http://journal.rmutp.ac.th/

การจำลองสถานการณ์การขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกข้ามพรมแดนไทย-มาเลเซีย กรณีศึกษา ด่านศุลกากรสะเดา จังหวัดสงขลา

ปาลิดา สุทธิชี* นิกร ศิริวงศ์ไพศาล และ วนัฐฌพงษ์ คงแก้ว

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
เลขที่ 15 ตำบลคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

รับบทความ 14 กรกฎาคม 2561 แก้ไขบทความ 20 มกราคม 2562 ตอบรับบทความ 25 มกราคม 2562

บทคัดย่อ

การค้าชายแดนถือได้ว่ามีบทบาทที่สำคัญในการส่งเสริมความสามารถในการแข่งขันของสินค้าไทยในประเทศเพื่อนบ้าน และมีส่วนสำคัญของการสร้างรายได้ให้กับประเทศ สำหรับการค้าในภาคใต้ของประเทศไทยซึ่งประเทศมาเลเซียจัดเป็นตลาดที่มีความสำคัญโดยมีมูลค่าการค้าชายแดนกับไทยในปี 2560 คิดเป็นร้อยละ 55.56 ของการค้าชายแดนกับประเทศเพื่อนบ้าน จากการศึกษาวิจัยการค้าชายแดนประเทศไทย-มาเลเซีย พบว่ากระบวนการผ่านแดนเกิดระยะเวลารอคอยเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้มีรถบรรทุกรอคอยบริเวณด่านทำให้เกิดปัญหาจราจรติดขัด เกิดความแออัดและความคับคั่งของด่านศุลกากร ซึ่งการรอคอยดังกล่าวจะส่งผลต่อต้นทุนการขนส่งที่เพิ่มขึ้นในแต่ละเที่ยวของบริษัทขนส่ง 7,141.87 บาทต่อเที่ยว และรถบรรทุกแต่ละคันใช้เวลารอคอยเฉลี่ยทั้งระบบ 264.19 นาทีต่อเที่ยว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลารอคอย โดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ ผลการจำลองพบว่าเวลารอคอยลดลงจาก 264.19 นาทีต่อเที่ยว เหลือ 13.41 นาทีต่อเที่ยว (คิดเป็นร้อยละ 94.92) และส่งผลให้ต้นทุนขนส่งลดลง 166.72 บาทต่อเที่ยว ดังนั้นการลดเวลารอคอยจะช่วยในการเพิ่มศักยภาพในการให้บริการการขนส่งบริษัทขนส่งสามารถเพิ่มเที่ยการขนส่งสินค้าได้ และเพิ่มขีดความสามารถในการให้บริการของด่านศุลกากรจากเดิมการให้บริการที่เกินเวลาทำงานของด่านศุลกากรสามารถให้บริการได้ทันเวลาทำการของทางศุลกากร และสามารถแข่งขันในตลาดการค้าชายแดนได้

คำสำคัญ : การค้าชายแดน; แบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์; ระยะเวลารอคอย; ต้นทุนการขนส่ง; การจัดลำดับ

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +669 8017 5569, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: suttishe.p@gmail.com*

http://journal.rmutp.ac.th/

The Simulation of Commercial Vehicle Border Crossing of Thailand-Malaysia : Case Study of Sadao Border, Songkhla

Palida Suttishe* Nikorn Sirivongpaisal and Wanatchapong Kongkaew

Department of Industrial Engineering Faculty of Engineering, Prince of Songkla University
15 Khosong, Hatyai, Songkla 90110

Received 14 July 2018; Revised 20 January 2019; Accepted 25 January 2019

Abstract

Border crossing trade can an important role in the competitiveness of Thai products in neighboring countries as Thailand has a geographical advantage that connects with neighboring countries, making border trade an important part of generating revenue for the country.

The Thailand - Malaysia border trade study showed that the transit process took a long time, resulting in a waiting truck at the checkpoint, causing traffic jams and the congestion and congestion of the customs. As a result, the average waiting time of the system takes up to 264.19 minutes per trip and transportation cost from 7,141.87 baht per trip by reducing the waiting time from the process to 13.41 minutes per trip, it was found that the transportation cost was 6,975.16 baht per trip (Decrease of 166.71 baht). Reduction the transportation costs and waiting times enhance the potentiality and the competitiveness of border crossing

Keywords : Border Crossing; Simulatiom; Waiting Time; Transport Cost; Scheduling

** Corresponding Author. Tel.: +669 8017 5569 , E-mail Address: suttishe.p@gmail.com*

1. บทนำ

การค้าชายแดนไทยเป็นการค้ากับประเทศเพื่อนบ้าน เพื่อทำการส่งออกและนำเข้าผ่านทางจุดผ่านแดนที่จัดตั้งขึ้นบริเวณชายแดนไทยกับประเทศเพื่อนบ้าน โดยประเทศไทยมีพรมแดนติดต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน 4 ประเทศ คือ เมียนมาร์ ลาว กัมพูชา และมาเลเซีย โดยประเทศเมียนมาร์เป็นประเทศที่มีพรมแดนติดต่อกันยาวที่สุด คือ ระยะทาง 2,401 กิโลเมตร รองลงมา ได้แก่ ลาว ระยะทาง 1,810 กิโลเมตร กัมพูชา ระยะทาง 798 กิโลเมตร และมาเลเซีย ระยะทาง 647 กิโลเมตร ตามลำดับ โดยตลอด 3 ปีที่ผ่านมา (ปี 2557-2559) การค้าชายแดนมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 0.78 ต่อปี ในปี 2559 มีมูลค่า 1,013,389.20 ล้านบาท เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.71 จากปี 2558 และสำหรับปี 2560 การค้าชายแดนไทยกับประเทศเพื่อนบ้านมีมูลค่าการค้ารวม 1,076,389.37 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 6.22 โดยเป็นการส่งออก 649,926.84 ล้านบาท เพิ่มขึ้นร้อยละ 7.35 และเป็นการนำเข้า 426,462.53 ล้านบาท ลดลงร้อยละ 4.54 ซึ่งมาเลเซียจัดเป็นตลาดที่มีความสำคัญโดยมีมูลค่าการค้าชายแดนกับไทยสูงที่สุด คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 52.48 ของมูลค่าการค้าชายแดนรวม และเมื่อเปรียบเทียบการค้าชายแดนไทย-มาเลเซียของปี 2560 [1] มีมูลค่าการค้ารวม 564,657.27 ล้านบาท เทียบกับปี 2559 ที่มีมูลค่า 501,419.87 ล้านบาท เพิ่มขึ้นร้อยละ 12.61 แบ่งเป็นการส่งออกมูลค่า 312,551.93 ล้านบาท เพิ่มขึ้นร้อยละ 21.02 และการนำเข้ามูลค่า 252,105.34 ล้านบาท ร้อยละ 3.68 ประเทศไทยได้ดุลการค้า 60,446.59 ล้านบาท สินค้าส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ ยางพารา ผลิตภัณฑ์ยาง เครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์และส่วนประกอบ ไม้แปรรูป รถยนต์ อุปกรณ์และส่วนประกอบ สินค้านำเข้าที่สำคัญ ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ จานแม่เหล็กสำหรับคอมพิวเตอร์ เครื่องจักรที่ใช้ในอุตสาหกรรมและส่วนประกอบ สาเหตุที่ประเทศมาเลเซียเป็นด่านที่มีความสำคัญของประเทศไทยเพราะสภาพแลปริมาณการค้าและการขนส่ง ณ ด่านชายแดนไทย - มาเลเซีย สามารถทำได้โดยผ่านด่านถาวรระหว่าง ประเทศไทยกับมาเลเซียทั้งหมด 9 แห่ง ได้แก่ (1) ด่านสะเดา อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา (2) ด่านปาดังเบซาร์ อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา (3) ด่านสุไหงโกลก อำเภอสุไหงโก-ลกจังหวัดนราธิวาส (4) ด่านตากใบ (ท่าเรือ) อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส (5) ด่านบ้านประกอบ อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา (6) ด่านวังประจัน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล (7) ด่านสตูล (ท่าเรือ) อำเภอเมืองสตูล จังหวัดสตูล (8) ด่านเบตง อำเภอเบตง จังหวัดยะลา และ (9) ด่านบูเก๊ะตา อำเภอแว้ง จังหวัดนราธิวาส

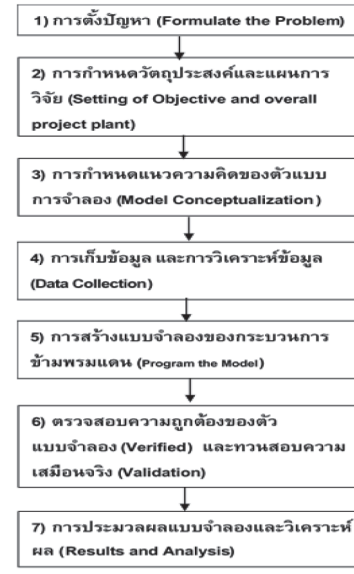
การค้าชายแดนไทย-มาเลเซีย ณ ด่านสะเดา ตั้งแต่ปี 2558-2560 มีปริมาณการค้ามากกว่า 200,000 ล้านบาท ซึ่งเป็นด่านที่มีมูลค่าการค้าสูงสุด การที่ด่านสะเดามีปริมาณสินค้าเข้า-ออกสูง เนื่องมาจากระยะทางที่ห่างจากอำเภอหาดใหญ่ประมาณ 50 กิโลเมตร มีเส้นทางคมนาคมสี่ช่องทางและมีเส้นทางเชื่อมต่อกับถนนสายหลักของมาเลเซียซึ่งทอดยาวจากเหนือจรดใต้และเชื่อมไปถึงสิงคโปร์ สามารถส่งออกสินค้าโดยใช้ท่าเรือปีนังได้สะดวก ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้การค้าชายแดน ณ ด่านสะเดา มีปริมาณสูงเมื่อเทียบกับด่านอื่น ๆ จึงทำให้ปริมาณรถบรรทุกที่มาใช้บริการ ณ ด่านสะเดามีประมาณเพิ่มมากขึ้นทุก ๆ ปี ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านความแออัดของด่าน ซึ่งในปี 2560 การค้าชายแดนไทย-มาเลเซีย มีมูลค่ารวมกว่า 564,657.27 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปี 2559 ร้อยละ 12.61 และยังคงมีศักยภาพที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามในการผ่านแดนจะต้องผ่านพิธีการตรวจปล่อยสินค้าในกระบวนการต่าง ๆ ณ ด่านศุลกากร จึงทำให้เกิดความล่าช้า ในปี 2559 สำนักโลจิสติกส์ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐาน และการเหมืองแร่ได้วิเคราะห์ผลจากการสัมภาษณ์พนักงานขับรถบรรทุกที่ใช้บริการ

ผ่านด่านศุลกากรซึ่งสรุปได้ว่ารถบรรทุกสินค้าจะต้องใช้เวลาเพื่อผ่านด่านสะเดาประมาณ 6 - 8 ชั่วโมง [2] และจากการเข้าสำรวจหน้างานและสัมภาษณ์เจ้าพนักงานศุลกากรปฏิบัติงาน พบว่ามีรถรอเข้าแถวคอย (คิว) โดยเฉลี่ยในแต่วัน (ช่วงปกติ) มีปริมาณเฉลี่ย 308 คันต่อวัน และ(ช่วงเทศกาล) มีปริมาณเฉลี่ย 370 คันต่อวัน ส่งผลทำให้เกิดเกิดความแออัดบริเวณหน้าด่าน เกิดปัญหาจราจรติดขัด รถบรรทุกไม่สามารถไปยังท่าเรือได้ทันเวลา เวลาที่ใช้ในการขนส่งข้ามแดนถือเป็นต้นทุนที่เพิ่มขึ้นของผู้ประกอบการขนส่งที่จะต้องเสียเมื่อมีระยะเวลารอคอยเกิดขึ้น

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอแนวทางการพัฒนาการให้บริการของด่านศุลกากรในการข้ามพรมแดน ที่ศึกษาผ่านการสร้างแบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) [3] โดยการสร้างตารางเวลานัดหมายให้กับรถบรรทุกที่จะเข้ามารับบริการที่ด่าน เพื่อการลดการรอคอยบริเวณหน้าด่าน โดยมีเวลารอคอย และต้นทุนค่าขนส่ง (ต้นทุนที่เกิดจากเวลารอคอย) ของผู้ประกอบการขนส่ง เพื่อเป็นตัวชี้วัดด้านประสิทธิภาพของการขนส่งสินค้าข้ามพรมแดน

2. ระเบียบวิธีการวิจัย

การจำลองสถานการณ์เพื่อศึกษาปัญหาและแก้ปัญหาในกระบวนการขนส่งข้ามพรมแดนไทย-มาเลเซีย เพื่อลดระยะเวลาในการรอคอยของบริษัทขนส่งในการทำการส่งออกสินค้าไปยังประเทศมาเลเซีย และลดความสูญเสียที่เกิดจากการรอคอยในกระบวนการข้ามพรมแดนโดยขั้นตอนการจำลองสถานการณ์แสดงดังในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนวิธีการวิจัยในการจำลองสถานการณ์

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

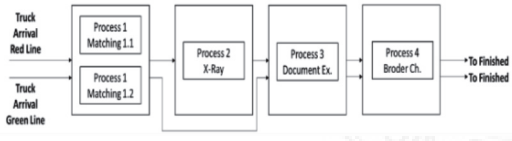
3.1 ที่มาของปัญหา

การศึกษาระบบการทำงานปัจจุบันของกระบวนการขนส่งข้ามพรมแดนในกรณีศึกษา เพื่อวิเคราะห์กระบวนการและค้นหาปัญหาที่เกิดขึ้น ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลที่ได้มากำหนดหัวข้อปัญหาและกำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการให้บริการข้ามพรมแดนของด่านศุลกากร ในปัจจุบันมีปัญหาเกิดขึ้น 2 ประการ ได้แก่ ระยะเวลาในการรอคอยการเข้ารับบริการและการได้รับบริการจนจบกระบวนการข้ามพรมแดนที่นานเกินไปของบริษัทขนส่งซึ่งตัวชี้วัดเวลาในการให้บริการของด่านศุลกากรไม่เกิน 30 นาทีต่อคัน และปัญหาด้านพื้นที่การรองรับการเข้ามาใช้บริการของบริษัทขนส่งที่จำกัดทำให้เกิดจราจรติดขัดภายในด่านศุลกากร ซึ่งจากการศึกษาพบว่า 1) จำนวนของช่องให้บริการที่ด่านศุลกากรและด่านพรมแดนสำหรับรถบรรทุกมีเพียง 1 ช่องให้บริการ (Single Service) 2) ปริมาณพื้นที่ภายในด่านศุลกากรสามารถรองรับรถบรรทุกที่เข้ามารับบริการได้เพียง 40-50 คัน และในระหว่างระยะทาง 2 กิโลเมตรก่อนถึงด่านพรมแดนสามารถรองรับรถบรรทุกได้ 200 คัน [4,5] 3) สภาพแออัดที่เกิดบริเวณแถวคอยบริเวณทางด่านศุลกากร เนื่องจากปริมาณพื้นที่ที่จำกัดและปริมาณรถที่เข้ามาใช้บริการมีปริมาณมาก 4) ช่วงเวลาการให้บริการของด่านศุลกากร โดยจะมี

ช่วงเวลาทำงานทั้งหมด 352 วันเนื่องจากมีวันปิดตามปฏิทินของประเทศมาเลเซีย และในแต่ละวันจะเริ่มให้บริการตั้งแต่เวลา 05:00 น. ถึง 23:00 น. และรถบรรทุกที่รอคิวและติดอยู่ในช่วงที่ด่านศุลกากรสะเดาปิดให้บริการ รถบรรทุกจะต้องจอดรถรอไว้ที่ด่านเพื่อรอรับบริการในวันถัดไปทำให้เกิดต้นทุนที่ไม่จำเป็นเกิดขึ้น และ 5) ระยะเวลาในการรอคอยจนจบกระบวนการข้ามพรมแดนที่นาน

3.2 การกำหนดกรอบความคิดของตัวแบบการจำลอง

ในกระบวนการขนส่งข้ามพรมแดนสามารถแบ่งประเภทการเขารับ บริการของบริษัทขนส่งออกเป็น 2 ประเภทคือ 1) รถบรรทุกเปิดตรวจ (Red Line) 2) รถบรรทุกไม่ต้องเปิดตรวจ (Green Line) ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยกระบวนการขนส่งข้ามพรมแดนจะประกอบด้วย 4 กระบวนการ ดังนี้ 1) การตรวจสอบข้อมูลและป้อนข้อมูลเข้าระบบ (Matching) 2) การตรวจปล่อยสินค้า (X-Ray) 3) การตรวจปล่อยเพื่อการส่งออก และ 4) ตรวจสอบข้อมูล เพื่อปล่อยข้ามแดน โดยรถบรรทุกไม่ต้องเปิดตรวจ (Green Line) จะไม่ต้องเข้ากระบวนการที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการขนส่งข้ามพรมแดน

3.3 การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

การเก็บข้อมูลและจับเวลาในกระบวนการที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับการลดปริมาณการเข้าแถวคอย (คิว) ในการผ่านแดน ได้แก่ เวลาที่ใช้ในกระบวนการตรวจสอบข้อมูลและป้อนข้อมูลเข้าระบบ ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการตรวจปล่อยสินค้าด้วยเครื่องเอกซเรย์ (X-Ray) ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการตรวจปล่อยเพื่อการส่งออก ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการตรวจสอบข้อมูลสินค้าหรือทะเบียนรถ เพื่อปล่อยข้ามแดนซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลการการเข้ามาของรถบรรทุกในแต่ละช่วงเวลา เพื่อนำมาหารูปแบบการแจกแจงและพารามิเตอร์ของข้อมูล ซึ่งจะเป็นค่าตัวเลขที่ใช้แทนกับข้อมูลจริงของระบบ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการแจกแจงพารามิเตอร์ของข้อมูลการเข้ามาของรถบรรทุก

ช่วงเวลา	การแจกแจง	ค่าพารามิเตอร์	หน่วย
05:00-23:00	Weibull	W(1.26, 2.82)	นาที/คัน

จากการวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงข้อมูลเข้าของการเข้ามาของรถบรรทุก ต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลของแต่ละกระบวนการเพื่อหาอัตราของระยะเวลาการให้บริการของแต่ละกระบวนการตั้งแต่กระบวนการแรกจนรถบรรทุกออกจากระบบ ซึ่งข้อมูลของระยะเวลาของการให้บริการจะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ 1) เวลาการให้บริการจากเวลาประกัน (ดัชนีชี้วัดด้านเวลาที่ด่านต้องปฏิบัติ) 2) เวลาที่ให้บริการจากการทำงานในปัจจุบันได้จากการสำรวจ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลระยะเวลาการให้บริการ

สถานี	เวลาที่กำหนดในการบริการ	เวลาจริงในการบริการ	หน่วย
ตรวจสอบข้อมูลและป้อนข้อมูลเข้าระบบ	10	3.+W(1.75, 0.197)	นาที
ตรวจปล่อยสินค้า (X-Ray)	10	5	นาที
ตรวจปล่อยเพื่อการส่งออก	5	4.+W(7.65, 0.496)	นาที
ตรวจสอบข้อมูลเพื่อปล่อยข้ามแดน	5	2.+W(2.44, 0.191)	นาที

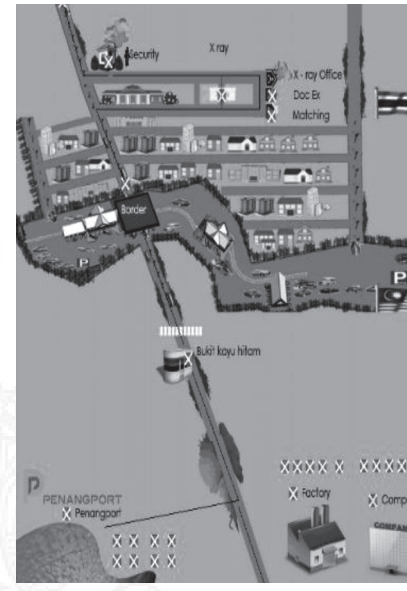
3.4 การสร้างแบบจำลองของกระบวนการข้ามพรมแดน

หลังจากทำการศึกษาระบบการขนส่งข้าพรมแดน รวมทั้งการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ จึงใช้โปรแกรม ProModel ในการสร้างแบบจำลองการทำงานของกระบวนการขนส่งข้ามพรมแดนในปัจจุบัน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลของแบบจำลองและมาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นตามวัตถุประสงค์ ผลกระบทจากปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางในการแก้ปัญหาของระบบงานปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแบบจำลองของระบบที่ได้สร้างขึ้นมาแสดงดังรูปที่ 3 และขั้นการทำงานของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 4

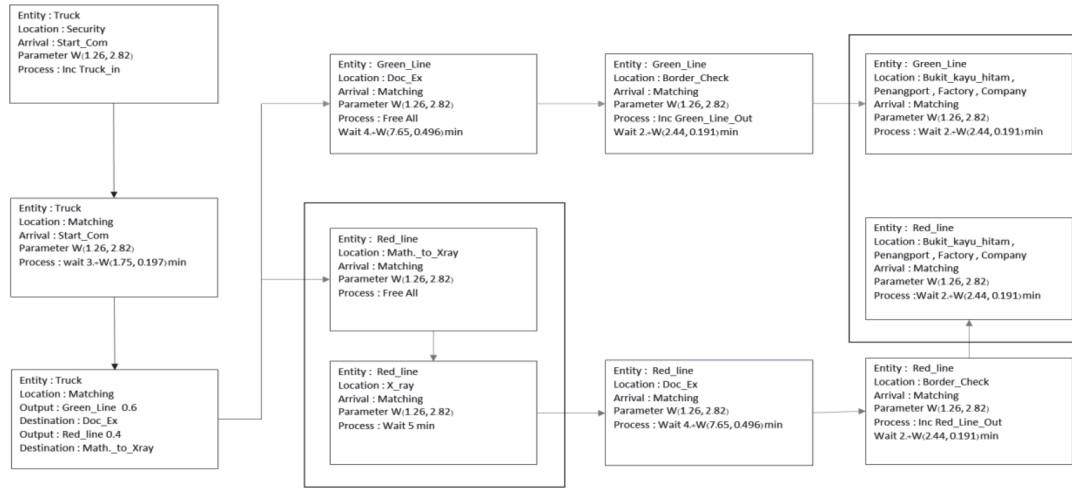
3.5 ตรวจสอบความถูกต้อง และทวนสอบแบบจำลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความสามารถในประมวลผลได้ถูกต้องตามที่วางแผนไว้ โดยการเลือกใช้คำสั่ง TRACE ของโปรแกรม ProModel [6-9] ที่แสดงรายละเอียดของการเคลื่อนไหวของ Entity แต่ละตัวในแต่ละช่วงเวลา

สำหรับการทวนสอบความสมเหตุสมผลของระบบ จะต้องทดสอบเพื่อปรับเทียบพฤติกรรมของตัวแบบให้มีความเหมาะสมกับพฤติกรรมของระบบจริง



รูปที่ 3 แบบจำลองของระบบการขนส่งข้ามพรมแดน



รูปที่ 4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในระบบการขนส่งข้ามพรมแดน

โดยการใช้วิธีทางสถิติเป็นตัวทดสอบ และนิยมใช้การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย [9] ผู้วิจัยจึงได้นำผลของจำนวนรถบรรทุกเปิดตรวจ (Red Line) เฉลี่ยที่ออกจากระบบ (Total Exit) มาทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง โดยการกำหนดสมมติฐานและให้ค่า μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยของรถบรรทุกเปิดตรวจที่ออกจากระบบจริง และ μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของรถบรรทุกเปิดตรวจที่ออกจากระบบของแบบจำลองสถานการณ์

จากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ ตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล (Normality Test) การตรวจสอบความแปรปรวนของข้อมูลทั้งสองชุด (Test of Equal Variance) และการทดสอบการสุ่ม (Randomness) ซึ่งพบว่าการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองเป็นไปตามเงื่อนไขด้านความเพียงพอของแบบจำลอง

จากนั้นสามารถทดสอบความสมเหตุสมผลของตัวแบบโดยการทดสอบของจำนวนรถบรรทุกที่ออกจากระบบที่ได้จากตัวแบบจำลองและจากระบบจริงมีความแตกต่างกันหรือไม่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยการทดสอบความแตกต่างของสองกลุ่มประชากร (Two-sample t-test) โดยมีสมมติฐานดังนี้

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$

$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

จากการทดสอบ t (t-test) ผลการทวนสอบความสมเหตุสมผลทางสถิติของแบบจำลองแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทวนสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง

ข้อมูลทดสอบ	จำนวนข้อมูล (ครั้ง)	2 Sample T-test
ระบบของข้อมูลจริง	31	P-Value 0.437
ระบบของแบบจำลองสถานการณ์	31	

จากตารางที่ 4 จากผลการทวนสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง พบว่าค่า P–Value จากการทดสอบ t (t-test) ของจำนวนรถบรรทุกที่ออกจากระบบจริงกับแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 0.437 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ได้ นั้นคือตัวแบบจำลองกับตัวแทนของระบบงานจริงไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญการทดสอบ

การวิเคราะห์จำนวนรอบของการทำงานของโปรแกรม (Replication) ที่เหมาะสม หลังจากได้ตัวแบบจำลองของระบบงานจริง แสดงดังสมการที่ (1)

$$n = \left[\frac{t_{\frac{\alpha}{2},R-1}(S_o)}{\varepsilon} \right]^2 \quad (1)$$

โดยที่

n = จำนวนรอบของการทำงานของโปรแกรม

R = จำนวนรอบการทำงานของโปรแกรมครั้งแรก

S_o = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

ε = ค่าความคลาดเคลื่อน

จากสมการการคำนวณหาจำนวนรอบของการทำงานของโปรแกรมในสมการที่ 1 โดยแทนค่าจำนวนรอบการทำงานของโปรแกรมครั้งแรก (R) เท่ากับ 31 ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (S_o) เท่ากับ 7.20 คันต่อนาที ค่าขอบเขตของความคลาดเคลื่อนร้อยละ 4 ของจำนวนรถเฉลี่ยที่ออกจากระบบ (ε = 3.58) และค่าความเชื่อมั่นที่ $1-\alpha$ เท่ากับ 0.95 ($t_{0.025}$ = 2.042) พบว่าจำนวนครั้งของการรันที่เหมาะสมเท่ากับ 16.87 ครั้ง หรือ 17 ครั้ง

เนื่องจากได้มีการจำลองด้วยจำนวนรอบทำซ้ำแล้ว 31 ครั้ง รอบ ดังนั้นการทดลองเบื้องต้นมีจำนวนรอบเพียงพอต่อการการวิเคราะห์แบบจำลอง โดยผลจากการจำลองสถานการณ์แสดงดังตารางที่ 5

3.6 การประมวลผลแบบจำลอง

จากผลการจำลองสถานการณ์ตารางที่ 5 โดยมี

จำนวนการทำงานของโปรแกรม ProModel ทั้งหมด 31 ครั้ง ดังนั้นการทดลองเบื้องต้นมีจำนวนรอบเพียงพอจึงสามารถสรุปผลจากการวิเคราะห์แบบจำลองได้ดังตารางที่ 6 และผลการจำลองสถานการณ์พบว่า (1) อัตราการออกของงาน (Throughput Rate) หรืออัตราที่ด่านศุลกากรสามารถให้บริการในกระบวนการตรวจสอบข้อมูลและป้อนข้อมูลเข้าระบบ 0.20 คันต่อนาที กระบวนการตรวจปล่อยสินค้า (X-Ray) 0.08 คันต่อนาที กระบวนการตรวจปล่อยเพื่อการส่งออก 0.19 คันต่อนาที และกระบวนการตรวจสอบข้อมูล เพื่อปล่อยข้ามแดน 0.18 คันต่อนาที (2) อัตราการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรในด้านของบุคลากร ด้านเครื่องจักร–อุปกรณ์ และด้านวัสดุสำนักงาน (Facilities Utilization) จะเห็นว่ากระบวนการตรวจปล่อยสินค้า และกระบวนการตรวจสอบข้อมูล เพื่อปล่อยข้ามแดน มีอัตราการใช้ประโยชน์เพียงร้อยละ 39.39 และ 39.78 ตามลำดับ (3) เวลาเฉลี่ยที่งานอยู่ในระบบ (Average Time In System) จะเห็นได้ว่าศุลกากรสามารถให้บริการงานในทุกกระบวนการได้ไม่เกินเวลาประกันที่ทางด่านศุลกากรได้ตั้งไว้ ดังตารางที่ 2 และมีเพียงกระบวนการตรวจสอบข้อมูลและป้อนข้อมูลเข้าระบบที่ระยะเวลางานอยู่ในระบบเกินมาจากเวลาประกันจำนวน 0.13 นาที และเมื่อตรวจสอบ (4) ระยะเวลาเฉลี่ยที่งานอยู่ในแถวคอย (Average Waiting Time) พบว่าทุกกระบวนการการขนส่งข้ามพรมแดนต่างมีระยะเวลารอคอยหลังทำการจำลองสถานการณ์มีเวลารอคอยลดลงจากระบบจริงที่เกิดความแออัดบริเวณหน้าด่าน และทำให้การขนส่งสินค้าข้ามแดนใช้มากส่งผลให้ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นทั้งด้านของผู้ให้บริการ (ต้นทุนการให้บริการ) และผู้ใช้บริการ (ต้นทุนการขนส่ง)

3.7 การวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดจากการขนส่งข้ามพรมแดน

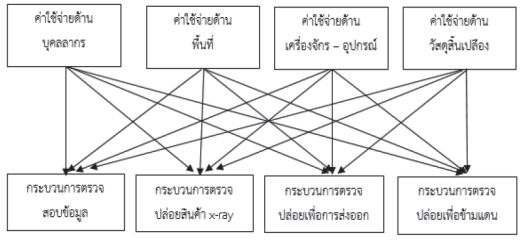
การวิเคราะห์ต้นทุนในในกระบวนการผ่านแดนจะประกอบด้วยต้นทุนในการให้บริการ และต้นทุนของผู้ใช้บริการ ซึ่งต้นทุนเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในกระบวนการสามารถแบ่งเป็น 2 กิจกรรม ดังนี้ ต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า (Value-Added Activities) คือ กิจกรรมต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีวัตถุประสงค์เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้มาใช้บริการ และต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า (Non-Value-Added Activities) คือ กิจกรรมต่าง ๆ ก็ตามที่ใช้ทรัพยากร เช่น เวลา พนักงาน เครื่องจักร พื้นที่ แต่ไม่ได้มีส่วนในการสร้างความพึงพอใจแก่ผู้มาใช้บริการเรา หรือที่เรียกว่าความสูญเปล่า ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

3.7.1 การวิเคราะห์ต้นทุนฐานกิจกรรมในการให้บริการ

การนำต้นทุนการใช้ทรัพยากร (ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดในกระบวนการให้บริการขนส่งข้ามพรมแดน) มาจำแนกการใช้จ่ายทรัพยากรที่ให้บริการทั้ง 4 กิจกรรม และระบุเวลาปฏิบัติงานเป็นตัวผลักดันทรัพยากร เมื่อได้ต้นทุนค่าใช้จ่ายในแต่ละกิจกรรมแล้วจึงทำการจัดสรรต้นทุนตามศูนย์กิจกรรมเข้าแต่ละกิจกรรมในการให้บริการขนส่งข้ามพรมแดน โดยใช้ตัวผลักดันกิจกรรมเป็นเกณฑ์ในการคำนวณ โดยรูปแบบการคำนวณต้นทุนด้วยระบบต้นทุนฐานกิจกรรมแสดงดังรูปที่ 6 และแสดงต้นทุนต่อหน่วยของการให้บริการขนส่งข้ามพรมแดนของด่านศุลกากร แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ผลการจำลองสถานการณ์

ตัวชี้วัดของการทดสอบแบบจำลอง	หน่วย	ระบบงานจริง				ตัวแบบจำลอง			
		กระบวนตรวจสอบข้อมูลและป้อนข้อมูลเข้าระบบ	กระบวนตรวจปล่อยสินค้า (X-Ray)	กระบวนตรวจปล่อยเพื่อการส่งออก	กระบวนตรวจสอบข้อมูล เพื่อปล่อยข้ามแดน	กระบวนตรวจสอบข้อมูลและป้อนข้อมูลเข้าระบบ	กระบวนตรวจปล่อยสินค้า (X-Ray)	กระบวนตรวจปล่อยเพื่อการส่งออก	กระบวนตรวจสอบข้อมูล เพื่อปล่อยข้ามแดน
อัตราการออกของงาน	คันต่อนาที	0.20	0.08	0.19	0.18	0.18	0.08	0.18	0.17
อัตราการใช้ประโยชน์ของทรัพยากร	เปอร์เซ็นต์	94.69	39.39	86.02	39.78	57.88	90.13	79.81	80.55
เวลาการดำเนินงานเฉลี่ย	นาทีต่อคัน	5.13	5.00	4.46	2.17	3.17	5.00	4.46	2.17
เวลาเฉลี่ยที่งานอยู่ในแถวคอย	นาทีต่อคัน	3.64	6.41	6.62	3.90	2.75	2.78	2.86	2.95
เวลารอคอยเฉลี่ยทั้งระบบ	นาทีต่อคัน	264.19 (หรือคิดเป็น 4.40 ชั่วโมงต่อคัน)				13.41 (หรือคิดเป็น 0.22 ชั่วโมงต่อคัน)			
เวลาการดำเนินงานเฉลี่ยทั้งระบบ	นาทีต่อคัน	128.78 (หรือคิดเป็น 2.15 ชั่วโมงต่อคัน)				134.42 (หรือคิดเป็น 2.24 ชั่วโมงต่อคัน)			
เวลาเฉลี่ยที่รอเข้ากระบวนการทั้งระบบ	นาทีต่อคัน	11.58 (หรือคิดเป็น 0.19 ชั่วโมงต่อคัน)				4.83 (หรือคิดเป็น 0.08 ชั่วโมงต่อคัน)			
เวลาเฉลี่ยทั้งระบบ	นาทีต่อคัน	383.98 (หรือคิดเป็น 6.39 ชั่วโมงต่อคัน)				152.66 (หรือคิดเป็น 2.55 ชั่วโมงต่อคัน)			



รูปที่ 6 รูปแบบการคำนวณต้นทุนด้วยระบบต้นทุนฐานกิจกรรม [11]

3.7.2 การวิเคราะห์ต้นทุนค่าขนส่ง (ผู้ใช้บริการ)

ธุรกิจการขนส่งในปัจจุบันได้มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง และมีจำนวนบริษัทที่ให้บริการการขนส่งเพิ่มขึ้นทุกปี จึงทำให้ต้นทุนการขนส่งเป็นส่วนสำคัญในการบริหารและสามารถแข่งขันกับคู่แข่งภายในตลาดได้ โดยต้นทุนผู้ใช้บริการแสดงดังสมการที่ (3) และสามารถแบ่งต้นทุนค่าขนส่ง (ผู้ใช้บริการ)

ออกเป็น 2 ส่วน คือ ต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า (Value-Added Activities) เช่น การให้บริการขนส่ง การทำพิธีการขนส่งข้ามพรมแดนและต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า (Non-Value-Added Activities) ซึ่งเป็นต้นทุนค่าเสียโอกาสของพนักงานขับรถ 1) ต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า (Value-Added Activities) ซึ่งเป็นต้นทุนจากการใช้บริการขนส่งข้ามพรมแดน คำนวณจากต้นทุนค่าขนส่งรวมต่อครั้งการขนส่ง (S_s) ดังสมการต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) + ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) + ต้นทุนแถวคอย (Queuing Cost) (2)

จากสมการที่ (2) เมื่อ ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) คือ ค่าเสื่อมราคาของรถบรรทุก (C_f); $\left[\frac{C_c - C_d}{C_e \times 365}\right]$ บาทต่อเที่ยว + เงินเดือนพนักงานขับรถ (C_g) ; $\left[C_g \times C_h\right]$ บาทต่อเที่ยว

ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) คือ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (C_a) ; $\left[\frac{C_m}{C_b} \times C_a\right]$ บาทต่อเที่ยว + ค่าดำเนินพิธีทางศุลกากร (C_n) ; $\left[C_{n1} \times C_j\right]$ บาทต่อเที่ยว X จำนวนเที่ยวการขนส่ง $\left[C_j\right]$

ต้นทุนรอคอย (Waiting Cost) คือ ค่าเสียโอกาสที่เกิดจากการรอในแถวคอย (ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงขณะรอแถวคอย) [12] (C_o) ;

$$\left[\frac{\text{ระยะเวลาในการรอคอย} \times 25 \text{ ซีซี}}{1000} C_a\right] \quad \text{บาทต่อเที่ยว}$$

2) ต้นทุนค่าเสียโอกาสของพนักงานขับรถหากเกิดการรอคอยในกระบวนการขนส่งข้ามพรมแดน ซึ่งค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้นแบ่งออกเป็นค่าเสียโอกาสด้านเวลาที่เสียไปในการรอคอย

จากการวิเคราะห์ต้นทุนทั้ง 2 ด้าน พบว่าหากมีการตรวจปล่อยสินค้าที่ด่านชายแดนต่างมีความล่าช้าและที่ใช้เวลานานในแต่ละกระบวน ส่งผลให้เกิดความแออัดบริเวณหน้าด่าน และผลจากการใช้เวลานานถือเป็นต้นทุนที่เพิ่มขึ้นของผู้ประกอบการไทย ซึ่งการประเมินต้นทุนของผู้ให้บริการ และต้นทุนของผู้ใช้บริการ จะเห็นได้ว่าต้นทุนค่าขนส่งรวมต่อครั้งการขนส่งของผู้ใช้บริการมีจำนวน 7,141.87 บาทต่อเที่ยว ซึ่งเป็นผลจากเวลารอคอยเฉลี่ยทั้งระบบใช้เวลานานถึง 264.19 นาทีต่อคัน รวมถึงความล่าช้าที่เกิดจากความแออัดในบริเวณด่าน และการใช้เวลานานในการทำงานของแต่ละกระบวนทำให้เกิดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงขณะรอแถวคอย ค่าเสียโอกาสที่เกิดจากการรอในแถวคอยซึ่งต่างเป็นส่วนที่ทำให้เกิดต้นทุนส่วนเพิ่มที่ไม่จำเป็นขึ้นหรือต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า (Non-Value-Added Activities) ซึ่งการลดต้นทุนค่าขนส่งเวลาในแถวคอยให้ต่ำลงเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญของการค้าชายแดนที่จะสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางด้านราคาในตลาดการขนส่งได้

4. สรุป

ในการศึกษาวิจัยการค้าชายแดนประเทศไทย-มาเลเซียนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลารอคอยของการขนส่งขนข้ามพรมแดน ด้วยการจำลองสถานการณ์การจะเห็นได้ว่ากระบวนการการผ่านแดนเกิดระยะเวลารอคอยเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้มีรถบรรทุกติดบริเวณด่านทำให้เกิดปัญหาจราจรติดขัด ซึ่งเป็นผลมาจากความแออัด ความคับแคบของด่านศุลกากร ซึ่งจากการคำนวณต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการขนส่งข้ามพรมแดนพบว่าต้นทุนค่าขนส่งรวมต่อครั้งการขนส่งจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นจากระยะเวลารอคอยและเวลาที่ใช้ในกระบวนการ โดยเวลาที่เกิดขึ้นจะส่งผลต่อค่าเสียโอกาสจากการรอในแถวคอย (เช่น ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงขณะรอแถวคอย ค่าว่างงาน) จากการคำนวณต้นทุนที่เกิดขึ้นใน

ปัจจุบันพบว่าต้นทุนในการขนส่งในแต่ละครั้งของบริษัทขนส่งมีจำนวนเงินสูงถึง 7,141.87 บาทต่อเที่ยว ซึ่งเป็นผลจากเวลารอคอยเฉลี่ยทั้งระบบใช้เวลานานถึง 264.19 นาทีต่อคัน เมื่อลดระยะเวลารอคอยออกจากกระบวนการพบว่าต้นทุนในการขนส่งมีจำนวน

ตารางที่ 6 ต้นทุนต่อหน่วยในการให้บริการ

รหัส	ศูนย์กิจกรรม	ต้นทุน (บาท)	จำนวนหน่วยของตัวผลักดันกิจกรรม (ใบขน)	ต้นทุนต่อหน่วยของตัวผลักดันกิจกรรม (บาทต่อใบขน)
A1	รับใบขนสินค้า (Export entry)	4,290,188.57	317,840.00	13.50
A2	ตรวจสอบใบขนสินค้า	5,849,288.35	476,760.00	12.27
A3	ตรวจสอบเอกสารการเข้าเอกซเรย (X–ray)	7,010,145.84	110,013.00	63.72
A4	ตรวจสอบสินค้าด้วยเครื่องเอกซเรย์ (X–ray)	6,791,095.42	110,013.00	61.73
A5	จัดทำเอกสารพิธีการศุลกากรส่งออก	4,301,518.69	317,840.00	13.53
A6	ตรวจสอบเอกสารเพื่อปล่อยข้ามแดน	3,491,013.19	317,840.00	10.98

6,975.16 บาต่อครั้ง ลดลง 166.71 บาทต่อครั้ง ดังนั้น เวลาในการใช้บริการมีความสำคัญอย่างมากในการเกิดต้นทุนการขนส่งในการลดเวลาการรอคอยของการเข้ากระบวนการ หรือการจัดการระบบการเข้ามาของรถบรรทุกที่เข้ามาใช้บริการให้มาตรงตามเวลาที่กำหนด สามารถช่วยลดสภาพการแออัดในบริเวณภายในด่านศุลกากรและลดเวลารอคอย รวมถึงค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าว่างงานอันเกิดจากการรอคอยได้ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการขนส่งข้ามพรมแดนของด่านศุลกากรอีกด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนภายใต้โครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากร STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) เพื่อการวิจัยและพัฒนาสำหรับภาคอุตสาหกรรม : STEM Workforce ประจำปี 2560 ผู้แต่งขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ได้สนุบสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ผู้แต่งขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนทุนบัณฑิตศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความที่กรุณาให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นในการปรุบปรุงบทความให้มีความสมบูรณ์

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Department of Foreign Trade. (2017). Trade statistics. [Online]. Available: http://www.dft.go.th/th-th/. [Accessed 5 April 2560]

[2] Department of Industrial Promotion. (2017). Hot New Logistictis. [Online]. Available: http://www.logistics.go.th. [Accessed 5 June 2560].

[3] C.Harrell, Biman K. Ghosh, Royce Bowden, Simulation Using ProModel, 2nd ed. Singapore: McGraw-Hill, 2003.

[4] C. Korkarun and J. Jittichai, "Impact of Trade Facilitation Enhancements under the ASEAN Community Agreement on International Carriage and Border Crossing, “in The Thailand Research Fund

(TRF). 2011.

[5] T. Nalita, "Impact of Trade Facilitation Enhancements under the ASEAN Community Agreement on International Carriage and Border Crossing," in The Thailand Research Fund (TRF). 2011.

[6] Averill Law and W. David Kelton, Simulation Modelling and Analysis 3rd ed, Singapore: Singapore: McGraw-Hill, 2007.

[7] Kelton, D.W., Sadowski, R.P. and Sturrock D.T. Simulation with Arena-3rd ed. International Edition. McGraw-Hill. The McGraw-Hill Company. Inc, 2003.

[8] C. Harrell, B. K. Ghosh and R. O. Bowden, SIMURATION USING PROMODEL 3rd ed, Singapore: McGraw-Hill, 2012.

[9] Robert G. Sargent, "Verifying and Validating Simulation Models," Winter Simulation Conference, 1996.

[10] T. Prayong, "Simulations and Models," Faculty of Science and Technology, Ubon Ratchathani University, 2004.

[11] David Cooper, Renee Vellve and Henk Hobbelink, "Growing Diversity: Genetic Resources and Local Food Security," Intermediate Technology Publication, 1992.

[12] Ministry of Energy, "EppoHan2," Energy Conservation Center of Thailand, Bangkok, 2001.