



การลดปริมาณวัตถุดิบคงคลังโดยระบบการผลิตแบบดึงและการจำลอง สถานการณ์

Raw Materials Reduction by Pull Production System and Simulation

ณัฐชยา คงอุดมเกียรติ Natchaya Khongudomkiat ^{1,*},

เจริญชัย โขมพัตรากรณ์ Charoenchai Khompatraporn ²

ช่อแก้ว จตุรานนท์ Chorkaew Jaturanonda ³ อีรีเดช วุฒิพรพันธ์ Teeradej Wuttipornpun ⁴

¹ M.Eng., บัณฑิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร

² Ph.D., ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร

³ Ph.D., อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร

⁴ Ph.D., ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการลดปริมาณวัตถุดิบคงคลังด้วยการปรับกระบวนการเรียงงานจากบริษัทผู้ส่งมอบ จากข้อมูลเบื้องต้นทำให้ทราบปริมาณวัตถุดิบคงคลังและชิ้นงานคงค้างระหว่างกระบวนการของบริษัทกรณีศึกษา จากนั้นประยุกต์ใช้แนวความคิดระบบการผลิตแบบดึง โดยใช้ใบคัมบังเพื่อลดปริมาณวัตถุดิบคงคลังอันเนื่องมาจากกระบวนการเรียงงานจากบริษัทผู้ส่งมอบหลัก 5 บริษัท และใช้ระบบการผลิตแบบดึงเพื่อควบคุมปริมาณการสั่งซื้อและรอบการส่งมอบวัตถุดิบ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบแนวทางการปรับลดรอบในการส่งมอบ 2 แนวทาง คือ 1. รอบการส่ง 2 วันต่อรอบ และ 2. รอบการส่ง 1 วันต่อรอบ เทียบกับแนวทางการส่งมอบปัจจุบันโดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วย

* E-mail address: charoenchai.kho@kmutt.ac.th, chorkaew.jat@kmutt.ac.th, teeradejw@kmutnb.ac.th

โปรแกรม Arena โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังเป็นระยะเวลา 6 เดือน จากการจำลองสถานการณ์พบว่า แนวทางในการปรับลดรอบในการจัดส่งวัตถุดิบดังกล่าวสามารถลดปริมาณวัตถุดิบคงคลังได้ถึง 63.32% เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการผลิตปัจจุบันของโรงงานตัวอย่าง หรือคิดเป็นมูลค่าประมาณ 175,365.31 บาทต่อเดือน

คำสำคัญ: การผลิตแบบดึง, ใบคัมบัง, วัตถุดิบคงคลัง, กระบวนการเรียงงาน, การจำลองสถานการณ์

ABSTRACT

This research studied inventory reduction by adjusting an ordering process with suppliers. Initial data collection showed the amount of raw materials and Work-In-Process in the case-study company. Then the Pull System approach using a kanban technique was proposed to reduce the inventory due to the ordering process of five primary suppliers. This pull production system concept was to control the amount ordered and order frequency. Moreover, the order frequency was tested at two other scenarios that were a delivery every two days and daily delivery against the current one. The concept was simulated via Arena software using actual data of the past 6 months. The simulation results showed that the proposed scenarios could reduce the inventory level by up to 63.32% compared to the current level, or approximately 175,365.31 Baht worth of inventory reduction.

Keywords: Pull Production System, Kanban, Inventory, Ordering Process, Simulation

บทนำ

ระบบการผลิตแบบดึงได้มีการศึกษาอย่างต่อเนื่องและแพร่หลายเพื่อลดปริมาณวัตถุดิบคงคลัง (Inventory) โดยเฉพาะชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิต (Work in Process: WIP) ซึ่งได้ประยุกต์ใช้เพื่อทดแทนระบบการผลิตแบบผลักหรือการผลิตเพื่อรอจำหน่ายที่ส่งผลให้เกิดการเก็บวัตถุดิบคงคลังเป็นจำนวนมาก (Takahashi and Soshiroda, 1996; Al-Tahat and Mukattash, 2006; Chan, 2001) มีการประเมินว่ามูลค่าวัตถุดิบคงคลังของประเทศคิดเป็นประมาณถึงร้อยละ 8-10 ของผลผลิตมวลรวมของประเทศในแต่ละปี (ส่วนยุทธศาสตร์โลจิสติกส์ สำนักวิเคราะห์โครงการภาครัฐ, 2550)

ปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษามีการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบดึง (Pull System) ระหว่างคลังชิ้นงานสำเร็จรูป (Warehouse) และกระบวนการผลิตเพื่อลดปัญหาการมีชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิต (Work in Process: WIP) สูงเกินความจำเป็น จากการทดสอบการใช้งานพบว่าวิธีการดังกล่าวทำ

ให้สามารถลดจำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตได้ แต่จากการตรวจสอบเพิ่มเติมพบว่า ถึงแม้บริษัทจะสามารถลดจำนวน WIP ในกระบวนการผลิตลงได้แต่ยังคงมีปริมาณจำนวนชิ้นงานคงค้างที่คลังวัตถุดิบ (Store) เป็นจำนวนมาก แสดงให้เห็นว่าบริษัทยังคงต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อวัตถุดิบมาเก็บสำรองไว้เป็นจำนวนมาก โดยบริษัทกรณีศึกษาแบ่งโรงงานออกเป็น 4 โรงงาน ได้แก่ โรงงานถึงน้ำมันและฟอสโฟ โรงงานชิ้นส่วนพลาสติก โรงงานชิ้นส่วนจักรยานยนต์ และโรงงานชิ้นส่วนรถยนต์ ซึ่งทั้ง 4 โรงงานจะพบกับปัญหาในลักษณะเดียวกัน คือ จำนวนชิ้นงานคงค้างที่คลังวัตถุดิบมีปริมาณมาก เนื่องจากฝ่ายวางแผนของบริษัทจะทำการสั่งซื้อวัตถุดิบจากการใช้ค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้าจากลูกค้าเป็นตัวกำหนดปริมาณการสั่งซื้อซึ่งเป็นการวางแผนการสั่งซื้อแบบรายเดือน แต่ค่าพยากรณ์ที่ได้จากลูกค้ามีความไม่แน่นอน ลูกค้าสามารถปรับจำนวนสั่งซื้อจริงได้เมื่อใกล้กำหนดส่งผลิต ทำให้ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบมีความคลาดเคลื่อนจากความต้องการจริงไปด้วย ที่ผ่านมามีบริษัทประสบกับปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบและปัญหาการมีวัตถุดิบเกินความจำเป็นอย่างต่อเนื่อง แต่บริษัทเห็นว่าปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบมีความสำคัญกว่าการมีวัตถุดิบเกินความจำเป็น ดังนั้นฝ่ายวางแผนการสั่งซื้อจึงใช้วิธีการเพิ่มปริมาณการสั่งซื้อให้มากขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จากวิธีการสั่งซื้อในลักษณะนี้ส่งผลให้ในระยะหลังบริษัทต้องพบกับปัญหาการมีวัตถุดิบในคลังสินค้าสูงมากอยู่เสมอ

ในงานวิจัยนี้จึงทดลองเพื่อหาผลกระทบของการประยุกต์ใช้แนวคิดของระบบการผลิตแบบดึง (Pull System) โดยใช้ใบคัมบัง (Kanban Card) ควบคุมปริมาณการสั่งซื้อจากผู้ส่งมอบเพื่อช่วยลดปริมาณวัตถุดิบคงคลังเทียบกับระบบการสั่งซื้อในปัจจุบัน และใช้วิธีการจำลองสถานการณ์ (Simulation) ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อตรวจสอบปริมาณของวัตถุดิบคงคลังหากมีการนำแนวความคิดดังกล่าวมาใช้จริง โดยขอบเขตของการจำลองสถานการณ์ครอบคลุมตั้งแต่การสั่งซื้อสินค้าจากบริษัทผู้ส่งมอบ ส่งไปยังกระบวนการผลิตจนกระทั่งการส่งมอบชิ้นงานสำเร็จรูป (Finished Good) ให้กับลูกค้า โดยเทียบกับข้อมูลในอดีต ในหัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รายละเอียดของปัญหา รายละเอียดการปรับปรุงโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์และผลการทดลอง และหัวข้อสุดท้ายเป็นบทสรุปและข้อเสนอแนะ

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบการผลิตแบบผลักและแบบดึง

ระบบการผลิตแบบผลัก (Push System) คือ ระบบการผลิตที่ผลิตตามแผนการผลิตในช่วงเวลาหนึ่งซึ่งอาจสอดคล้องกับอุปสงค์ของลูกค้า หรือเป็นการผลิตเผื่อในกรณีที่จำนวนอุปสงค์มีความไม่แน่นอนสูง ลักษณะการทำงานจะปฏิบัติในสายการผลิตในลักษณะต่อเนื่องกันไปเป็นทอดๆ จนกระทั่งเสร็จสิ้นกระบวนการทั้งหมด ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตแบบผลักอาจมีความเป็นอิสระจากกันได้ (มังกร, 2007)

ระบบการผลิตแบบดึง (Pull System) คือ ระบบการผลิตที่ผลิตงานเฉพาะเมื่อมีคำสั่งการผลิตมาจากอุปสงค์ของลูกค้า สินค้าที่ผลิตขึ้นมานั้นจะเท่าจำนวนที่ลูกค้าต้องการหรือซื้อไปเท่านั้นโดยไม่

ผลิตสินค้าเก็บไว้ในปริมาณมากๆ เพื่อรอการสั่งซื้อจากลูกค้าตั้งเช่นระบบการผลิตแบบผลัก เนื่องจากการผลิตงานในระบบการผลิตแบบดึงจะมีปริมาณงานที่ถูกผลิตตรงกับความต้องการของลูกค้าจึงส่งผลให้สามารถที่จะควบคุมจำนวนงานสินค้าคงคลังและชิ้นงานระหว่างกระบวนการ ทำให้สามารถมองเห็นปัญหาที่ซ่อนอยู่ในรูปของสินค้าคงคลังและชิ้นงานระหว่างกระบวนการได้พร้อมกับหาหนทางในการแก้ไขปัญหาเหล่านั้น (วิทยา และ ยุพา, 2007; จรรยา, 2006)

ใบคัมบัง (Kanban) (บุญเสริม, 2007) คือ เครื่องมือที่ใช้คู่กับระบบการผลิตแบบดึง คำว่า คัมบัง เป็นศัพท์ในภาษาญี่ปุ่นหมายถึง ป้ายหรือสัญญาณ และถูกใช้เพื่อชื่อสำหรับการเรียก ป้ายการควบคุมวัตถุดิบในระบบการผลิตแบบดึง ซึ่งที่แท้จริงก็คือคำสั่งการผลิตที่จะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับวัตถุดิบ ในทุกๆ ใบคัมบังจะระบุชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบย่อย และยังระบุด้วยว่ามาจากไหนและกำลังจะไปที่ใด จำนวนใบคัมบังสามารถกำหนดได้โดยใช้สูตร ดังสมการที่ (1)

$$K = \frac{(D \times Q) \times R \times (1 + S)}{H \times P} \quad (1)$$

โดยที่	K	=	จำนวนใบคัมบัง
	D	=	ความต้องการ หรือปริมาณการใช้ประจำวัน (หน่วย)
	Q	=	ปริมาณของชิ้นส่วนที่ใช้ต่อผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วย (ชิ้นต่อหน่วย)
	R	=	เวลาส่งมอบ หรือเวลาในการเติมวัสดุ (ชั่วโมง)
	S	=	สัมประสิทธิ์ความปลอดภัย (%)
	H	=	เวลาทำงานต่อกะ (ชั่วโมง)
	P	=	ปริมาณวัสดุต่ออุปกรณ์จัดเก็บ (จำนวนชิ้นของวัตถุดิบต่ออุปกรณ์จัดเก็บ)

การจำลองสถานการณ์ (รุ่งรัตน์, 2551; รุ่งรัตน์, 2553)

การจำลองสถานการณ์ คือ การทำการสร้างตัวแบบจำลอง (Model) เพื่อเลียนแบบกระบวนการของระบบจริง (Real System) ที่เกิดขึ้นโดยอาศัยข้อมูลของการดำเนินการที่ผ่านมา จากการสังเกต (Observation) หรือจากการบันทึกข้อมูลในอดีต แบบจำลองสถานการณ์ที่ดีต้องได้รับการทดสอบความสมบูรณ์ของแบบจำลอง เพื่อตรวจสอบว่าพฤติกรรมของแบบจำลองที่สร้างขึ้นเหมือนหรือคล้ายคลึงกับระบบจริงหรือไม่ โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองทางคอมพิวเตอร์กับผลลัพธ์ที่ได้จากการเก็บข้อมูลในระบบจริง การเปรียบเทียบผลลัพธ์จะใช้หลักการทางสถิติต่อไปนี้ (กิตติศักดิ์, 2546)

ก. การทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มปกติ กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่ม (σ_x^2 และ σ_y^2) ที่แน่นอนแต่ทราบว่าแตกต่างกันหรือไม่แตกต่างกัน จะใช้ *t-test* ในการทดสอบ

ข. การทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนของตัวแปรสุ่มปกติ เพื่อพิจารณาว่าความแปรปรวนของ 2 ประชากรนั้นมีความแตกต่างกันหรือไม่ (เพื่อการเลือกใช้ *t-test* ในการทดสอบที่ถูกต้อง) จะใช้ *F-test* ในการทดสอบ

ณัฐชา คงอุดมเกียรติ, เจริญชัย โขมพัตรารักษ์, ช่อแก้ว จตุรานนท์ และ วีระเดช วุฒิพรพันธ์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศิริประภา (2553) ศึกษากระบวนการผลิตของโรงงานผลิตข้าวโพดอ่อนบรรจุขวดแก้ว ซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบตามสั่ง และได้นำเสนอการจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม Arena 10.0 ในการจำลองระบบการผลิตของโรงงานและทำการวิจัยระบบการผลิตที่นำเสนอใหม่ 2 ระบบ คือระบบที่ควบคุมการผลิตด้วยไคม์บั้งแบบดึง และระบบที่ควบคุมการผลิตด้วยไคม์บั้งแบบผลักโดยมีดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงาน คือ ค่าเฉลี่ยจำนวนชิ้นงานระหว่างการผลิต และค่าเฉลี่ยรอบระยะเวลาการผลิต นอกจากนี้ งานวิจัยได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าจำนวนไคม์บั้งที่เหมาะสมภายใต้ระบบที่มีความไม่แน่นอนเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากที่สุดโดยใช้ Opt Quest ของโปรแกรม Arena

พรเทพ (2542) ศึกษาและวิเคราะห์สมรรถนะของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีสำหรับการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป โดยการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena 3.0 เพื่อศึกษาแนวทางในการแก้ปัญหาในการลดจำนวนวัสดุระหว่างผลิตด้วยระบบทันเวลาพอดีโดยการทดลองปรับจำนวนของไคม์บั้ง ซึ่งผลสามารถสรุปได้ว่า การปรับจำนวนไคม์บั้งที่เหมาะสมสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ 100% และยังสามารถลดจำนวนของวัสดุระหว่างการผลิตได้โดยจำนวนไคม์บั้งที่เหมาะสมจะมีค่าเท่ากับ 66 ชิ้น

ชัยวัฒน์ (2548) ศึกษาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพระบบการผลิตในกระบวนการผลิตก๊อหน้าด้วยแนวคิดของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีและใช้แบบจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Arena 7.01 โดยวัตถุประสงค์มุ่งเน้นที่จะลดจำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิต

เบญจพร (2552) ปรับปรุงผลการดำเนินงานโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปโดยใช้เทคนิค การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena เพื่อการสร้างระบบปัจจุบันและระบบปรับปรุงกระบวนการผลิต มีการปรับปรุง 3 แนวทางคือ 1. นำระบบดึงและระบบไคม์บั้งมาประยุกต์ใช้ ในกระบวนการทำงานเดิมโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทำงานใดๆ 2. เปลี่ยนเวลาการทำงานแผนกปักจาก 2 กะ เหลือ 1 กะ 3) จัดเซลล์การผลิตโดยการจัดวางเครื่องจักรตามประเภทของชิ้นงานพร้อมกับใช้ระบบดึงและระบบไคม์บั้งเป็นตัวควบคุมการผลิต พบว่าแนวทางที่ 3. มีกำไรมากที่สุดและมีค่าใช้จ่ายอันเกิดจากสินค้าคงคลังน้อยที่สุด

สรวิศ (2550) ศึกษากระบวนการจัดซื้อจัดหาพัสดุโดยการประกวดราคาด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ (e-Auction) และใช้เทคนิคการสร้างแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการธุรกิจ (Business Process Simulation) ด้วยโปรแกรม ARENA เวอร์ชัน 10.0 มาเป็นเครื่องมือในการหาแนวทางปรับปรุงกระบวนการจัดซื้อเพื่อลดระยะเวลาดำเนินการลง โดยออกแบบกระบวนการทำงานใหม่ให้ง่ายขึ้น ลดขั้นตอนลง และแนวคิดการนำสัญญาณซื้อขายระยะยาวมาใช้ในการจัดซื้อจัดหา โดยในการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการจัดซื้อจัดหาจะวัดตามหลักการของแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานโซ่อุปทาน (SCOR model) จากผลการวิจัยพบว่า สามารถลดระยะเวลาดำเนินการจัดซื้อจัดหารวมได้ถึง 74.92% ซึ่งจะทำให้มูลค่าพัสดุลดลงได้ 9.13% ถึง 58.06%

รายละเอียดของปัญหา

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกโรงงานถังน้ำมันและพนัสเป็นโรงงานที่ใช้ในการศึกษาเพื่อปรับปรุงกระบวนการสั่งซื้อวัตถุดิบจากบริษัทผู้ส่งมอบ (Suppliers) เนื่องจากเป็นโรงงานที่มีมูลค่าวัตถุดิบคงคลังมากที่สุด และจะนำผลจากการวิเคราะห์เพื่อขยายผลต่อไปในโรงงานที่เหลือทั้ง 3 โรงงาน จากการตรวจสอบข้อมูลการสั่งซื้อของโรงงานถังน้ำมันและพนัสย้อนหลังเป็นเวลา 6 เดือน พบว่ามีมูลค่าในการสั่งซื้อวัตถุดิบจากบริษัทผู้ส่งมอบทั้งหมด 118,323,837.50 บาท และร้อยละ 80 ของมูลค่าการสั่งซื้อวัตถุดิบมาจาก 5 บริษัทผู้ส่งมอบหลักจากจำนวนบริษัทผู้ส่งมอบทั้งหมด 50 บริษัท โดยมีรายละเอียดการสั่งซื้อจากทั้ง 5 บริษัทผู้ส่งมอบหลักดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 : จำนวนวัตถุดิบคงคลังและมูลค่าของวัตถุดิบคงคลังที่สั่งซื้อจาก 5 บริษัทผู้ส่งมอบหลัก

ผู้ส่งมอบที่	จำนวนวัตถุดิบคงคลัง (ชิ้น)	มูลค่าของวัตถุดิบคงคลัง(บาท)
1	36,358	404,302.81
2	146,242	9,430,272.67
3	55,789	3,031,371.26
4	37,840	1,257,122.15
5	95,357	3,665,262.31
รวม	371,587	17,788,331.20

ระบบการผลิตในปัจจุบัน

ระบบการผลิตของบริษัทกรณีศึกษามีขั้นตอนหลัก 10 ขั้นตอน เริ่มตั้งแต่ฝ่ายวางแผนสั่งซื้อวัตถุดิบจากบริษัทผู้ส่งมอบจนกระทั่งส่งชิ้นงานตามที่ถูกคำสั่งซื้อดังรายละเอียดในตารางที่ 2 ส่วนตารางที่ 3 แสดงรอบการส่งมอบของบริษัทผู้ส่งมอบหลักทั้ง 5 บริษัท รวมทั้งวัตถุดิบที่บริษัทส่งมอบ

เพื่อศึกษาผลกระทบของการปรับปรุงกระบวนการสั่งซื้อก่อนการประยุกต์ใช้จริง จึงได้ศึกษาโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ ดังรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

ตารางที่ 2 : ขั้นตอนการไหลของงานในระบบการผลิตของโรงงานปัจจุบัน

ขั้นตอนที่	ทำงาน	ขนถ่าย	ตรวจสอบ	รอ	คงคลัง	รายละเอียด
1						ฝ่ายวางแผนสั่งซื้อวัตถุดิบจากบริษัทผู้ส่งมอบตามแผนการสั่งซื้อ
2						คลังวัตถุดิบรอวัตถุดิบมาส่งงานตามรอบการส่ง
3						บริษัทผู้ส่งมอบมาส่งวัตถุดิบ
4						ตรวจสอบวัตถุดิบ
5						เก็บวัตถุดิบที่คลังเพื่อรอไปคัมบังส่งผลิตมาเรียกชิ้นงาน
6						วัตถุดิบถูกส่งเข้าสายการผลิต
7						ปลดไปคัมบังส่งผลิตเพื่อไปเรียกวัตถุดิบที่คลังวัตถุดิบ
8						สายการผลิตทำการผลิตชิ้นงาน
9						ชิ้นงานที่ผลิตเสร็จแล้วถูกเก็บที่คลังสำเร็จรูป
10						ส่งชิ้นงานให้ลูกค้าตามที่ลูกค้าสั่งซื้อ

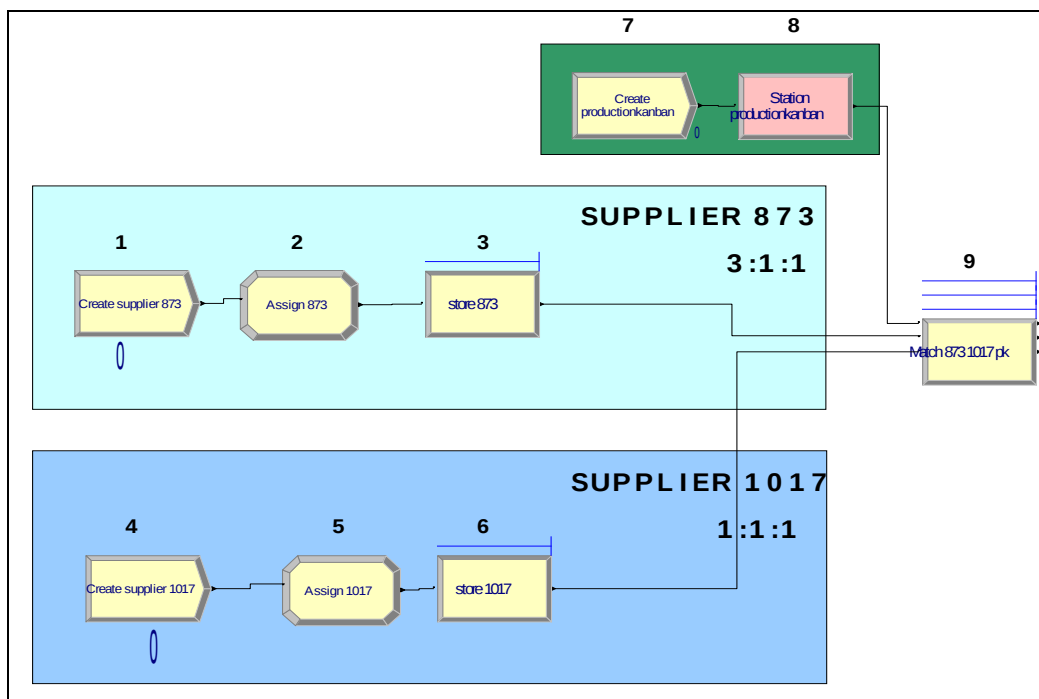
ตารางที่ 3 : รายละเอียดวัตถุดิบของบริษัทผู้ส่งมอบ 5 บริษัท

บริษัทผู้ส่งมอบ	รอบการส่งมอบ (วัน)	รหัสวัตถุดิบ
1	2	879
2	1	851
		852
		854
		869
		870
		872
		1017
		1030
		3836
3	3	873
		1972
4	2	2979
		2982
5	2	2980
		2981
		1467

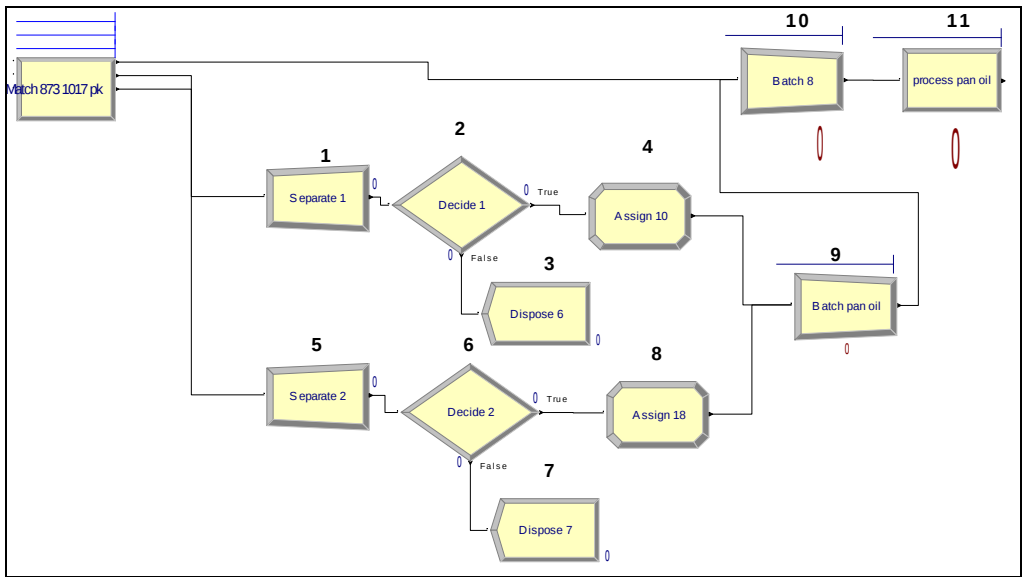
การจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) ของโรงงานถึงน้ำมันและพ่นสี

จากการศึกษาระบบการสั่งซื้อวัตถุดิบของโรงงานถึงน้ำมันและพ่นสี ซึ่งมีการส่งมอบจากบริษัทผู้ส่งมอบสู่โรงงานในลักษณะหลัก แต่การส่งมอบจากโรงงานสู่ลูกค้าเป็นลักษณะดึงตามความต้องการของลูกค้าที่มีการปรับแผนการส่งมอบอยู่เสมอ จึงส่งผลให้โรงงานกรณีศึกษาต้องมีการผลิตเพื่อการปรับความต้องการของลูกค้าในปริมาณมากเกินความจำเป็น

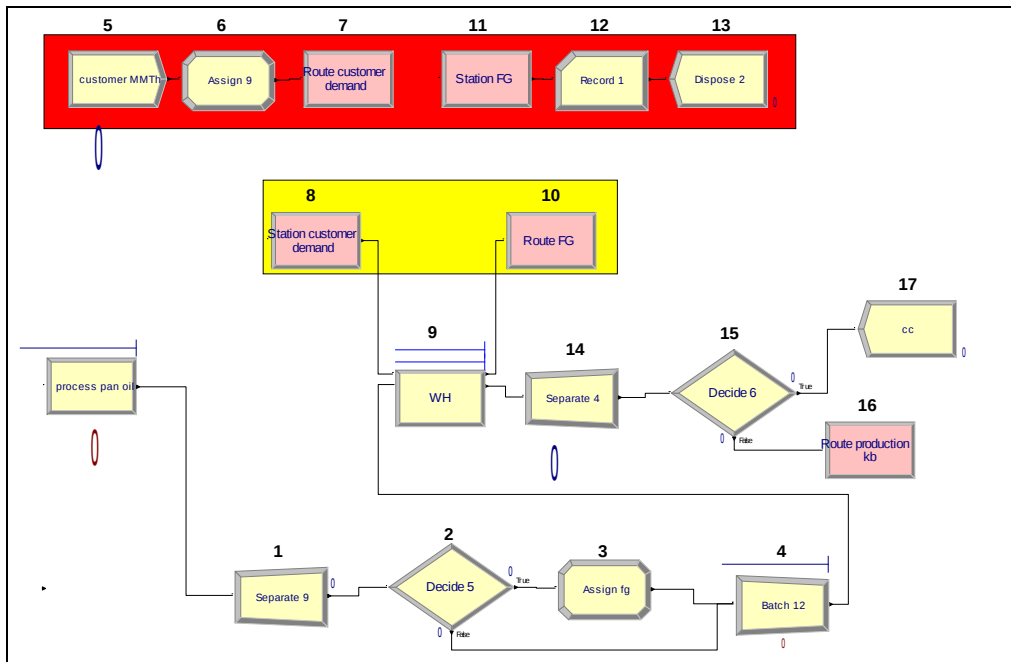
เนื่องจากโรงงานถึงน้ำมันและพ่นสีมีจำนวนสายการผลิตหลายสายการผลิต ในงานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาสายการผลิตเพื่อเป็นต้นแบบ 1 สายการผลิต นั่นคือสายการผลิต Pan Oil โดยศึกษาตั้งแต่ 1. ส่วนที่เกี่ยวข้องกับบริษัทผู้ส่งมอบ (Suppliers) 2. ส่วนกระบวนการผลิตภายในโรงงาน และ 3. ส่วนการเรียกการส่งงานสู่ลูกค้า และสร้างแบบจำลองสถานการณ์ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 1, 2 และ 3 ด้วยโปรแกรม Arena



รูปที่ 1 : ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตในส่วนผู้ส่งมอบ



รูปที่ 2 : ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตในส่วนกระบวนการผลิต



รูปที่ 3 : ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตในส่วนของลูกค้า

การกำหนดค่าเริ่มต้นของแบบจำลองสถานการณ์ (Run Setup)

ก. ความยาวของแต่ละรอบการทำซ้ำ (Replication Length) ความยาวของแต่ละรอบการทำซ้ำของการจำลองสถานการณ์ได้กำหนดให้สอดคล้องกับปริมาณคำสั่งซื้อจากลูกค้าจริง ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ความยาวของแต่ละรอบการทำซ้ำเท่ากับ 1 สัปดาห์ ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับพลวัตของการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสั่งซื้อของลูกค้าที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่บ่อยครั้ง เวลาการทำงานแต่ละวันคือ 24 ชั่วโมง

ข. การกำหนดจำนวนรอบการทำซ้ำ (Number of Replications) มีผลต่อค่าสถิติที่ยอมรับได้ของผลการทดลอง การจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยนี้เริ่มจากค่าจำนวนรอบการทำซ้ำตั้งต้น 3 รอบ และได้ค่าความคลาดเคลื่อน Half-Width ของค่าเฉลี่ยจากการทดลองเท่ากับ 6.6 ขึ้น แต่ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้จากการเก็บข้อมูลมีค่าเท่ากับ 3.3 แทนค่าในสมการ (2) (Kelton *et al.*, 2010) ได้จำนวนรอบการทำซ้ำที่เหมาะสมเท่ากับ 12 รอบ

$$n \cong n_0 \left(\frac{h_0^2}{h^2} \right) = 3 \left(\frac{6.6^2}{3.3^2} \right) \quad (2)$$

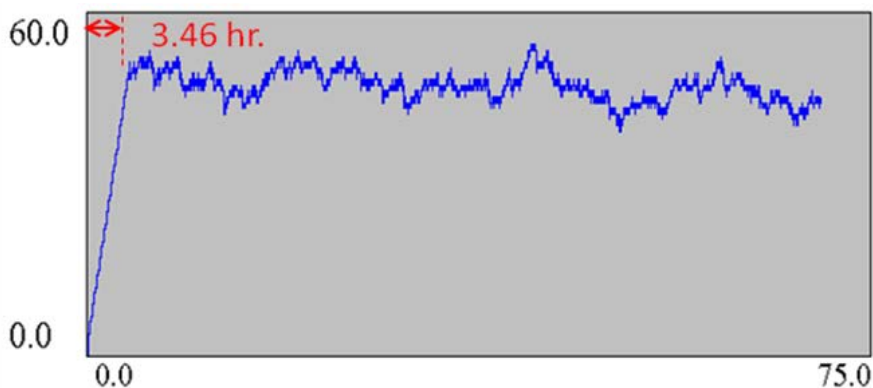
โดยที่ n = จำนวนรอบการทำซ้ำที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดความแปรปรวนตามค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยที่สามารถยอมรับได้

n_0 = จำนวนรอบการทำซ้ำที่เกิดจากการทดลองคร่าวๆ มีค่าเท่ากับ 3

h = ค่าความคลาดเคลื่อน Half-Width ของค่าเฉลี่ยที่สามารถยอมรับได้มีค่าเท่ากับ 3.3

h_0 = ค่าความคลาดเคลื่อน Half-Width ของค่าเฉลี่ยที่เกิดจากการทดลองคร่าวๆ มีค่าเท่ากับ 6.6

ค. ช่วงเวลาการแกว่งของข้อมูล (Warm-up Period) เนื่องจากระบบการผลิตของโรงงานตัวอย่างเป็นระบบที่มีการผลิตตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งแสดงว่าระบบไม่เคยว่างจากการผลิตเลย แต่ข้อจำกัดประการหนึ่งของการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena คือระบบของแบบจำลองจะเริ่มต้นจากระบบที่ไม่มีการผลิตใดๆ (Empty System) ก่อนที่ระบบจะเข้าสู่สถานะเสถียร (Steady State) ดังนั้นในการจำลองสถานการณ์จึงจำเป็นต้องชดเชยช่วงเวลาการแกว่งของการจำลองสถานการณ์ในช่วงแรก การกำหนดช่วงเวลาชดเชยดังกล่าวสามารถกำหนดได้จากผลการจำลองสถานการณ์จากจำนวนงานระหว่างการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งผลการจำลองสถานการณ์จากโปรแกรม Arena แสดงว่าช่วงเวลาการแกว่งของจำนวนงานระหว่างการผลิตก่อนเข้าสู่สถานะเสถียร เท่ากับ 3.46 ชั่วโมง โดยที่แกนตั้งคือจำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิต และแกนนอนคือจำนวนชั่วโมงในการจำลองสถานการณ์



รูปที่ 4 : ช่วงเวลาการแกว่งของจำนวนงานระหว่างการผลิตของโรงงานตัวอย่าง

การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์

แบบจำลองสถานการณ์จากหัวข้อการจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) ของโรงงานถังน้ำมันและพ่นสี และการกำหนดค่าเริ่มต้นของแบบจำลองสถานการณ์ (Run Setup) ถูกทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองอีกด้วย 1. การพิสูจน์ยืนยัน (Verification) และ 2. การทดสอบความถูกต้อง (Validation) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ก. การพิสูจน์ยืนยัน (Verification) ได้ทำการทดสอบผลที่ได้จากแบบจำลองกับผลที่คาดว่าจะควรจะได้รับจากแบบจำลองระหว่างกระบวนการสร้างแบบจำลองแต่ละขั้นตอนตามลำดับของการผลิตจริง ทั้ง 3 ส่วน (ดังรูปที่ 1, 2 และ 3) จากนั้นจึงนำทั้ง 3 ส่วนมาประกอบเป็นแบบจำลองสถานการณ์ที่สมบูรณ์ และทดสอบความถูกต้อง

ข. การทดสอบความถูกต้อง (Validation) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองกับระบบการผลิตจริง ได้พิจารณาเปรียบเทียบผลที่ได้จากการผลิตจริงและผลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งพิจารณาจากปริมาณชิ้นงานระหว่างการผลิต (Work in Process: WIP) และปริมาณวัตถุดิบคงค้างในคลังวัตถุดิบ (Store) จากสายการผลิต Pan Oil โดยตรวจสอบจากผลการจำลองสถานการณ์ที่ทำซ้ำ 12 รอบ และทดสอบสมมติฐานของการทดสอบปริมาณชิ้นงานระหว่างการผลิต ดังนี้

สมมติฐานหลัก H_0 : ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยปริมาณ WIP ของระบบการผลิตแบบปัจจุบันกับของแบบจำลองสถานการณ์

สมมติฐานรอง H_1 : มีความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยปริมาณ WIP ของระบบการผลิตแบบปัจจุบันกับของแบบจำลองสถานการณ์

และตั้งสมมติฐานของการทดสอบปริมาณชิ้นงานคงค้างในคลังวัตถุดิบ (Store) ได้ดังนี้

- สมมติฐานหลัก H_0 : ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยปริมาณวัตถุดิบคงค้าง
ของระบบการผลิตแบบปัจจุบันกับของแบบจำลองสถานการณ์
- สมมติฐานรอง H_1 : มีความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยปริมาณวัตถุดิบคงค้างของ
ระบบการผลิตแบบปัจจุบันกับของแบบจำลองสถานการณ์

จากการทดสอบสมมติฐานเพื่อหาค่าความแตกต่างของระบบการผลิตจริงและผลจาก
แบบจำลองสถานการณ์ โดยพิจารณา WIP ในกระบวนการและชิ้นงานคงค้างที่คลังวัตถุดิบ แสดงให้
เห็นว่าระบบการผลิตของโรงงานตัวอย่างและแบบจำลองสถานการณ์ไม่มีความแตกต่างกันเชิงสถิติที่
ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแบบจำลองสถานการณ์มีความถูกต้องยอมรับได้

การปรับปรุงและผลการทดลอง

ในการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบดึงกับรอบการส่งมอบวัตถุดิบโดยใช้ใบคัมบัง จำเป็นต้อง
กำหนดใบคัมบังที่ต้องการ จากนั้นจึงทดสอบแนวทางการปรับปรุงรอบการส่งมอบว่าส่งผลมากน้อย
เพียงไรกับระบบการผลิตโดยรวม ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

การคำนวณหาจำนวนใบคัมบังเริ่มต้นที่เหมาะสม

จำนวนใบคัมบังเริ่มต้นของแบบจำลองสถานการณ์ของระบบการผลิตแบบดึงสามารถคำนวณ
ได้จากสมการที่ (1) ตามรหัสของวัตถุดิบดังสรุปในตารางที่ 4 ซึ่งแนวทางที่ 1, 2 และ 3 ในตารางมี
ความหมายดังต่อไปนี้

- ✦ แนวทางที่ 1 หมายถึง ระบบการผลิตปัจจุบันโดยรอบการส่งมอบยังไม่เปลี่ยนแปลงแต่
ประยุกต์ใช้ระบบคัมบังเพื่อจำกัดปริมาณการส่งมอบวัตถุดิบตามการปรับเปลี่ยนความ
ต้องการของลูกค้า
- ✦ แนวทางที่ 2 หมายถึง ระบบการผลิตแบบดึงโดยมีรอบการส่งมอบเป็น 2 วันต่อรอบ
- ✦ แนวทางที่ 3 หมายถึง ระบบการผลิตแบบดึงโดยมีรอบการส่งมอบเป็น 1 วันต่อรอบ

ตารางที่ 4 : จำนวนใบคัมบังเริ่มต้นเพื่อใช้เรียกงานจากผู้ส่งมอบที่คำนวณได้

รหัสวัตถุดิบ	จำนวนใบคัมบัง		
	แนวทางที่ 1	แนวทางที่ 2	แนวทางที่ 3
879	22	-	11
851	9	-	-
852	9	-	-
854	9	-	-
869	22	-	-
870	22	-	-
872	22	-	-
1017	11	-	-
1030	22	-	-
3836	8	-	-
873	25	17	9
1972	33	22	11
2979	7	-	4
2982	7	-	4
2980	7	-	4
2981	7	-	4
1467	44	-	22

หมายเหตุ (-) คือ รายการวัตถุดิบนั้นไม่มีการปรับปรุงรอบการจัดส่งเทียบกับแนวทางก่อนหน้านี้

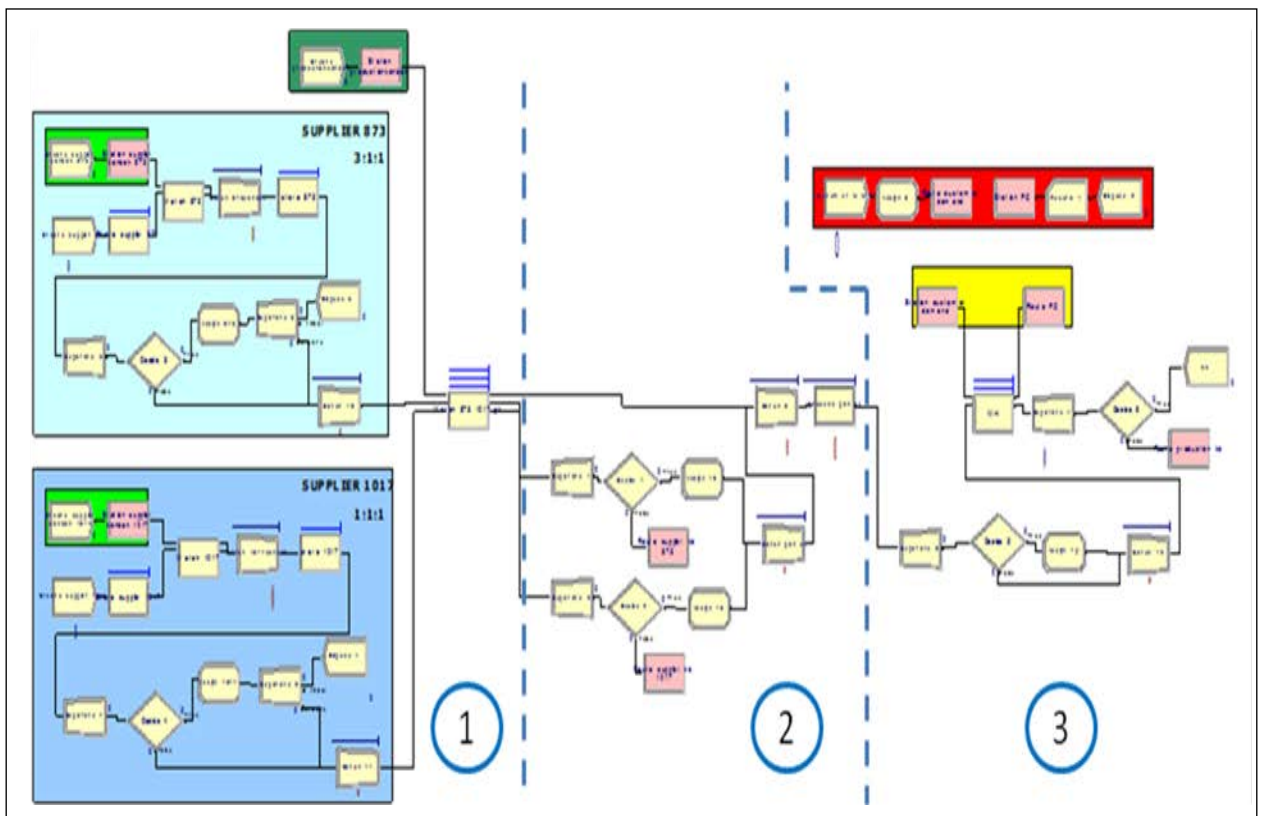
ในการปฏิบัติงานจริงบริษัทผู้ส่งมอบ (Suppliers) แต่ละรายจะทำการส่งวัตถุดิบตามรอบวัน การส่งมอบ ได้แก่ 3 วันต่อ 1 รอบ, 2 วันต่อ 1 รอบและ 1 วันต่อ 1 รอบ ขึ้นกับข้อตกลงกับโรงงาน สำหรับ แนวคิดระบบการผลิตแบบดึงจะมีการเรียกชิ้นงานจากใบคัมบังที่ถูกปลดเมื่อผลิตชิ้นงานสำเร็จรูป (Finished Goods) เสร็จแล้ว จากนั้นใบคัมบังจะถูกส่งต่อไปยังผู้ส่งมอบเพื่อส่งสัญญาณการเติมวัตถุดิบ หรือส่งมอบให้แก่โรงงานในทันที แต่ในทางปฏิบัติยังไม่สามารถเรียกวัตถุดิบจากบริษัทผู้ส่งมอบตาม เวลาการผลิตงานเสร็จจริงได้ทันทีเนื่องจากข้อจำกัดในการส่งมอบตามรอบการส่งมอบ 3 วันต่อ 1 รอบ, 2 วันต่อ 1 รอบ และ 1 วันต่อ 1 รอบดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

เพื่อลดปริมาณวัตถุดิบของโรงงานจึงต้องปรับระบบการผลิตให้เป็นระบบการผลิตแบบดึงโดยใช้คัมบังหรือร่วมกับปรับรอบการส่งมอบให้เร็วขึ้น งานวิจัยนี้จึงเสนอแนวทางการปรับปรุงรอบการส่งมอบให้จัดส่งให้รวดเร็วขึ้นด้วยแนวทางที่ 2 และ 3 ข้างต้น นอกเหนือจากการประยุกต์ใช้แนวทางระบบ การผลิตแบบดึงโดยใช้ใบคัมบังด้วยแนวทางที่ 1 เพราะโดยทั่วไปแล้วระยะเวลาการส่งมอบที่นานขึ้นจะ ส่งผลให้ปริมาณวัตถุดิบ (Inventory) ที่ต้องเก็บรักษามากขึ้นด้วย

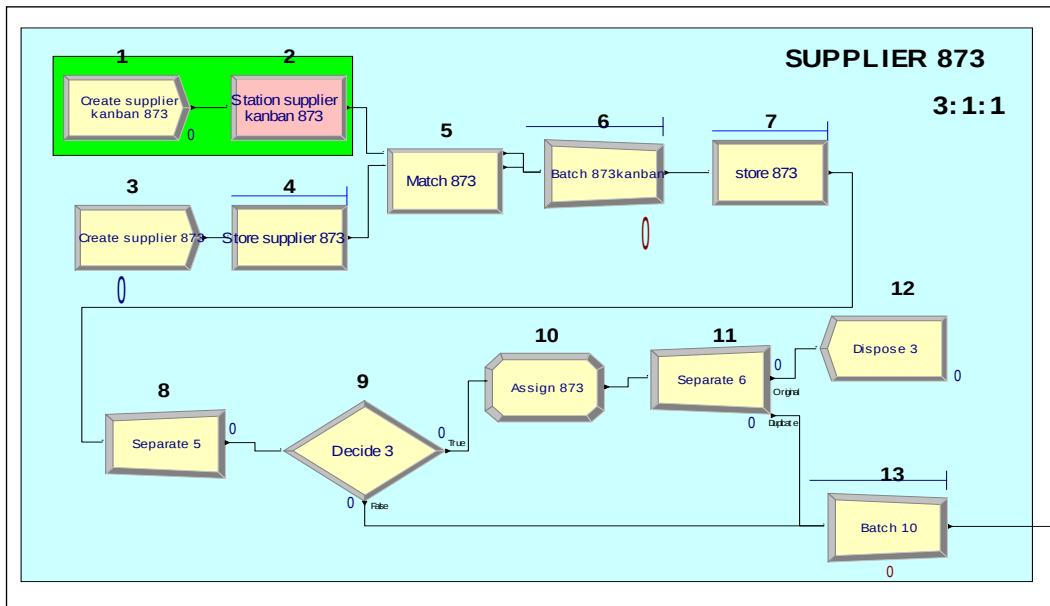
เมื่อได้จำนวนใบคัมบังตามตารางที่ 4 แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการปรับปรุงแบบจำลอง สถานการณ์ให้สอดคล้องกับระบบการเรียกงานจากบริษัทผู้ส่งมอบโดยใช้ระบบใบคัมบังและความถี่ของ การส่งมอบวัตถุดิบ

แบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตแบบดึงของบริษัทผู้ส่งมอบ

จากการนำระบบการผลิตแบบดึงมาประยุกต์ใช้ในการเรียกวัตถุดิบจากบริษัทผู้ส่งมอบ สามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตของโรงงานตัวอย่างในโปรแกรม Arena ดังรูปที่ 5 ซึ่งแสดงการปรับปรุงแบบจำลองสถานการณ์ของสายการผลิต Pan Oil ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก เช่นเดิม คือ 1. ส่วนที่เกี่ยวข้องกับบริษัทผู้ส่งมอบ 2. ส่วนของโรงงานนั้นคือกระบวนการผลิตภายในโรงงาน และ 3. ส่วนที่เกี่ยวข้องกับลูกค้า แต่มีการปรับปรุงส่วนที่เกี่ยวข้องกับบริษัทผู้ส่งมอบเพื่อให้สอดคล้องกับระบบการส่งมอบตามใบคัมบังดังแสดงในรูปที่ 6 โดยยกตัวอย่างระบบใบคัมบังของวัตถุดิบรหัส 873 ของสายการผลิต Pan Oil (ในระบบที่สมบูรณ์ประกอบไปด้วยวัตถุดิบทั้งสิ้น 17 รายการตามรายละเอียดในตารางที่ 3 และ 4)



รูปที่ 5 : ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตแบบดึงของสายการผลิต Pan Oil



รูปที่ 6 : ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตแบบดึงของผู้ส่งมอบรหัสวัตถุดิบ 873 สายการผลิต Pan Oil

จากรูปที่ 6 ตัวเลขในแบบจำลองสถานการณ์แสดง Module ของโปรแกรม Arena ที่เกี่ยวข้อง โดย Module ที่ 1 และ 2 เป็นการสร้างใบคัมบังที่จะใช้เรียกงานจากผู้ส่งมอบวัตถุดิบรหัส 873 และที่เก็บใบคัมบังชั่วคราวตามลำดับ และวัตถุดิบจะถูกสร้างจาก Module ที่ 3 แต่มีข้อแตกต่างคือใบคัมบังที่สร้างจาก Module ที่ 1 และ 2 จะมีการสร้างเพียงครั้งเดียวตามจำนวนใบคัมบังที่คำนวณได้ในตารางที่ 4 และนำวนกลับมาใช้ใหม่ในระบบ ในขณะที่วัตถุดิบที่สร้างขึ้นจาก Module ที่ 3 จะมีการสร้างขึ้นใหม่ทุกครั้งที่มีการเรียกวัตถุดิบจากโรงงานตามใบคัมบัง จากนั้นวัตถุดิบจะถูกส่งต่อไปยัง Store ของวัตถุดิบ 873 (Module ที่ 7) และตั้งแต่ Module ที่ 8-13 เป็น Module ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการภายในคลังวัตถุดิบเพื่อเตรียมส่งชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการผลิตในโรงงานต่อไป

หัวข้อต่อไปเป็นผลจากการเปรียบเทียบการจำลองสถานการณ์ตามแนวทางทั้ง 3 เพื่อตรวจสอบผลกระทบโดย เทียบกับระบบปัจจุบันที่ไม่มีการส่งมอบตามใบคัมบัง

การเปรียบเทียบผลจากการจำลองสถานการณ์ของระบบการผลิตปัจจุบันและระบบการผลิตแบบดึง

จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของโรงงานตัวอย่าง ประกอบด้วย ระบบการผลิตปัจจุบัน และระบบการผลิตที่มีการนำระบบการผลิตแบบดึงมาประยุกต์ใช้กับบริษัทผู้ส่งมอบ โดยระบบการผลิตแบบดึงนั้นเมื่อมีการใช้ใบคัมบังในการเรียกวัตถุดิบ จำนวนวัตถุดิบต่อใบคัมบังและจำนวนวัตถุดิบต่อภาชนะในการส่งเข้าสู่สายการผลิตนั้นมีจำนวนที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 : จำนวนวัตถุดิบต่อใบคัมบังและจำนวนวัตถุดิบต่อภาระในการส่งเข้าสู่สายการผลิตของแต่ละรายการวัตถุดิบ

รหัสวัตถุดิบ	จำนวนชิ้นงานในการจัดส่ง (ชิ้นงาน/ใบคัมบัง)	จำนวนวัตถุดิบต่อภาระในการส่งเข้าสู่ สายการผลิต
851	100	30
852	100	30
854	100	30
3836	100	30
873	200	50
1017	150	50
869	100	50
870	100	50
872	100	50
1030	100	50
1972	200	70
2979	500	70
2980	500	70
2981	500	70
879	200	10
1467	500	10

ดังที่ได้กล่าวไว้ในเบื้องต้นว่า ส่วนของสายการผลิตโรงงานและส่งต่อไปยังลูกค้า (ส่วนที่ 2 และ 3 ของรูปที่ 2 และ 3) ได้ประยุกต์ใช้แนวคิดการผลิตแบบดึงแล้ว แต่ส่วนที่เกี่ยวข้องกับผู้ส่งมอบ (ส่วนที่ 1 ของรูปที่ 1) ยังไม่มีการประยุกต์ใช้การผลิตแบบดึงในปัจจุบัน แต่การศึกษานี้ต้องการศึกษาผลกระทบของการประยุกต์ใช้แนวคิดการผลิตแบบดึงกับผู้ส่งมอบ ซึ่งผลการทดลองจากการจำลองสถานการณ์ได้สะท้อนแนวคิดดังกล่าวในตารางที่ 6 ดังนี้

ผลการจำลองสถานการณ์แสดงผล WIP ในสายการผลิตตั้งสมมุติที่ 2 ของตารางที่ 6 ซึ่งสอดคล้องกับจำนวน WIP ในสายการผลิตจริง สมมุติที่ 3-5 เป็นผลของการจำลองสถานการณ์ตามแนวทางที่ 1-3 ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ การคำนวณหาจำนวนใบคัมบังเริ่มต้นที่เหมาะสม ตามลำดับจากตารางจะเห็นได้ว่าโดยเฉลี่ยแล้วปริมาณวัตถุดิบในคลังเมื่อประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบดึงตามแนวทางที่ 2 และ 3 มีปริมาณน้อยกว่าแนวทางที่ 1 (จำนวนชิ้นวัตถุดิบที่ลดลงตามแนวทางที่ 1 แสดงในตารางที่ 7) โดยที่แนวทางที่ 3 จะส่งผลให้มีปริมาณวัตถุดิบคงค้างในคลังวัตถุดิบน้อยที่สุด เนื่องจากการมีรอบการส่งมอบที่เร็วที่สุดคือ 1 วันต่อ 1 รอบการส่งมอบซึ่งเป็นรอบการส่งมอบที่เร็วที่สุดที่สามารถปฏิบัติได้

ตารางที่ 6 : ปริมาณชิ้นงานคงค้างในสายการผลิตและส่วนของลูกค้า (ส่วนที่ 2 และ 3 ในแบบจำลอง) และส่วนผู้ส่งมอบ (ส่วนที่ 1 ในแบบจำลอง)

รหัสวัตถุดิบ	ระบบการผลิต ปัจจุบัน	ระบบการผลิตแบบดึง		
		แนวทางที่ 1	แนวทางที่ 2	แนวทางที่ 3
851	1,754.09	32.81	-	-
852	2,649.23	33.13	-	-
854	1,520.91	33.44	-	-
3836	2,596.92	28.15	-	-
873	7,286.77	58.19	42.94	28.09
1017	3,303.33	42.98	42.94	43.07
869	6,469.97	51.04	51.05	51.05
870	6,380.73	51.04	51.05	51.05
872	8,130.65	51.04	51.05	51.05
1030	4,967.41	51.04	51.05	51.05
1972	6,392.91	57.98	42.63	28.16
2979	4,160.68	28.24	-	20.35
2980	5,248.63	43.08	-	28.21
2981	7,519.57	43.08	-	28.21
2982	5,201.06	28.24	-	20.35
879	9,141.72	42.52	-	35.56
1467	11,464.46	770.02	-	408.93

หมายเหตุ (-) คือ รายการวัตถุดิบนั้นไม่มีการปรับลดเวลารอบการส่งมอบ

ผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์ของการปรับใช้ระบบใบคัมบังและรอบการส่งมอบวัตถุดิบ

ผลจากการจำลองสถานการณ์ของระบบปัจจุบันเทียบกับที่ใช้ระบบใบคัมบังในการเรียกส่งวัตถุดิบจากผู้ส่งมอบตามแนวทางการปรับปรุงที่ 2 และ 3 ของโรงงานตัวอย่าง ซึ่งส่งผลให้ปริมาณวัตถุดิบลดลงและส่งผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์โดยคิดตามราคาต่อหน่วยของแต่ละวัตถุดิบ ดังสามารถสรุปได้ในตารางที่ 7, 8 และ 9 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 แสดงจำนวนชิ้นวัตถุดิบในระบบตั้งแสดงในสดมภ์ที่ 2 ราคาต่อหน่วยวัตถุดิบในสดมภ์ที่ 3 เมื่อทำการจำลองสถานการณ์ตามแนวทางที่ 1 แล้วได้จำนวนวัตถุดิบในสดมภ์ที่ 4 คิดเป็นร้อยละที่ลดลงในสดมภ์ที่ 5 และต้นทุนที่ลดลงในสดมภ์สุดท้าย ตัวอย่างการคำนวณจำนวนวัตถุดิบคงค้างที่ลดลงของวัตถุดิบ 851 ตามแนวทางที่ 1 ดังนี้ จำนวนชิ้นงานที่คงเหลือ $985 = 32.81$ (คือ จำนวนชิ้นงานคงเหลือที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ จากตารางที่ 6) $\times 30$ (คือ จำนวนวัตถุดิบต่อภาชนะในการส่งเข้าสู่สายการผลิต จากตารางที่ 5) เป็นต้น ดังนั้นหากเปรียบเทียบการเรียกงานแบบระบบการผลิตแบบดึงกับการเรียกงานปัจจุบันของโรงงาน โดยใช้รอบการเรียกงานเดิม (แนวทางที่ 1) พบว่าสามารถลดจำนวนชิ้นงานลงเฉลี่ย 54.25% คิดเป็นจำนวนเงินเฉลี่ยได้ 148,070.49 บาทต่อเดือน

ตารางที่ 7 : จำนวนชิ้นงานคงค้างในคลังวัตถุดิบจากการปฏิบัติงานปัจจุบันเทียบกับการจำลองสถานการณ์ตามแนวทางการผลิตแบบดึงตามแนวทางที่ 1

รหัสวัตถุดิบ คงค้าง	ระบบการผลิตปัจจุบัน		ระบบการผลิตแบบดึงตามแนวทางที่ 1		
	จำนวน (ชิ้น)	ราคา/หน่วย	จำนวน (ชิ้น)	% ชิ้นที่ลด	ต้นทุนที่ลด (บาท)
851	1,755	89	985	43.87	68,530.00
852	2,650	22	994	62.49	36,432.00
854	1,521	95	1,004	33.99	49,115.00
3836	2,597	35	845	67.46	61,320.00
873	7,287	45.61	2,910	60.07	199,634.97
1017	3,304	22.94	2,149	34.96	26,495.70
869	6,470	80.17	2,552	60.56	314,106.06
870	6,381	102.41	2,552	60.01	392,127.89
872	8,131	82.95	2,552	68.61	462,778.05
1030	4,968	17.8	2,552	48.63	43,004.80
1972	6,393	64	4,059	36.51	149,376.00
2979	4,161	36	1,977	52.49	78,624.00
2980	5,249	79.74	3,016	42.54	178,059.42
2981	7,520	45.34	3,016	59.89	204,211.36
2982	5,202	31	1,977	62.00	99,975.00
879	9,142	11.12	425	95.35	96,933.04
1467	11,465	15	7,700	32.84	56,475.00
เฉลี่ย	5,540.94	51.48	2,428	54.25	148,070.49

สำหรับการปรับรอบการส่งมอบตาม แนวทางที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 8 สามารถลดจำนวนชิ้นงานลงได้ 56.64% เทียบกับการส่งมอบในปัจจุบันของโรงงาน คิดเป็นจำนวนเงินเฉลี่ย 157,374.86 บาทต่อเดือน และในการปรับรอบการส่งมอบของระบบการผลิตแบบดึงให้เร็วที่สุดที่เป็นไปได้คือ 1 วันต่อ 1 รอบการส่งมอบตามแนวทางที่ 3 ซึ่งแสดงผลการจำลองสถานการณ์ในตารางที่ 9 สามารถลดจำนวนชิ้นงานลงได้ถึง 63.18% คิดเป็นจำนวนเงินเฉลี่ย 175,155.89 บาทต่อเดือน

ตารางที่ 8 : จำนวนชิ้นงานคงค้างในคลังวัตถุดิบจากการปฏิบัติงานปัจจุบันเทียบกับการจำลองสถานการณ์ตามแนวทางการผลิตแบบดึงตามแนวทางที่ 2

รหัสวัตถุดิบ คงค้าง	ระบบการผลิตปัจจุบัน		ระบบการผลิตแบบดึงตามแนวทางที่ 2		
	จำนวน (ชิ้น)	ราคา/หน่วย	จำนวน (ชิ้น)	% ชิ้นที่ลด	ต้นทุนที่ลด (บาท)
851	1,755	89	985	43.87	68,530.00
852	2,650	22	994	62.49	36,432.00
854	1,521	95	1,004	33.99	49,115.00
3836	2,597	35	845	67.46	61,320.00
873	7,287	45.61	2,147	70.54	234,435.40
1017	3,304	22.94	2,147	35.02	265,41.58
869	6,470	80.17	2,552	60.56	314,106.06
870	6,381	102.41	2,552	60.01	392,127.89
872	8,131	82.95	2,552	68.61	462.778.05
1030	4,968	17.8	2,552	48.63	43,004.80
1972	6,393	64	2,132	66.65	272,704.00
2979	4,161	36	1,977	52.49	78,624.00
2980	5,249	79.74	3,016	42.54	178,059.42
2981	7,520	45.34	3,016	59.89	204,211.36
2982	5,202	31	1,977	62.00	99,975.00
879	9,142	11.12	425	95.35	96,933.04
1467	11,465	15	7,700	32.84	56,475.00
เฉลี่ย	5,540.94	51.48	2,269	56.64	157,374.86

ตารางที่ 9 : จำนวนชิ้นงานคงค้างในคลังวัตถุดิบจากการปฏิบัติงานปัจจุบันเทียบกับการจำลองสถานการณ์ตามแนวทางการผลิตแบบดึงตามแนวทางที่ 3

รหัสวัตถุดิบ คงค้าง	ระบบการผลิตปัจจุบัน		ระบบการผลิตแบบดึงตามแนวทางที่ 3		
	จำนวน (ชิ้น)	ราคา/หน่วย	จำนวน (ชิ้น)	% ชิ้นที่ลด	ต้นทุนที่ลด (บาท)
851	1,755	89	985	43.87	68,530.00
852	2,650	22	994	62.49	36,432.00
854	1,521	95	1,004	33.99	49,115.00
3836	2,597	35	845	67.46	61,320.00
873	7,287	45.61	1,405	80.72	268,278.02
1017	3,304	22.94	2,154	34.81	26,381.00

ตารางที่ 9 : (ต่อ)

รหัสวัตถุดิบ คงค้าง	ระบบการผลิตปัจจุบัน		ระบบการผลิตแบบดึงตามแนวทางที่ 3		
	จำนวน (ชิ้น)	ราคา/หน่วย	จำนวน (ชิ้น)	% ชิ้นที่ลด	ต้นทุนที่ลด (บาท)
869	6,470	80.17	2,552	60.56	314,106.06
870	6,381	102.41	2,552	60.01	392,127.89
872	8,131	82.95	2,552	68.61	462,778.05
1030	4,968	17.8	2,552	48.63	43,004.80
1972	6,393	64	1,408	77.98	319,040.00
2979	4,161	36	1,425	65.75	98,496.00
2980	5,249	79.74	1,975	62.37	261,068.76
2981	7,520	45.34	1,975	73.74	251,410.30
2982	5,202	31	1,425	72.61	117,087.00
879	9,142	11.12	356	96.11	97,700.32
1467	11,465	15	4,080	64.41	110,775.00
เฉลี่ย	5,540.94	51.48	1,778	63.18	175,155.89

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบดึงกับผู้ส่งมอบของสายการผลิต Pan Oil ของบริษัทกรณีศึกษา โดยมีแนวความคิดการเรียกวัตถุดิบโดยใช้ใบคัมบังในการส่งมอบวัตถุดิบ การศึกษาผลกระทบดังกล่าวได้ศึกษาผ่านการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena จากผลการจำลองสถานการณ์แสดงให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้ระบบใบคัมบังสามารถลดจำนวนวัตถุดิบได้มากกว่า 50% และลดต้นทุนได้เกือบ 150,000 บาทต่อเดือนไม่ว่าจะปฏิบัติตามแนวทางการปรับปรุงใดก็ตาม และหากสามารถปรับรอบการส่งมอบให้เร็วขึ้นอีกก็สามารถลดทั้งจำนวนวัตถุดิบและต้นทุนได้มากขึ้น

อย่างไรก็ดี แม้แบบจำลองสถานการณ์ของระบบการผลิตที่สร้างขึ้นมีความยืดหยุ่นและสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงหรือการปรับปรุงกระบวนการผลิตอื่นๆ ของโรงงานตัวอย่างได้ แต่แบบจำลองสถานการณ์นี้ยังไม่ครอบคลุมพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในการจัดการให้รอบการจัดส่งเพิ่มขึ้น

รายการอ้างอิง

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2546. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 2 (ประมวลผลด้วย MINITAB). กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 179 – 357.
- จรรยา พุคยาภรณ์. 2006. การผลิตแบบดึง. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น. 10 - 13.
- ชัยวัฒน์ เจริญทอง. 2548. การลดจำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตด้วยแนวความคิดของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีและวิเคราะห์โดยการจำลองปัญหา. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 1 - 63.
- เบญจพร เลิศพัฒน์. 2552. การปรับปรุงผลการดำเนินงานโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป โดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์. ปรียญวิทยวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุญเสริม วันทนาศุภมาต. 2007. คัมบัง (Kanban for the Shop Floor). กรุงเทพมหานคร : ส. เอเซียเพรส (1989). 39 - 60.
- พรเทพ ขอบจายเกียรติ. 2542. การวิเคราะห์สมรรถนะของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี: กรณีศึกษาโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป. วิศวกรรมศาสตร์ ม.ช. ปีที่ 26. ฉบับที่ 4. 1 – 17.
- มังกร โรจน์ประภากร. 2007. ระบบการผลิตแบบโตโยต้า. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 49 - 90.
- รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ. 2551. คู่มือการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น. 16, 25 - 29.
- รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ (สีเหลืองสวัสดิ์). 2553. คู่มือการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena. ฉบับปรับปรุง. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น. 67 – 69.
- วิทยา สุหฤทธำรง และ ยุพา กลอนกลาง. 2007. ระบบการผลิตแบบดึง (Pull System for the Shop Floor). กรุงเทพมหานคร : ส. เอเซียเพรส (1989) 25 - 80.
- ศิริประภา ดีประดิษฐ์. 2553. การกำหนดจำนวนบัตรคัมบังที่เหมาะสมในระบบสายพานการผลิตด้วยแบบจำลองสถานการณ์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สรวิศ รัตนพิไชย และ ธัญญา วสุศรี. 2550. การปรับปรุงกระบวนการจัดซื้อจัดหาพัสดุโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม สาขาการจัดการโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- ส่วนยุทธศาสตร์โลจิสติกส์ สำนักวิเคราะห์โครงการภาครัฐ. 2550. การปรับปรุงตัวเลขต้นทุนโลจิสติกส์ต่อ GDP ของประเทศไทย. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

- Al-Tahat, M.D. and Mukattash, A.M. 2006. Design and analysis of production control scheme for kanban-based JIT environment. **Journal of the Franklin Institute**. Vol. 343. 521 - 531.
- Chan, F.T.S. 2001. Effect of kanban size on just-in-time manufacturing systems. **Journal of Materials Processing Technology**. Vol.116. 146 - 160.
- Kelton, W.D.; Sadowski, R.P. and Swets, N.B. 2010. **Simulation with Arena**. 5th Ed. Singapore : McGraw Hill. 278.
- Takahashi, K. and Soshiroda, M. 1996. Comparing integration strategies in production ordering system. **International Journal of Production Economics**. Vol. 44. 83 - 89.