การวิเคราะห์สมรรถนะของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี : กรณีศึกษาโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป

ดร. พรเทพ ขอชจายเกียรติ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีสำหรับการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป โดยพิจารณาถึงอัตราการผลิต เปอร์เซ็นต์การสนองต่อความต้องการของลูกค้า และจำนวนชิ้นงานระหว่างทำ ซึ่งเป็นดัชนีชี้บ่งสมรรถนะของระบบการผลิต ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีสามารถสนองต่อความต้องการของลูกค้าและช่วยลดจำนวนชิ้นงานระหว่างทำ นั่นคือจำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยต่อวันของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีจะน้อยกว่าจำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยต่อวันของระบบการผลิตในโรงงานตัวอย่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มขนาดคัมบังจะทำให้จำนวนชิ้นงานระหว่างทำและเปอร์เซ็นต์การสนองต่อความต้องการของลูกค้ามีค่าเพิ่มขึ้น ขนาดคัมบังที่เหมาะสมเท่ากับ 66 ชิ้น จะทำให้ระบบการผลิตสามารถสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการผลิตไม่แตกต่างจากอัตราการผลิตของระบบการผลิตในโรงงานตัวอย่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ถ้าขนาดคัมบังลดลงระบบการผลิตจะไม่สามารถสนองต่อความต้องการของลูกค้าอย่างมีนัยสำคัญแม้ว่าจำนวนชิ้นงานระหว่างทำจะลดลง ขณะที่การเพิ่มขนาดคัมบังให้มากกว่า 66 ชิ้น ระบบการผลิตยังคงสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่จำนวนชิ้นงานระหว่างทำจะมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

Performance Analysis of Just-In-Time : A Case Study of Garment Factory

Dr. Porntep Khokhajaikiat
Assistant Professor
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering , Khon Kaen University

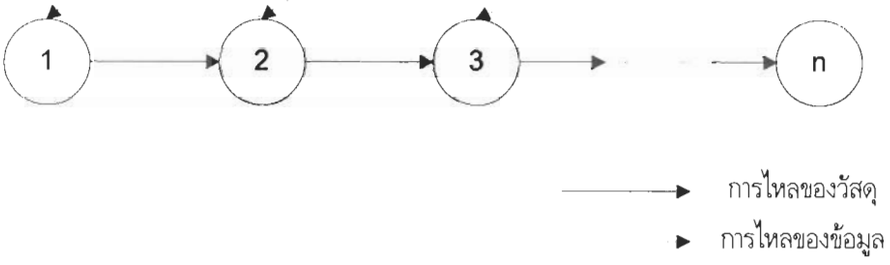
Abstract

The performance of Just-In-Time production system for garment industry was studied. Production rate, percent served demand, and work in process were considered as the performance measurement of production system. The results indicated that Just-In-Time production system can serve demand and reduce work in process. It means that average work in process per day of Just-In-Time production system is lower than average work in process per day of production system in chosen factory at 0.01 significant level. Moreover, it was found that increasing Kanban size, work in process and percent served demand are increased. Suitable Kanban size is 66 pieces. The production system can achieve 100 percent served demand and its production rate has no difference from production rate of production system in chosen factory at 0.01 significant level. Decreasing Kanban size, the production system can not significantly serve demand although work in process is reduced. On the other hand, Kanban size is higher than 66 pieces. The production system can achieve 100 percent served demand but work in process is significantly increased.

บทนำ

ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just-In-Time, JIT) เป็นระบบดึง (pull system) ซึ่งมีหลักการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่ลูกค้าต้องการ โดยการผลิตที่ขั้นตอนสุดท้ายจะถูกดำเนินการเมื่อมีความต้องการจากลูกค้าและการผลิตของขั้นตอนก่อนหน้าจะถูกดำเนินการใน

ลำดับต่อมาเนื่องจากมีการนำชิ้นงานจากขั้นตอนก่อนหน้าไปผลิต ดังนั้น การผลิตของขั้นตอนต่างๆ ที่อยู่ก่อนหน้าจะถูกดำเนินการตามลำดับและการผลิตชิ้นงานจะผลิตในปริมาณที่เหมาะสมในเวลาที่ต้องการจึงสามารถช่วยให้กระบวนการผลิตมีชิ้นงานระหว่างทำ (work in process, WIP) ลดลง และยังช่วยลดวัสดุคงคลังที่เกินความจำเป็นของระบบการผลิต[1] ในกระบวนการผลิตที่ใช้ระบบแบบทันเวลาพอดีจึงเป็นระบบดึงและต้องพิจารณาย้อนขึ้นไปจากขั้นตอนสุดท้ายไปยังขั้นตอนก่อนหน้าจนถึงขั้นตอนแรกของระบบการผลิตดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ระบบดึง

เพื่อทำให้การผลิตเป็นไปตามปริมาณความต้องการของลูกค้า ดังนั้น ที่แต่ละขั้นตอนของระบบการผลิตจะมีคัมบัง (Kanban) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมระบบข้อมูลที่จะสั่งผลิตโดยให้แต่ละขั้นตอนทำการผลิตตามจำนวนชิ้นงานที่ระบุไว้ในคัมบัง ถ้าจำนวนชิ้นงานที่ระบุไว้ในคัมบังมีปริมาณมากจะทำให้จำนวนชิ้นงานระหว่างทำและวัสดุคงคลังมีมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีก็จะมีจำนวนชิ้นงานระหว่างทำลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับระบบผลัก (push system) ซึ่งการผลิตในแต่ละขั้นตอนจะถูกดำเนินการตามแผนงานที่ฝ่ายวางแผนกำหนดโดยไม่คำนึงถึงปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าว่าจะเกิดขึ้นในขณะที่ผลิตสินค้านั้นๆ หรือไม่ ดังนั้น ชิ้นงานที่ถูกผลิตจากขั้นตอนที่ 1 จะถูกส่งไปยังขั้นตอนถัดไปเพื่อดำเนินการผลิตตามลำดับขั้นตอนจนถึงขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิต Wells[2] และ Boccard[3] ได้สรุปผลการศึกษาว่าระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้จัดทำแผนการและแก้ไขปัญหาในการผลิตเพื่อลดวัสดุหรือจำนวนชิ้นงานระหว่างทำ นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนากระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น Berkley[4] ได้พัฒนารูปแบบจำลองเพื่อหาขนาดคัมบังที่เหมาะสมและทำให้อัตราการผลิตสินค้าสามารถสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ นอกจากนี้ Berkley[5] ยังได้วิเคราะห์ถึงจำนวนคัมบังว่ามีผลกระทบต่อระบบการผลิตอย่างไร และสรุปว่า

จำนวนคัมบังที่เหมาะสมสามารถลดจำนวนชิ้นงานระหว่างทำแต่อาจจะเพิ่มค่าใช้จ่ายในการขนส่งวัสดุระหว่างขั้นตอนการผลิตให้สูงขึ้น

การศึกษาโดย Karmarkar และ Kekre[6] Yavuz และ Satir[7] ได้สรุปว่าการลดขนาดคัมบัง (Kanban size) หรือจำนวนชิ้นงานที่ระบุไว้ในคัมบังจะสามารถลดวัสดุคงคลังและจำนวนชิ้นงานระหว่างทำ ขณะที่การเพิ่มขนาดคัมบังหรือจำนวนชิ้นงานที่ระบุไว้ในคัมบังจะเพิ่มจำนวนชิ้นงานระหว่างทำแต่สามารถเพิ่มอัตราการผลิตซึ่งทำให้ระบบการผลิตสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้มากขึ้น Savsar[8] ได้ศึกษาขนาดคัมบังที่เหมาะสมสำหรับสายงานการประกอบชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกโดยใช้ซอฟท์แวร์ SIMAN (SIMAN software) จำลองรูปแบบระบบการผลิตเพื่อ วิเคราะห์ขนาดคัมบังที่กำหนดให้แบบคงที่ (ในแต่ละคัมบังจะมีจำนวนชิ้นงานเท่ากัน) โดยเปลี่ยนแปลงจำนวนคัมบังเพื่อหาขนาดคัมบังที่เหมาะสมสำหรับการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกให้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าในแต่ละสัปดาห์ Singh และ Shek[9] ได้สรุปว่าจำนวนชิ้นงานระหว่างทำในแต่ละขั้นตอนการผลิตจะถูกควบคุมโดยขนาดคัมบัง และช่วยลดเวลานำ (lead time) ของการดำเนินการผลิตเนื่องจากวัสดุจะถูกส่งไปยังแต่ละขั้นตอนการผลิตเมื่อมีความต้องการของลูกค้าเกิดขึ้น

ในการศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีกับระบบการผลิตแบบเดิมของโรงงานตัวอย่างที่ใช้หลักการของระบบผลักมาดำเนินการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป ในการเปรียบเทียบจะพิจารณาถึงขนาดคัมบังซึ่งหมายถึงจำนวนชิ้นงานที่ระบุไว้ในคัมบังว่าควรจะมีกี่ชิ้นที่สามารถลดจำนวนชิ้นงานระหว่างทำ (หน่วยเป็นชิ้นต่อวัน) โดยที่ระบบการผลิตยังคงสามารถผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปในปริมาณที่สนองต่อความต้องการของลูกค้าหรือสนองต่อจำนวนสินค้าที่ต้องผลิตในแต่ละวันทำงานตามจำนวนที่ฝ่ายวางแผนและควบคุมการผลิตได้กำหนดไว้

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้ได้ศึกษาขั้นตอนการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA เป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ซึ่งการดำเนินงานวิจัยจะมีขั้นตอนโดยสังเขปดังนี้

1) วิเคราะห์หาเวลามาตรฐานของแต่ละกระบวนการย่อยในการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA
2) จัดกลุ่มกระบวนการย่อยให้เป็นกระบวนการหลัก และกำหนดเวลาทำงานในการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA ต่อชิ้นของแต่ละกระบวนการหลัก

3) รวบรวมข้อมูลเวลาสูญเสียโดยรวมในแต่ละวันทำงานของแต่ละกระบวนการหลัก
4) กะประมาณเวลานำวัตถุดิบมายังแต่ละกระบวนการหลัก
5) วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนชิ้นงานระหว่างทำของแต่ละกระบวนการหลัก
6) สร้างรูปแบบจำลองสายงานการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA และทดสอบความสมบูรณ์ของรูปแบบจำลอง
7) สร้างรูปแบบจำลองสายงานการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA โดยใช้ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี
8) เปรียบเทียบสมรรถนะของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีกับระบบการผลิตเดิมในการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA ของโรงงานตัวอย่าง โดยพิจารณาอัตราการผลิต เปอร์เซ็นต์การสนองต่อความต้องการของลูกค้า และจำนวนชิ้นงานระหว่างทำ เพื่อเป็นดัชนีชี้บ่งสมรรถนะของระบบการผลิตทั้งสอง

ส่วนรายละเอียดในการดำเนินงานวิจัยและผลการศึกษาจะกล่าวในลำดับต่อไป

ขั้นตอนการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปของโรงงานตัวอย่าง

จากการศึกษาขั้นตอนการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปในปัจจุบันของโรงงานตัวอย่างพบว่ามีขั้นตอนหลัก 5 ขั้นตอน คือ

1) ปูผ้าบนโต๊ะตามความยาวที่เหมาะสมซึ่งช่วยให้การตัดผ้าเป็นชิ้นส่วนต่างๆ ตามแบบ (pattern) และมีเศษผ้าน้อยที่สุด
2) ตัดผ้าตามแบบที่วางไว้และเขียนหมายเลขบนแต่ละชิ้นส่วน
3) ทำการเย็บชิ้นส่วนต่างๆ ตามกระบวนการผลิตที่กำหนดไว้โดยฝ่ายผลิต
4) ตรวจผลิตภัณฑ์ว่ามีความผิดพลาดจากมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่
5) ทำการรีด พับ บรรจุถุง และนำใส่กล่องเพื่อเตรียมจัดส่งให้แก่ลูกค้า

ขั้นตอนการเย็บชิ้นส่วนต่างๆ ให้เป็นเสื้อผ้าสำเร็จรูปตามต้องการจะเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญและมีกระบวนการย่อยๆ หลายกระบวนการ ซึ่งผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้ศึกษาในการวิจัยนี้ คือ เสื้อผ้าแบบ AAA ที่มีกระบวนการย่อยๆ ทั้งหมด 47 กระบวนการย่อย โดยมีพนักงาน 43 คน ดำเนินการผลิต ในการวิจัยนี้จึงจัดกลุ่มกระบวนการย่อยเป็นกระบวนการหลัก 6 กระบวนการ

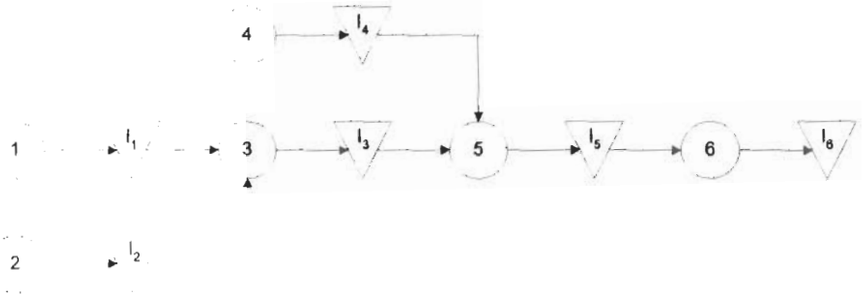
หลัก ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนั้น การวิจัยนี้จึงทำการศึกษาวิเคราะห์สมรรถนะของขั้นตอนการเย็บชิ้นส่วนต่างๆ ให้เป็นเสื้อผ้าสำเร็จรูป

ตารางที่ 1

กระบวนการย่อยต่างๆ และจำนวนพนักงานของแต่ละกระบวนการหลัก

กระบวนการหลัก	ประกอบด้วยกระบวนการย่อย	จำนวนพนักงานในกระบวนการหลัก (คน)
1	เย็บซิบติดผ้ารองกระเป๋า โพ้งต่อหน้าข้าง เจาะกระเป๋า เดินคิ้วปากประเป๋า โพ้งกระเป๋า โพ้งต่อวงแขนหน้า โพ้งต่อหลังข้าง โพ้งต่อวงแขนหลัง	7
2	โรยกุ้นปลายแขนล่าง เย็บพับวงแขนล่าง ขีดปลายแขน โพ้งท้องแขนล่าง เดินคิ้วล้มตะเข็บวงแขนล่าง โพ้งวนริมข้อมือ เย็บต่อริมข้อมือและเนาลาย	6
3	ต่อปก 5 ชิ้น เข้าคอนอก โพ้งคอ 3 เส้นนอก โรยกุ้นวงแขนหน้า โรยกุ้นวงแขนหลัง ขีด 1 (มาร์คแนวเย็บ)	5
4	เย็บโรยกุ้นปลายแขนบน เย็บต่อปลายแขนบน เย็บเดินคิ้วปลายแขนบน เนาปลายแขนบน	3
5	โรยกุ้นไหล่ รีด โพ้งข้าง โพ้งต่อปลายแขนบน เดินคิ้วต่อปลายแขน ขีดปก ติดป้ายคอและห่วงคอ เนาปกติดวีราเน่ ประกบปก โพ้งสาบติดวีราเน่ เข้าคอในและเนากระเป๋า โพ้งคอ 3 เส้นใน	9
6	หลังหมวด เย็บเนาริมชาย ขีดชาย เย็บสายติดชาย โพ้งชาย 4 เส้น ติดซิป ประกบซิป เดินคิ้วรอบตัว ประกบคอ ย้ำไหล่และย้ำกระเป๋า	13

จากกระบวนการหลักที่กล่าวไว้ข้างต้นสามารถแสดงเป็นแผนภาพขั้นตอนการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปในแต่ละกระบวนการหลักได้ดังรูปที่ 2



แทนสัญญลักษณ์ของขั้นตอนการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปในแต่ละกระบวนการหลัก

แทนสัญญลักษณ์ชิ้นงานระหว่างทำของกระบวนการหลัก

I_i คือจำนวนชิ้นงานระหว่างทำจากกระบวนการหลักที่ i เมื่อ i = 1 2 3 4 5

I_6 คือจำนวนผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ผลิตแล้วเสร็จ

รูปที่ 2 ขั้นตอนการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

ในการวิเคราะห์หาเวลามาตรฐานของแต่ละกระบวนการย่อยจะใช้หลักการและทฤษฎีการศึกษาการเคลื่อนที่และเวลา[10] จากนั้นนำข้อมูลด้านเวลามาตรฐานของแต่ละกระบวนการย่อยมากำหนดเป็นเวลาทำงานของกระบวนการหลักต่างๆ ซึ่งการกำหนดเวลาทำงานของแต่ละกระบวนการหลักจะพิจารณาว่ากระบวนการย่อยใดของกระบวนการหลักนั้นๆ ใช้เวลาทำงานมากที่สุด ก็จะนำเวลานั้นมากำหนดเป็นเวลาทำงานของกระบวนการหลักนั้น ทั้งนี้เนื่องจากว่ากระบวนการหลักนั้นๆ จะสามารถดำเนินการจนแล้วเสร็จได้ก็ต่อเมื่อกระบวนการย่อยที่ใช้เวลาในการทำงานมากที่สุดถูกดำเนินการแล้วเสร็จ ดังนั้น ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาทำงานในแต่ละกระบวนการหลักจะเป็นเวลาของกระบวนการย่อยที่ใช้เวลาในการทำงานมากที่สุด ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะแสดงในตารางที่ 2 และจากหลักการหาเวลาทำงานของแต่ละกระบวนการย่อยจะเป็นการรวมเวลาทำงานของขั้นงานย่อย (work element) หลายขั้นงานที่ต้องดำเนินการในแต่ละกระบวนการย่อยนั้นๆ จากวิธีการหาเวลาทำงานของแต่ละกระบวนการย่อยโดยใช้หลักการและทฤษฎีการศึกษาการเคลื่อนที่และเวลาจะทำให้มีจำนวนซ้ำของข้อมูลด้านเวลาทำงานในกระบวนการย่อยหนึ่งๆ เป็นจำนวนมาก อีกทั้งในการศึกษาการเวลาทำงานของแต่ละขั้นงานย่อยจะดำเนินการเก็บข้อมูลหลายรอบการทำงานเพื่อเป็นตัวแทนของประชากร ซึ่งประชากรหมายถึงจำนวนข้อมูลทั้งหมดด้านเวลาที่ใช้ในการทำงานของแต่ละขั้นงานย่อย ดังนั้น จึงทำให้เวลาที่ใช้ในการทำงานมีการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) ส่วนเวลาสูญเสีย (downtime) เนื่องจากเครื่องจักรชำรุดและ/หรือความล่าช้าของพนักงานในแต่ละกระบวนการหลักจะมีการแจกแจงแบบปกติเช่นกัน ซึ่งแต่ละกระบวน

การหลักมีขั้นงานย่อยหลายขั้นงาน ดังนั้น จึงสามารถกะประมาณเวลาสูญเสียในภาพรวมของแต่ละวันทำงานได้จากเวลาของเครื่องจักรชำรุดและความล่าช้าของพนักงานที่มีหลายคนในแต่ละกระบวนการหลัก จากการศึกษาพบว่ากระบวนการหลักที่ 1 3 และ 5 จะมีเวลาสูญเสียในแต่ละวันทำงานค่อนข้างสูงและมีผลกระทบต่ออัตราการผลิตในแต่ละช่วงเวลา ส่วนกระบวนการหลักที่ 2 4 และ 6 มีเวลาสูญเสียน้อยมากจึงไม่มีผลกระทบต่ออัตราการผลิต ซึ่งค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาสูญเสียในแต่ละวันทำงานของกระบวนการหลักที่ 1 3 และ 5 จะแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2

เวลาทำงานและเวลาสูญเสียของแต่ละกระบวนการหลัก

กระบวนการหลัก	เวลาทำงาน (วินาที/ชิ้น)		เวลาสูญเสีย (วินาที/วันทำงาน)	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	35.30	3.14	5,890	145.2
2	48.72	3.85	-	-
3	52.56	4.27	3,020	134.8
4	53.87	3.86	-	-
5	57.48	3.31	4,034	133.1
6	79.89	6.55	-	-

หมายเหตุ : หนึ่งวันทำงานมีเวลาทำงานทั้งหมด 8 ชั่วโมง หรือ 28,800 วินาที

เนื่องจากโรงงานตัวอย่างตั้งอยู่ต่างจังหวัดซึ่งห่างไกลจากกลุ่มโรงงานผู้ผลิตวัตถุดิบต่างๆ เช่น ผ้า ด้าย ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ดังนั้น ผู้จัดการฝ่ายผลิตจึงมีการวางแผนและจัดเตรียมวัตถุดิบเผื่อไว้เป็นจำนวนมากพอจนกล่าวได้ว่าไม่ขาดแคลน แม้ว่าการมีพัสดุคงคลังที่มากเกินไปจะเกิดต้นทุนจม แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เสื้อผ้าสำเร็จรูปที่ผลิตจากโรงงานตัวอย่างที่ทำการศึกษาครั้งนี้เป็นสินค้าที่ส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ดังนั้น ถ้ามีการขาดแคลนวัตถุดิบ (ผ้าและด้าย) จะทำให้เกิดความล้าช้าในการส่งมอบสินค้า ซึ่งมีผลเสียมากกว่าการจัดเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตให้มากและไม่ให้เกิดการขาดแคลนวัตถุดิบดังกล่าว นอกจากนี้เวลานำหมายถึง เวลาในการนำวัตถุดิบจากคลังสินค้าเข้ามาสู่สายงานการผลิตจะเกิดขึ้นที่กระบวนการหลักที่ 1 2 และ 4 จากการศึกษาพบว่าสามารถกะประมาณเวลานำวัตถุดิบมายังกระบวนการหลักทั้ง 3 ด้วยเวลาคงที่

เท่ากับ 1,100 1,030 และ 1,100 วินาทีต่อครั้ง ตามลำดับ สำหรับการขนถ่ายวัตถุดิบมายังสายงานการผลิตที่กระบวนการหลักที่ 1 2 และ 4 จะดำเนินการเพียงวันละครั้ง ส่วนกระบวนการหลักที่ 3 5 และ 6 จะไม่มีเวลานำเนื่องจากการขนส่งชิ้นส่วนต่างๆ ในระหว่างการเย็บใช้เวลาน้อยมาก

จากการศึกษาข้อมูลจำนวนชิ้นงานระหว่างทำของกระบวนการหลักที่ 1 ถึง 5 จากสายงานการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA ของโรงงานตัวอย่างจะมีค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 3 ส่วนกระบวนการหลักที่ 6 ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตสุดท้ายและจะได้เสื้อผ้าสำเร็จรูปจึงถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปหรือเสื้อผ้าที่ผลิตเสร็จสมบูรณ์แล้ว จากข้อมูลการผลิตในแต่ละวันพบว่าสายงานการผลิตสินค้าตัวอย่างที่ทำการศึกษาวิจัยนี้มีอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 360 ชิ้นต่อวัน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.92 ชิ้นต่อวัน

ตารางที่ 3
จำนวนชิ้นงานระหว่างทำของกระบวนการหลักที่ 1 ถึง 5 จากสายงานการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA ของโรงงานตัวอย่าง

กระบวนการหลัก	จำนวนชิ้นงานระหว่างทำ (ชิ้น/วัน)	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	39.72	4.77
2	80.80	11.30
3	56.80	8.55
4	98.20	16.00
5	64.80	4.00

ในด้านจำนวนเสื้อผ้าสำเร็จรูปที่ลูกค้าต้องการหรือจำนวนเสื้อผ้าสำเร็จรูปที่ฝ่ายวางแผนและควบคุมการผลิตสั่งให้ผลิตในแต่ละวันจะมีการแจกแจงแบบปกติ เนื่องจากทางโรงงานได้รับใบสั่งสินค้าจากลูกค้าในแต่ละเดือนแล้วนำมากระจายปริมาณการผลิตให้ฝ่ายผลิตดำเนินการผลิตเป็นรายวัน ซึ่งการกำหนดจำนวนสินค้าที่ต้องผลิตในแต่ละวันไม่เท่ากัน เพราะจำนวนสายงานการผลิตทั้งหมดของโรงงานตัวอย่างมีน้อยกว่าจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ที่จะต้องผลิตจึงทำให้ฝ่ายวางแผนและควบคุมการผลิตดำเนินการกระจายจำนวนสินค้าที่ต้องผลิตให้เหมาะสมกับกำหนดการส่งมอบสินค้าแต่ละชนิด นอกจากนี้การผลิตสินค้าแต่ละรุ่นจะมีการดำเนินการผลิตหลายวัน และจากข้อมูลจำนวนเสื้อผ้าแบบ AAA ที่โรงงานตัวอย่างต้องผลิตในแต่ละวันเป็นระยะเวลา 60 วัน ซึ่งเสมือนว่าเป็นข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนสินค้าที่

ลูกค้าต้องการต่อวันมีจำนวนข้อมูล 60 ข้อมูล ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงสามารถสมมติว่าจำนวนเสื้อผ้าแบบ AAA ที่ลูกค้าต้องการมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 354.67 และ 4.50 ชิ้นต่อวันตามลำดับ

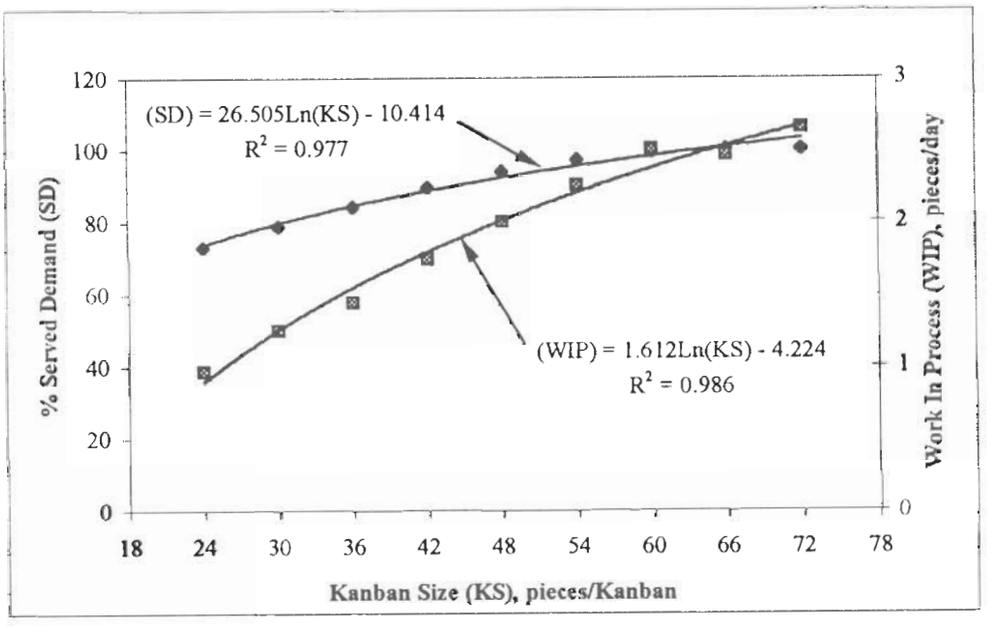
รูปแบบจำลองของสายงานการผลิตสินค้าตัวอย่าง

ขั้นตอนดำเนินการจำลองสายงานการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA ซึ่งเป็นสินค้าตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ และใช้ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากสายงานการผลิตดังที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยแต่ละวันทำงานมีเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง หรือ 28,800 วินาที และแต่ละเดือนจะดำเนินการผลิต 24 วัน เพราะฉะนั้นจึงกำหนดเวลาในแต่ละรอบการจำลองบนซอฟท์แวร์ ARENA เวอร์ชั่น 3.0 เท่ากับ 696,200 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการทำงานต่อเดือน (691,200 วินาที) รวมกับเวลาเริ่มต้นอีก 5,000 วินาที เหตุผลที่เวลาในแต่ละรอบการจำลองต้องรวมเวลาเริ่มต้นอีก 5,000 วินาที ก็เพื่อทำให้ระบบการผลิตที่จำลองบนซอฟท์แวร์ดังกล่าวถูกดำเนินการในสภาวะที่ทุกๆ กระบวนการหลักมีการดำเนินการผลิตและ/หรือมีวัตถุดิบป้อนไปยังทุกๆ กระบวนการหลักทำให้สามารถดำเนินการผลิตได้ในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้บนสายงานการผลิตหนึ่งๆ ในแต่ละวันจะผลิตเฉพาะเสื้อผ้าแบบ AAA เพียงชนิดเดียว อีกทั้งวัตถุดิบเช่น ผ้า ด้าย และวัสดุอื่นๆ ในการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA จะมีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการตลอดเวลาการผลิต นั่นคือจะไม่มีการขาดแคลนวัตถุดิบในระหว่างการผลิต

การทดสอบความสมบูรณ์ของรูปแบบจำลอง

ขั้นตอนการทดสอบความสมบูรณ์ของรูปแบบจำลองสำหรับกระบวนการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA จำเป็นต้องหาจำนวนรอบการจำลองเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ด้านอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยต่อวันและจำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยต่อวันของแต่ละกระบวนการหลักที่เป็นผลลัพธ์ ณ สภาวะคงตัว (steady state) ของระบบการผลิต โดยนำผลลัพธ์จากการจำลอง 15 รอบ เปรียบเทียบกับ 20 รอบ พบว่ามีผลไม่ต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ซึ่งแสดงว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลอง 15 รอบ เป็นผลลัพธ์ที่สภาวะคงตัวของระบบการผลิต จากนั้นทดสอบความสมบูรณ์ของรูปแบบจำลองโดยนำผลลัพธ์ด้านอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยต่อวัน และจำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยต่อวันของแต่ละกระบวนการหลักที่ได้จากรูปแบบจำลองเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ในการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA ที่โรงงานตัวอย่างดำเนินการว่าต่างกันหรือไม่ ผลการทดสอบพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังสรุปในตารางที่ 4 นั่นแสดงว่าข้อมูลต่างๆ ที่นำมาใช้ในรูปแบบจำลองตลอดจน

ได้เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์เช่นเดิม แต่จะทำให้จำนวนชิ้นงานระหว่างทำของกระบวนการหลักที่ 1 ถึง 5 มีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อระบบการผลิตของโรงงาน จึงสรุปได้ว่าที่ขนาดคัมบังเท่ากับ 66 ชิ้นจะเหมาะสมสำหรับการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA ดังรายละเอียดในตารางที่ 6 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์การสนองต่อความต้องการของลูกค้า ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการผลิต และค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนชิ้นงานระหว่างทำของแต่ละกระบวนการหลักตั้งแต่กระบวนการหลักที่ 1 ถึง 5 เมื่อขนาดคัมบังเปลี่ยนแปลงไป ส่วนรูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยของกระบวนการหลักที่ 1 ซึ่งมีค่าสูงกว่าจำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยของกระบวนการหลักอื่นๆ และเปอร์เซ็นต์การสนองต่อความต้องการของลูกค้า เมื่อขนาดคัมบังเปลี่ยนแปลงไป สาเหตุที่เลือกจำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยของกระบวนการหลักที่ 1 มาสร้างกราฟดังแสดงในรูปที่ 3 เพราะโดยทั่วไปแล้วระบบการผลิตจะต้องดำเนินการผลิตจนชิ้นงานระหว่างทำของทุกกระบวนการประกอบเป็นสินค้าสำเร็จรูป จึงจะได้สินค้าครบตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ ดังนั้น ระบบการผลิตจะแล้วเสร็จเมื่อจำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยของกระบวนการหลักที่มีค่ามากที่สุดถูกผลิตจนครบตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ



รูปที่ 3 ผลกระทบของขนาดคัมบังที่มีต่อจำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยต่อวัน และเปอร์เซ็นต์การสนองต่อความต้องการของลูกค้า

ตารางที่ 4

เปรียบเทียบค่าอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยต่อวันและจำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยต่อวันของแต่ละกระบวนการหลักที่ได้จากรูปแบบจำลองกับผลลัพธ์ในการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA ที่โรงงานตัวอย่าง

รายละเอียด (หน่วยเป็นชิ้น/วัน)	ผลลัพธ์จากรูปแบบจำลอง (1)			ผลลัพธ์จากโรงงานตัวอย่าง (2)			P - Value
	จำนวนตัวอย่าง (จำนวนรอบการจำลอง)	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
อัตราการผลิตโดยเฉลี่ย	15	362.39	0.28	60	360.00	8.92	0.0192
จำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยของกระบวนการหลักที่ 1	15	41.16	0.51	60	39.72	4.77	0.0111
จำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยของกระบวนการหลักที่ 2	15	78.11	0.48	60	80.80	11.30	0.0331
จำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยของกระบวนการหลักที่ 3	15	56.58	0.44	60	56.80	8.55	0.4215
จำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยของกระบวนการหลักที่ 4	15	98.81	0.26	60	98.20	16.00	0.3840
จำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยของกระบวนการหลักที่ 5	15	66.09	0.40	60	64.80	4.00	0.0071

หมายเหตุ สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ และสมมติฐานรอง $H_0 : \mu_1 \neq \mu_2$ **(ทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.01)**

ตารางที่ 5

เปรียบเทียบค่าอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยต่อวันและจำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยต่อวันของแต่ละกระบวนการหลักซึ่งได้จากรูปแบบจำลองที่ใช้ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีเมื่อขนาดคัมบังเท่ากับ 66 ชิ้น กับผลลัพธ์ในการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA ที่โรงงานตัวอย่าง

รายละเอียด (หน่วยเป็นชิ้น/วัน)	ผลลัพธ์จากโรงงานตัวอย่าง (2)			ผลลัพธ์จากรูปแบบจำลองที่ใช้ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (3)			P - Value
	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนตัวอย่าง (จำนวนรอบการจำลอง)	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
อัตราการผลิตโดยเฉลี่ย	60	360.00	8.92	15	356.97	3.05	0.0149
จำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยของกระบวนการหลักที่ 1	60	39.72	4.77	15	2.46	0.76	0.0000
จำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยของกระบวนการหลักที่ 2	60	80.80	11.30	15	1.70	0.82	0.0000
จำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยของกระบวนการหลักที่ 3	60	56.80	8.55	15	1.66	0.80	0.0000
จำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยของกระบวนการหลักที่ 4	60	98.20	16.00	15	2.32	0.30	0.0000
จำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยของกระบวนการหลักที่ 5	60	64.80	4.00	15	2.25	0.57	0.0000

หมายเหตุ สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ และสมมติฐานรอง $H_0 : \mu_1 \neq \mu_2$ (ทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.01)

ตารางที่ 6

แสดงค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์การสนองต่อความต้องการของลูกค้า อัตราการผลิต และจำนวนชิ้นงานระหว่างทำของแต่ละกระบวนการหลัก ซึ่งได้จากรูปแบบจำลองที่ใช้ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี

รายละเอียด	ขนาดตังบัง (ชิ้น/ตังบัง)								
	24	30	36	42	48	54	60	66	72
เปอร์เซ็นต์การสนองต่อความต้องการของลูกค้า									
ค่าเฉลี่ย	73.02	78.92	84.28	89.52	93.78	97.08	99.37	100.00	100.00
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.60	1.20	1.16	1.14	1.55	1.24	0.76	0.00	0.00
จำนวนรอบการจำลอง	15	15	15	15	15	15	15	15	15
อัตราการผลิต (ชิ้น / วัน)									
ค่าเฉลี่ย	260.16	280.46	300.03	317.52	333.13	345.18	352.47	356.97	353.36
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.48	1.98	2.09	1.25	0.93	0.81	2.49	3.05	3.53
จำนวนรอบการจำลอง	15	15	15	15	15	15	15	15	15
จำนวนชิ้นงานระหว่างทำของกระบวนหลักที่ 1 (ชิ้น / วัน)									
ค่าเฉลี่ย	0.96	1.25	1.44	1.75	2.00	2.25	2.50	2.46	2.65
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.14	0.00	0.18	0.01	0.00	0.00	0.00	0.76	0.78
จำนวนรอบการจำลอง	15	15	15	15	15	15	15	15	15
จำนวนชิ้นงานระหว่างทำของกระบวนหลักที่ 2 (ชิ้น / วัน)									
ค่าเฉลี่ย	1.00	1.24	1.50	1.75	1.99	2.20	1.76	1.70	2.63
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.00	0.04	0.00	0.00	0.05	0.12	0.65	0.82	0.48
จำนวนรอบการจำลอง	15	15	15	15	15	15	15	15	15

ตารางที่ 6 (ต่อเนื่อง)

รายละเอียด	ขนาดคัมบัง (ชิ้น/คัมบัง)								
	24	30	36	42	48	54	60	66	72
จำนวนชิ้นงานระหว่างทำของกระบวนหลักที่ 3 (ชิ้น / วัน)									
ค่าเฉลี่ย	0.92	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.22	1.66	1.83
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.80	0.76
จำนวนรอบการจำลอง	15	15	15	15	15	15	15	15	15
จำนวนชิ้นงานระหว่างทำของกระบวนหลักที่ 4 (ชิ้น / วัน)									
ค่าเฉลี่ย	0.99	1.25	1.50	1.73	2.00	2.25	2.18	2.32	2.62
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.03	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.34	0.30	0.36
จำนวนรอบการจำลอง	15	15	15	15	15	15	15	15	15
จำนวนชิ้นงานระหว่างทำของกระบวนหลักที่ 5 (ชิ้น / วัน)									
ค่าเฉลี่ย	0.40	0.71	0.74	0.94	1.31	1.51	2.04	2.25	2.39
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.27	0.17	0.23	0.38	0.27	0.34	0.39	0.57	0.70
จำนวนรอบการจำลอง	15	15	15	15	15	15	15	15	15

สรุปผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีในกระบวนการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA พบว่า จำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยต่อวันของกระบวนการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA มีปริมาณน้อยลง และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับระบบการผลิตของโรงงานตัวอย่างโดยการทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยต่อวันของแต่ละกระบวนการหลักเมื่อการผลิตใช้ระบบแบบทันเวลาพอดีจะน้อยกว่าจำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยต่อวันของการผลิตที่โรงงานตัวอย่างดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน ขณะที่อัตราการผลิตโดยเฉลี่ยต่อวันของการผลิตที่ใช้ระบบแบบทันเวลาพอดีจะไม่ต่างจากอัตราการผลิตโดยเฉลี่ยต่อวันของการผลิตที่โรงงานตัวอย่างดำเนินการอยู่ในปัจจุบันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 นอกจากนี้การศึกษายังชี้ให้เห็นว่าขนาดคัมบังมีผลกระทบต่อจำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยต่อวันและเปอร์เซ็นต์การสนองต่อความต้องการของลูกค้า นั่นคือ เมื่อเพิ่มขนาดคัมบังจะทำให้จำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยต่อวันสูงขึ้นและเปอร์เซ็นต์การสนองต่อความต้องการของลูกค้าสูงขึ้นเช่นกัน สำหรับการผลิตเสื้อผ้าแบบ AAA นี้ขนาดคัมบังที่เหมาะสมเท่ากับ 66 ชิ้น ซึ่งจะทำให้ระบบการผลิตสามารถผลิตสินค้าได้ครบตามจำนวนความต้องการของลูกค้า ถ้าลดขนาดคัมบังให้น้อยกว่า 66 ชิ้น ระบบการผลิตจะไม่สามารถสนองต่อความต้องการของลูกค้าอย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่าจำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยต่อวันจะลดลง และถ้าเพิ่มขนาดคัมบังให้มากกว่า 66 ชิ้น ระบบการผลิตจะสามารถสนองต่อความต้องการของลูกค้า แต่จำนวนชิ้นงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยต่อวันจะสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และทำให้เกิดค่าใช้จ่ายมากขึ้นหรือมีค่าใช้จ่ายที่เกินความจำเป็นสูงขึ้น

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ได้จัดสรรทุนอุดหนุนให้ดำเนินงานโครงการวิจัยเรื่อง "การวิเคราะห์สมรรถนะของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป" จนสัมฤทธิ์ผลตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Monden, Y. (1983),. ***Toyota Production System : Practical Approach to Production Manager,*** 2rd ed., Industrial Engineering and Management Press, Norcross, Georgia.

2. Wells, G. N., (1988), "***Let's End the MRPII-JIT War***", P&IM Review with APICS News, March.
3. Boccard, R. R., (1990), "***Push VS. Pull : Is One Better Than the Other***", P&IM Review with APICS News, Feb.
4. Berkley, B. J. (1991), "***Tandem Queues and Kanban-controlled Line***", **International Journal of Production and Research**, Vol. 29, No. 10, pp. 2057-2081.
5. Berkley, B. J. (1996), "***A Simulation Study of Container Size in Two-card Kanban Systems***", International Journal of Production and Research, Vol. 34, No.12, pp. 3417-3445.
6. Karmarkar, U.S. and Kekre, S. (1989), "***Batching Policy in Kanban Systems***", Journal of Manufacturing Systems, Vol. 8, No.4, pp. 317-328.
7. Yavuz, I.H. and Satir, A. (1995), "***A Kanban-based Simulation Study of a Mixed Model Just-In-Time Manufacturing Line***", International Journal of Production and Research, Vol. 33, No.4, pp. 1027-1048.
8. Savsar, M. (1997), "Simulation Analysis of a Pull-Push System for an Electronic Assembly Line", **International Journal of Production Economics**, Vol. 51, No.3, pp. 205-214.
9. Singh, N. and Shek, K.H. (1990), "***The Development of a Kanban System : A Case Study***", International Journal of Operations and Production Management, Vol. 10, No.7, pp. 28-36.
10. Barnes, R.M., (1980), ***Motion and Time Study Design and Measurement of work***, 7th ed., John Wiley & Sons, New York.