การสร้างแบบจำลองปัญหาเพื่อลดเวลารอคอยของรถบรรทุกรับสินค้าในกระบวนการจ่ายปูนซีเมนต์

ปุญญอเนก ศรีสุรินทร์ *, สมชาย พัวจินดาเนตร

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท

แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทร 0-2218-6814 E-mail *zentrady4@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลารอคอยของรถบรรทุกในระบบการจ่ายปูนซีเมนต์ชนิดผง โดยการสร้างแบบจำลองกระบวนการจ่ายปูนซีเมนต์ชนิดผง แล้วทำการวิเคราะห์เพื่อหาวิธีที่สามารถลดเวลารอคอยเฉลี่ยของรถบรรทุกรับปูนซีเมนต์ในระบบได้มากที่สุด โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกเซลในการจำลองสถานการณ์ ผลการศึกษาพบว่า การควบรวมขั้นตอนการลงทะเบียนเข้ากับการชั่งน้ำหนัก การย้ายเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกขาออกมาอยู่ในฐานของช่องจ่ายปูนซีเมนต์ จัดตารางเวลาเพื่อเฉลี่ยอัตราการเข้าสู่ระบบและเปิดช่องจ่ายปูนซีเมนต์ชนิดผงเพิ่ม 1 ช่อง ทำให้เวลารอคอยเฉลี่ยเท่ากับ 5.91±5.87 นาทีต่อคัน และเวลารวมที่รถรับปูนซีเมนต์อยู่ในระบบเฉลี่ย 48.84±14.72 นาทีต่อคัน จากเดิม 125.94±124.36 นาที และ เวลารอรับสินค้าของลูกค้าลดลงจากเดิม 87.56 นาที เหลือ 5.91 นาที หรือลดลง 93.2%

คำสำคัญ: แถวคอย; การลดเวลารอคอย; แบบจำลอง; การปรับปรุงกระบวนการ; ปูนซีเมนต์ชนิดผง

1. ที่มาและความสำคัญ

ระยะเวลารอคอย (Waiting Time) ในกระบวนการจ่ายสินค้า ได้ถูกใช้เป็นตัวชี้วัดที่สะท้อนถึงคุณภาพของการให้บริการ และส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้า ไม่เว้นแม้กระทั่งในธุรกิจปูนซีเมนต์ซึ่งมีส่วนสำคัญในการพัฒนาประเทศ ทั้งนี้ หากกิจกรรมใดเกิดคอขวดขึ้นในกระบวนการจ่ายสินค้าแล้ว ก็จะส่งผลให้เกิดความล่าช้าและเกิดแถวคอยขึ้น (Anderson R. Correia et al., 2006) โดยเฉพาะช่วงเวลาวิกฤติที่อัตราการเข้าสู่ระบบสูง

การรอคอยในแถวคอยนั้น เมื่อดูผิวเผินอาจไม่ใช่ปัญหาใหญ่ แต่เมื่อพิจารณาระบบแถวคอยช่องบริการเดี่ยวจะพบว่า หากเวลารอคอยของรถบรรทุกคันหนึ่งในแถวคอยเพิ่มขึ้น w นาที เวลารอคอยของรถบรรทุกคันถัดไปในแถวคอยทุกคันจะเพิ่มขึ้นเท่ากับ w นาทีด้วย และอีกประการหนึ่ง หากมีจำนวนรถบรรทุกในแถวคอยอยู่แล้ว N คัน รถบรรทุกที่เข้าสู่ระบบจะต้องรอเท่ากับ NS นาที เมื่อ S คือเวลาบริการเฉลี่ยของระบบ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการรอคอยเป็นผลพวงลูกโซ่ การรอของคันใดคันหนึ่งในระบบจะส่งผลต่อการรอของทุกคันถัดไปในระบบนั้นๆด้วย การลดปริมาณรถบรรทุกในระบบจึงย่อมเป็นการลดเวลารอลงด้วย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษากระบวนการจ่ายและรับปูนซีเมนต์ชนิดผงและวิเคราะห์ระยะเวลารอคอยและกิจกรรมที่ก่อให้เกิดปัญหาคอขวด พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหา เพื่อปรับปรุงลดเวลารอคอยของรถบรรทุกรับปูนซีเมนต์ชนิดผง โดยขั้นตอนที่มีแนวโน้มที่จะเกิดระยะเวลารอคอยสูง ได้แก่ การจ่ายสินค้า ซึ่งมีช่องจ่ายซึ่งเปิดใช้ 3 ช่อง จากที่สามารถจ่ายสินค้าได้ 5 ช่อง อย่างไรก็ตามการปรับเปลี่ยนประสิทธิภาพ

ของเครื่องจ่ายนั้นเป็นไปได้ยาก ดังนั้นจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและปรับปรุงกระบวนการจ่ายปูนซีเมนต์ชนิดผงโดยใช้การจำลองด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกเซล ทำการศึกษารายละเอียดขั้นตอนการทำงาน มีตัวชี้วัด คือ เวลาที่รถบรรทุกรอรับปูนซีเมนต์โดยเฉลี่ย โดยแสดงการทดลองสร้างแบบจำลองปัญหานั้นอ้างอิงตัวแปร 3 ตัวแปร นั่นคือ อัตราการจ่ายสินค้า (จำนวนช่องจ่าย) อัตราการเข้าสู่ระบบของรถบรรทุก และการลดขั้นตอนที่ซับซ้อนของระบบ แต่เนื่องจากการลดขั้นตอนที่ซับซ้อนนั้นจะทำให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น จึงสามารถลดเวลารอคอยลงได้อยู่แล้ว (วันชัย ริจิรวนิช, 2550) ทำให้เหลือตัวแปรในการทดลองเพียง 2 ตัวแปร ซึ่งทำให้มีวิธีการทั้งหมด 2^2 หรือ 4 วิธี แต่เนื่องจากวิธีหนึ่งในนั้นคือ การไม่เปลี่ยนแปลงอัตราการจ่ายและอัตราการเข้าสู่ระบบ จึงสนใจที่จะศึกษาแบบจำลองปัญหาทั้งหมด 3 วิธี เพื่อเปรียบเทียบผลของเวลารอคอยก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งแน่นอนว่าแบบจำลองที่ตั้งไว้น่าจะสามารถลดเวลารอคอยลงได้อยู่แล้วโดยไม่ต้องทดสอบในรายละเอียด หากแต่ความสำคัญของงานวิจัยนี้คือเวลารอคอยที่ลดลงนั้นมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยเป้าหมายของงานชิ้นนี้คือเวลารอคอยควรลดลงอย่างน้อย 50%

2. บทความปริทัศน์และทฤษฎีพื้นฐาน

การสร้างแบบจำลองเพื่อลดเวลารอคอย มีการศึกษาวิจัยในหลายรูปแบบ เช่น การจำลองแบบการทำงานในงานบริการจ่ายยาผู้ป่วยนอก(กฤษฎา ประเสริฐถาวร และคณะ, 2551) มีจุดประสงค์เพื่อลดเวลารอคอยในระบบจ่ายยาผู้ป่วยนอก แผนกเภสัชกรรมในโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ซึ่งมีวิธีการปรับปรุงโดยให้พนักงานหนึ่งคนสามารถทำงานได้หลายหน้าที่ ผลการศึกษาพบว่าเวลารอรับยาของผู้ป่วย ลดลงจากเดิม 10.17 นาที คิดเป็น 24.81 เปอร์เซ็นต์ ในทำนองเดียวกัน การลดเวลารอคอยของลูกค้าที่แผนกเทลเลอร์ในธนาคารพาณิชย์(มณฑล ยิ่งสูง และ จุฑา พิชิตลำเค็ญ, 2550) ได้ศึกษาการโอนลูกค้าข้ามแผนกของธนาคารพาณิชย์แห่งหนึ่ง เพื่อลดเวลารอคอยของลูกค้า โดยพนักงานจะให้บริการลูกค้าข้ามแผนกเพื่อลดภาระของพนักงานแผนกหนึ่ง ผลการวิจัยแสดงว่าระบบนี้ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแผนกหนึ่ง แต่ทำให้ประสิทธิภาพของอีกแผนกมีค่าลดลง โดยระยะเวลารวมของการให้บริการลดลง ส่วนการจำลองกระบวนการไหลเวียนของผู้โดยสารภายในอาคารผู้โดยสารขาออกระหว่างประเทศ ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ(นริสา คันธเศรษฐ์ และคณะ, 2551) ได้ศึกษา เพื่อลดเวลารอคอยของผู้โดยสารในสนามบิน งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางแก้ปัญหานี้โดยการเพิ่มจำนวนเคาน์เตอร์และผู้ให้บริการที่จุดบริการในปริมาณที่เหมาะสม

การศึกษาลดเวลารอคอยส่วนใหญ่นั้น จะสนใจศึกษาการปรับเปลี่ยนที่ตัวผู้ให้บริการอย่างเดียว อาจเพราะการปรับเปลี่ยนอัตราการเข้าสู่ระบบทำได้ยากเนื่องจากความไม่แน่นอนของลูกค้า ความพึงพอใจ หรือความต้องการฉุกเฉิน ต่างจากระบบการจ่ายปูนซีเมนต์ซึ่งมีการสั่งสินค้าล่วงหน้าอยู่แล้ว จึงเป็นไปได้ที่จะนัดหมายเวลาเข้ารับสินค้าที่ชัดเจน

2.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1. องค์ประกอบพื้นฐานในระบบแถวคอย

ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ (Wayne Winston, 2004)

1) ผู้มารับบริการ

2) แถวคอย

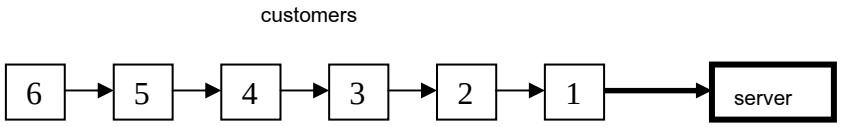
3) หน่วยบริการหรืออุปกรณ์ที่ให้บริการ ซึ่งอาจมี 1 ช่องทางหรือมากกว่า 1 ช่องทาง

2.2.2 เวลารอคอย (Waiting times)

จากการสังเกตของผู้ทำการศึกษา เมื่อพิจารณาระบบแถวคอยช่องบริการเดี่ยวจะพบว่า

1) หากเวลารอคอยของรถบรรทุกคันหนึ่งในแถวคอยเพิ่มขึ้น w นาที เวลารอคอยของรถบรรทุกคันถัดไปในแถวคอยทุกคันจะเพิ่มขึ้นเท่ากับ w นาทีด้วย ดังรูปที่ 1

2) หากมีจำนวนรถบรรทุกในแถวคอยอยู่แล้ว N คัน รถบรรทุกที่เข้าสู่ระบบในขณะที่รถบรรทุกคันแรกเข้ารับบริการพอดี ต้องรอเท่ากับ NS นาที เมื่อ S คือเวลาบริการเฉลี่ยของระบบ



รูปที่ 1: ตัวอย่างแถวคอยการรับสินค้าของรถบรรทุก

2.2.3 แผนภูมิกระบวนการผลิต (Flow Process Chart)

แผนภูมิกระบวนการผลิตใช้บันทึกขั้นตอนกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องแสดงการเคลื่อนย้ายตามลำดับก่อนหลังของส่วนงานที่เราสนใจเพื่อปรับปรุงขั้นตอนวิธีการทำงาน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดผลงานหรือผลผลิตสูงขึ้น การบันทึกจึงต้องจำกัดขอบข่ายของงานโดยมีการกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดให้ชัดเจน (วันชัย ริจิรวนิช, 2550) การบันทึกจะใช้สัญลักษณ์มาตรฐาน คือ

สัญลักษณ์ ○ แสดงการปฏิบัติงาน
สัญลักษณ์ ⇨ แสดงการเคลื่อนย้าย
สัญลักษณ์ □ แสดงการตรวจสอบ
สัญลักษณ์ D แสดงการพักชั่วคราว
สัญลักษณ์ ▽ แสดงการเก็บถาวร

2.2.3. การเก็บข้อมูล

ข้อมูลเวลารอคอย(Waiting time) ที่ใช้ในแบบจำลองเป็นข้อมูลของกลุ่มประชากรในเดือนเมษายน พ.ศ. 2552 ส่วนข้อมูลเวลาการให้บริการ (Service time) ใช้วิธีเก็บจำนวนตัวอย่างพิจารณาที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และ ค่าความผิดพลาด ± 10 % โดยเก็บข้อมูลแยกตามช่องจ่ายปูนซีเมนต์ ซึ่งจำนวนตัวอย่างที่ต้องการของแต่ละช่องจ่ายปูนซีเมนต์คำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$N' = \left(\frac{20\sqrt{N\sum x^2 - \sum (x)^2}}{\sum x} \right)^2 \qquad (1)$$

เมื่อ N = จำนวนตัวอย่างที่เก็บแล้ว

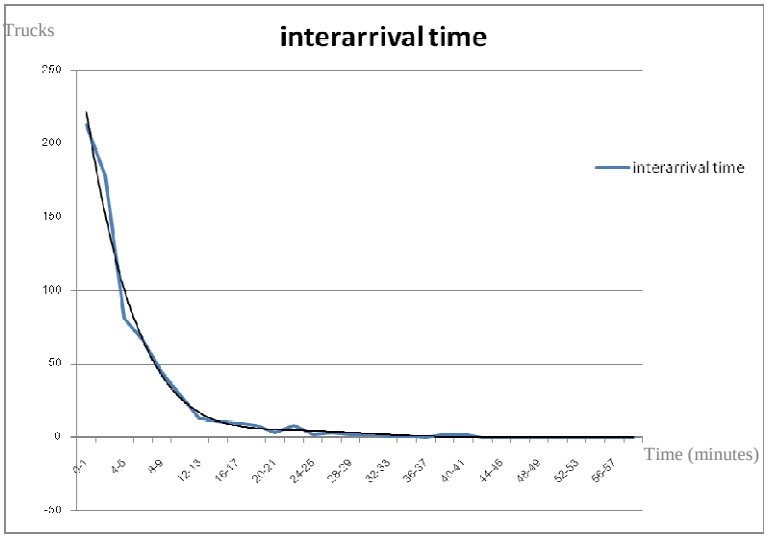
N' = จำนวนตัวอย่างที่ต้องการ

Σ = ผลรวมแต่ละค่า

x = เวลาให้บริการ (วิจิตร ตัณฑสุทธิ์, 2550)

2.2.4. การกระจายของข้อมูลของระบบจ่ายปูนซีเมนต์ก่อนการปรับปรุง

ข้อมูลอัตราการจ่ายปูนซีเมนต์ที่ได้มีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จากการเก็บข้อมูลเวลาบริการ (Service time) โดยพิจารณาจำนวนตัวอย่างที่เพียงพอดังสมการที่(1) และข้อมูลเวลาระหว่างการเข้าสู่ระบบมีการกระจายแบบเอ็กซโปเนนเชียล (Exponential Distribution) 0kdข้อมูลของกลุ่มประชากรในเดือนเมษายน พ.ศ. 2552



รูปที่ 2: กราฟแสดงพฤติกรรมการเข้าสู่ระบบดั้งเดิมมีการกระจายแบบเอ็กซโปเนนเชียล

2.2.5. การสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลอง(Model) คือการออกแบบจำลองของระบบแล้วดำเนินการทดลองเพื่อเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานที่ได้กำหนดไว้ ภายใต้สมมติฐานต่าง ๆที่วางไว้ เพื่อประเมินผลการดำเนินงานของระบบและวิเคราะห์ผลลัพธ์ (เวลารอคอย) ของแบบจำลองที่ได้จากการทดลอง (รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ, 2551) โดยในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกเซลเป็นโปรแกรมในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งตัวแบบจะทำงานและแสดงผลที่ได้เสมือนระบบงานจริง

3. รายละเอียดของการดำเนินการวิจัย

3.1. การศึกษากระบวนการของการจ่ายปูนซีเมนต์ชนิดผง

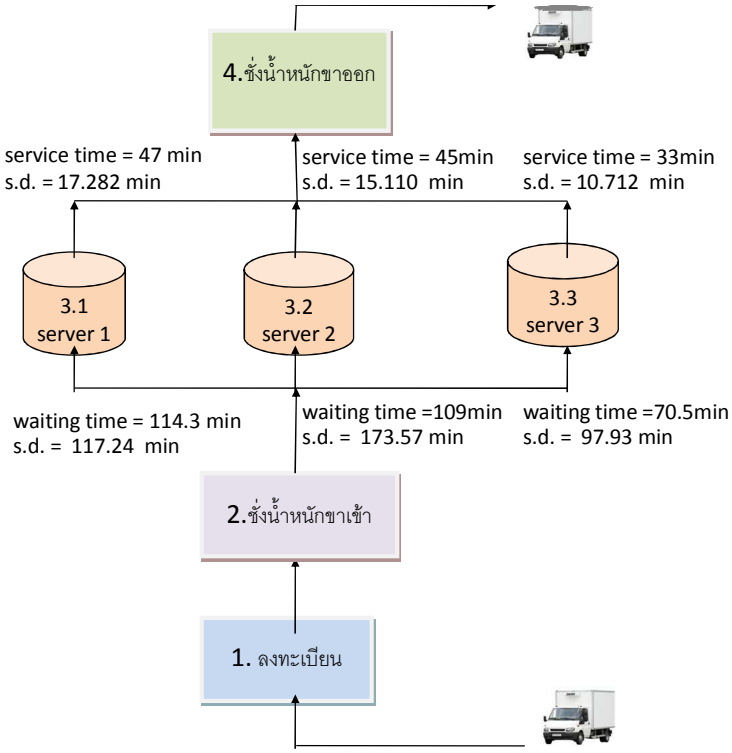
ระบบจ่ายสินค้าเปิดทำการตลอด 24 ชั่วโมงของทุกวัน แบ่งสถานีงานในระบบการจ่ายปูนซีเมนต์ชนิดผงได้ 4 สถานี และปกติจะเปิดช่องจ่าย 3 ช่อง ซึ่งให้บริการได้เฉลี่ย 4.43 คันต่อชั่วโมง จากที่สามารถให้บริการได้ทั้งหมด 5 ช่อง ระบบจ่ายสินค้าเป็นแบบ 1 แถวคอย แบบมาถึงก่อนได้รับก่อน (First come first serve) หรือกล่าวได้ว่ามีแถวคอยรวม (Pooled Queuing System) สามารถให้บริการได้เฉลี่ย 4.43 คันต่อชั่วโมง ดังที่แสดงในรูปที่ 3 ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนการรับปูนซีเมนต์ชนิดผงโดยอาศัยความรู้เกี่ยวข้องกับการศึกษาการทำงานได้ 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1) ขั้นตอนการลงทะเบียนรับสินค้าที่อาคารทำบัตร

2) ขั้นตอนการรอรับสินค้า มีการรอ 2 ขั้นตอน คือ รอเรียกไปชั่งน้ำหนัก และรอที่หน้าช่องจ่ายสินค้า

3) ขั้นตอนการชั่งน้ำหนักที่สะพานชั่งน้ำหนัก

4) ขั้นตอนการรับสินค้าที่ช่องจ่ายสินค้าซึ่งปกติจะเปิดทำการ 3 ช่องจ่าย คือ ช่องจ่ายที่ 1, 2 และ 3



รูปที่ 3: แผนผังขั้นตอนการรับปูนซีเมนต์ของรถบรรทุก

3.2. การตั้งสมมติฐานและจุดประสงค์ในการดำเนินการ

สมมติฐานที่ใช้ในการวิจัย คือ ขั้นตอนที่ซับซ้อนของระบบ และอัตราการเข้าสู่ระบบสูงเกินกว่าอัตราการจ่ายสินค้ามากในบางช่วงเวลาของวัน น่าจะเป็นสาเหตุหลักให้เกิดเวลารอคอยที่สูง โดยจุดประสงค์หลักคือการสร้างแบบจำลองที่สามารถลดเวลารอคอยลงได้อย่างน้อย 50%

3.3. การกำหนดแนวทางในการลดระยะเวลาการรอคอย

3.3.1. การควบรวมขั้นตอนที่ซับซ้อนเข้าด้วยกัน ดังนี้

1) ควบรวมการทำบัตรรับสินค้าที่อาคารทำบัตรและการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกขาเข้า

2) การย้ายเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกขาออกให้อยู่ในฐานของช่องจ่ายปูนซีเมนต์

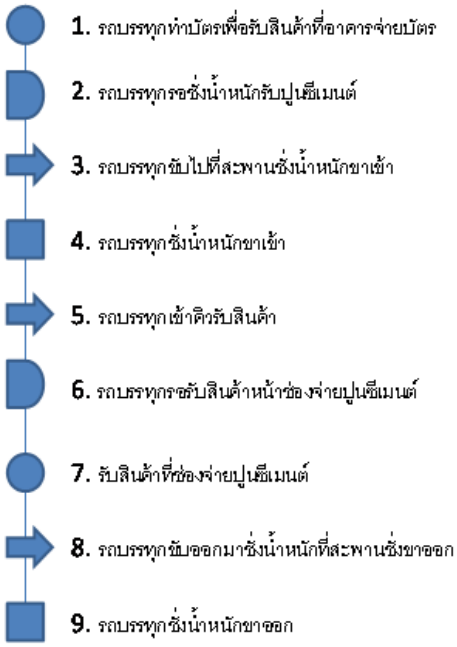
การลดขั้นตอนที่ซับซ้อนทำให้ขั้นตอนการรับปูนซีเมนต์ของรถบรรทุกลดลงจาก 9 ขั้นตอน เหลือ 5 ขั้นตอน ดังรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

3.3.2. จัดตารางเวลาการเข้าสู่ระบบรับสินค้าให้สมดุลกันตลอดวันเพื่อเฉลี่ยอัตราการเข้าสู่ระบบ โดยมีวิธีการดังนี้

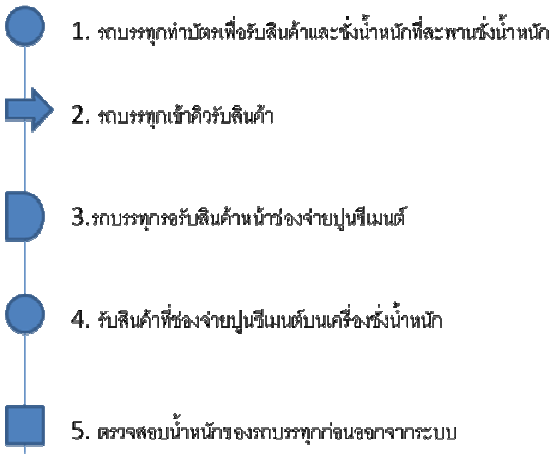
1) ลูกค้าต้องสั่งสินค้าล่วงหน้าอย่างน้อย 2 วัน และทางระบบจ่ายสินค้าต้องแจ้งเวลานัดก่อนวันรับสินค้า 1 วัน

2) รวบรวมจำนวนการสั่งสินค้าของวันและเฉลี่ยให้อัตราการเข้าสู่ระบบเท่ากันตลอดวัน

3) จัดตารางเวลาการเข้ารับสินค้า เพื่อให้เวลาระหว่างการเข้าสู่ระบบ (Interarrival time) เท่ากันตลอดวัน



รูปที่ 4: แผนภูมิแสดงขั้นตอนการรับสินค้าของรถบรรทุกก่อนปรับปรุง



รูปที่ 5: แผนภูมิแสดงขั้นตอนการรับสินค้าของรถบรรทุกหลังปรับปรุง

3.3.3. การเพิ่มช่องจ่ายปูนซีเมนต์ชนิดผง

การแก้ปัญหาเริ่มต้นโดยการควบรวมขั้นตอนและลดความซับซ้อนของกระบวนการ เพื่อลดเวลารอควบคู่กับทุกๆทางเลือกต่อไปนี้

ทางเลือกที่ 1 เปิดช่องจ่ายสินค้าที่4 (server4) เพิ่มอีก 1 ช่อง โดยไม่เปลี่ยนแปลงอัตราการเข้าสู่ระบบ โดยอัตราการจ่ายปูนซีเมนต์รวม 5.54 คันต่อชั่วโมง ในช่วงเวลาวิกฤติ (14.00-19.59น.) และอัตราการเข้าสู่ระบบ 10 คันต่อชั่วโมง

ทางเลือกที่ 2 แก้ปัญหาด้วยการเฉลี่ยอัตราการเข้าสู่ระบบของรถบรรทุกให้สม่ำเสมอด้วยการจัดตารางเวลาให้อัตราการเข้าสู่ระบบเป็น11นาทีต่อคัน (อัตราการเข้าสู่ระบบเฉลี่ย 132 คัน ต่อวัน) โดยไม่ต้องเพิ่มช่องจ่าย และอัตราการจ่ายปูนซีเมนต์รวม 4.43 คันต่อชั่วโมง

ทางเลือกที่ 3 แก้ปัญหาด้วยการเฉลี่ยอัตราการเข้าสู่ระบบของรถบรรทุกให้สม่ำเสมอด้วยการจัดตารางให้อัตราการเข้าสู่ระบบเป็น11นาทีต่อคัน โดยเพิ่มช่องจ่ายที่ 4 อีกหนึ่งช่อง และอัตราการจ่ายปูนซีเมนต์รวม 5.54 คันต่อชั่วโมง

3.4. สมมติฐานในการสร้างแบบจำลอง

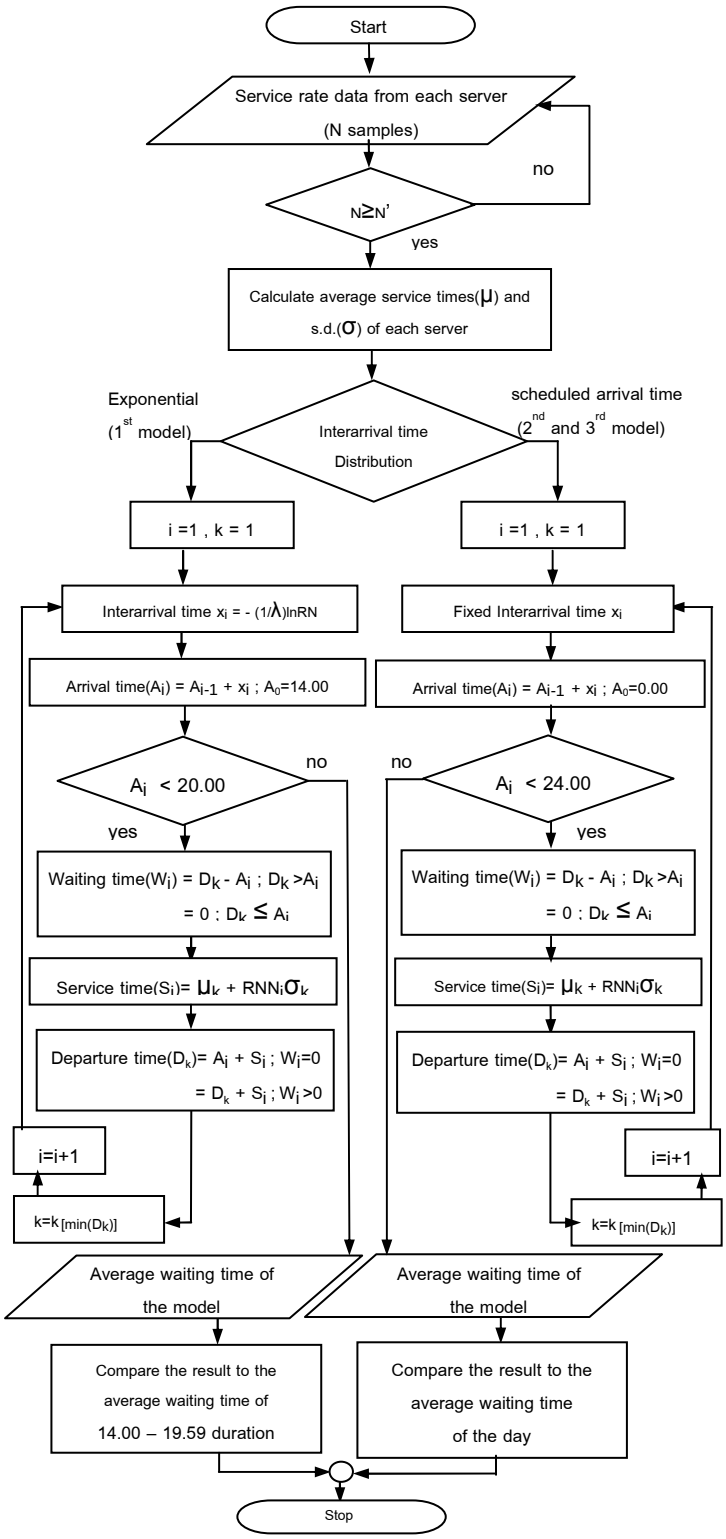
1) การจำลองปัญหาในทางเลือกที่2และ3 เริ่มต้นที่เวลา 00.00น.-23.59น. และแบบจำลองที่1 เริ่มต้นเวลา 14.00 น. - 19.59 น. โดยใช้เวลาในแบบจำลองในหน่วย 0.01 ชั่วโมง

2) กำหนดให้รถบรรทุกเข้าสู่ระบบตรงตามเวลาที่กำหนดโดยไม่มีความเบี่ยงเบน ในแบบจำลองที่จัดตารางเวลาการเข้าสู่ระบบรับสินค้าให้สมดุลกันตลอดวัน

3) ระบบจ่ายสินค้าเป็นแบบ 1 แถวคอย มาถึงก่อนได้รับก่อน (First come first serve)

3.5. การสร้างแบบจำลอง

สร้างแบบจำลอง(Model) โดยออกแบบจำลองของระบบแล้วดำเนินการทดลองตามสมมติฐานและข้อกำหนดของแบบจำลอง 3 ทางเลือก แล้วเปรียบเทียบเวลารอเฉลี่ยของแบบจำลองเพื่อหาแบบจำลองที่สามารถลดเวลารอได้มากที่สุด ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกเซลเป็นโปรแกรมในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งสามารถแจกแจงขั้นตอนการคำนวณในสร้างแบบจำลองได้ด้วยผังงาน(Flow chart) ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6: ผังงานแสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

หมายเหตุ : i = 1,2,3,…n คือ ลำดับของรถบรรทุกที่เข้าสู่ระบบ

k = 1,2,3,4,5 คือ หมายเลขจำเพาะของช่องจ่ายปูนซีเมนต์

4. ผลการวิจัย

ผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองการลดเวลารอคอยในระบบการจ่ายสินค้าช่วงเวลาวิกฤติ (14.00 น.-19.59 น.) เมื่ออัตราการเข้าสู่ระบบของรถบรรทุกเฉลี่ย 10 คันต่อชั่วโมง สามารถแสดงได้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1: ผลของแบบจำลองทางเลือกที่ 1

แบบจำลอง	เวลารอเฉลี่ย (นาที)	เวลารอเฉลี่ยที่ลดลง(%)
1. การเปิดช่องจ่ายสินค้า ที่ 4 เพิ่มอีก 1 ช่อง โดยไม่เปลี่ยนแปลงอัตราการเข้าสู่ระบบของช่วงเวลาวิกฤต	100.48 ± 71.95	ลดลง 2.89%

ผลการทดลองในทางเลือกที่ 1 ซึ่งมีการกระจายของเวลาระหว่างการเข้าสู่ระบบ (Interarrival time) เป็นแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution) ดังรูปที่ 2 ลดเวลารอคอยของรถบรรทุกรับสินค้าในช่วงเวลาวิกฤติ (14.00 น.-19.59น.) ลงได้ 2.89% เท่านั้น จากเดิม 103.47 นาทีต่อคัน เหลือ 100.48 นาทีต่อคัน พบว่าเวลารอคอยเฉลี่ยของระบบในช่วงเวลาวิกฤติยังคงสูงกว่าเป้าหมายอยู่

เนื่องจากการเพิ่มช่องจ่ายปูนซีเมนต์ในช่วงเวลาวิกฤติของทางเลือกที่ 1 มีผลต่อการปรับลดของเวลารอคอยน้อยมาก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทดลองสร้างแบบจำลองที่มีการเฉลี่ยอัตราการเข้าสู่ระบบที่สูงเป็นช่วงๆ ให้มีความสม่ำเสมอ ด้วยแบบจำลองที่ 2 และ 3

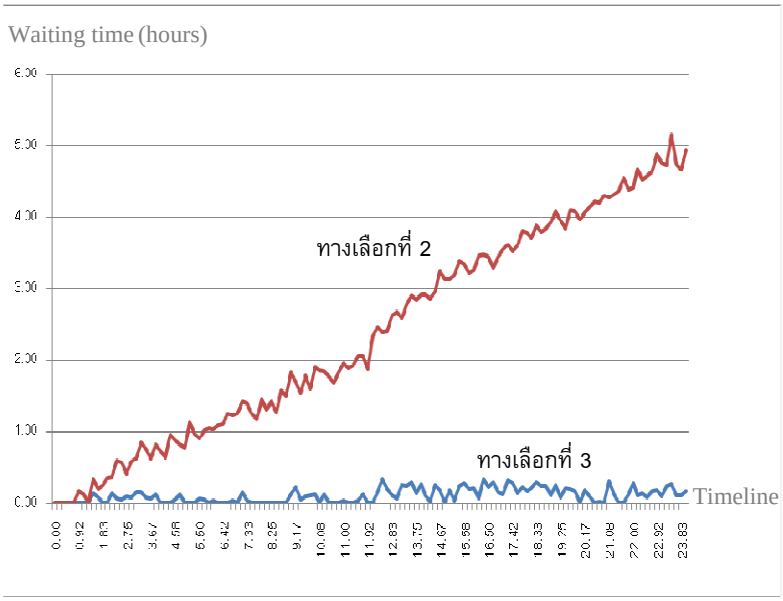
ผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองเพื่อลดเวลารอในระบบการจ่ายสินค้าเมื่ออัตราการเข้าสู่ระบบของรถบรรทุกเฉลี่ย132 คันต่อวัน หรือ 5.5 คันต่อชั่วโมง โดยเปรียบเทียบกับเวลารอคอยตลอดวันเฉลี่ย 87.56 นาทีต่อคัน แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2: ผลของแบบจำลองทางเลือกที่ 2 และ 3

แบบจำลอง	เวลารอเฉลี่ย (นาที)	เวลารอเฉลี่ยที่ลดลง(%)
2. การเฉลี่ยปริมาณรถที่เข้าสู่ระบบให้สม่ำเสมอด้วยการจัดตารางการเข้าสู่ระบบโดยไม่ต้องเพิ่มช่องจ่ายปูนซีเมนต์	142.85± 90.03	เพิ่มขึ้น 63.15%
3. การเฉลี่ยปริมาณรถที่เข้าสู่ระบบให้สม่ำเสมอด้วยการจัดตารางตารางการเข้าสู่ระบบโดยเพิ่มช่องจ่ายสินค้า 1 ช่อง	5.91± 5.87	ลดลง 93.20%

จากการศึกษาพบว่าแบบจำลองที่ให้ผลน่าพึงพอใจที่สุดคือแบบจำลองที่ 3 โดยลดเวลารอคอยของรถบรรทุกรับสินค้าของวัน (00.00 น.-23.59น.)ลงได้ 93.20% จากเวลารอคอยเดิม 87.56 นาทีต่อคัน เหลือ 5.91 นาทีต่อคัน

ทางเลือกที่ 2 และ 3 นั้นเปรียบเทียบให้เห็นได้ชัดเจนว่า หากอัตราการจ่ายสินค้าน้อยกว่าอัตราการเข้าสู่ระบบของรถบรรทุกรับสินค้าในช่วงเวลาหนึ่ง จะทำให้เวลารอคอยเฉลี่ยของรถบรรทุกในช่วงเวลานั้นมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังแสดงในทางเลือกที่ 2 ของรูปที่ 6 ในทางกลับกันหากอัตราการจ่ายสินค้ามากกว่าอัตราการเข้าสู่ระบบจะทำให้ระบบมีแนวโน้มที่จะสามารถระบายปริมาณรถได้ทัน จึงแทบจะไม่เกิดการรอคอยขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ดังแสดงในทางเลือกที่ 3 ของรูปที่ 6



รูปที่ 7: กราฟเปรียบเทียบเวลารอของการไม่เพิ่มและการเพิ่มช่องจ่ายปูนซีเมนต์ที่ 4 (server 4) ของแบบจำลองที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ในช่วงตั้งแต่ 00.00 น. ถึง 23.59 น.

5. สรุป

สรุปผลการทดลองด้วยแบบจำลองกล่าวได้ว่าอัตราการจ่ายปูนซีเมนต์และอัตราการเข้าสู่ระบบมีความสัมพันธ์ต่อเวลารอคอย โดยอัตราการจ่ายปูนซีเมนต์ชนิดผงที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เวลารอคอยเฉลี่ยในช่วงเวลาหนึ่งของรถบรรทุกในระบบลดลง กล่าวคือ หากมีอัตราการเข้าสู่ระบบมากกว่าอัตราการจ่ายสินค้า จะทำให้เกิดเวลารอที่เพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆเมื่อเวลาผ่านไปเนื่องจากมีแถวคอยสะสมที่ยาวขึ้น ในทางกลับกันหากอัตราการจ่ายสินค้าสูงกว่าอัตราการเข้าสู่ระบบ จะทำให้ระบบมีแนวโน้มที่จะสามารถระบายปริมาณรถได้ทัน จึงแทบไม่เกิดการรอคอยเมื่อเวลาผ่านไป เหตุเพราะมีการรอในแถวคอยเกิดขึ้นน้อยหรืออาจจะไม่มีการรอคอยเลย

ดังนั้นทางเลือกที่เหมาะสมและสามารถลดเวลารอและเวลารวมในระบบเฉลี่ยให้ลดลงได้มากที่สุด ได้แก่ ทางเลือกที่ 3 คือ การเพิ่มช่องจ่ายปูนซีเมนต์ชนิดผงช่องที่ 4 (server 4) และเฉลี่ยปริมาณรถที่เข้าสู่ระบบให้สม่ำเสมอด้วยการจัดตารางเวลา ควบคู่กับการควบรวมขั้นตอนการทำบัตรรับสินค้าที่อาคารทำบัตรเข้ากับการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกขาเข้า และการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกขาออกในขณะจ่ายปูนซีเมนต์ ซึ่งทำให้เวลารอคอยเฉลี่ยเท่ากับ5.91±5.87นาทีต่อคันและเวลารวมที่รถบรรทุกรับปูนซีเมนต์อยู่ในระบบเฉลี่ย 48.84±14.72 นาทีต่อคัน จากเดิม 125.94±124.36 นาที และเวลารอรับสินค้าลดลง จากเดิม 87.56 นาที เหลือ 5.91 นาที หรือลดลงร้อยละ 93.2

ข้อเสนอแนะ

ผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองนั้นอาจมีความคลาดเคลื่อนในการนำไปใช้จริงบ้าง เนื่องจากแบบจำลองปัญหาเป็นข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ แต่การนำไปใช้จริงอาจมีความไม่แน่นอนจากอุบัติเหตุ หรือความผิดพลาดของมนุษย์(Human error) รวมถึงแบบจำลองตั้งอยู่บนสมมติฐานบางประการ เช่น พฤติกรรมการเข้าสู่ระบบเป็นคงที่ เป็นต้น โดยงานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านเพื่อเป็นรูปแบบในการนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในลักษณะที่คล้ายกัน เช่น แถวคอยอาหารในร้านอาหารจานด่วนไปจนถึงการแก้ปัญหาการขนส่งที่ประสบปัญหาคล้ายคลึงกัน หรือเป็นต้นแบบเพื่อต่อยอดในการคิดค้นหาแบบจำลองที่ดีที่สุดในการลดเวลารอของกระบวนการจ่ายสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

บรรณานุกรม

[1] กฤษฎา ประเสริฐถาวร และคณะ.,2551. การจำลองแบบการทำงานในงานบริการจ่ายยาผู้ป่วยนอก. การประชุมเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ ครั้งที่ 8, เพชรบุรี, ประเทศไทย 20-22: 714-720.

[2] กัลยา วานิชย์บัญชา., 2545. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ. กรุงเทพฯ : บริษัท ธรรมสาร จำกัด

[3] นริสา คันธเศรษฐ์ และคณะ. 2551.การจำลองกระบวนการไหลเวียนของผู้โดยสารภายในอาคารผู้โดยสารขาออกระหว่างประเทศ ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ. การประชุมเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ครั้งที่ 8,เพชรบุรี, ประเทศไทย 20-22 : 690-701.

[4] มณฑล ยิ่งสูง และ จุฑา พิชิตลำเค็ญ. 2550. การลดเวลารอคอยของลูกค้าที่แผนกเทลเลอร์ในธนาคารพาณิชย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

[5] วันชัย ริจิรวนิช. 2550. การศึกษาการทำงาน หลักการและกรณีศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[6] วิจิตร ตัณฑสุทธิ์ และคณะ. 2550. การศึกษาการทำงาน. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[7] Winston W.L. 2004. Operations Research Applications and Algorithms. 4th ed. Toronto : Thomson Learning.

[8] Geoffrey Gregory. 1988. Decision analysis. London : Pitman publishing