.64%

ผลการปรับปรุงเส้นทางการจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อ

ตารางที่ 3 ผลการปรับปรุงเส้นทางเดินรถจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อของวันจันทร์ สัปดาห์ที่ 2

	ลำดับเส้นทางก่อนการปรับปรุง	ลำดับเส้นทางหลังการปรับปรุง	เวลาก่อนการปรับปรุง (ชั่วโมง)	เวลาหลังการปรับปรุง (ชั่วโมง)
รถคันที่ 1	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-1	1-14-17-32-33-20-19-27-25-24-28-23-21-26-29-22-36-35-30-34-37-42-46-1	5.55	7.00
รถคันที่ 2	1-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-1	1-8-10-2-9-7-6-5-4-3-16-15-13-12-18-39-40-41-43-38-11-45-1	7.20	6.53
รถคันที่ 3	1-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-1		8.00	
	รวมเวลา (ชั่วโมง)		21.27	13.53
	อัตราการเปลี่ยนแปลง			ลดลง 36.39%

จากตารางที่ 3 การปรับปรุงเส้นทางเดินรถจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อโดยการประยุกต์ใช้ Saving Algorithm พบว่า ระยะเวลารวมในการเดินทางลดลง ในวันจันทร์ สัปดาห์ที่ 2 ก่อนการปรับปรุงใช้เวลา 21.27 ชั่วโมง หลังปรับปรุงใช้เวลา 13.53 ชั่วโมง ลดลง 36.39% และ พบว่า จากเดิมที่ใช้รถ 3 คัน แต่เมื่อปรับปรุงแล้วใช้รถเพียง 2 คัน ในการเก็บขน ซึ่งทำให้ลดการใช้ทรัพยากรและลดต้นทุนในการทำงานล่วงเวลาของพนักงาน

ตารางที่ 4 สรุปผลการปรับปรุงเส้นทางเดินรถจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อในแต่ละวัน

วันดำเนินงาน	จัดเก็บขยะ	ระยะเวลารวมก่อนปรับปรุง (ชั่วโมง)	ระยะเวลารวมหลังปรับปรุง (ชั่วโมง)	อัตราการเปลี่ยนแปลง (ลดลง)
วันจันทร์	สัปดาห์ที่ 1	18.31	15.4	-15.89%
	สัปดาห์ที่ 2	21.27	13.53	-36.39%
	สัปดาห์ที่ 3	20.51	18.1	-11.75%
	สัปดาห์ที่ 4	21.54	18.45	-14.35%
วันอังคาร	สัปดาห์ที่ 1 และ 3	12	11.04	-8.00%
	สัปดาห์ที่ 2 และ 4	12.28	11.19	-8.88%
วันพุธ	สัปดาห์ที่ 1 และ 3	14.39	13.25	-7.92%
	สัปดาห์ที่ 2	18.07	11.54	-36.14%
	สัปดาห์ที่ 4	11	10.54	-4.18%
วันพฤหัสบดี	สัปดาห์ที่ 1 และ 3	14.09	12.06	-14.41%
	สัปดาห์ที่ 2 และ 4	19.47	18.06	-7.24%
วันศุกร์	สัปดาห์ที่ 1	13.38	10.58	-20.93%
	สัปดาห์ที่ 2	16.3	15.07	-7.55%
	สัปดาห์ที่ 3	12.13	11.42	-5.85%
	สัปดาห์ที่ 4	21.08	14.52	-31.12%
วันเสาร์	สัปดาห์ที่ 1 และ 3	10.17	8.54	-16.03%
	สัปดาห์ที่ 2 และ 4	14	12.4	-11.43%
รวม		271	226.15	-16.55%

จากตารางที่ 4 แสดงผลของการปรับปรุงการจัดเส้นทางด้วยวิธี Saving Algorithm พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางลดลงทุกวัน โดยวันจันทร์สัปดาห์ที่มีระยะเวลาลดลงมากที่สุดคือสัปดาห์ที่ 2 ลดลงมากที่สุดถึง 36.39% จากเดิมใช้เวลา 21.27 ชั่วโมง หลังปรับปรุงใช้เวลา 13.53 ชั่วโมง และยังใช้รถที่ลดลงจากเดิมที่ใช้ 3 คัน เป็น 2 คัน

วันอังคารสัปดาห์ที่มีระยะเวลาลดลงมากที่สุดคือสัปดาห์ที่ 2 และ 4 ลดลง 8.88% จากเดิมใช้เวลา 12.28 ชั่วโมง หลังปรับปรุงใช้เวลา 11.19 ชั่วโมง วันพุธสัปดาห์ที่มีระยะเวลาลดลงมากที่สุดคือสัปดาห์ที่ 2 ลดลงมากที่สุดถึง 36.14% จากเดิมใช้เวลา 18.07 ชั่วโมง หลังปรับปรุงใช้เวลา 11.54 ชั่วโมง วันพฤหัสบดีสัปดาห์ที่มีระยะเวลาลดลงมากที่สุดคือ สัปดาห์ที่ 1 และ 3 ลดลง 14.41% จากเดิมใช้เวลา 14.09 ชั่วโมง หลังปรับปรุงใช้เวลา 12.06 ชั่วโมง และยังใช้รถที่ลดลงจากเดิมที่ใช้ 3 คัน เป็น 2 คัน วันศุกร์สัปดาห์ที่มีระยะเวลาลดลงมากที่สุดคือ สัปดาห์ที่ 4 ลดลงมากที่สุดถึง 31.12% จากเดิมใช้เวลา 21.08 ชั่วโมง หลังปรับปรุงใช้เวลา 14.52 ชั่วโมง อีกทั้งยังใช้รถที่ลดลงจากเดิมที่ใช้ 3 คัน เป็น 2 คัน และวันเสาร์สัปดาห์ที่มีระยะเวลาลดลงมากที่สุดคือสัปดาห์ที่ 1 และ 3 ลดลง 16.03% จากเดิมใช้เวลา 10.17 ชั่วโมง หลังปรับปรุงใช้เวลา 8.54 ชั่วโมง

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการปรับปรุงเส้นทางเดินทางจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อโดยการประยุกต์ใช้ Saving Algorithm พบว่าระยะเวลาการจัดเก็บรวมลดลงทุกเส้นทางการเดินทางเดินทางภายใต้เงื่อนไขอัตราความเร็วรถ 80 กม./ชม. ตัวอย่างเช่น วันจันทร์สัปดาห์ที่ 2 มีระยะเวลาในการเดินทางลดลงมากที่สุดถึง 36.39% จากเดิมเวลา 21.27 ชั่วโมง หลังปรับปรุงใช้เวลา 13.53 ชั่วโมง และใช้จำนวนรถลดลง จากเดิมที่ใช้ 3 คัน เป็น 2 คัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ Saving Algorithm ในการจัดเส้นทางนั้นทราบถึงเส้นทางที่มีความประหยัดที่สุด ภายใต้เงื่อนไขอัตราความเร็วรถ 80 กม./ชม. โดยไม่เกินระยะเวลาการทำงานในแต่ละวัน (8 ชม./วัน) เป็นการลดต้นทุนการดำเนินงานไม่ก่อให้เกิดค่าล่วงเวลาที่บริษัทต้องจ่ายให้แก่พนักงาน

การลดขั้นตอนการดำเนินงานที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่า โดยใช้หลักการ ECRS และ Check Sheets พบว่าสามารถลดระยะเวลาและระยะทางการเดินทางได้ ซึ่งจากการลงพื้นที่สำรวจหากพนักงานมีการตรวจสอบเอกสารโดยใช้ Check Sheets และมีการปรับขั้นตอนก่อนการดำเนินงานโดยใช้หลักการ ECRS จะสามารถกำจัดความสูญเปล่าในการเดินทาง ทำให้ระยะทางลดลงจากการที่ไม่ต้องวนรถซ้ำ จากเดิมที่มีการวนรถซ้ำมีระยะทาง 174 กิโลเมตร หลังปรับปรุงมีระยะทาง 152 กิโลเมตร สามารถลดระยะทางได้ 22 กิโลเมตร คิดเป็น 12.64% และหากมีการวนรถซ้ำ ใช้เวลา 8.24 ชั่วโมง หลังปรับปรุงใช้เวลา 8.08 ชั่วโมง สามารถลดเวลาได้ 16.30 นาที คิดเป็น 1.94%

ข้อเสนอแนะ

1. บริษัทควรจัดเก็บข้อมูลระยะทางการเดินทางแต่ละคัน เพื่อให้เกิดการควบคุมและติดตามปริมาณการใช้น้ำมันในการจัดเก็บขยะมูลฝอยติดเชื้อ โดยสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการวางแผนบริหารจัดการต้นทุนการดำเนินงานต่อไปได้
2. เสนอแนะให้บริษัทจัดทำเอกสารให้อยู่ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์หรือแพลตฟอร์ม เพื่อป้องกันการดำเนินงานผิดพลาดจากการลืมเอกสารของพนักงาน
3. บริษัทควรมีการวางแผนการใช้น้ำมันพาหนะให้สามารถรองรับความต้องการของลูกค้าในอนาคตอย่างมีประสิทธิภาพ

บรรณานุกรม

- กฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2545. (2545, 5 กันยายน). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 119 ตอนที่ 86 ก.
- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2562). *แผนการปฏิบัติการการจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2562-2564*. นนทบุรี: สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม.
- กุสุมา ไชยโชติ. (2559). *การลดระยะเวลาการเติมสินค้าหน้าชั้นวางโดยใช้ระบบคัมบัง กรณีศึกษาธุรกิจค้าปลีก*. การค้นคว้าอิสระวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน, มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- ณัฐนันท์ จิระไพศาลพงศ์. (2555). *การปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินการด้านห่วงโซ่อุปทานของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก*. สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- ณัฐนันท์ บุญเสนอ. (2560). *การลดของเสียในกระบวนการปั๊มขึ้นรูป*. โครงการสหกิจศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- พลอยไพลิน ภูมิโคกรักษ์. (2560). *การพัฒนาระบบการจัดเส้นทางเดินทางขนส่งสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมระบบอุตสาหกรรมสิ่งแวดล้อม, สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- รัฐกร แต่งแสงจันทร์. (2558). *การจัดเส้นทางเดินทางเพื่อส่งสินค้าหลายจุดที่มีเงื่อนไขรอบเวลาและข้อจำกัดเวลาการทำงาน*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ศิวพร สุกสี และธาริณี มีเจริญ. (2562). การลดต้นทุนการขนส่งโดยการประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินทาง: กรณีศึกษา บริษัทจำหน่ายอุปกรณ์ประดับยนต์. *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, 9(1), หน้า 69-84.
- Clarke, G. & Wright, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*, 12(4), pp. 568-581.

- Kasemset, C., Boonmee, C., & Khuntaporn, P. (2016). Application of MFCA and ECRS in waste reduction: A case study of electronic parts factory. In *Proceedings of the 2016 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 1844-1853). Kuala Lumpur, Malaysia: IEOM Society International.
- Suhardi, B., Anisa, N., & Laksono, P. W. (2019). Minimizing waste using lean manufacturing and ECRS principle in Indonesian furniture industry. *Cogent Engineering*, 6(1), pp 1-13.
- You, Z., & Jiao, Y. (2014). *Development and application of milk-run distribution systems in the express industry based on saving algorithm* (Online).
Available: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2014/536459> [2021, February 11].