



การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจัดการรถบรรทุกขนส่งสินค้าส่งออก
ในพื้นที่เขตปลอดอากร ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิด้วยตัวแบบจำลอง
Performance analysis in managing trucks handling export cargo
at Suvarnabhumi airport free zone using a simulation model

พนิดา แคมช้าง^{1*} และจรรยา ชาญชัยจุติ²
สำนักวิชาการจัดการ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
Panida Chamchang^{1*} and Janya Chanchaichujit²
School of Management, Walailak University

(Received: August 31, 2019; Revised: January 23, 2020; Accepted: March 11, 2020)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและประเมินประสิทธิภาพการจัดการรถบรรทุกขนส่งสินค้าส่งออกในพื้นที่เขตปลอดอากร ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ และเสนอแนวทางการปรับปรุงระบบการจัดการเพื่อลดความหนาแน่นของการจราจรในพื้นที่ตัวแบบจำลองได้ถูกนำมาใช้ร่วมกับการประยุกต์ใช้โปรแกรม Arena เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการจัดการในปัจจุบันและระบบปรับปรุงใหม่ อัตราการเข้ามารับบริการของรถทั้งหมดได้ถูกเก็บรวบรวมระหว่างเดือน พ.ค.-ส.ค. 2561 รวมทั้งได้เก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างรถ 335 คัน เพื่อสำรวจระยะเวลาที่รถใช้จริงในพื้นที่ ผลการศึกษา พบว่า รถบรรทุกขนส่งสินค้าใช้เวลาเฉลี่ยในพื้นที่ 55 นาที โดยมีจำนวนรถในพื้นที่สูงสุด 138 คันในช่วงเวลา 17:01-18:00 น. ในด้านอัตราประโยชน์ของการใช้ช่องเทียบรถเพื่อการขนถ่ายสินค้าพบว่าส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าร้อยละ 50 ยกเว้นช่วงเวลา 15:01-20:00 น. ที่อัตราประโยชน์เพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยด้วยค่าสูงสุดเป็นร้อยละ 70 ในช่วงเวลา 18:01-19:00 น. และพบว่าเวลารอคอยเฉลี่ยเพื่อใช้ช่องเทียบรถมีค่าต่ำมาก รวมทั้งพบว่าปัญหาความหนาแน่นของการจราจรในพื้นที่ไม่ได้เกิดจากความไม่เพียงพอของช่องเทียบรถ นอกจากนี้จากการวิเคราะห์กิจกรรมในกระบวนการให้บริการ พบว่าการกำหนดรายการเอกสารที่ต้องแสดงต่อเจ้าหน้าที่ในขั้นตอนแรกของการรับบริการไม่ครอบคลุมเอกสารทั้งหมดที่ต้องใช้ในพื้นที่จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้เกิดความหนาแน่นของการจราจรในพื้นที่ จากการอนุญาตให้รถที่ไม่พร้อมสำหรับการขนถ่ายสินค้าเข้ามาในพื้นที่ได้

งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการปรับปรุงระบบโดยปรับการดำเนินงานในขั้นตอนการตรวจสอบขาเข้าเป็นการกำหนดให้รถบรรทุกขนส่งสินค้าต้องแสดงเอกสารทั้งหมดที่ต้องใช้ในพื้นที่ให้กับเจ้าหน้าที่ ผลจากการจำลองสถานการณ์ภายใต้แนวทางดังกล่าว พบว่ารถใช้เวลาในพื้นที่น้อยลงโดยเฉลี่ย 20 นาที ส่งผลให้ปริมาณรถคงค้างในพื้นที่ลดลงกว่าร้อยละ 30 จากเดิม

คำสำคัญ: 1) การจำลองสถานการณ์ 2) ประสิทธิภาพ 3) สถานีขนถ่ายสินค้า

Abstract

The purposes of this research are to study and evaluate a performance in managing export cargo trucks at Suvarnabhumi airport free zone as well as to propose an alternative system to reduce a traffic density in the area. Simulation analysis has been used to analyze system performance for both current and proposed systems with the application of the Arena program. Truck arrival rate was collected during May–August, 2018. A sample of 335 trucks were observed and investigated time spent in free zone. The results show that in free-zone, trucks spend 55 minutes in average with a maximum of 138 trucks during 05:00–06:00 pm. However, the use of truck docks is less than 50% most of the time except during 03:00–8:00 pm., in which the use slightly increases but still less than 70% during 06:00–07:00 pm. Waiting time for truck docks is considered very short. This finding reveals that the traffic congestion in free zone is not a result of inadequacy of truck docks. In addition, activities in the service process are analyzed and find that policy shown in the first step does not include all the documents needed for all activities in the whole process. This, therefore, causes a traffic congestion by allowing this type of trucks into the area.

The research proposes an alternative system by requiring all documents needed at first when trucks enter the area. Simulation results of this alternative system show an improvement in the traffic congestion situation. Trucks spend time in the area about 20 minutes less than before as well as a reduction in a number of trucks in the area by more than 30 percent.

Keywords: 1) Simulation 2) Performance 3) Cargo Terminal

^{1*}Email: panidachamchang@gmail.com

²Email: janya.chanchaichujit@gmail.com



บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันที่การค้าระหว่างประเทศเติบโตอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดการขนส่งที่เพิ่มสูงขึ้น การจราจรในพื้นที่ที่เป็นศูนย์กลางการขนส่งไม่ว่าจะเป็นท่าเรือ สนามบิน หรือศูนย์กระจายสินค้าต่าง ๆ ต่างก็มีปริมาณการขนส่งที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เกิดความหนาแน่นและการติดขัดของการจราจร ความล่าช้าในการขนส่ง อุบัติเหตุ หรือแม้แต่ปัญหามลพิษทางอากาศ และมลพิษทางเสียง

เขตปลอดอากร ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เป็นหนึ่งในพื้นที่ที่เผชิญปัญหาดังกล่าวข้างต้นเนื่องด้วยการขนส่งทางอากาศมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอันเกิดจากพฤติกรรมความต้องการสินค้าที่ต้องการได้รับการตอบสนองในเวลาอันรวดเร็ว และเมื่อปริมาณการขนส่งทางอากาศมีสูงขึ้น จึงส่งผลให้มีรถขนส่งเข้ามาส่งสินค้าส่งออก หรือเข้ามารับสินค้านำเข้าเพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาความหนาแน่นของการจราจรในพื้นที่ ซึ่งมีอยู่ค่อนข้างจำกัด รถขนส่งสินค้าใช้เวลายาวนานในการรอคอยในพื้นที่เพื่อที่จะเข้ามารับสินค้านำเข้า หรือส่งสินค้าส่งออก (Chanchaichujit, J., et al., 2018, p.17)

ทั้งนี้ในเขตปลอดอากร จะมีกิจกรรมหลัก 2 ส่วนคือ กิจกรรมเชิงพาณิชย์และกิจกรรมเพิ่มมูลค่าสินค้า ซึ่งกิจกรรมเชิงพาณิชย์ประกอบด้วย สินค้า นำเข้าและส่งออก สินค้าถ่ายลำและสินค้าผ่านแดน และการจัดเก็บสินค้า ส่วนกิจกรรมเพิ่มมูลค่าสินค้าประกอบด้วย การซื้อขายแลกเปลี่ยน การคัดแยกและกระจายสินค้า การคัดแยกประเภทสินค้า การบรรจุหีบห่อและการติดฉลากใหม่ การรวมสินค้า และการนำเข้าสู่สินค้าหลายเที่ยว นอกจากนี้ ในเขตปลอดอากรยังมีการบริการแบบครบวงจร ซึ่งประกอบด้วยบริการสถานีสินค้า บริการคลังสินค้าเพิ่มมูลค่า บริการพื้นที่เช่าสำนักงานและคลังสินค้า บริการพิธีศุลกากร และบริการขนส่ง ด้วยรูปแบบการบริการที่หลากหลาย และครบวงจรส่งผลให้ความต้องการใช้บริการมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และอาจกระทบให้ปัญหาด้านการจราจรมีมากขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน (Free zone Suvarnabhumi Airport, 2018)

ที่ผ่านมามีความพยายามในส่วนของภาครัฐและนักวิชาการในการศึกษาและหาแนวทางในการพัฒนาการบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น

แต่จากการศึกษาพบว่าการดำเนินงานยังขาดการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และการนำเทคโนโลยีมาสนับสนุนการดำเนินงาน ส่งผลให้การให้บริการยังไม่เกิดประสิทธิภาพ และมีรถขนส่งจำนวนมากที่เข้ามารอรับบริการในพื้นที่ (Manasilapapan & Sensod, 2017, pp. 100-107) ส่งผลให้เกิดปัญหาความหนาแน่นของการจราจรในพื้นที่ และกระทบต่อความพึงพอใจของรถบรรทุกสินค้าที่เข้ามาใช้บริการในพื้นที่

งานวิจัยนี้จึงวิเคราะห์รูปแบบการดำเนินงานในปัจจุบันของการให้บริการรถบรรทุกขนส่งสินค้าส่งออกของเขตปลอดอากร โดยศึกษาทั้งในส่วนของการบริการรถบรรทุกสินค้าที่เข้ามาใช้บริการ และความสามารถในการให้บริการของส่วนงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ ตลอดจนการประเมินประสิทธิภาพของการจัดการกระบวนการดังกล่าวโดยการใช้ทฤษฎีแถวคอยร่วมกับการจำลองสถานการณ์ พร้อมหาแนวทางในการปรับปรุงระบบการจัดการเพื่อทำให้รถบรรทุกใช้เวลาน้อยลงในเขตปลอดอากร อันจะส่งผลให้จำนวนรถที่ค้างอยู่ในพื้นที่ลดน้อยลง และนำไปไปสู่การลดความหนาแน่นของการจราจรในพื้นที่ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Objectives)

1. เพื่อศึกษารูปแบบการจัดการรถบรรทุกสินค้าส่งออกที่เข้ามาในพื้นที่เขตปลอดอากร ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ และผลการดำเนินงานในปัจจุบัน
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบการจัดการรถบรรทุกสินค้าส่งออกด้วยการจำลองสถานการณ์
3. เพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงรูปแบบการจัดการรถบรรทุกสินค้าส่งออก

การทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)

1. ทฤษฎีแถวคอย (Queueing Theory)

ทฤษฎีแถวคอยเป็นเครื่องมือหนึ่งในการประเมิน และปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการให้บริการ โครงสร้างของระบบแถวคอยประกอบด้วย ผู้มารับบริการ รูปแบบของระบบแถวคอย และผู้ให้บริการ ซึ่งในการศึกษาระบบแถวคอย จะต้องศึกษาข้อมูลทั้งในส่วนของการกระบวนการ และระเบียบการให้บริการ รูปแบบการมารับบริการของลูกค้า



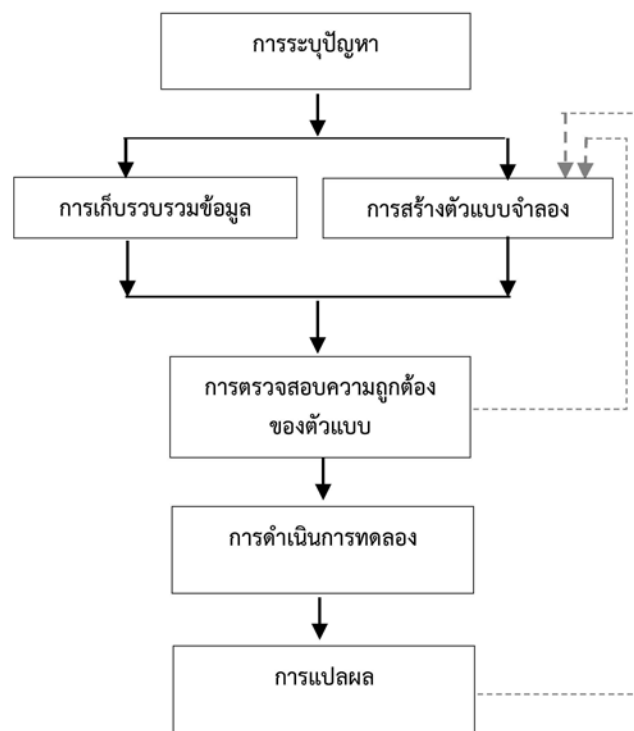
รูปแบบของระบบแถวคอย ตลอดจนรูปแบบของการให้บริการ โดยมีเป้าหมายที่สำคัญของการแก้ปัญหาคือการบริหารทรัพยากรที่มีจำกัดอันทั้งด้านเวลาและ/หรือค่าใช้จ่ายให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด (Chamnanwech, 2012, pp. 309-330) ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบแถวคอยโดยทั่วไปจะประกอบด้วย จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการที่ค้างอยู่ในระบบ จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการที่รออยู่ในแถวคอย และระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในระบบ และระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการรอในแถวคอย

2. การจำลองสถานการณ์ (Simulation)

การจำลองสถานการณ์เป็นการสร้างตัวแบบเพื่อจำลองขั้นตอนการทำงานของระบบงานจริงที่ต้องการศึกษา ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวแบบจำลองสามารถอธิบายถึงพฤติกรรมของระบบการทำงานและ

ประเมินประสิทธิภาพของระบบ ตลอดจนนำไปสู่แนวทางในการวิเคราะห์และออกแบบหรือปรับปรุงระบบงานใหม่ผ่านตัวแบบจำลอง และสามารถทดสอบและประเมินผลระบบที่ออกแบบไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้มีข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในการพัฒนาหรือปรับปรุงงานได้อย่างเหมาะสมและรวดเร็ว (Thongprasert, 1999, pp. 1-9)

การจำลองสถานการณ์ในปัจจุบันมีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปช่วยในการสร้างและวิเคราะห์แบบจำลองเพื่อช่วยในการตัดสินใจ โปรแกรม Arena เป็นโปรแกรมหนึ่งที่มีความนิยมอย่างแพร่หลาย ซึ่งในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม Arena สำหรับการสร้างและวิเคราะห์ตัวแบบจำลอง โดยมีขั้นตอนในการจำลองสถานการณ์ดังแสดงในภาพ 1



ภาพ 1 ขั้นตอนในการจำลองสถานการณ์
ที่มา: ปรับปรุงจาก Surachoetkiat, (2001)



3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Related Literature)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินสถานการณ์ของการจราจรในบางเขตพื้นที่ โดยใช้การจำลองเพื่อประเมินคุณลักษณะของแถวคอย (Characteristics of Queue) ได้แก่ งานวิจัยของ Fialkin and Veremeenko (2017, pp. 205-211) ซึ่งศึกษาการจราจรที่ท่าเรือ และประเมินผลกระทบของการจราจรในเขตท่าเรือที่เชื่อมโยงกับการจราจรในเขตพื้นที่รอบนอกท่าเรือ โดยทำการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับการจราจรทั้งภายใน และเขตพื้นที่รอบนอกท่าเรือ รวมถึงข้อมูลผลผลิตภาพ (productivity) ของสถานีในท่าเรือ จากนั้นทำการจำลองสถานการณ์เพื่อประเมินผลผลิตภาพที่ได้ภายใต้การควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งผลการวิจัยพบว่าการจัดการจราจรที่มีประสิทธิภาพต่อพื้นที่โดยรวม จำเป็นจะต้องพัฒนาการจัดการขนส่งภายในพื้นที่ รวมถึงการลดเวลาการให้บริการหรือการพัฒนากระบวนการดำเนินงานภายในให้มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้มีงานวิจัยซึ่งใช้ทฤษฎีแถวคอยในการศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของเรือในท่าเรือโอซากา และท่าเรืออเล็กซานเดรียโดย Tadashi (2003, pp. 597-608) และ El-Naggar (2010, pp. 77-85) ตามลำดับ

สำหรับงานวิจัยด้านการจราจรของประเทศไทย พบว่า มีการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของการขนส่งด้วยการนำลานพักตู้คอนเทนเนอร์เข้ามาใช้ปรับปรุงระบบการขนส่ง โดย Loutanasin (2008, p. 79) ผลจากการศึกษาพบว่า การมีลานพักตู้คอนเทนเนอร์ทำให้เกิดอรรถประโยชน์ (Utilization) ของการใช้รถขนส่งเพิ่มขึ้น ราคาขนส่งลดลง สามารถรับงานได้เพิ่มขึ้นและเกิดกำไรเพิ่มขึ้นตามลำดับ ในงานวิจัยของ Sathitman (2013, pp. 99-114) ได้ศึกษาระบบแถวคอยรูปแบบการให้บริการประตูตรวจสอบยานพาหนะผ่านท่า ประตูที่ 3 (ขาเข้า) ท่าเรือแหลมฉบัง โดยสร้างตัวแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena คำนวณหาเวลาเฉลี่ยที่ยานพาหนะอยู่ในระบบ เวลาคอยเฉลี่ย จำนวนเฉลี่ยที่ยานพาหนะที่อยู่ในคิว เวลาคอยสูงสุดของยานพาหนะ และจำนวนยานพาหนะสูงสุดในแถว และเสนอทางเลือกในการกำหนดจำนวนหน่วยบริการที่เหมาะสม นอกจากนี้ Torteeka (2011, pp. 46-65) ได้ศึกษาระบบแถวคอยของเรือตู้สินค้า ท่าเรือกรุงเทพ

โดยศึกษาพฤติกรรมการณ์การเคลื่อนไหวของเรือตู้สินค้าวิเคราะห์ต้นทุนที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงการวิเคราะห์หาจำนวนท่าเทียบเรือและจำนวนปั้นจั่นที่เหมาะสมเพื่อให้บริการ รวมทั้งมีงานวิจัยที่ศึกษาระบบแถวคอยของรถบรรทุกในการเทอ้อยหน้าโรงงานน้ำตาลในงานดังกล่าวได้มีการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแถวคอยร่วมกับการจำลองสถานการณ์เพื่อทำการประเมินรูปแบบการรับอ้อยที่เหมาะสม Yongram (2014, pp. 54-93)

วิธีวิจัย (Research Method)

วิธีการดำเนินงานวิจัยจะแบ่งเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. การศึกษาระบบการดำเนินงานในปัจจุบัน

การศึกษาระบบปัจจุบัน จะเป็นการศึกษาประเภทของการใช้บริการ ขั้นตอนทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในกระบวนการให้บริการ และจำนวนหน่วยให้บริการในแต่ละขั้นตอนจำแนกตามช่วงเวลาของวัน โดยการสัมภาษณ์ผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการ 1 คน พนักงานผู้ดูแลระบบปฏิบัติการและระบบสารสนเทศ 2 คน รวมทั้งการสังเกตการณ์ขั้นตอนการดำเนินงาน

2. การรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจะประกอบด้วย 2 ส่วนของข้อมูล ดังนี้

2.1 การรวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างตัวแบบจำลอง จะทำการสำรวจข้อมูลอัตราการเข้ามาใช้บริการของรถบรรทุกสินค้าส่งออกโดยแยกเก็บข้อมูลจำนวนรถรายชั่วโมงในทุกวันทำการระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 เนื่องจากอัตราการเข้าใช้บริการของรถบรรทุกสินค้ามีความไม่แน่นอนขึ้นกับช่วงเวลาของวัน นอกจากนี้ ได้รวบรวมข้อมูลจำนวนเจ้าหน้าที่หรือทรัพยากรที่เกี่ยวข้องในการให้บริการในแต่ละขั้นตอนในแต่ละช่วงเวลา รวมทั้งเวลาในการให้บริการในแต่ละขั้นตอน

2.2 การรวบรวมข้อมูลด้านเวลาที่รถบรรทุกสินค้าใช้ในระบบ และเวลาการรอคอยที่รถบรรทุกใช้ในพื้นที่เขตปลอดอากรก่อนและหลังการขนถ่ายสินค้า ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณรถบรรทุกสินค้าส่งออกที่เข้ามาใช้บริการในพื้นที่ พบว่า จำนวนรถบรรทุกเฉลี่ยสูงสุดหรือขนาดของประชากรของการศึกษาเป็น 1,501 คันต่อวัน ในงานวิจัยนี้จึง



สุ่มตัวอย่างรถบรรทุกทุกคันคำสั่งออกตามสูตรของ
ทาร์โยมาเน่ ตามสูตรต่อไปนี้

$$n = \frac{N}{1 + N(e^2)}$$

โดย n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N คือ ขนาดของประชากร

e คือ ขนาดของความผิดพลาดที่ยอมรับได้ ซึ่ง
ในที่นี้กำหนดให้ $e = 0.05$

ดังนั้น เมื่อทำการคำนวณตามสูตรข้างต้นจะได้ว่า
ขนาดของตัวอย่างรถบรรทุกที่จะทำการสุ่มเพื่อศึกษา
ในด้านเวลาที่ใช้ในพื้นที่ มีจำนวน 316 ตัวอย่าง

3. การวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบรูปแบบการแจก
แจงของข้อมูลนำเข้า

การทดสอบการแจกแจงของข้อมูลจะใช้
เครื่องมือ Input Analyzer ในการตรวจสอบ โดยจะ
เป็นการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับการแจกแจงความ
น่าจะเป็นของข้อมูลเวลาในการให้บริการ ภายใต้
สมมติฐาน

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ

H_1 : ข้อมูลไม่มีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการ
ทดสอบ

ซึ่งการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลดังกล่าว
สามารถทำได้ 2 วิธีการ (Phisatphen, 2010, pp.
12-17) ดังนี้

1) วิธีการทดสอบโคโมโทรฟ-สเมียร์นอฟ
(Kolmogorov-Smirnov test: KS test) ใช้ทดสอบ
กรณีข้อมูลมีน้อยกว่า 50 ข้อมูล

2) วิธีการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square test)
ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีอย่างน้อย 50 ข้อมูล

4. การสร้างตัวแบบจำลองและตรวจสอบความถูกต้อง
ของตัวแบบจำลอง

ในการสร้างตัวแบบเพื่อการจำลอง
สถานการณ์ของระบบการให้บริการ จะใช้โปรแกรม
สำเร็จรูป Arena ในการสร้างตัวแบบจากนั้นทำการ
ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยพิจารณา
ความสอดคล้องของผลจากระบบจำลองกับระบบการ
ปฏิบัติงานจริงด้วยการเปรียบเทียบความใกล้เคียงของ

ค่าตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่ได้จากระบบจริงกับระบบ
จำลอง

5. การดำเนินการทดลองหรือจำลองสถานการณ์

ในการนำแบบจำลองมาทำการทดสอบและ
นำผลลัพธ์ที่ได้มาช่วยในการตัดสินใจ เพื่อให้
ผลลัพธ์ที่ได้มีความน่าเชื่อถือ ต้องทำการประมวลผล
ด้วยจำนวนรอบของการทดสอบที่เหมาะสมเพื่อลด
ความแปรปรวนของผลลัพธ์ทั้งนี้ความยาวของแต่ละ
รอบทำซ้ำเท่ากับ 24 ชั่วโมง ซึ่งการกำหนดจำนวน
รอบหรือจำนวนครั้งเป็นดังนี้ (Kelton, Sadowski,
and Sturrock, 2007, pp. 260-265)

$$n \cong n_0 \frac{h_0^2}{h^2}$$

โดย n คือ จำนวนรอบในการจำลองสถานการณ์

n_0 คือ จำนวนรอบในการจำลองสถานการณ์
เบื้องต้น

h_0 คือ ค่า half width ที่ได้จากการ
ประมวลผลแบบจำลองเบื้องต้น

h คือ ค่า half width ที่ยอมรับได้โดย
กำหนดเป็น 5% ของจำนวนรถที่เข้าสู่ระบบบริการ

ทั้งนี้ จากการประมวลผลเบื้องต้นโดยการ
ทำซ้ำ 10 รอบ จะได้ว่า $h_0 = 19.15$ และจากจำนวน
รถที่เข้าสู่ระบบด้วยค่าเฉลี่ยสูงสุด 1501 คัน จะได้
 $h = 75.05$ ดังนั้นเมื่อทำการคำนวณ จะได้ว่า
 $n = 48.86$ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดรอบการทำซ้ำ
เป็น $n = 100$ รอบ หรือ ทำซ้ำ 100 วัน

6. การประเมินผลลัพธ์และเสนอแนวทางการปรับปรุง
ระบบ

เมื่อได้ผลลัพธ์จากแบบจำลองของระบบ
ปัจจุบัน ทำการประเมินผลลัพธ์หรือผลกระทบที่
เกิดขึ้นจากระบบปัจจุบัน จากนั้นออกแบบการทดลอง
ใหม่โดยพิจารณาหาแนวทางการปรับปรุงระบบ
ปัจจุบันและทำการปรับปรุงตัวแบบจำลองเพื่อ
ประเมินผลลัพธ์หรือผลกระทบใหม่ที่จะเกิดขึ้นจาก
การปรับปรุงระบบ

ผลการศึกษา (Results)

1. รูปแบบการจัดการระบบให้บริการรถบรรทุกสินค้าส่งออก

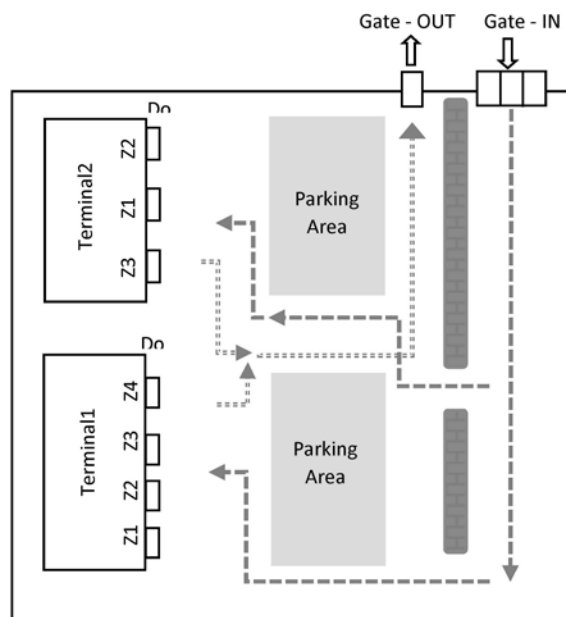
ในการส่งออกสินค้าทางอากาศ จะมีผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องหลายส่วน ได้แก่ ผู้ส่งออกหรือตัวแทนขนส่งสินค้า สายการบิน กรมศุลกากร สถานีขนถ่ายสินค้า และเขตปลอดอากร ท่าอากาศยานไทย โดยตัวแทนขนส่งหรือผู้ส่งออกจะต้องจองระวางของอากาศยานกับสายการบิน และจะได้ใบตราส่งสินค้าทางอากาศ (Airway bill) พร้อมป้ายกำกับสินค้า (TAG) จากสายการบิน นอกจากนี้ตัวแทนขนส่งต้องส่งข้อมูลให้กับกรมศุลกากรเพื่อให้กรมศุลกากรออกเอกสารใบขนสินค้า และใบกำกับการขนย้ายสินค้า จากนั้นตัวแทนขนส่งจึงมอบเอกสารดังกล่าวให้กับรถบรรทุกสินค้าส่งออกเพื่อใช้ประกอบการเข้าพื้นที่เขตปลอดอากร

กระบวนการให้บริการรถบรรทุกสินค้าส่งออกเมื่อมาถึงเขตปลอดอากร ดังแสดงในภาพ 2 จะเริ่มจากขั้นตอนแรกเมื่อรถบรรทุกสินค้ามาถึงเขตปลอดอากร รถทุกคันจะต้องผ่านเข้าพื้นที่เขตปลอดอากรทางสถานีตรวจสอบสินค้าขาเข้า (Checking Post-Gate In) ซึ่งเปิดทำการตลอด 24 ชั่วโมงของทุกวัน โดยเปิดช่องบริการ 3 ช่อง แต่ละช่องบริการจะ

มีเจ้าหน้าที่ของท่าอากาศยานประจำอยู่เพื่อทำการตัดปล่อยสินค้าเข้าเขตปลอดอากร โดยที่ในขั้นตอนดังกล่าวรถบรรทุกจะต้องแสดงเอกสารได้แก่ ใบขนสินค้า และใบกำกับการขนย้ายสินค้า ต่อเจ้าหน้าที่ที่จุดตรวจสอบ

ขั้นตอนที่สองเป็นการขนถ่ายสินค้าลงจากรถที่สถานีขนถ่ายสินค้า (Cargo Terminal) ซึ่งก่อนที่จะขนถ่ายสินค้าลงได้ สินค้าจะต้องมีเอกสารใบตราส่งสินค้าทางอากาศ (Airway Bill) ใบขนสินค้าและใบกำกับการขนย้ายสินค้า แสดงต่อเจ้าหน้าที่ที่สถานีขนถ่ายสินค้า รวมถึงต้องมีป้ายกำกับสินค้า (TAG) ติดอยู่ที่ตัวสินค้า จากนั้นจึงขนถ่ายสินค้าลงจากรถบรรทุก และผู้ประกอบการสถานีขนถ่ายสินค้าตรวจสอบเอกสาร และรับมอบสินค้า เพื่อทำข้อมูลบัญชีสินค้าขาออกสำหรับอากาศยาน (Cargo Manifest) และส่งออกสินค้าต่อไป

ทั้งนี้ ในขั้นตอนการขนถ่ายสินค้า ตัวแทนขนส่งสินค้าจะเป็นผู้ระบุหรือกำหนดสถานีขนถ่ายสินค้า และโซนเทียบรถที่รถจะต้องไปทำการขนถ่ายสินค้า โดยที่ในพื้นที่เขตปลอดอากรมีสถานีขนถ่ายสินค้าอยู่ 2 สถานีซึ่งบริหารงานโดยผู้ประกอบการ 2 ราย แต่ละสถานีแบ่งโซนพื้นที่ด้านหน้าสถานีของตนเป็นช่องเทียบรถสำหรับการขนถ่ายสินค้าตามประเภทของสินค้า ดังนี้



ภาพ 2 แผนผังเขตปลอดอากรในส่วนที่เกี่ยวข้อง และกิจกรรมการไหลของรถบรรทุกสินค้าส่งออก



สถานีขนถ่ายสินค้าที่ 1 จะแบ่งพื้นที่ช่องเทียบรถสำหรับการส่งออกสินค้าเป็น 4 โชน ประกอบด้วย โชนที่ 1 สำหรับสินค้าเร่งด่วน (Express goods) โชนที่ 2 สำหรับสินค้าทั่วไปที่ส่งออกด้วยสายการบินของบริษัทโดยตรง โชนที่ 3 สำหรับสินค้าทั่วไปที่ส่งออกด้วยสายการบินของบริษัทพันธมิตร และโชนที่ 4 สำหรับสินค้าเน่าเสียง่าย (Perishable goods) เช่น พืช ผัก ผลไม้ ดอกไม้ หรือ เนื้อสัตว์ เป็นต้น

สถานีขนถ่ายสินค้าที่ 2 จะแบ่งพื้นที่ช่องเทียบรถสำหรับการส่งออกสินค้าเป็น 3 โชน ประกอบด้วย โชนที่ 1 สำหรับสินค้าเร่งด่วนและสินค้าทั่วไป โชนที่ 2 สำหรับสินค้าเน่าเสียง่าย โดยที่ โชนที่ 1 และโชนที่ 2 ของสถานีขนถ่ายสินค้าที่ 2 จะให้บริการกับรถบรรทุกของผู้ประกอบการขนส่งทั่วไป ในขณะที่โชนที่ 3 เป็นโชนพื้นที่เช่าที่มีบริษัทขนส่งรายใหญ่เช่าพื้นที่ดังกล่าว เพื่อจัดการการขนถ่ายสินค้าของรถบรรทุกของบริษัทตนเอง ซึ่งในการศึกษานี้จะไม่ครอบคลุมการดำเนินงานของโชนที่ 3

ขั้นตอนที่สามซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการรับบริการ เป็นการตรวจสอบก่อนออกจากพื้นที่ โดยเมื่อรถทำการขนถ่ายสินค้าแล้วเสร็จ รถจะเข้ารับบริการที่สถานีตรวจสอบสินค้าขาออก (Checking Post-Gate Out) ซึ่งเปิดทำการตลอด 24 ชั่วโมง โดยเปิดบริการเพียงช่องทางเดียวและมีเจ้าหน้าที่ของเขต

ปลอดอากรตรวจสอบประจำอยู่ที่ช่องบริการดังกล่าว ผลการศึกษาดังกล่าว

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเวลาการปฏิบัติงานและจำนวนช่องทางการให้บริการในแต่ละขั้นตอนในกระบวนการให้บริการของเขตปลอดอากร ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2561 ถึงเดือนมิถุนายน 2561 พบว่าจำนวนช่องทางการให้บริการในแต่ละจุดบริการเป็นดังแสดงในตาราง 1 และจากการวิเคราะห์ข้อมูลเวลาในการให้บริการในแต่ละจุดบริการ พบว่า เวลาที่ใช้ที่สถานีตรวจสอบสินค้าขาเข้าและขาออกใช้เวลาโดยเฉลี่ย 0.60 นาทีและ 0.31 นาทีตามลำดับ ในส่วนของเวลาในการขนถ่ายสินค้าทั่วไป ใช้เวลาเฉลี่ย 11.5 นาที/คัน และ 15.9 นาที/คัน ที่สถานีขนถ่ายสินค้าที่ 1 และสถานีที่ 2 ตามลำดับ ในขณะที่หากเป็นสินค้าเน่าเสียจะใช้เวลาเฉลี่ยในการขนถ่าย 15.9 นาที แต่หากเป็นสินค้าเร่งด่วนที่สถานีที่ 1 ใช้เวลาโดยเฉลี่ย 4.7 นาที ดังแสดงรายละเอียดในตาราง 1

จากนั้นตรวจสอบรูปแบบการแจกแจงของเวลาในการให้บริการที่สถานีตรวจสอบสินค้าขาเข้า จุดขนถ่ายสินค้าด้านหน้าสถานี และสถานีตรวจสอบสินค้าขาออกด้วยเครื่องมือ Input Analyzer ในโปรแกรม Arena ตลอดจนทำการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลเวลาดังกล่าวด้วยสถิติทดสอบไคสแควร์และโคโมโทรอฟ-สเมียร์นอฟ ได้การแจกแจงของเวลาในการให้บริการที่แต่ละขั้นตอนเป็นดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 จำนวนช่องให้บริการและการแจกแจงของเวลาในการให้บริการในแต่ละจุดบริการ

จุดบริการ	สถานีที่	โชน	จำนวนช่องให้บริการ	การแจกแจงของเวลาในการให้บริการ	p-value	ค่าเฉลี่ย (นาที)	จำนวนครั้ง
สถานีตรวจสอบสินค้าขาเข้า	-	-	3	TRIA(0.33, 0.43, 1.01)	0.255	0.60	100
สถานีขนถ่ายสินค้า	สถานี 1	1	6	2.5 + GAMM(1.06, 2.08)	0.0187	4.7	97
		2	12	0.999 + EXPO(10.5)	0.2430	11.5	329
		3	24				
		4	10	2.5 + EXPO(9.35)	0.0205	11.9	102
	สถานี 2	1	14	EXPO(15.9)	0.1650	15.9	145
		2	3	2.5 + EXPO(9.35)	0.0205	11.9	102
สถานีตรวจสอบสินค้าขาออก	-	-	1	TRIA(0.16, 0.26, 0.51)	0.0103	0.31	100

ที่มา: จากการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูล



2.1 พฤติกรรมการเข้ามาใช้บริการของรถบรรทุกสินค้าส่งออก

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลการเข้ามาใช้บริการของรถบรรทุกสินค้าส่งออกระหว่างเดือนพฤษภาคม 2561 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 ทุกวันตลอด 24 ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์จำนวนรถจำแนกตามวันและช่วงเวลาของวัน พบว่า พฤติกรรมการเข้ามาใช้บริการเขตปลอดอากรของรถบรรทุกสินค้าส่งออกมีความแตกต่างกันตามวันของสัปดาห์ โดยวันอังคารถึงวันศุกร์จะมีการใช้บริการในจำนวนมาก โดยมีค่าเฉลี่ยของช่วงวันดังกล่าวอยู่ที่ 1,472 คันต่อวัน รองลงมาคือวันจันทร์ วันเสาร์และวันอาทิตย์

ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 2 และเมื่อวิเคราะห์อัตราการเข้ามาของรถจำแนกตามช่วงเวลาของวัน จะได้ว่าอัตราการเข้ามาใช้บริการของรถบรรทุกสินค้าส่งออกจะมีความแตกต่างกันตามช่วงเวลาของวัน โดยที่รถบรรทุกจะมีอัตราการเข้ามาใช้บริการปริมาณมากในช่วงเวลาตั้งแต่ 13:00-20:00 น. และมีปริมาณสูงเป็นพิเศษในช่วงเวลา 16:00-19:00 น. ซึ่งในช่วงเวลา 3 ชั่วโมงดังกล่าวมีปริมาณรถเข้ามาถึงร้อยละ 29 ของปริมาณรถทั้งหมดที่เข้ามาใน 1 วัน หรือกล่าวได้ว่ามีปริมาณรถเข้ามาโดยเฉลี่ย 137-148 คันต่อชั่วโมงในช่วงเวลาดังกล่าวดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 2 ปริมาณรถบรรทุกขนส่งสินค้าส่งออกที่เข้ารับบริการเฉลี่ยในแต่ละวัน

วัน	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	เฉลี่ย อังคาร-ศุกร์
จำนวนรถ(คัน)	1109	1450	1446	1501	1491	1065	377	1472

ตาราง 3 ปริมาณและสัดส่วนของรถบรรทุกสินค้าส่งออกที่เข้ารับบริการในแต่ละช่วงเวลาของวัน

ชั่วโมงที่(น.)	จำนวนรถเฉลี่ย (คัน/ชม.)	ร้อยละ	ชั่วโมงที่ (น.)	จำนวนรถเฉลี่ย (คัน/ชม.)	ร้อยละ
1	21	1.40	13	70	4.73
2	12	0.84	14	113	7.65
3	10	0.71	15	109	7.38
4	14	0.96	16	125	8.47
5	16	1.08	17	137	9.33
6	15	1.04	18	142	9.61
7	11	0.74	19	148	10.05
8	8	0.57	20	119	8.08
9	9	0.62	21	97	6.56
10	18	1.20	22	73	4.93
11	40	2.72	23	62	4.19
12	64	4.36	24	41	2.79
รวม				1472	100

เมื่อพิจารณาในด้านความต้องการใช้บริการที่แต่ละสถานีขนถ่ายสินค้า พบว่ารถบรรทุกสินค้าส่งออกส่วนใหญ่ร้อยละ 64 ใช้บริการที่สถานีขนถ่ายสินค้าที่ 1 และปริมาณรถที่เหลือร้อยละ 36 ใช้บริการที่สถานีขนถ่ายสินค้าที่ 2 ในด้านประเภทของสินค้าที่

ส่งออกซึ่งสัมพันธ์กับโซนที่ไปใช้บริการ พบว่า รถบรรทุกที่เข้ามาส่งสินค้าส่งออกเกือบร้อยละ 60 เป็นการขนส่งสินค้าทั่วไป และเป็นรถขนส่งสินค้าเน่าเสียง่ายในสัดส่วนร้อยละ 26.4 ของรถทั้งหมด สัดส่วนเหลือกว่าร้อยละ 13 เป็นรถขนส่งสินค้าด่วน ดังแสดงในตาราง 4



ตาราง 4 สัดส่วนของการใช้บริการของรถบรรทุกในแต่ละโซนของสถานีขนถ่ายสินค้า

สถานีขนถ่ายสินค้า	โซน	ประเภทสินค้า	สัดส่วนของรถที่ไปยังแต่ละโซน (ร้อยละ)
สถานี 1	1	สินค้าเร่งด่วน	6.4
	2	สินค้าทั่วไป	12.8
	3	สินค้าทั่วไป	25.6
	4	สินค้าเน่าเสียง่าย	19.2
สถานี 2	1	สินค้าเร่งด่วนและสินค้าทั่วไป	21.6
	2	สินค้าเน่าเสียง่าย	7.2
	3	สินค้าเร่งด่วนที่ดำเนินการขนส่งโดยบริษัทขนส่งเฉพาะ	7.2

นอกจากนี้ จากตาราง 4 จะเห็นได้ว่ารถบรรทุกสินค้าส่งออกกว่าร้อยละ 90 เข้ารับบริการการขนถ่ายสินค้าจากผู้ประกอบการสถานีขนถ่ายที่ 1 และ 2 ในขณะที่ปริมาณรถที่เหลือน้อยกว่าร้อยละ 10 จะเป็นรถบรรทุกของบริษัทขนส่งที่เข้าพื้นที่โซนที่ 3 ของสถานีที่ 2 เพื่อการขนถ่ายสินค้าให้กับรถขนส่งของตนเอง ซึ่งไม่ครอบคลุมในการศึกษานี้

นอกจากนี้ ผลการสำรวจข้อมูลเพิ่มเติมถึงพฤติกรรมของรถบรรทุกขนส่งสินค้าส่งออกที่ใช้เวลาอยู่ในพื้นที่เขตปลอดอากร จากการสุ่มตัวอย่างรถบรรทุกสินค้าส่งออกจำนวน 335 คัน พบว่า รถที่ใช้

เวลาในระบบเฉลี่ย 54.06 นาที ด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 43.57 นาที และเมื่อจำแนกรถบรรทุกตามสถานีขนถ่ายสินค้าที่ใช้บริการจะได้ว่า รถบรรทุกที่ใช้บริการที่สถานีขนถ่ายสินค้าที่ 1 ใช้เวลาเฉลี่ย 45.13 นาทีในระบบ ในขณะที่รถที่ใช้บริการที่สถานีขนถ่ายสินค้าที่ 2 ใช้เวลาเฉลี่ยในระบบ 62.30 นาที ซึ่งจะได้ว่า รถบรรทุกที่ใช้บริการที่สถานีขนถ่ายสินค้าที่ 1 ใช้เวลาในระบบน้อยกว่ารถบรรทุกที่ใช้บริการที่สถานีขนถ่ายสินค้าที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 เวลาทั้งหมดที่รถบรรทุกสินค้าใช้ในระบบจำแนกตามสถานีขนถ่ายสินค้าที่ใช้บริการ

เวลาเฉลี่ย (นาที)	รวม 2 สถานี	สถานีขนถ่ายสินค้าที่ 1	สถานีขนถ่ายสินค้าที่ 2	ค่า p-value
จำนวนรถ (คัน)	335	160	175	-
เวลาทั้งหมดในระบบ	54.06	45.13	62.30	0.000
เวลาที่ใช้ก่อนขนถ่ายสินค้าลง	26.24	20.41	31.63	0.001
เวลาที่ใช้ก่อนออกจากเขตปลอดอากร	15.49	14.49	16.40	0.432

จากการวิเคราะห์เวลาที่รถใช้ไปในส่วนของการรอคอย พบว่า เมื่อรถเข้ามาในพื้นที่เขตปลอดอากรจะมีการรอคอยซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 2 ช่วง คือ การรอคอยก่อนเข้าจอดในช่องเทียบรถเพื่อขนถ่ายสินค้าลง และการรอคอยก่อนรถออกจากเขตปลอดอากรหลังจากขนถ่ายสินค้าแล้วเสร็จ ซึ่งจากตาราง 5 พบว่าเวลาการรอคอยก่อนเข้าจอดในช่องเทียบของสถานีขนถ่ายสินค้าที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเป็น 20.41 นาที ซึ่งต่ำกว่าเวลาการรอคอยที่สถานีขนถ่าย

สินค้าที่ 2 ซึ่งมีค่าเป็น 31.63 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าเวลาการรอคอยก่อนออกจากเขตปลอดอากรของรถบรรทุกหลังจากขนถ่ายสินค้าแล้วเสร็จมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง 2 สถานีขนถ่ายสินค้า ซึ่งเวลารอคอยเฉลี่ยก่อนออกจากเขตปลอดอากรของรถบรรทุกมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 15.49 นาที



2.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบการจัดการรถบรรทุกสินค้าส่งออกด้วยการจำลองสถานการณ์

จากการศึกษาสถานการณ์ปัจจุบันแบบจำลองสถานการณ์ได้ถูกพัฒนา และกำหนดจำนวนรถบรรทุกเข้าสู่ระบบมีค่าระหว่าง 1,472 คัน ถึง 1,501 คัน ด้วยอัตราการเข้ามาใช้บริการในแต่ละช่วงเวลาและในแต่ละโซน ดังตาราง 2-3 และอัตราการให้บริการในแต่ละขั้นตอนเป็นดังแสดงในตาราง 1 นอกจากนี้ในการจำลองสถานการณ์ปัจจุบันจำเป็นต้องครอบคลุมถึงพฤติกรรมของรถบรรทุกในการเข้ามาใช้เวลาในพื้นที่ก่อนเข้ารับบริการขนถ่ายสินค้า ตลอดจนการใช้เวลาในพื้นที่หลังรับบริการขนถ่ายสินค้าแล้วเสร็จ ผลการจำลองสถานการณ์

ดังกล่าวผ่านการทำซ้ำจำนวน 100 รอบได้ผลดังแสดงในตารางที่ 6 โดยพบว่าจำนวนเฉลี่ยของรถบรรทุกสินค้าส่งออกที่เข้าใช้บริการในพื้นที่เขตปลอดอากรเป็น 1,479 คัน โดยใช้เวลาเฉลี่ยในระบบซึ่งนับจากเวลาที่เข้าสถานีตรวจสอบสินค้าขาเข้าจนกระทั่งรถออกจากสถานีตรวจสอบสินค้าขาออกรวมเป็นเวลา 54.63 นาที ด้วยช่วงความผิดพลาดอยู่ที่ 0.14 นาที

เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างเวลาในระบบเฉลี่ยจากข้อมูลจริงกับจากการจำลอง ผลการทดสอบจะได้ค่าสถิติทดสอบ $t = -0.2382$ ด้วยค่า $p\text{-value} = 0.8119$ จึงสรุปได้ว่าเวลาดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หรือกล่าวได้ว่า ตัวแบบการจำลองสถานการณ์มีความถูกต้องและสอดคล้องกับสถานการณ์จริง

ตาราง 6 จำนวนรถบรรทุกสินค้าและเวลาที่รถใช้ในพื้นที่ของระบบปัจจุบัน

ระบบปัจจุบัน (AS-IS Model)	ค่าเฉลี่ย (Average)	ช่วงความ ผิดพลาด (Half Width)	ค่าต่ำสุดเฉลี่ย (Min Average)	ค่าสูงสุดเฉลี่ย (Max Average)
จำนวนรถที่เข้าสู่ระบบ (คัน)	1478.92	8.24	1378	1563
เวลาเฉลี่ยในระบบ (นาที)	54.63	0.14	53.05	56.25

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของระบบด้านจำนวนรถบรรทุกสินค้าส่งออกที่คงค้างในพื้นที่ พบว่าปริมาณรถในพื้นที่ในช่วงก่อน 11:00 น. และหลัง 22:00 น. จะต่ำกว่า 50 คัน ส่วนในช่วงเวลาระหว่าง 13:00-20:00 น. ปริมาณรถบรรทุกสินค้าส่งออกในพื้นที่จะมีสูงกว่า 100 คัน โดยเฉพาะในช่วงเวลาระหว่าง 17:01-19:00 น. จะมีรถในระบบสูงกว่า 130 คันดังแสดงในตาราง 7

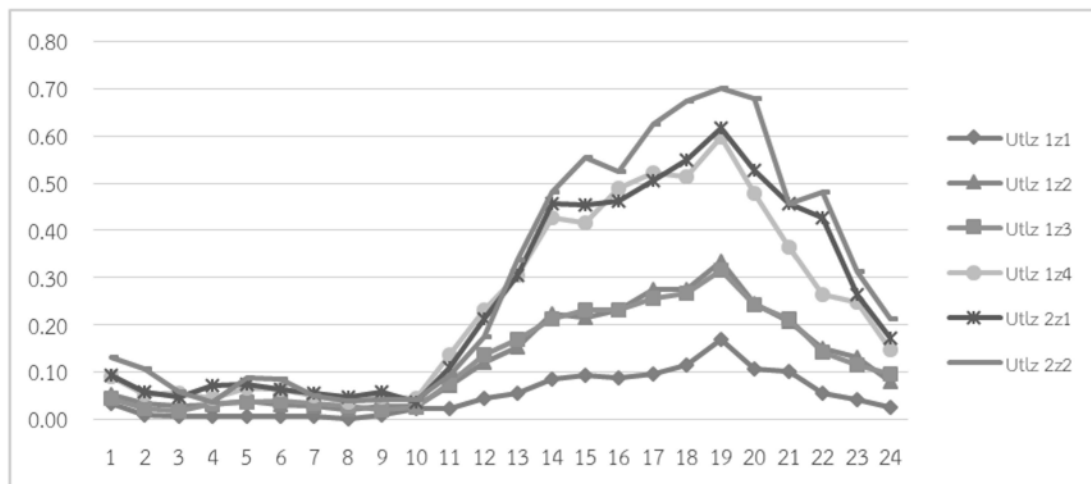
เมื่อพิจารณาถึงค่าอัตราประโยชน์ (utilization) ของการใช้ช่องเทียบรถในแต่ละโซนของสถานีขนถ่ายสินค้า จากภาพ 3 พบว่า การใช้ช่องเทียบรถในทุกโซนในช่วงบ่ายถึงค่ำมีสัดส่วนการใช้ที่สูงกว่าในช่วงเช้า และสัดส่วนการใช้ช่องเทียบรถจะมีค่าสูงสุดในช่วง 17:01-20:00 น. ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับจำนวนรถบรรทุกสินค้าส่งออกในระบบหรือในพื้นที่เขตปลอดอากรในช่วงเวลาดังกล่าวใน

ปริมาณสูงกว่า 130 คัน นอกจากนี้ พบว่าอัตราประโยชน์ของการใช้ช่องเทียบรถมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ร้อยละ 70 ในช่วงเวลา 18:00-19:00 น. ซึ่งเป็นของสถานีขนถ่ายสินค้าที่ 2 โซนที่ 2 ในขณะที่โซนที่ 4 ของสถานีขนถ่ายสินค้าที่ 1 และโซนที่ 1 ของสถานีขนถ่ายสินค้าที่ 2 มีการใช้ช่องเทียบรถในปริมาณที่สูงกว่าร้อยละ 50 ในช่วงเวลาระหว่าง 16:01-20:00 น. แต่สำหรับโซนที่ 2 ของสถานีขนถ่ายสินค้าที่ 2 สัดส่วนการใช้ช่องเทียบรถที่สูงกว่าร้อยละ 50 ครอบคลุมช่วงเวลาระหว่าง 15:01-20:00 น. ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่า จำนวนช่องเทียบรถของทั้งสองสถานีขนถ่ายสินค้ามีเพียงพอสำหรับรองรับการให้บริการรถขนส่งสินค้าส่งออกในปัจจุบัน และที่สถานีขนถ่ายสินค้าที่ 2 มีความหนาแน่นของการใช้ช่องเทียบรถสูงกว่าสถานีขนถ่ายสินค้าที่ 1



ตาราง 7 จำนวนรถบรรทุกสินค้าในพื้นที่ของระบบปัจจุบันในแต่ละช่วงเวลา

เวลา (น.)	จำนวนรถเฉลี่ย (Average)	ช่วงความผิดพลาด (Half Width)	ค่าต่ำสุดเฉลี่ย (Minimum Average)	ค่าสูงสุดเฉลี่ย (Maximum Average)
0:00-10:00	< 16	< 0.80	< 8	< 27
10:01-11:00	41	1.34	28	60
11:01-12:00	71	1.65	48	91
12:01-13:00	78	1.50	56	96
13:01-14:00	106	2.10	80	138
14:01-15:00	108	2.18	85	140
15:01-16:00	116	2.16	92	139
16:01-17:00	126	2.19	97	159
17:01-18:00	132	2.28	105	172
18:01-19:00	138	2.50	104	166
19:01-20:00	113	2.15	92	151
20:01-21:00	91	1.88	68	113
21:01-22:00	52	1.49	34	70
22:01-23:00	40	1.20	24	59
23:01-24:00	26	1.02	13	37



ภาพ 3 อรรถประโยชน์การใช้ช่องเทียบรถของแต่ละโซนของแต่ละสถานีขนถ่ายสินค้าจำแนกตามช่วงเวลา

เมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบด้านเวลารอคอยในการใช้ช่องเทียบรถเพื่อขนถ่ายสินค้าลง ดังแสดงในตาราง 8 พบว่าโซนที่ 1 โซนที่ 2 และโซนที่ 3 ของสถานีขนถ่ายสินค้าที่ 1 ไม่มีการรอคอยเกิดขึ้น ส่วนโซนที่ 4 มีการรอคอยเกิดขึ้น แต่ค่าเฉลี่ยของเวลารอคอยและค่าสูงสุดเฉลี่ยมีค่าต่ำมาก (น้อยกว่า 3 นาที) นั่นคือสถานีขนถ่ายสินค้าที่ 1 มีประสิทธิภาพที่ดีในการให้บริการด้วยจำนวนช่องเทียบรถที่มากเพียงพอ ส่งผล

ให้รถบรรทุกที่ไปใช้บริการหากต้องรอคอยเวลารอคอยต่ำมาก

สำหรับสถานีขนถ่ายสินค้าที่ 2 พบว่าโซนที่ 1 รถขนส่งมีการรอคอยเพื่อใช้ช่องเทียบรถที่ต่ำ เช่นกันกับการใช้บริการที่สถานีที่ 1 โดยเวลารอคอยช่องเทียบรถเฉลี่ยจะน้อยกว่า 1 นาที และมีค่าสูงสุดเฉลี่ยน้อยกว่า 5 นาที แต่สำหรับโซนที่ 2 จะมีเวลาเฉลี่ยในการรอคอยที่สูงสุดประมาณ 3 นาทีในช่วง



17.01-20.00 น. ซึ่งกล่าวได้ว่า สถานีขนถ่ายสินค้าที่ 2 มีความเพียงพอของจำนวนช่องเทียบรถเพื่อให้บริการ แต่อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาค่าสูงสุดของเวลารอคอยที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา จะพบว่า

ค่าสูงสุดของเวลารอคอยจะมีค่าสูงในโซนที่ 2 ของสถานีขนถ่ายสินค้าที่ 2 ซึ่งมีการรอคอยสูงสุดที่ 31.63 นาที

ตาราง 8 เวลาการรอคอยเพื่อใช้ช่องเทียบรถสำหรับการขนถ่ายสินค้าในแต่ละโซนจำแนกตามช่วงเวลา

เวลา (น.)	ค่าเฉลี่ยเวลารอคอย (นาที) (Average)				ค่าสูงสุดเฉลี่ยเวลารอคอย (นาที) (Maximum Average)			
	สถานีที่ 1		สถานีที่ 2		สถานีที่ 1		สถานีที่ 2	
	โซน 1-3	โซน 4	โซน 1	โซน 2	โซน 1-3	โซน 4	โซน 1	โซน 2
00:00-10:00	0	0	0	0	0	0	0	0
10:01-11:00	0	0	0	0.11	0	0	0	3.53
11:01-12:00	0	0	0	0.48	0	0.10	0	6.54
12:01-13:00	0	0	0	0.44	0	0.33	0.02	7.36
13:01-14:00	0	0.02	0.02	1.17	0	0.95	1.30	9.31
14:01-15:00	0	0.01	0.03	1.74	0	0.27	2.67	17.59
15:01-16:00	0	0.04	0.03	2.05	0	0.77	0.94	31.06
16:01-17:00	0	0.08	0.04	2.47	0	1.69	1.32	20.10
17:01-18:00	0	0.12	0.15	2.80	0	2.01	4.33	19.71
18:01-19:00	0	0.22	0.13	2.83	0	2.20	1.95	23.70
19:01-20:00	0	0.03	0.04	3.13	0	1.01	1.05	31.63
20:01-21:00	0	0.01	0.03	1.57	0	0.39	1.96	25.65
21:01-22:00	0	0	0.01	1.32	0	0	0.44	26.23
22:01-23:00	0	0	0	0.38	0	0	0	9.34
23:01-24:00	0	0	0	0.01	0	0	0	0.42

2.3 แนวทางการปรับปรุงรูปแบบการจัดการระบบให้บริการรถบรรทุกสินค้าส่งออก

จากการศึกษาพฤติกรรมรถบรรทุกเข้ามาใช้บริการของรถบรรทุกในปัจจุบัน ซึ่งพบว่ารถใช้เวลาเฉลี่ยในพื้นที่กว่า 50 นาที โดยเป็นการรอคอยในพื้นที่เฉลี่ย 26 นาทีก่อนใช้ช่องเทียบรถเพื่อทำการขนถ่ายสินค้า แต่เมื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบการจัดการในปัจจุบันผ่านการจำลองสถานการณ์ เห็นได้ว่าเวลาการรอคอยเพื่อใช้ช่องเทียบรถในแต่ละโซนของสถานีขนถ่ายสินค้ามีค่าที่ต่ำมาก รวมทั้งอัตราประโยชน์ของการใช้ช่องเทียบรถมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 70 ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การใช้เวลาของรถในพื้นที่ก่อนการขนถ่ายสินค้าไม่ได้เกิดจากการรอคอยเพื่อใช้ช่องเทียบรถเป็นหลัก

เมื่อวิเคราะห์กิจกรรมการให้บริการในแต่ละขั้นตอน พบว่า ขั้นตอนหนึ่งที่เจ้าหน้าที่จะตรวจสอบเฉพาะเอกสารใบขนสินค้าและใบกำกับการขนถ่ายสินค้าเนื่องด้วยการทำงานที่ขั้นตอนนี้เป็น การตัดปล่อยสินค้าออกจากราชาอาณาจักร เอกสารดังกล่าวซึ่งผ่านจากอนุมัติจากกรมศุลกากรแล้วนั้นเพียงพอสำหรับการตัดปล่อยสินค้า ในขณะที่ขั้นตอนที่สองซึ่งเป็นการขนถ่ายสินค้าลง เจ้าหน้าที่ของสถานีขนถ่ายสินค้าเมื่อรับสินค้าแล้วจะต้องนำสินค้าดังกล่าวขึ้นเครื่องโดยสารต่อไป จึงจำเป็นต้องให้รถบรรทุกสินค้ามีใบตราส่งสินค้าทางอากาศ (Airway Bill) แสดงเพิ่มเติม พร้อมทั้งต้องมีป้ายกำกับสินค้า (TAG) ติดอยู่ที่ตัวสินค้าก่อนที่จะขนถ่ายสินค้าลงได้ ดังนั้น ด้วยความไม่สอดคล้องในการแสดงเอกสารที่



ขั้นตอนทั้งสอง ส่งผลให้รถบรรทุกสามารถผ่านขั้นตอนที่ 1 และเข้ามาในพื้นที่ได้เพื่อมารอให้ตัวแทนขนส่งจัดเตรียมเอกสารใบตราส่งสินค้าทางอากาศและรอการติดป้ายกำกับสินค้า (TAG) ซึ่งการใช้เวลาดังกล่าวในพื้นที่ที่มีผลให้รถบรรทุกจะคงค้างในพื้นที่มากกว่าที่ควรเป็น ดังนั้น หากเขตปลอดอากรปรับวิธีการดำเนินงานที่สถานีตรวจสอบสินค้าขาเข้าโดยคัดกรองรถขนส่งสินค้าส่งออกให้เข้าสู่พื้นที่ได้เมื่อมีเอกสารทุกอย่างพร้อมสำหรับการขนถ่ายได้ทันที จะส่งผลให้รถใช้เวลาในพื้นที่น้อยลง และทำให้จำนวนรถค้างในพื้นที่ลดลง

ดังนั้น ระบบปรับปรุงใหม่สำหรับการจัดการรถขนส่งสินค้าส่งออก จึงประกอบด้วยขั้นตอนการให้บริการ 3 ขั้นตอนเช่นเดิม แต่ปรับการดำเนินงานที่

ขั้นตอนแรกซึ่งเป็นการตรวจสอบเอกสารที่สถานีตรวจสอบสินค้าขาเข้า โดยระบบใหม่จะกำหนดให้รถบรรทุกสินค้าส่งออกต้องแสดงเอกสารทั้งหมด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการรื้อระหว่างเตรียมความพร้อม (delay time) ในพื้นที่ แต่พร้อมสำหรับการขนถ่ายสินค้าได้ทันทีเมื่อเข้ามาในพื้นที่

ผลการจำลองสถานการณ์ของระบบปรับปรุงเปรียบเทียบกับระบบการจัดการปัจจุบัน ดังแสดงในตาราง 9 และภาพ 4 พบว่า ด้านเวลาเฉลี่ยที่รถใช้ในพื้นที่ ระบบปรับปรุงจะทำให้รถใช้เวลาในพื้นที่ลดลงจากปัจจุบันประมาณ 20 นาที ซึ่งเมื่อนำค่า half width ของเวลาเฉลี่ยมาพิจารณาจะได้ว่าในช่วงความเชื่อมั่น 95% เวลาเฉลี่ยในพื้นที่ของสองระบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

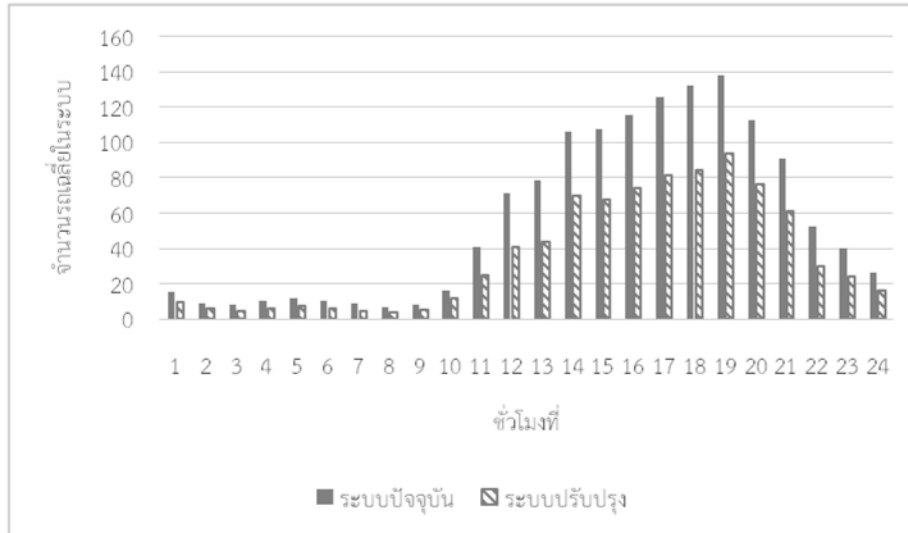
ตาราง 9 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบปัจจุบันและระบบปรับปรุง

ผลการดำเนินงาน	ระบบปัจจุบัน	ระบบปรับปรุง	
จำนวนรถที่เข้าสู่ระบบ (คัน)	1,478.92	1,480.42	
เวลาเฉลี่ยในระบบ (นาที)	54.63	34.64	
ค่า half width ของเวลาในระบบ	0.14	0.10	
ปริมาณรถเฉลี่ยในระบบ (คัน)	จำนวน	จำนวน	ร้อยละที่ลดลง
0:00-10:00	< 16	< 12	28.53 - 41.83
10:01-11:00	41	25	39.75
11:01-12:00	71	41	42.71
12:01-13:00	78	44	43.73
13:01-14:00	106	70	34.24
14:01-15:00	108	68	37.39
15:01-16:00	116	75	35.67
16:01-17:00	126	82	34.97
17:01-18:00	132	85	36.10
18:01-19:00	138	94	31.77
19:01-20:00	113	76	32.41
20:01-21:00	91	61	33.03
21:01-22:00	52	30	42.42
22:01-23:00	40	24	38.68
23:01-24:00	26	16	37.58



ในด้านจำนวนรถที่คงค้างในพื้นที่ จากตาราง 9 พบว่า ภายใต้ระบบปัจจุบัน พื้นที่เขตปลอดอากรมีจำนวนรถในพื้นที่สูงกว่า 100 คันในช่วงเวลาระหว่าง 13:01-20:00 น. แต่เมื่อทำการปรับปรุงระบบ ส่งผล

ให้จำนวนรถในพื้นที่ลดน้อยลงร้อยละ 31.77-37.39 ในช่วงเวลาดังกล่าว หรือลดลงสูงสุดถึง 47 คันในช่วงเวลา 17:01-18:00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีความหนาแน่นของการจราจรสูง



ภาพ 4 เปรียบเทียบจำนวนรถบรรทุกสินค้าส่งออกในระบบภายใต้ระบบปัจจุบันและระบบปรับปรุง

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบปัจจุบันและระบบปรับปรุงในด้านของเวลาการรอคอยของรถบรรทุกสำหรับการใช้ช่องเทียบรถและอัตราประโยชน์ของการใช้ช่องเทียบรถ พบว่าระบบปรับปรุงใหม่ไม่มีความแตกต่างจากระบบปัจจุบัน นั่นคือโซนที่ 1 โซนที่ 2 และโซนที่ 3 ของสถานีขนถ่ายสินค้าที่ 1 ไม่มีการรอคอยเกิดขึ้น ในขณะที่โซนที่ 4 ของสถานีที่ 1 และโซนที่ 1 ของสถานีที่ 2 แม้จะมีการรอคอยแต่เวลารอคอยเฉลี่ยมีค่าน้อยมากโดยมีค่าน้อยกว่า 1 นาที และสำหรับโซนที่ 2 ของสถานีขนถ่ายสินค้าที่ 2 จะมีเวลาเฉลี่ยในการรอคอยที่สูงสุดประมาณ 4 นาทีในช่วงเวลา 17:01-20:00 น. ทั้งนี้เนื่องจากค่าอัตราประโยชน์ของการใช้ช่องเทียบรถมีค่าสูงสุดระหว่างร้อยละ 60-70 ของบางโซนขนถ่ายและในช่วงเวลาที่สั้น ในขณะที่โซนที่เหลือมีค่าอัตราประโยชน์ต่ำกว่าร้อยละ 40 จึงสรุปได้ว่าจำนวนช่องเทียบรถที่แต่ละโซนของสถานีขนถ่ายมีเพียงพอสำหรับรองรับการให้บริการ ดังนั้นผลกระทบจากการควบคุมการเข้ามาของรถภายใต้ระบบปรับปรุงจึงมีผลโดยตรงต่อการลดลงของเวลาที่รถใช้ไปในพื้นที่และจำนวนรถคงค้างในพื้นที่

สรุปและอภิปรายผล (Conclusion and Discussion)

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบการจัดการรถบรรทุกสินค้าส่งออกที่เข้ามาในพื้นที่เขตปลอดอากรท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ และเสนอแนวทางการปรับปรุงระบบการจัดการอันจะนำไปสู่การลดความหนาแน่นของการจราจรภายในพื้นที่เขตปลอดอากร ผลจากการศึกษากระบวนการให้บริการและพฤติกรรมรถเข้ามาใช้บริการของรถบรรทุกสินค้าส่งออก พบว่า รถบรรทุกสินค้าส่งออกมีพฤติกรรมรถเข้ามาในพื้นที่ก่อนที่สินค้าและเอกสารการขนถ่ายจะมีความพร้อม ส่งผลให้เมื่อรถเข้ามาในพื้นที่ รถบรรทุกไม่สามารถเริ่มทำการการขนถ่ายสินค้าที่สถานีขนถ่ายสินค้าได้ทันที ทำให้ปริมาณรถในพื้นที่เกิดการสะสมและมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบการจัดการในปัจจุบัน พบว่าพื้นที่จะมีจำนวนรถคงค้างสูงสุดหรือมีความหนาแน่นของรถสูงสุด 138 คันในช่วงเวลา 17:01-18:00 น. ในขณะที่หากพิจารณาถึงความสามารถในการให้บริการของสถานีขนถ่ายสินค้า พบว่าหน่วยให้บริการหรือช่องเทียบรถมีความเพียงพอสำหรับการให้บริการ โดยค่าอัตราประโยชน์ของการใช้ช่องเทียบ



รถในแต่ละช่วงเวลาโดยส่วนใหญ่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ยกเว้นช่วงเวลา 15:01-20:00 น. ที่อัตราประโยชน์ของการใช้ช่องเทียบรถสูงกว่าร้อยละ 50 และพบว่าค่าอัตราประโยชน์สูงสุดมีค่าเป็นร้อยละ 70 เฉพาะในช่วงเวลา 18:01-19:00 น. ในด้านเวลาการรอคอยเพื่อใช้ช่องเทียบรถ พบว่ารถบรรทุกส่วนใหญ่แทบไม่มีการรอคอยเพื่อใช้ช่องเทียบรถ ดังนั้นผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าปัญหาความหนาแน่นของการจราจรในพื้นที่ไม่ได้เกิดจากความไม่เพียงพอของหน่วยให้บริการหรือช่องเทียบรถเพื่อการขนถ่ายสินค้า แต่พบว่ามีสาเหตุมาจากพฤติกรรมการเข้ามาใช้บริการของรถบรรทุกเป็นหลัก

งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางสำหรับการปรับปรุงระบบการจัดการรถบรรทุกเพื่อลดความหนาแน่นของการจราจรในพื้นที่ คือการเสนอให้รถบรรทุกสินค้าต้องแสดงเอกสารทั้งหมดที่ต้องใช้ในพื้นที่ในขั้นตอนแรกของการตรวจสอบสินค้าเข้า เพื่อควบคุมไม่ให้รถที่ไม่มีความพร้อมสำหรับการขนถ่ายสินค้าเข้ามาในพื้นที่ ผลจากการจำลอง

สถานการณ์ภายใต้แนวทางดังกล่าว พบว่า รถใช้เวลาในพื้นที่น้อยลงโดยเฉลี่ย 20 นาที ซึ่งมีผลให้ปริมาณรถคงค้างในพื้นที่ลดลงกว่าร้อยละ 30 จากเดิม

อย่างไรก็ตาม แม้แนวทางการปรับปรุงระบบจะส่งผลให้ปริมาณรถในพื้นที่ลดลง แต่การนำแนวทางดังกล่าวไปสู่การปฏิบัติจริง เขตปลอดอากรท่าอากาศยานสุวรรณภูมิจำเป็นต้องพิจารณาถึงวิธีการในการคัดกรองเอกสารดังกล่าวให้เกิดประสิทธิภาพ และพัฒนาระบบการจัดการข้อมูลเพื่อสนับสนุนการคัดกรองดังกล่าว ตลอดจนการสื่อสารให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งตัวแทนขนส่งและพนักงานขับรถรับทราบถึงแนวทางดังกล่าว

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgments)

ขอขอบคุณในความร่วมมือจาก บริษัทท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) ที่สนับสนุนด้านข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษานี้และอำนวยความสะดวกในการลงพื้นที่ศึกษาเพื่อสังเกตการณ์และเก็บข้อมูล

บรรณานุกรม (Bibliography)

- Chamnanwech, S. (2012). **Quantitative Analysis**. (6th ed.). Bangkok: S. Asia Press (1989).
- Chanchaichujit, J., Chamchang, P., Chanklap, B., Jawjit, W., Sukahbot, S., Kokkaew, N., et al. (2018). **Project: A smart backhaul trucking system**. The Thailand Research Fund, Bangkok.
- El-Naggar. (2010). Application of queuing theory to the container terminal at Alexandria seaport. **Journal of Soil Science and Environmental Management**, 1(4), 77-85.
- Fialkin and Veremeenko. (2017). Characteristics of traffic flow management in multimodal transport hub (by the example of the seaport). **Transportation Research Procedia**, 20(1), 205-211.
- Free zone Suvarnabhumi Airport. (2018). **Free zone**. Retrieved January 15, 2018, from <https://freezone.airportthai.co.th>
- Kelton, Sadowski and Sturrock. (2007). **Simulation with Arena** (4th ed.). New York: McGraw Hill.
- Loutanasin, C. (2008). **The efficiency improvement of outbound transportation by utilizing a container yard**. Master Thesis, M.S., King Mongkut's University of Technology Thonburi. Bangkok.
- Manasilapapan, S. & Sensod, A. (2017). The management of the value added area in the free zone at Suvarnabhumi airport. **Journal of Technical Education Development**, 29(101), 100-107.
- Phisatphen, R. (2010). **A guide to simulation modeling with ARENA** (revised edition). Bangkok: SE-Education.



- Sathitman, U. (2013). **Analysis of queuing system models services examine the vehicle the laem chabang port.** Master Thesis, M.S., Burapa University. Chonburi.
- Surachoetkiat, W. (2001). **Computer Simulation.** Pathumthani: Sky Book.
- Tadashi. (2003). Optimizing the handling capacity in a container terminal for investigating efficient handling systems. **Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies**, 5, 597–608.
- Thongprasert, S. (1999). **Problem Simulation** (5th ed.). Bangkok: Chulalongkorn University Printing House.
- Torteeka, T. (2011). **Cost analysis of queuing system for container vessel at port of Bangkok.** Master Thesis, M.Econ., Kasetsart University. Bangkok.
- Yongram, S. (2014). **Efficiency improvement in sugar cane unloading process.** Master Thesis, M.S., Kasetsart University. Bangkok.