

การวิเคราะห์แบบจำลองแถวคอยสำหรับระบบการทดสอบ คุณวุฒิวิชาชีพด้านโลจิสติกส์ ภาคปฏิบัติ

QUEUING MODEL ANALYSIS FOR PRACTICAL TESTING SYSTEM OF LOGISTICS PROFESSIONAL
QUALIFICATION

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชวลิต มณีศรี

อาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail : chawalit.ma@spu.ac.th

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรีณี มณีศรี

ผู้อำนวยการหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน
วิทยาลัยบัณฑิตศึกษาด้านการจัดการ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail : tharinee.ma@spu.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบการทดสอบคุณวุฒิวิชาชีพด้านโลจิสติกส์ ภาคปฏิบัติ เมืองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ผู้รับการทดสอบ เจ้าหน้าที่สถานีรับสินค้า เจ้าหน้าที่สถานีจัดวางสินค้า และเจ้าหน้าที่สถานีจัดส่งสินค้า ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อจำนวนผู้รับการทดสอบ คือ ความสามารถในการให้บริการทดสอบของเจ้าหน้าที่ประจำสถานี ซึ่งมีทรัพยากรบุคคลและพื้นที่ที่จำกัด ดังนั้นการวิเคราะห์แบบจำลองแถวคอยในบทความนี้ จึงมุ่งเน้นในการวัดผลประสิทธิภาพการทำงานของเจ้าหน้าที่แต่ละสถานี เวลารอคอยของผู้รับการทดสอบ และจำนวนผู้รับการทดสอบ โดยแบบจำลองแถวคอยเป็นสิ่งที่ใช้อธิบายระบบดังกล่าว ร่วมกับการประมวลผลด้วยโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Arena พบว่าแบบจำลองแถวคอยทางเลือกที่ 1 เหมาะสมกับสถานการณ์ที่มีผู้เข้าทดสอบไม่เกิน 150 คน โดยมีเวลารอคอยเฉลี่ยต่ำกว่า 0.32 นาที และมีร้อยละการใช้งานของเจ้าหน้าที่ใกล้เคียงกันทุกสถานี คือ 73% แบบแบบจำลองแถวคอยทางเลือกที่ 2 เหมาะสมกับสถานการณ์ที่มีผู้เข้าทดสอบไม่เกิน 200 คน โดยมีเวลารอคอยเฉลี่ยต่ำกว่า 2.08 นาที และมีร้อยละการใช้งานของเจ้าหน้าที่ใกล้เคียงกันทุกสถานี คือ 91% ขณะที่ทางเลือกที่ 3 เป็นทางเลือกที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากขาดความสมดุลระหว่างสถานีในหน่วยทดสอบ มีเวลารอคอยเฉลี่ยสูงกว่า 19.48 นาที และมีต้นทุนสูงขึ้น 33% โดยที่รอบรับผู้เข้าทดสอบได้ ไม่เกิน 200 คน เช่นเดียวกับทางเลือกที่ 2

คำสำคัญ : แบบจำลองแถวคอย ระบบการทดสอบคุณวุฒิวิชาชีพด้านโลจิสติกส์ การจำลองสถานการณ์แบบเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่อง

ABSTRACT

The key elements for the practical testing system of logistics professional qualification are examinees, officers at goods receiving station, officers at goods aligning station and officers at goods delivery stations. The critical factor affecting numbers of examinees is the officers' testing service capability. In fact, there is a limitation of numbers of officers and working space. The queuing model analysis in this article is used to find utilization of officers at each

station, examinees waiting time for taking the test, and number of examinees who can be supported in the system. The queuing model and Arena simulation software are applied together to describe the system. The findings suggest that the first alternative is suitable for a situation which has no more than 150 examinees with the average waiting time shorter than 0.32 minute. This can balance the utilization of officers in all stations at 73%. The second alternative is for examinees numbering up to 200. The average waiting time is less than 2.08 minutes. It can balance the utilization of officers in all stations at 91%. In contrast, the third alternative is not suitable for any situation since it cannot balance the utilization at the stations. The average waiting time is more than 19.48 minutes with 33% cost increase. Moreover, numbers of examinees who are served are not bigger than 200 like the second alternative.

KEYWORDS : Queuing model, Logistics Professional Qualification System, Discrete-event simulation

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การทดสอบเพื่อรับรองคุณวุฒिवิชาชีพด้านโลจิสติกส์ ระดับที่ 1 สาขาอาชีพผู้ปฏิบัติการขนส่งทางถนน แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การทดสอบภาคทฤษฎี และการทดสอบภาคปฏิบัติ โดยภาคปฏิบัติเริ่มจากการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติงานของผู้รับผิดชอบขนส่งสินค้า จากนั้นจึงมีการทดสอบข้อเขียน ซึ่งผู้เข้ารับการทดสอบจะทดสอบพร้อมกันทั้งหมด รวมเวลาในขั้นตอนนี้ประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นเริ่มเข้าสู่กระบวนการทดสอบ ซึ่งเป็นการจำลองสถานีตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน การขนส่งทางถนน 3 สถานีใน 1 หน่วยทดสอบ ได้แก่ สถานีรับสินค้า สถานีจัดวางสินค้า และสถานีจัดส่งสินค้า ผู้รับการทดสอบทยอยเข้ารับการทดสอบอย่างต่อเนื่องตามขั้นตอนที่กำหนดจนครบถ้วน

อย่างไรก็ตามจากการทดสอบที่ผ่านมาศูนย์ทดสอบฯ มักจะประสบปัญหาความล่าช้าจนเกิดแถวคอยขึ้นระหว่างสถานีทดสอบ รวมทั้งไม่สามารถคาดการณ์เวลาในการทดสอบที่แน่นอนได้ การที่ไม่มีเครื่องมือและข้อมูลตัดสินใจที่ดีพอ ทำให้ไม่สามารถกำหนดจำนวนเจ้าหน้าที่และระบบการจัดการที่รองรับจำนวนผู้เข้ารับการทดสอบได้อย่างเหมาะสม

ดังนั้นบทความนี้จึงมุ่งเน้นการจัดการระบบการทดสอบฯ โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองแถวคอยร่วมกับการประมวลผลด้วยโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Arena เพื่อหาจำนวนเจ้าหน้าที่และจำนวนหน่วยบริการประจำสถานีรับสินค้าที่เหมาะสมในแต่ละ

สถานการณ์ โดยมีรายละเอียดการใช้งานของเจ้าหน้าที่แต่ละสถานี เวลารอคอยของผู้รับการทดสอบ และจำนวนผู้รับการทดสอบ เป็นตัวชี้วัดสำคัญ

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิเคราะห์แบบจำลองแถวคอยของระบบทดสอบฯ นี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบจำลองแถวคอย และโปรแกรมจำลองสถานการณ์ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างแบบจำลองและทดลองทางเลือกของระบบ โดยมีรายละเอียดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

แบบจำลองแถวคอย (Queuing model) และการจำลองสถานการณ์ (Simulation) มักเป็นเครื่องมือในการศึกษาระบบที่ใช้ควบคู่กัน ซึ่งเหมาะที่จะใช้ในการศึกษาเพื่อวัดประสิทธิภาพของแถวคอย เช่น เวลาเฉลี่ยของแถวคอย และประสิทธิภาพของระบบบริการ เป็นต้น แบบจำลองแถวคอยใช้แบบจำลองความน่าจะเป็นและการสุ่มในการประมาณค่าประสิทธิภาพด้วยการเลียนแบบระบบจริง (Real system) โดยใช้แบบจำลองแถวของของ D. G. Kendall หรือเรียกว่า "Kendall Notation" (Taha, 2007) ในการอธิบายลักษณะของแถวคอยให้กระชับและเข้าใจง่าย โดยใช้ตัวอักษร ตัวเลข และสัญลักษณ์ คั่นด้วยเครื่องหมาย "/" ซึ่งตัวแบบเบื้องต้นที่อธิบายในบทความนี้ประกอบด้วย 6 ส่วนหลัก ที่ต้องมีอยู่ในทุกตัวแบบแถวคอย คือ A/B/C/X/Y/Z

- ตำแหน่ง A คือ การแจกแจงของการเข้ามา
- ตำแหน่ง B คือ การแจกแจงของการให้บริการ
- ตำแหน่ง C คือ จำนวนหน่วยการให้บริการ แทนด้วยตัวเลขตั้งแต่ 1 ขึ้นไป
- ตำแหน่ง X คือ จำนวนผู้รับบริการที่สามารถมืออยู่ในระบบได้ในขณะนั้น
- ตำแหน่ง Y คือ กฎเกณฑ์ของแถวคอย เช่น FCFS, LIFO เป็นต้น

- ตำแหน่ง Z คือ จำนวนประชากรที่ขอรับบริการ

โดยทั้ง A และ B สามารถแทนด้วยอักษร อย่างไรก็ตาม ใดอย่างหนึ่ง ได้แก่ แทน ด้วย M หมายถึง การแจกแจงมาร์โคเวียน (Markovian) หรือปัวซอง (Poisson) กรณีที่แทนค่าจำนวนต่อหน่วยเวลา หรือ การแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential) กรณีที่ข้อมูลเป็นเวลาแทน ด้วย D หมายถึง ค่าคงที่ และแทนด้วย G หมายถึง การแจกแจงทั่วไป (นอกเหนือจากใน M และ D)

ข้อแตกต่างที่ชัดเจน คือ แบบจำลองแถวคอยเน้นตัวแบบคณิตศาสตร์อย่างชัดเจนและมีสมมุติฐานที่ทำให้มีข้อจำกัดของขอบเขตการใช้งาน ขณะที่การจำลองสถานการณ์นั้นยืดหยุ่นและสามารถใช้วิเคราะห์ทางปฏิบัติในแถวคอยทุกสถานการณ์ อย่างไรก็ตามการจำลองสถานการณ์มีค่าใช้จ่ายและใช้เวลามากกว่ารวมทั้งจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีขีดความสามารถสูงในการประมวลผล

สำหรับโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Arena (Kelton, Sadowski, and Stirrock, 2006) เป็นโปรแกรมที่รวมความสะดวกและความยืดหยุ่นในการใช้งานที่มีในโปรแกรมการจำลองระดับสูง เช่น โปรแกรม Microsoft Visual Basic, FORTRAN หรือภาษา C เป็นต้น มีการจัดเตรียมแบบของรูปภาพ (Animation) สำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ต่างๆ ผู้ใช้ Arena สามารถดึงเอาโมดูล (Modules) จาก SIMAN มาใช้ได้ รวมทั้งยังแสดงผลการสร้างแบบจำลองย้อนกลับเป็นภาษา SIMAN ได้ด้วย ผู้ใช้งานสามารถสร้างตัวแบบ ตรวจสอบความถูกต้อง (Verify) พิจารณาพฤติกรรมของระบบในการตรวจสอบความเสมือนจริง (Validation) และประมวลผลพร้อมรับข้อมูลผลลัพธ์ของระบบได้สะดวก ซึ่งเป็นที่นิยมในการประยุกต์ใช้งานกับการจำลองสถานการณ์แบบเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่อง (Discrete-event simulation) เป็นจำนวนมากในรอบ 30 ปีที่ผ่านมา (Rockwell automation, 2015)

ขั้นตอนการจำลองสถานการณ์ (Banks, 1998) ประกอบด้วย กำหนดรูปแบบปัญหา วัตถุประสงค์และวางแผน กำหนดแนวคิดตัวแบบ เก็บข้อมูล แปลงตัวแบบ ตรวจสอบความถูกต้องของระบบ ตรวจสอบความเสมือนจริงของระบบ ออกแบบการทดลอง ประมวลผลและวิเคราะห์ผล พิจารณาผลการประมวลผล ทำรายงาน และนำไปใช้งาน

อย่างไรก็ตามเพื่อยืนยันความแม่นยำของแบบจำลอง จึงควรคำนวณหาจำนวนรอบ (Replications) ที่เหมาะสมซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ (Half width) ดังแสดงในสูตร (1) และ (2) ดังต่อไปนี้

$$n \cong z_{1-\left(\frac{\alpha}{2}\right)}^2 \frac{s^2}{h^2} \quad (1)$$

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

โดยที่

- n จำนวนรอบ (Replications)
- n_0 จำนวนรอบของการประมวลผลครั้งแรก
- s ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวบ่งชี้ในแต่ละรอบของการประมวลผลครั้งแรก

- h ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้
- h_0 ค่าความผิดพลาดที่เกิดจากการประมวลผลครั้งแรก

งานวิจัยที่วิเคราะห์แบบจำลองแถวคอยและดำเนินการจำลองสถานการณ์แบบเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่องที่น่าสนใจคือ งานวิจัยของอนจและคณะ (2554) แสดงให้เห็นถึงการบูรณาการการประยุกต์ใช้แบบจำลองแถวคอยห่วงโซ่มาร์คอฟและโปรแกรมจำลองสถานการณ์ คือ Arena และ QTP ในการศึกษาระบบแถวคอยของร้านอาหารจานด่วน ซึ่งเป็นแนวทางที่งานวิจัยการวิเคราะห์แบบจำลองแถวคอยของระบบทดสอบฯ นี้ นำมาประยุกต์ใช้ผลที่ได้จากการทดลองทำให้สามารถเลือกรูปแบบแถวคอยที่เหมาะสมได้ คือ การกำหนดให้มีแถวคอยเพียง 1 แถว ก่อนเลือกเข้ารับบริการจากพนักงาน 3 คน หรือ M/G/3 โดยมีเวลารอคอยน้อยที่สุดและการใช้งานพนักงานมีประสิทธิภาพสูงสุด

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิเคราะห์แบบจำลองแถวคอยของระบบทดสอบฯ เริ่มจากการระบุปัญหาและตัวชี้วัด กำหนดขอบเขตของการศึกษา และเก็บข้อมูลองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง จากนั้นสร้างแบบจำลองแถวคอย เพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena และประมวลผลด้วยรอบทำซ้ำที่เหมาะสม พร้อมวิเคราะห์ผลตัวชี้วัด โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ปัญหาและตัวชี้วัด

ระบบการทดสอบฯ แบ่งออกเป็น 3 สถานะ คือ สถานะรับสินค้า สถานะจัดวางสินค้า และสถานะจัดส่งสินค้า ตามลำดับ โดยแต่ละสถานะนั้นมีเจ้าหน้าที่ที่ทดสอบ 1 คน เพื่อให้บริการทดสอบ ดังแผนภาพที่ 1 ซึ่งมีรายละเอียดของสถานะนั้นรับสินค้าแต่ละทางเลือกดังนี้

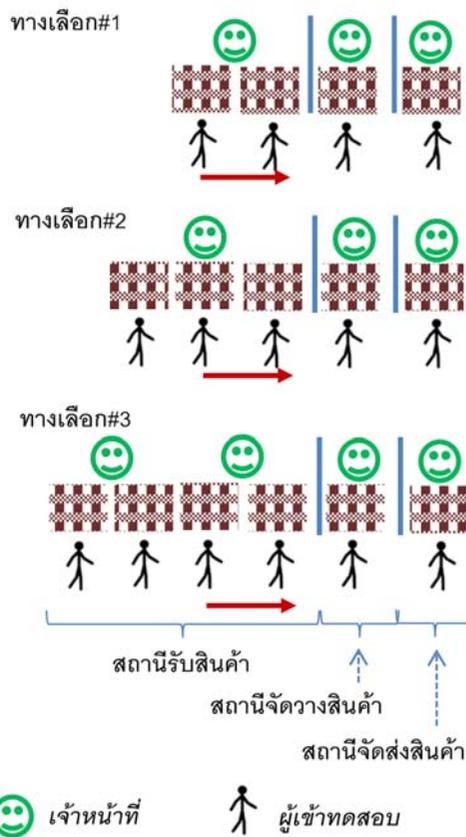
(1) ทางเลือก#1 ซึ่งเป็นรูปแบบการให้บริการทดสอบในปัจจุบัน มีเจ้าหน้าที่ที่สถานีรับสินค้า 1 คนต่อผู้รับการทดสอบ 2 คน

(2) ทางเลือก#2 เจ้าหน้าที่รับสินค้า 1 คนต่อผู้รับการทดสอบ 3 คน

(3) ทางเลือก#3 เจ้าหน้าที่ที่สถานีรับสินค้า 2 คนต่อผู้รับการทดสอบ 4 คน

ปัญหาแถวคอยเกิดขึ้นที่สถานีรับสินค้า ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของการทดสอบ เนื่องจากใช้เวลาทดสอบมากที่สุดประมาณ 5 นาที/คน ขณะที่สถานีถัดไปใช้เวลา 2-3 นาที/คน เงื่อนไขที่สำคัญ 2 ประการคือ เวลาที่ใช้ในการทดสอบรวม และขนาดของพื้นที่ ซึ่งต้องจัดทดสอบให้เสร็จภายใน 2 ชั่วโมงต่อรอบการทดสอบ และจัดหน่วยทดสอบได้ไม่เกิน 4 หน่วยคู่ขนาน

สถานีรับสินค้า มีกิจกรรมย่อย คือ การแนะนำตัวเอง การบันทึกข้อมูลสินค้า และการรายงานข้อมูลสินค้า เจ้าหน้าที่ดำเนินการทดสอบการแนะนำตัวเอง เมื่อเสร็จสิ้นผู้เข้าทดสอบทำการบันทึกข้อมูลสินค้า ขณะเดียวกันเจ้าหน้าที่ดำเนินการทดสอบ การแนะนำตัวเองกับผู้เข้าทดสอบรายต่อไป เมื่อเสร็จสิ้นจะกลับมาทดสอบการรายงานข้อมูลสินค้าหรือทดสอบการแนะนำตัวเองของผู้ทดสอบรายต่อไป



แผนภาพที่ 1 ลักษณะแถวคอยทางเลือกที่ 1-3

ดังนั้นจึงกำหนดตัวชี้วัดในการวิเคราะห์ระบบ คือ ร้อยละการใช้งานของเจ้าหน้าที่แต่ละสถานี เวลารอคอยของผู้รับการทดสอบ และจำนวนผู้รับการทดสอบ เพื่อใช้ในการเลือกทางเลือกที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ โดยกำหนดให้มี Half width ของร้อยละการใช้งานของเจ้าหน้าที่ไม่เกิน $\pm 5.00\%$, Half width ของเวลารอคอยเฉลี่ยมีค่าไม่เกิน ± 0.5 นาที (30 วินาที) และ Half width ของจำนวนผู้รับการทดสอบไม่เกิน ± 5 คน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. ขอบเขตการศึกษาและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ขอบเขตของการศึกษาระบบทดสอบฯ ประกอบด้วย

(1) ศึกษาภาพรวมของกระบวนการทดสอบฯ ทั้งหมด ซึ่งมี 3 ขั้นตอนดังที่กล่าวมาแล้ว และศึกษากิจกรรมย่อยของสถานีรับสินค้าซึ่งเป็นจุดที่มีปัญหามากที่สุด โดยขอบเขตของแบบจำลองเริ่มที่การทดสอบในสถานีรับสินค้า จนถึงผู้รับทดสอบเสร็จสิ้นการทดสอบที่สถานีส่งสินค้า

(2) เนื่องจากผู้ทดสอบทั้งหมดพร้อมเข้าทดสอบ หลังจากผ่านการสอบภาคทฤษฎีแล้ว การเข้าหน่วยทดสอบขึ้นอยู่กับความต้องการของสถานีรับสินค้าซึ่งเป็นสถานีแรก ดังนั้นอัตราการเข้ามา (Arrival rate) ของผู้รับการทดสอบเท่ากับอัตราการออกจากสถานีรับสินค้าของผู้รับการทดสอบ ดังนั้นในแบบจำลองจึงไม่กำหนดอัตราการเข้ามาในสถานีรับสินค้า เพียงแต่สร้างแถวคอยให้กับกลุ่มผู้รับการทดสอบทั้งหมดไว้ด้วยกันเพื่อรอการเรียกเข้าสู่สถานีรับสินค้าเมื่อเจ้าหน้าที่ประจำสถานีว่างเท่านั้น

(3) กำหนดสถานการณ์ (Scenarios) ในสถานีรับสินค้า 3 ทางเลือก ดังที่กล่าวถึงในส่วนที่ 3.1

(4) เวลาในการทดสอบแบบจำลอง ไม่เกิน 2 ชั่วโมงต่อรอบการทดสอบ

(5) หน่วยทดสอบสูงสุดไม่เกิน 4 หน่วยทดสอบ (ข้อจำกัดด้านพื้นที่)

การเก็บข้อมูลสำหรับป้อนเข้าแบบจำลอง ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทดสอบ (เวลาการให้บริการ) โดยเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบจริง จำนวน 30 ข้อมูลต่อสถานี แล้วนำข้อมูลทั้งหมดไปวิเคราะห์ด้วย Input Analyzer ใน Arena โดยมีสรุปผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปเวลาการทดสอบ

สถานี	กิจกรรม	เวลา (วินาที)
รับสินค้า	แนะนำตัวเอง	UNIF(31.5, 51.5)
	บันทึกข้อมูลสินค้า	TRIA(115, 126, 222)
	รายงานข้อมูลสินค้า	UNIF(59.5, 130)
จัดวางสินค้า	จัดวางสินค้า	TRIA(102, 109, 192)
ส่งสินค้า	ส่งสินค้า	UNIF(83, 200)

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลของจำนวนผู้รับการทดสอบเพื่อใช้ในการทวนสอบความเหมือนจริงของแบบจำลอง (Validation) ซึ่งระบบในทางเลือกที่ 1 ซึ่งเป็นรูปแบบการให้บริการต้นแบบในปัจจุบัน มีอัตราผู้รับการทดสอบ (ผ่านการทดสอบเสร็จสมบูรณ์ทั้ง 3 สถานี) 35-37 คนต่อชั่วโมง

3. แบบจำลองแถวคอย

ตัวแบบแถวคอยของสถานีรับสินค้าทั้ง 3 ทางเลือก กำหนดมีเจ้าหน้าที่ประจำสถานีอย่างน้อย 1 คน ดังนั้นตัวแบบสำหรับใช้วิเคราะห์แถวคอยดังตารางที่ 2 โดยเวลาการเข้ามาและเวลาในการให้บริการเป็นการแจกแจงลักษณะเดียวกันดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อเรื่องอัตราการเข้ามา

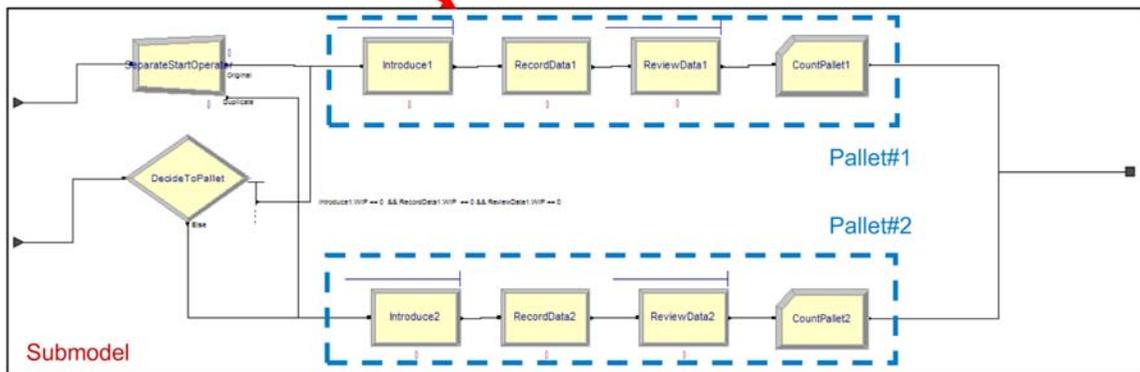
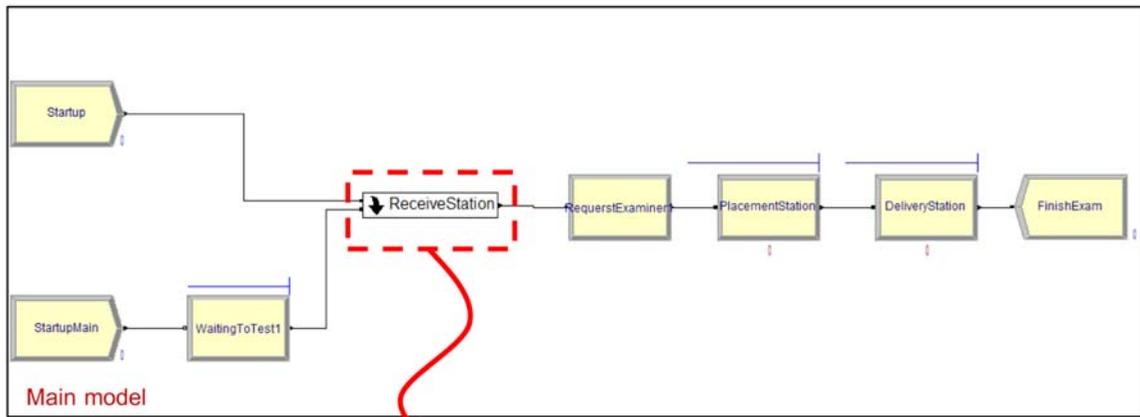
ตารางที่ 2 แบบจำลองแถวคอย

ทางเลือก	แบบจำลองแถวคอย
เจ้าหน้าที่ 1/ผู้รับทดสอบ 2	G/G/1/2/FCFS/∞
เจ้าหน้าที่ 1/ผู้รับทดสอบ 3	G/G/1/3/FCFS/∞
เจ้าหน้าที่ 2/ผู้รับทดสอบ 4	G/G/2/4/FCFS/∞

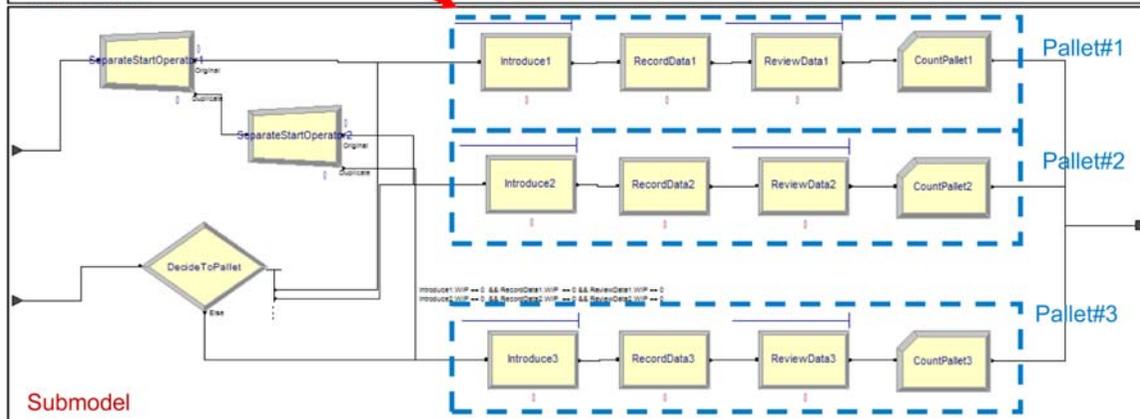
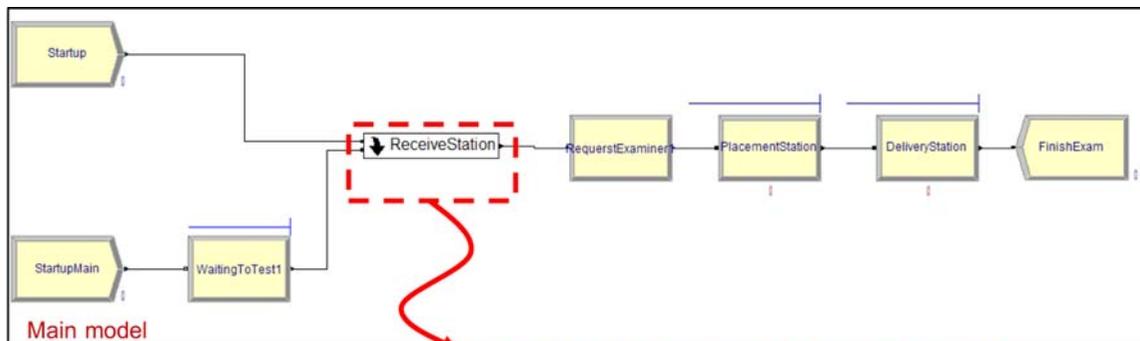
4. แบบจำลองสถานการณ์ด้วย Arena

สร้างแบบจำลองโดยใช้ Module และ Object ได้แก่ Create, Process, Hold, Signal, Decide, Count, Submodel, และ Dispose ดังแผนภาพที่ 2

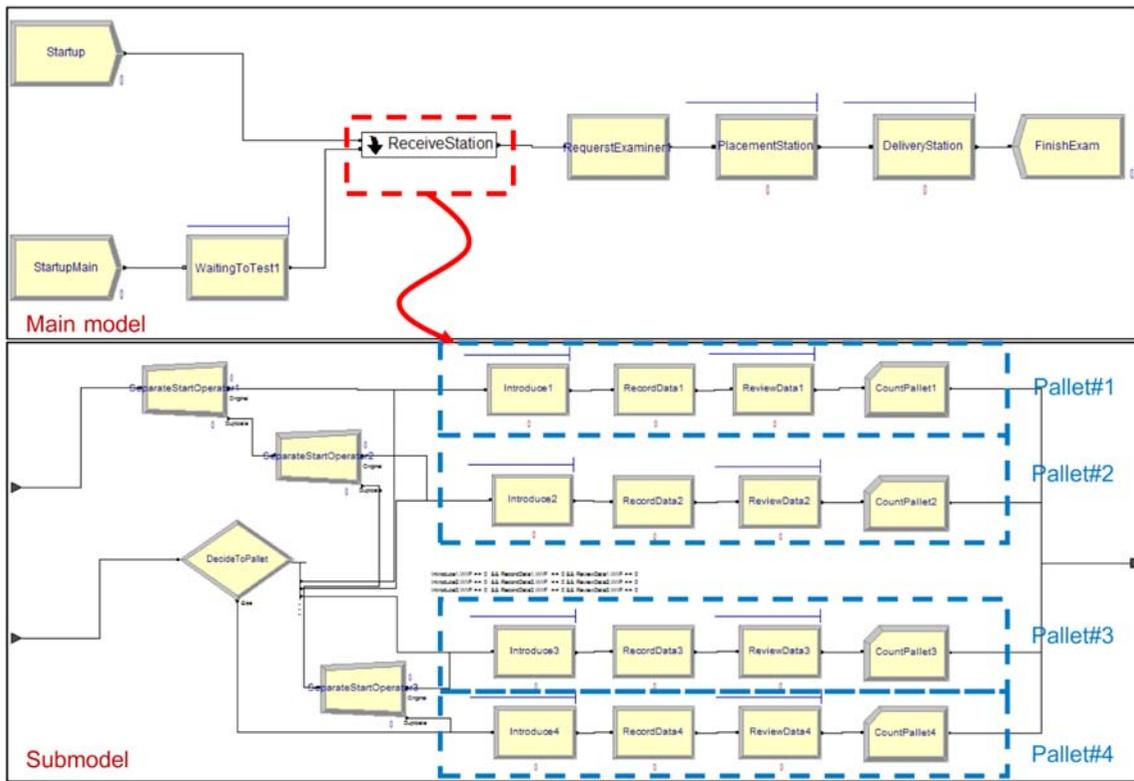
โดยแบบจำลองสถานการณ์ทางเลือกที่ 2 และ 3 จะแตกต่างกันเพียงรายละเอียดใน Submodel เท่านั้น คือ การเพิ่มจำนวน Pallet ที่ให้บริการ และเพิ่มจำนวนเจ้าหน้าที่สถานีรับสินค้าเท่านั้น ดังแผนภาพที่ 3-4



แผนภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ทางเลือกที่ 1 ด้วย Arena



แผนภาพที่ 3 ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ทางเลือกที่ 2 ด้วย Arena



แผนภาพที่ 4 ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ทางเลือกที่ 3 ด้วย Arena

ตารางที่ 3 ผลลัพธ์ตัวบ่งชี้จากการประมวลผล 10 รอบ

ทางเลือก	ตัวบ่งชี้ (Half width ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)		
	ร้อยละการใช้งานของเจ้าหน้าที่ (± 5%)	เวลารอคอยเฉลี่ย (± 0.5 นาที)	จำนวนผู้รับการทดสอบ (± 5 คน)
เจ้าหน้าที่ 1/ผู้รับทดสอบ 2	73.41 ± 3%, 71.65 ± 2%, 74.23 ± 4%	0.32 ± 0.08, 0.28 ± 0.13	36.9 ± 1.28
เจ้าหน้าที่ 1/ผู้รับทดสอบ 3	94.86 ± 2%, 88.91 ± 2%, 89.56 ± 2%	0.95 ± 0.40, 1.71 ± 0.85	45.0 ± 0.89
เจ้าหน้าที่ 2/ผู้รับทดสอบ 4	73.81 ± 3%, 75.06 ± 3%, 96.11 ± 0%, 92.22 ± 1%	19.19 ± 1.40, 2.64 ± 1.02	47.7 ± 0.83

ภายหลังการประมวลผลทางเลือกทั้ง 3 ทางเลือก จำนวน 10 รอบ (Replications) รอบละ 2 ชั่วโมง ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3 ซึ่งหากมีค่า Half width สูงกว่าที่ต้องการ จะต้องคำนวณหาจำนวนรอบที่เหมาะสมต่อไป

5. การคำนวณหาจำนวนรอบ (Replication)

จากตารางที่ 3 พบว่า ทางเลือกที่ 1 มีค่า Half width ในเกณฑ์ที่ต้องการแล้ว รวมทั้งมีจำนวนผู้รับการทดสอบใกล้เคียงกับข้อมูลการทดสอบที่เก็บบันทึกไว้ คือ 35-37 คนต่อชั่วโมง

ดังกล่าวไว้ในเรื่องขอบเขตการศึกษาและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ส่วนทางเลือกที่ 2 และทางเลือกที่ 3 มีค่า Half width ของเวลารอคอยเฉลี่ยสูงกว่าที่ต้องการ ดังนั้นจึงคำนวณหาจำนวนรอบที่เหมาะสมโดยใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลารอคอยที่มีค่ามากที่สุดในแต่ละทางเลือก จากการประมวลผล 10 รอบ มาใช้คำนวณตามสมการที่ 1 ซึ่งจากการคำนวณได้จำนวนรอบเป็น 22 และ 60 ตามลำดับ

$$n_2 = z_{1-\left(\frac{\alpha}{2}\right)}^2 \frac{s^2}{h^2} = 1.96^2 \frac{1.19^2}{0.5^2} = 21.7 \approx 22$$

$$n_3 \cong z_{1-\left(\frac{\alpha}{2}\right)}^2 \frac{s^2}{h^2} = 1.96^2 \frac{1.19^2}{0.5^2} = 59.1 \approx 60$$

หลังจากประมวลผลอีกครั้ง พบว่าเวลารอคอยเฉลี่ยของทางเลือกที่ 2 และทางเลือกที่ 3 มีค่า Half width อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการ ดังตารางที่ 4

ผลการวิจัย

ผลลัพธ์ตัวบ่งชี้ดังตารางที่ 4 สามารถวิเคราะห์ทีละทางเลือกได้ดังนี้

1. ทางเลือกที่ 1

การกำหนดให้สถานีรับสินค้ามีเจ้าหน้าที่ 1 คน และบริการทดสอบได้ครั้งละ 2 คน มีข้อดีคือ ร้อยละการใช้งานของเจ้าหน้าที่ทุกสถานีใกล้เคียงกัน และเวลารอคอยเฉลี่ยระหว่างสถานี มีค่าน้อยมากคือ ต่ำกว่า 0.32 นาที (20 วินาที) มีความสามารถรองรับผู้เข้าทดสอบสูงสุด 140-150 คน (4 หน่วยทดสอบคู่ขนาน)

2. ทางเลือกที่ 2

การกำหนดให้สถานีรับสินค้ามีเจ้าหน้าที่ 1 คน และบริการทดสอบได้ครั้งละ 3 คน มีข้อดีคือ เพิ่มร้อยละการใช้งานของเจ้าหน้าที่ทุกสถานีให้สูงขึ้นกว่าทางเลือกที่ 1 และคงร้อยละการใช้งานของเจ้าหน้าที่ทุกสถานีให้ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามเวลารอคอยเฉลี่ยระหว่างสถานี มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ถือว่าไม่สูงมากคือ ต่ำกว่า 2.08 นาที (125 วินาที) ซึ่งในอนาคตอาจปรับปรุงให้สถานี จัดวางสินค้า รองรับจำนวนผู้ทดสอบเพิ่มขึ้นเป็น 2 คน

ตารางที่ 4 ผลลัพธ์ตัวบ่งชี้หลังจากปรับจำนวนรอบ

ทางเลือก	ตัวบ่งชี้ (Half width) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05		
	ร้อยละการใช้งานของเจ้าหน้าที่ (± 5%)	เวลารอคอยเฉลี่ย (± 0.5 นาที)	จำนวนผู้รับการทดสอบ (± 5 คน)
เจ้าหน้าที่ 1/ผู้รับทดสอบ 2	73.41 ± 3%, 71.65 ± 2%, 74.23 ± 4%	0.32 ± 0.08, 0.28 ± 0.13	36.9 ± 1.28
เจ้าหน้าที่ 1/ผู้รับทดสอบ 3	94.98 ± 1%, 88.71 ± 1%, 90.39 ± 1%	0.82 ± 0.19, 2.08 ± 0.50	45.2 ± 0.56
เจ้าหน้าที่ 2/ผู้รับทดสอบ 4	74.32 ± 1%, 74.56 ± 1%, 96.24 ± 0%, 93.02 ± 0%	19.48 ± 0.50, 3.58 ± 0.46	46.9 ± 0.37

จากแบบจำลองสถานการณ์ในปัจจุบัน ทางเลือกนี้มีความสามารถรองรับผู้เข้าทดสอบสูงสุด 180-200 คน (4 หน่วยทดสอบคู่ขนาน)

3. ทางเลือกที่ 3

การกำหนดให้สถานีรับสินค้ามีเจ้าหน้าที่ 2 คน และบริการทดสอบได้ครั้งละ 4 คน เป็นทางเลือกที่เพิ่มภาระงานให้กับเจ้าหน้าที่สถานีจัดวางสินค้า และสถานีจัดส่งสินค้า เนื่องจากการเพิ่มความสามารถการรับผู้ทดสอบในสถานีรับสินค้าทำให้ขาดสมดุลในหน่วยทดสอบ เห็นได้จากร้อยละการใช้งานของเจ้าหน้าที่ และเวลารอคอยเฉลี่ยที่มีค่าสูง โดยเฉพาะเวลารอคอยเฉลี่ย ที่มีค่าสูงถึง 19.48 นาที นอกจากนี้การเพิ่มเจ้าหน้าที่ประจำหน่วยทดสอบจาก 3 คนเป็น 4 คน เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายอีก 33% โดยขาดความคุ้มค่า (เปรียบเทียบระหว่างค่าตอบแทนรวมของทางเลือกที่ 2 และทางเลือกที่ 3 โดยมีค่าเท่ากับ 3,000 บาท และ 4,000 บาท ตามลำดับ) ดังที่มีการเปรียบเทียบในตารางที่ 5 เนื่องจากจำนวนผู้รับการทดสอบยังไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยยะกับทางเลือกที่ 2 การปรับปรุงอาจใช้วิธีเช่นเดียวกับทางเลือกที่ 2 ได้ทางเลือกนี้มีความสามารถรองรับผู้เข้าทดสอบสูงสุด 190-200 คน (4 หน่วยทดสอบคู่ขนาน)

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย

ทางเลือก	จำนวนเจ้าหน้าที่ (คน)	ค่าตอบแทนรวมต่อรอบ (บาท)	จำนวนผู้รับการทดสอบต่อรอบ (คน)	ค่าใช้จ่ายต่อผู้รับการทดสอบ (บาท/คน)
1	3	3,000	37	81.08
2	3	3,000	45	66.67
2	4	4,000	47	85.11

หมายเหตุ กำหนดให้ค่าตอบแทนเจ้าหน้าที่ทดสอบ 1,000 บาท ต่อรอบต่อคน

อภิปรายผล

การวิเคราะห์ระบบการทดสอบคุณวุฒิวินิจฉัยด้านโลจิสติกส์ ภาคปฏิบัติ ด้วยแบบจำลองแถวคอยและการจำลองสถานการณ์ ช่วยให้สามารถกำหนดทางเลือกที่เหมาะสมตามสถานการณ์ที่ขึ้นอยู่กับจำนวนผู้เข้ารับการทดสอบ 2 ทางเลือกคือ ทางเลือกที่ 1 สำหรับผู้เข้าทดสอบจำนวนไม่เกิน 150 คน และทางเลือกที่ 2 สำหรับผู้เข้าทดสอบจำนวนไม่เกิน 200 คน

ข้อเสนอแนะ

ในอนาคตอาจปรับปรุงสถานีจัดวางสินค้า และ/หรือ สถานีจัดส่งสินค้าของทางเลือกที่ 2 ให้สามารถรองรับจำนวนผู้ทดสอบเพิ่มขึ้นเป็น 2 คนในแต่ละสถานี จากแบบจำลองสถานการณ์ในปัจจุบัน เพื่อลดเวลารอคอยและเพิ่มความสามารถในการรองรับจำนวนผู้เข้าทดสอบให้มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านข้อมูล และการทดลองแบบจำลองสถานการณ์จากศูนย์ทดสอบรับรองคุณวุฒิวินิจฉัยมหาวิทยาลัยศรีปทุม (นักปฏิบัติการณ์ขนส่งสินค้าทางถนน) ภายใต้การควบคุมของสถาบันคุณวุฒิวินิจฉัย (องค์การมหาชน) (TPQI) และสมาคมขนส่งสินค้าและโลจิสติกส์ไทย (TTLA)

เอกสารอ้างอิง

- จุฑา พิษิตลำเค็ญ. 2554. **กระบวนการสโตแคสติกเชิงวิศวกรรมขั้นสูง**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อนจ ชัยมณี, ขวลิต มณีศรี และจุฑา พิษิตลำเค็ญ. 2555. "การวิเคราะห์แบบจำลองระบบการให้บริการอาหารจานด่วน," ในหนังสือรวมบทความการประชุมวิชาการ **ข่าวงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ.2555**, หน้า 66-72. ชะอำ เพชรบุรี.
- Banks, J. 1998. **Handbook of Simulation**. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A.
- Durrett, R. 2011. **Essentials of Stochastic Processes**. 2nd Edition, Retrieved December 1, 2014, from website: <http://www.math.duke.edu/~rtd/EOSP/eosp.html>

- Kelton, D. W., Sadowski, R. P., and Stirrock, D. T. 2006. **Simulation with Arena**. 4th Edition. McGraw-Hill, U.S.A.
- Rockwell automation. 2015. **Discrete Event Simulation Software**. Retrieved August 14, 2015, from website: <https://www.arenasimulation.com>.
- Ross, S. M. 2007. **Introduction to Probability Models**. 9th Edition. Academic Press, U.S.A.
- Taha, H. A. 2007. **Operations Research: An Introduction**. 8th Edition. Pearson Prentice Hall, U.S.A.



>> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชวลิต มณีศรี

สำเร็จการศึกษาปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม



>> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉรินี มณีศรี

สำเร็จการศึกษาปริญญาเอก วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วศ.ด.) สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการสถาบันวิทยาการโซ่อุปทาน มหาวิทยาลัยศรีปทุม