บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัย

จากบทที่ 1 ได้อธิบายถึงความเป็นมา ความสำคัญของปัญหา และขอบเขตในการทำวิจัย ในบทนี้อธิบายถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการลดจำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตด้วยแนวความคิดของระบบการผลิตแบบดึง โดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งทฤษฎีที่นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่

2.1 ระบบการผลิตแบบผลักและแบบดึง

2.2 บัตรคัมบัง

2.3 แบบจำลองสถานการณ์

2.4 เสนองานวิจัยในอดีตที่ได้เคยนำทฤษฎีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

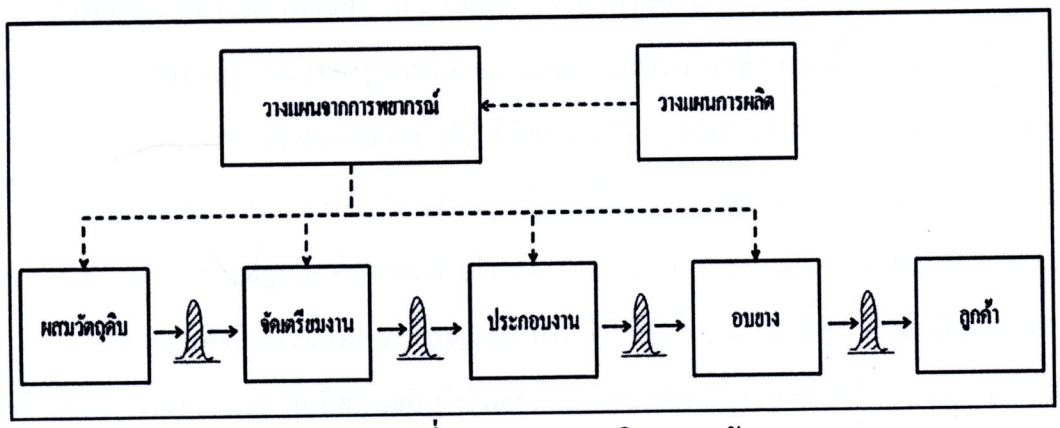
หัวข้อดังกล่าวได้นำมาใช้ในการอ้างอิงและใช้เป็นแนวคิดสำหรับการเขียนงานวิจัยฉบับนี้ ก่อนจะนำไปสู่ช่วงของวิธีดำเนินงานวิจัย ซึ่งได้นำเสนอในบทที่ 3 ต่อไป

2.1 ระบบการผลิตแบบผลักและแบบดึง [1]

2.1.1 ระบบการผลิตแบบผลัก

ระบบการผลิตแบบผลัก (Push System) คือ ระบบวางแผนความต้องการผลิต หรือระบบการผลิตที่ถูกควบคุมด้วยระบบ MRP (Material Requirement Process) โดยระบบการผลิตในรูปแบบนี้จะมีขั้นตอนของการผลิตที่ซับซ้อนน้อยกว่าระบบการผลิตชนิดอื่นๆ ทำให้มีการนำระบบการผลิตแบบผลักมาใช้โดยแพร่หลาย โดยรูปแบบการผลิตจะได้ดังรูปที่ 2.1 และสามารถอธิบายได้โดยเริ่มจากรับความต้องการของลูกค้าเข้ามาเป็นอันดับแรก จากนั้นฝ่ายวางแผนจะนำความต้องการไปวางแผนกำหนดช่วงระยะเวลาและปริมาณการป้อนวัตถุดิบเข้าในแต่ละกระบวนการผลิต ในส่วนของฝ่ายผลิตจะผลิตงานตามแผนความต้องการที่ได้วางแผนไว้ โดยในส่วนนี้จะสังเกตได้ว่าในแต่ละกระบวนการจะมีการผลิตที่เป็นอิสระต่อกันดังนั้นเมื่อกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งเกิดปัญหาขึ้นทำให้ต้องหยุดผลิต กระบวนการอื่นก็ยังคงสามารถที่ผลิตงานต่อไปเรื่อยๆ จนทำให้งานระหว่างกระบวนการสูงขึ้น ซึ่งมีผลกระทบต่อระยะเวลาในการผลิตของชิ้นงานด้วย ในทำนองเดียวกันการผลิตจะต้องหยุดชะงัก เนื่องมาจากไม่มีพื้นที่จัดเก็บงานระหว่างผลิต คลังสินค้าสำเร็จรูปไม่มีพื้นที่เพียงพอในการจัดเก็บ และลูกค้าไม่มีความต้องการสินค้ารูปแบบการผลิตแบบผลักเป็นการคำนวณปริมาณการผลิตและขนาดของงานระหว่างผลิตสำหรับแต่ละกระบวนการผลิตที่เหมาะสมเพื่อให้ต้นทุนการผลิตรวมมีค่าต่ำที่สุด โดยไม่ได้คำนึงถึงงานระหว่างกระบวนการที่เกิดขึ้นมากอีกทั้งสินค้าที่รอความต้องการของลูกค้า ซึ่งในขณะนี้ทางโรงงานตัวอย่างได้ประสบปัญหาดังกล่าวอยู่เพราะได้ใช้ระบบการผลิตแบบผลัก จึงทำให้เกิดข้อเสียในเรื่องเวลาในการทำงาน งานระหว่างกระบวนการผลิตที่มาก และงานที่เกิน

ความต้องการของลูกค้า โดยทางโรงงานได้มีความพยายามในการแก้ไขข้อเสียดังกล่าว ซึ่งเป็นผลให้เกิดการนำระบบการผลิตแบบใหม่มาประยุกต์ใช้ที่เรียกว่าระบบการผลิตแบบดึง



รูปที่ 2.1 ระบบการผลิตแบบผลัก

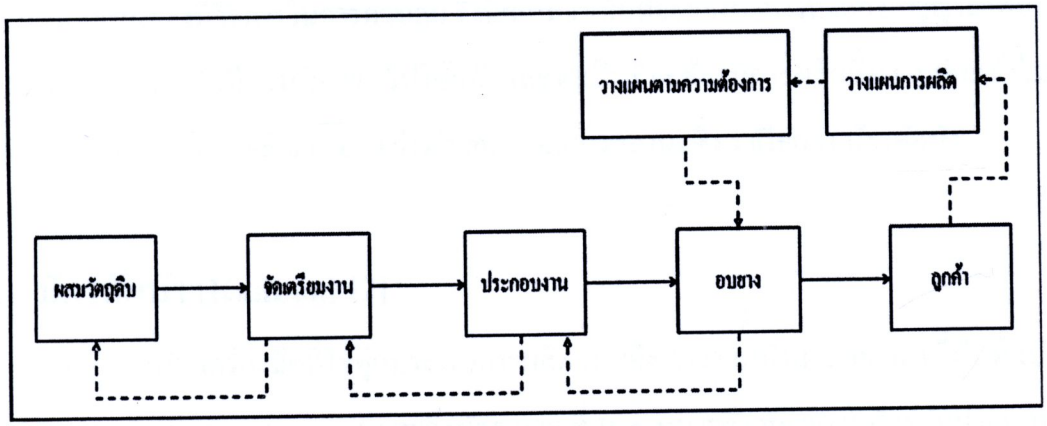
2.1.2 ระบบการผลิตแบบดึง

ระบบการผลิตแบบดึง (Pull System) คือ ระบบการผลิตที่จะผลิตงานก็ต่อเมื่อมีคำสั่งการผลิตมาจากลูกค้าเท่านั้น และสินค้าที่ผลิตขึ้นมานั้นจะเติมในสินค้าคงคลังเพียงจำนวนที่ลูกค้าซื้อไปเท่านั้น โดยจะไม่มีการผลิตไว้ในปริมาณที่มากเพื่อรอให้ลูกค้ามาซื้อดังเช่นระบบการผลิตแบบผลัก การผลิตงานในระบบการผลิตแบบดึงจะมีปริมาณงานที่ถูกผลิตขึ้นอย่างเหมาะสมตรงกับความต้องการของลูกค้าซึ่งจะส่งผลให้จำนวนงานสินค้าคงคลังสามารถที่จะควบคุมได้ และยังสามารถมองเห็นปัญหาที่ซ่อนอยู่ในรูปของสินค้าคงคลังได้พร้อมกับหาหนทางในการแก้ไขปัญหาเหล่านั้นได้ เมื่อปัญหาได้รับการแก้ไขทางโรงงานสามารถลดระดับของสินค้าคงคลังลงได้จนทำให้ไม่เหลือสินค้าคงคลังที่จะต้องจัดเก็บให้เกิดความสูญเปล่าอีกต่อไป

รูปแบบในการทำงานของระบบการผลิตแบบดึงจะมีการพิจารณาย้อนขึ้นไปจากความต้องการของลูกค้าไปยังกระบวนการก่อนหน้าจนถึงกระบวนการแรกของระบบการผลิตดังแสดงในรูปที่ 2.2 ในรูปเมื่อฝ่ายวางแผนผลิตได้รับคำสั่งซื้อจากทางลูกค้า จะวางแผนตามความต้องการของลูกค้าแล้วส่งสัญญาณไปที่กระบวนการหลังสุดให้ไปเบิกงานที่กระบวนการก่อนหน้าตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ และจะมีการส่งสัญญาณแบบนี้ไปทุกกระบวนการจนถึงกระบวนการแรก ซึ่งในการผลิตงานรูปแบบนี้ในแต่ละกระบวนการนั้นจะมีความสัมพันธ์กันทำให้สินค้าที่ถูกผลิตขึ้นนั้นมีปริมาณของงานเท่าที่ลูกค้าต้องการเท่านั้น เวลาในการผลิตงานที่สั้นลง และจำนวนงานระหว่างกระบวนการที่สามารถควบคุมได้ อีกทั้งยังสามารถมองเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นได้ง่ายเมื่อกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งเกิด

ปัญหาขึ้นการผลิตจะหยุดผลิตทั้งหมดดังนั้นจึงเปิดโอกาสให้ได้มีการปรับปรุงเพื่อป้องกันปัญหานั้นไม่ให้เกิดขึ้นได้อีก

การผลิตแบบดึงนั้น ได้ใช้แนวความคิดที่ว่า เวลานำของลูกค้าคือ เวลานำในการขนส่งจากคลังสินค้า ความคิดที่ให้เวลานำของลูกค้าคือ เวลานำของกระบวนการทั้งหมด ตั้งแต่การผลิตไปจนถึงการขนส่งสินค้า จากการเปลี่ยนความคิดนี้ ทำให้เกิดการปรับปรุงที่จำเป็นในกระบวนการผลิตเพื่อทำให้เวลานำสั้นลง จนเท่ากับความต้องการของลูกค้า ดังนั้น โรงงานที่สามารถส่งมอบสินค้าได้อย่างตรงตามความต้องการของลูกค้า ต้องยึดเวลานำจริง (Real Lead Time) เป็นหลัก สิ่งนี้หมายความว่าระบบการผลิตแบบดึงได้ช่วยลดความสูญเปล่าที่ทำให้เกิดต้นทุนมากที่สุด ซึ่งคือสินค้าคงคลัง ระยะเวลาในการผลิต และการผลิตมากเกินไป และสิ่งนี้คือจุดประสงค์ของการนำระบบการผลิตแบบดึงมาประยุกต์ใช้



รูปที่ 2.2 ระบบการผลิตแบบดึง

2.1.3 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบดึงและผลัก

การผลิตแบบดึงสามารถกำจัดความสูญเปล่าที่เป็นผลมาจากการผลิตแบบผลัก ซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบดั้งเดิมได้ โดยรูปแบบของการผลิตแบบผลักและแบบดึงมีความแตกต่างกัน ที่สามารถสรุปได้ตามหัวข้อต่างๆ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างระหว่างระบบการผลิตแบบผลักและแบบดึง

ลำดับ	การผลิตแบบผลัก	การผลิตแบบดึง
1	ทำการผลิตตามแผนการผลิต โดยไม่คำนึงถึงความต้องการของลูกค้า	ทำการผลิตตามความต้องการของลูกค้า
2	ต่างสถานีงาน ต่างคนต่างผลิต เป็นอิสระต่อกัน	แต่ละสถานีมีความเชื่อมโยงซึ่งกันและกัน
3	ปัญหาถูกซ่อนไว้ ทำให้ไม่มีการแก้ไขที่รากของปัญหา	ปัญหาไม่ได้ถูกซ่อนไว้ ทำให้เกิดการแก้ไขที่รากของปัญหา
4	มีการสื่อสารที่ไม่ดี เนื่องจากมีความสนใจแต่ที่สถานีงานของตนเองเท่านั้น	มีการสื่อสารที่ดี เนื่องจากทุกสถานีงานมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน
5	มีปริมาณสิ้นค้าคงคลังในระดับที่สูง	มีปริมาณสิ้นค้าคงคลังในระดับที่ต่ำ

เนื่องจากระบบการผลิตแบบดึงยังจำเป็นต้องมีสินค้าคงคลังอยู่ทำให้การควบคุมสินค้าคงคลังที่เกิดขึ้นนั้นจำเป็นต้องมีวิธีการในการควบคุม จึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาทางที่จะส่งสัญญาณเพื่อบอกว่ากระบวนการหลังได้มีการเบิกงานไปใช้แล้วและจำเป็นที่จะต้องมีการผลิตชิ้นงานเติมเข้าไปในสินค้าคงคลัง จึงได้เลือกใช้สัญลักษณ์อย่างง่ายคือ ใบแสดงสถานะซึ่งเราเรียกว่า บัตรคัมบัง

2.2 บัตรคัมบัง (Kanban) [2]

บัตรคัมบังเป็นเครื่องมือที่ใช้คู่กับระบบการผลิตแบบดึง คำว่าคัมบังมาจากภาษาญี่ปุ่นที่แปลว่าบัตรสัญญาณ อันเนื่องมาจาก Kan หมายถึงบัตร ขณะที่ Ban หมายถึง สัญญาณ บัตรคัมบังถูกคิดค้นเพื่อวัตถุประสงค์คือการลดต้นทุน โดยได้พยายามที่จะให้มีของดีทั้งหมด และเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การควบคุมคุณภาพ และการหาวิธีการที่จะทำให้คนทำงานเกิดประสิทธิภาพสูงสุด บัตรคัมบัง คือเครื่องมือที่สำคัญมากของระบบการผลิตแบบดึงเพื่อใช้ในการจัดการควบคุมการผลิตและเบิกวัสดุ บัตรคัมบังเปรียบเสมือนเงินที่จะนำไปซื้อวัสดุจากกระบวนการผลิต กล่าวคือ ถ้าไม่มีบัตรคัมบังก็จะไม่จ่ายวัสดุให้

2.2.1 ชนิดของบัตรคัมบัง

บัตรคัมบังเป็นป้ายที่แสดงรายละเอียดที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงาน โดยทั่วไปคัมบังจะมีอยู่ 2 ชนิดได้แก่

2.2.1.1 บัตรคัมบังเบิกชิ้นส่วน (Withdrawal Kanban) จะระบุชนิดและปริมาณสินค้าที่กระบวนการหลังเบิกจากกระบวนการหน้า ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.3

คัมบังเบิกของ	
กระบวนการหน้า	กระบวนการหลัง
ผสมวัตถุดิบ	เตรียมงาน
ความจุต่อคัน 4 ชิ้น	เบอร์สโตร์ A2
เบอร์ที่ออก 4/8	เบอร์งาน N058

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างของบัตรคัมบังเบิกของ

บัตรคัมบังเบิกของในรูปที่ 2.3 แสดงถึงกระบวนการผลิตก่อนหน้าที่ทำหน้าที่ผสมวัตถุดิบ จะส่งงานไปยังกระบวนการหลังที่ทำหน้าที่เตรียมงาน โดยเมื่อเบิกงานไปแล้วงานจะถูกเก็บที่สโตร์เบอร์ A2 ในงานหนึ่งคันจะประกอบไปด้วยงาน 4 ชิ้น บัตรคัมบังใบนี้เป็นใบที่สี่ในจำนวนทั้งหมด 8 ใบ และมีการระบุเบอร์งานที่ถูกขนส่งไว้

2.2.1.2 บัตรคัมบังสั่งผลิต (Production Ordering Kanban) จะระบุชนิดชนิดและปริมาณของสินค้าที่กระบวนการหน้าจะต้องผลิต ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.4

คัมบังสั่งผลิต	
เบอร์สโตร์ M1	กระบวนการผสมวัตถุดิบ
เบอร์งาน N058	
จำนวนงาน 4 ชิ้นงาน	

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างของบัตรคัมบังสั่งผลิต

บัตรคัมบังสั่งผลิตในรูปที่ 2.4 แสดงว่ากระบวนการผสมวัตถุดิบจะต้องทำการผลิตงานเบอร์ N058 จำนวน 4 ชิ้น และเมื่อผลิตเสร็จแล้วจะขนงานไปเก็บไว้ที่สโตร์เบอร์ M1

2.2.2 บทบาทหน้าที่บัตรคัมบัง

ในระบบการผลิตแบบดึงมีความจำเป็นในการใช้บัตรคัมบังเป็นตัวควบคุมระบบการผลิต ดังนั้นจึงควรทราบถึงบทบาทของบัตรคัมบังที่มีดังต่อไปนี้

2.2.2.1 ใช้ควบคุมความสูญเปล่าจากการผลิตมากเกินไป

2.2.2.2 เป็นข้อมูลแสดงการเบิกงานและแสดงการผลิตว่าทำงานอะไรจำนวนเท่าไร

2.2.2.3 เป็นเครื่องมือที่สามารถควบคุมได้ด้วยตา

ก) รักษาสภาพการทำงานตามมาตรฐาน

ข) สามารถมองเห็นกำลังการผลิตของกระบวนได้ดี

ค) สามารถรู้สถานะของงานคงคลังได้

ง) รู้ความคืบหน้าของกระบวนการหลัง

2.2.2.4 เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ

ก) ถ้าสามารถลดบัตรคัมบังการสั่งผลิตลงจะทำให้กระบวนการมีความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงที่ดีและเวลานำจะสั้นลง

ข) ถ้าสามารถลดบัตรคัมบังการเบิกชิ้นส่วนลงจะทำให้สิ้นค้าคงคลังลดลงและเวลานำจะสั้นลง

2.2.3 กฎการใช้บัตรคัมบัง

เพื่อที่จะสามารถใช้บัตรคัมบังได้บรรลุวัตถุประสงค์ของการผลิตแบบดึงจะต้องมีกฎของการใช้บัตรคัมบังดังนี้

2.2.3.1 กระบวนการหลังจะเบิกเฉพาะของที่จำเป็นจากกระบวนการหน้า ในปริมาณที่จำเป็นเมื่อถึงเวลาที่จำเป็นเท่านั้น

ก) ห้ามเบิกของโดยปราศจากบัตรคัมบัง

ข) ห้ามเบิกของเกินจำนวนบัตรคัมบัง

ค) บัตรคัมบังจะต้องควบคู่ไปกับของเสมอ

2.2.3.2 กระบวนการหน้าผลิตสินค้าในปริมาณที่เบิกไปโดยกระบวนการหลังเท่านั้น

ก) การผลิตที่มากกว่าจำนวนบัตรคัมบัง จะห้ามไม่ให้เกิดขึ้นโดยเด็ดขาด

ข) ถ้ากระบวนการผลิตหน้ามีการผลิตชิ้นส่วนหลายชนิด การผลิตจะต้องเป็นไปตามลำดับก่อนหลังที่บัตรคัมบังของแต่ละชนิดนั้นส่งมา

2.2.3.3 ไม่มีการส่งของที่ชำรุดไปยังกระบวนการหลัง

2.2.3.4 ควรมีบัตรคัมบังให้น้อยที่สุด

2.2.3.5 ควรใช้บัตรคัมบังเพื่อปรับระดับการผลิตให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยของความต้องการ

2.2.4 การคำนวณจำนวนบัตรคัมบัง

จำนวนของบัตรคัมบังจะมีผลสำคัญต่อการควบคุมปริมาณงานระหว่างกระบวนการ การที่มีบัตรคัมบังที่มากเกินไปจะส่งผลให้เกิดการสะสมที่มากของงานระหว่างกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยไม่จำเป็น การคำนวณจำนวนบัตรคัมบังจะต้องสามารถที่จะตอบสนองอัตราการผลิตสูงสุดต่อวันได้ โดยจำนวนบัตรคัมบังจะถูกคำนวณให้มีจำนวนน้อยที่สุดตามปริมาณความต้องการที่แท้จริง

การคำนวณหาจำนวนบัตรคัมบังจะสามารถทำได้ต่อเมื่อได้คำนวณหากำลังการผลิตต่อวัน และต้องรู้ถึงเวลามาตรฐานในการทำงานของแต่ละสถานีงาน รวมถึงเวลาในการขนถ่ายงานในแต่ละสถานี ซึ่งจำนวนคัมบังสามารถกำหนดได้โดยใช้สูตรของบริษัทโตโยต้า ได้ดังสมการที่ 2.1

งานวิจัยนี้ได้ใช้สูตรดังกล่าวเป็นแนวทางในการกำหนดขอบเขตขนาดบัตรคัมบังเพื่อใช้ในการทำแบบจำลองสถานการณ์ และเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิจัย

$$K = \frac{(D \times Q) \times R \times (1+S)}{H \times P} \qquad (2.1)$$

K = จำนวนบัตรคัมบัง

D = ความต้องการ หรือปริมาณการใช้ประจำวัน (หน่วย)

Q = ปริมาณของชิ้นส่วนที่ใช้ต่อผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วย (ชิ้นต่อหน่วย)

R = เวลาส่งมอบ หรือเวลาในการเติมวัสดุ (ชั่วโมง)

S = สัมประสิทธิ์ความปลอดภัย (%)

H = เวลาทำงานต่อกะ (ชั่วโมง)

P = ปริมาณวัสดุต่ออุปกรณ์จัดเก็บ (ชิ้นต่ออุปกรณ์จัดเก็บ)

หมายเหตุ ถ้าจำนวนของบัตรคัมบังที่คำนวณได้เป็นทศนิยม ให้ปัดขึ้นเป็นจำนวนเต็ม

ยกตัวอย่างการคำนวณหาจำนวนคัมบัง ในกรณีที่ต้องการผลิตวันละ 400 หน่วย ปริมาณของชิ้นส่วนที่ใช้ต่อผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วย 4 ชิ้นต่อหน่วย เวลาในการเติมงาน 2 ชั่วโมง สัมประสิทธิ์ความปลอดภัย 0.2 หรือ 20% เวลาในการทำงานต่อกะ 8 ชั่วโมง ปริมาณการจัดเก็บงานต่อภาชนะ 20 ชิ้นต่อภาชนะ เมื่อแทนค่าต่างๆลงในสมการที่ 2.1 จะได้ดังนี้

$$\text{จำนวนบัตรคัมบัง} = \frac{(400\times 4)\times 2\times(1+0.2)}{8\times 20}$$

นั้นคือจำนวนบัตรคัมบังจะเท่ากับ 24 ใบ คิดเป็นชิ้นงานระหว่างกระบวนการอยู่ที่ 480 ชิ้นงาน

เพื่อความเข้าใจที่ดีขึ้นจะพิจารณาย้อนกลับถึงสภาพการผลิตตามปริมาณความต้องการต่อวันคือ ใน 1 วันต้องผลิตงาน 400 หน่วย โดยมีชิ้นส่วนที่ต้องใช้ 4 ชิ้นต่อหน่วย รวมเป็นความต้องการงานที่เท่ากับ 400 x 4 = 1,600 ชิ้น ใน 1 วันทำงาน 8 ชั่วโมง อัตราการใช้ชิ้นส่วนชนิดนี้ของสถานีทำงานเท่ากับ 1,600 / 8 = 200 ชิ้นต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการเติมงานอยู่ที่ 2 ชั่วโมง ดังนั้นจึงต้องมีการเก็บงานสำหรับใช้ผลิต 2 ชั่วโมง เพื่อรอการเติมงานใหม่อีกครั้ง เป็นปริมาณของการจัดเก็บงานเท่ากับ 200 x 2 = 400 ชิ้น แต่เนื่องจากในทางปฏิบัติการเติมงานใหม่ และอัตราการใช้งานมักจะไม่ตรงตามเวลา ดังนั้นจึงต้องมีการเผื่อปริมาณงานเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากการหยุดผลิตเพราะขาดชิ้นงานมีการเผื่อไว้ที่ 20% ทำให้งานที่ต้องจัดเก็บเท่ากับ 400 x 1.2 = 480 ชิ้น หมายความว่าเมื่อใช้งานไปจนเหลืองาน 480 ชิ้น จะต้องสั่งงานเข้ามาใหม่ โดยใช้บัตรคัมบัง

2.2.5 วิธีการใช้งานบัตรคัมบัง

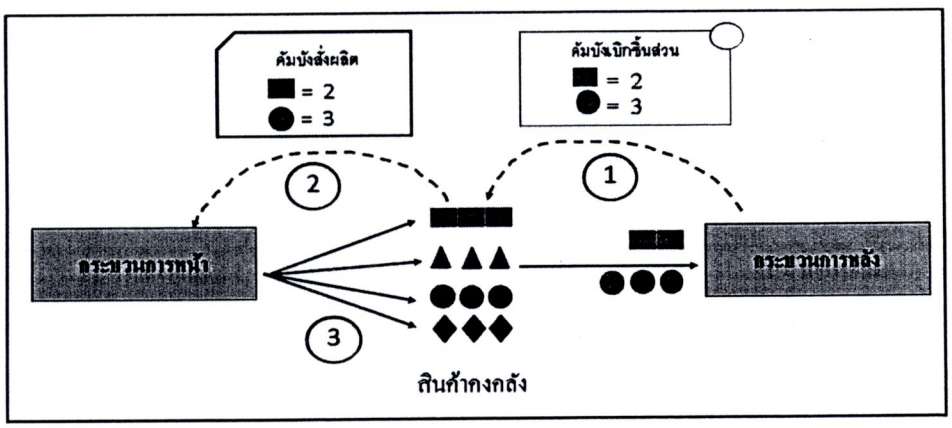
บัตรคัมบังเป็นตัวสื่อสารการผลิตของแต่ละกระบวนการ ซึ่งได้ถูกใช้และควบคุมโดยพนักงานในแต่ละกระบวนการ วิธีการใช้งานของบัตรคัมบังจึงมีความสำคัญ ด้วยเหตุนี้ควรให้พนักงาน และหัวหน้างานทุกคนมีความเข้าใจในลักษณะขั้นตอนการใช้งานบัตรคัมบัง ที่ได้อธิบายไว้ตามขั้นตอนข้างล่างนี้ และได้ถูกแสดงในรูปที่ 2.5

ขั้นตอนที่ 1 กระบวนการหลังจะมาเบิกชิ้นส่วนที่ตำแหน่งสินค้าคงคลังจากกระบวนการหน้า โดยจะนำบัตรคัมบังเบิกชิ้นส่วน ที่มีรายละเอียดในบัตรคัมบังประกอบไปด้วย ชิ้นส่วนที่ต้องการ จำนวนของชิ้นส่วนที่ต้องการ มาเบิกชิ้นงานไป

ขั้นตอนที่ 2 จากนั้นเมื่อมาเบิกชิ้นงานไปแล้วจะถอดบัตรคัมบังที่เรียกว่า บัตรคัมบังสั่งผลิต ที่ติดอยู่กับชิ้นงานออกเพื่อนำไปสั่งให้กระบวนการก่อนหน้าผลิตชิ้นงานที่ถูกเบิกไปขึ้นมาทดแทนตามจำนวนของบัตรคัมบังที่สั่งมา

ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการหน้าจะผลิตงานเติมเท่ากับจำนวนงานที่สั่งมาในบัตรคัมบัง

ลักษณะข้อมูลการเบิกงานและการสั่งผลิตที่อยู่ในรูป บัตรคัมบัง นั้นจะไหลไปในทิศทางที่ตรงกันข้ามกับการไหลของงานซึ่งเป็นไปตามหลักการผลิตแบบดึง



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการใช้บัตรคัมบัง

การใช้บัตรคัมบังในระบบดึงนั้นจะใช้งานได้ดีกว่าระบบตารางกำหนดการ แต่ยังคงขึ้นอยู่กับงานคงคลังที่มีอยู่ในระบบ และงานคงคลังที่มีอยู่นั้นก็ยังเป็นสิ่งที่จะต้องกำจัดออกไปให้เหลือน้อยที่สุดเพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการและทำให้ระบบดึงนั้นก้าวไปสู่ระบบการไหลทีล่ะชิ้นที่แท้จริงในทุกจุดปฏิบัติงาน

2.3 แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) [3]

การจำลองสถานการณ์เป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพอย่างมากที่นำมาช่วยสำหรับการทำการศึกษาและวิเคราะห์หาผลลัพธ์ เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาด้านต่างๆ ซึ่งมีระบบหรือขั้นตอนการทำงานที่มีความซับซ้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพของโลกธุรกิจปัจจุบันที่มีการแข่งขันกันมาก การจำลองสถานการณ์จึงกลายเป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญ และเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้งาน เพื่อช่วยในด้านการวิเคราะห์ การออกแบบ การวางแผน การควบคุม และอื่นๆ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 23 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 247140
เลขเรียกหนังสือ

2.3.1 ระบบงานและแบบจำลองสถานการณ์

การที่จะสร้างแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง เพื่อนำไปใช้ในการทำแบบจำลองสถานการณ์ จำเป็นต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจโดยละเอียดเกี่ยวกับระบบงานนั้นเป็นอย่างดี เพราะว่าสิ่งนี้ถือว่าเป็นหัวใจที่สำคัญต่อการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ และการนำแบบจำลองสถานการณ์ไปใช้งาน ดังนั้นผู้ที่ไม่มีความรู้ความเข้าใจในระบบงานที่แท้จริง จะไม่สามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อใช้เป็นตัวแทนระบบงานจริงได้ เหตุผลที่เราจะต้องใช้แบบจำลองสถานการณ์ เพราะว่าเราต้องการเรียนรู้บางสิ่งในระบบงานจริง ซึ่งเราไม่สามารถสังเกต หรือทำการทดลองกับงานจริงได้โดยตรง แบบจำลองที่ได้ถูกคิดขึ้นมาด้วยความระมัดระวัง จะสามารถช่วยขจัดความซับซ้อนของระบบงานจริงให้ลดลงได้

แบบจำลอง (Model) หมายถึง ตัวแทนของวัตถุ ระบบงาน คน กลุ่มวัตถุประสงค์ หรือแนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่งของกระบวนการที่แสดงออกมา

ระบบงาน (System) หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบ (Elements) ที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และมีความร่วมมือประสานกัน เพื่อให้ประสบผลสำเร็จในวัตถุประสงค์บางอย่างของระบบงานนั้นๆ สิ่งสำคัญในการศึกษาระบบงานคือ การกำหนดขอบเขตของระบบงาน (System Boundaries) ซึ่งจะประกอบด้วย การกำหนดองค์ประกอบของระบบงาน การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ และกำหนดองค์ประกอบอื่นๆที่อยู่นอกระบบงานแต่ส่งผลกระทบต่อการปฏิบัติงานของระบบงาน ซึ่งเรียกรวมว่า ภาวะแวดล้อมของระบบงาน (System Environment) นอกจากการกำหนดขอบเขตของระบบงานแล้ว ยังจำเป็นต้องกำหนดลักษณะเฉพาะตัว (Attributes) ขององค์ประกอบต่างๆ ทั้งองค์ประกอบต่างๆ ทั้งองค์ประกอบภายในระบบงาน และองค์ประกอบภายนอกระบบงาน ซึ่งลักษณะเฉพาะตัวนี้จะทำให้เกิดกิจกรรม และกิจกรรมบางอย่างภายใต้เงื่อนไขบางข้อ ก็จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบงาน (System Status)

ประเภทของระบบงาน เพื่อนำไปใช้ในการจำลองแบบสถานการณ์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ตามลักษณะการเปลี่ยนสถานภาพของระบบงานได้ดังนี้

2.3.1.1 ระบบต่อเนื่อง (Continuous System) คือ ระบบงานเป็นการเปลี่ยนไปตามเวลาอย่างต่อเนื่อง ไม่สามารถแยกเวลา ณ จุดใดจุดหนึ่งได้

2.3.1.2 ระบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete System) คือ ระบบงานเป็นไปอย่างไม่ต่อเนื่อง โดยจะเกิดขึ้นที่ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งไม่ต่อเนื่อง

2.3.1.3 ระบบแน่นอน (Deterministic System) คือ ระบบงานที่ระดับใหม่สามารถบอกได้จากสถานภาพ และกิจกรรมของระบบงานที่ระดับก่อน ซึ่งในโลกความเป็นจริงลัวมีน้อยมากที่จะสามารถรู้องค์ประกอบต่างๆของระบบงานได้อย่างชัดเจน

2.3.1.4 ระบบไม่แน่นอน (Stochastic System) คือ ระบบงานไม่มีความแน่นอน ต้องอาศัยการเดาสุ่ม และในบางกรณีก็สามารถหาค่าความน่าจะเป็น (Probability) ของการเปลี่ยนแปลงสถานภาพ

ในงานวิจัยนี้ระบบการผลิตของโรงงานตัวอย่างมีระบบงานที่ไม่แน่นอนเพราะในระบบงานจริงที่นำมาวิเคราะห์จะผลิตงานตามความต้องการของลูกค้าซึ่งมีลักษณะความต้องการที่ไม่แน่นอนและต้องนำค่าทางสถิติมาช่วยใช้วิเคราะห์หาค่าความน่าจะเป็นในการวิเคราะห์ขั้นตอนต่างๆ

2.3.2 การประยุกต์ใช้งานของการจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์ได้ถูกนำมาดัดแปลงเพื่อใช้ในงานต่างๆ และเป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวางในโลกธุรกิจปัจจุบัน ทั้งนี้เป็นเพราะว่าการจำลองสถานการณ์มีความสามารถรอบตัวอย่างมาก มีความยืดหยุ่นสูง และมีกำลังความสามารถอย่างสูง จึงทำให้การจำลองสถานการณ์เป็นที่น่าสนใจในงานวิจัย โดยสามารถจำลองแบบระบบงานได้หลายประเภท และมีขอบเขตกว้างขวางในการครอบคลุมถึงแบบจำลองทุกประเภท มีรายละเอียดที่นำไปประยุกต์ใช้งานได้ดังนี้

2.3.2.1 ระบบงานคอมพิวเตอร์ (Computer System) เช่น งานองค์ปรกอบฮาร์ดแวร์ งานระบบโครงข่ายของฮาร์ดแวร์ งานประมวลผลข้อมูล และงานบริหารจัดการโครงสร้างฐานข้อมูล

2.3.2.2 งานในโรงงานอุตสาหกรรม (Manufacturing) เช่น ระบบงานลำเลียงขนถ่ายวัสดุ ระบบงานสายการประกอบ งานวางแผนผังโรงงาน และระบบงานควบคุมสินค้าคงคลังซึ่งเป็นจุดเดียวกับหัวข้อของงานวิจัยที่ทำการศึกษา

2.3.2.3 งานในแวดวงธุรกิจ (Business) เช่น งานนโยบายการกำหนดราคา งานพยากรณ์ งานกลยุทธ์ทางการตลาด งานวางแผนกำลังพล

2.3.2.4 งานด้านการปกครอง (Government) เช่น งานให้บริการดูแลและรักษาสุขภาพ งานด้านกลยุทธของกองทัพ งานให้บริการของตำรวจ งานออกแบบทางหลวงแผ่นดิน

2.3.2.5 งานด้านสิ่งแวดล้อมและระบบนิเทศน์วิทยา (Ecology and Environment) เช่น งานระบบกำจัดมลพิษน้ำเสีย งานควบคุมปริมาณของเสีย

2.3.2.6 งานทางด้านพฤติกรรมและสังคม (Society and Behavior) เช่น การวิเคราะห์สัดส่วนระหว่างอาหารและจำนวนประชากร งานนโยบายทางการศึกษา งานโครงสร้างการจัดองค์กร

2.3.3 ข้อดีและข้อเสียของการใช้การจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์ เป็นเครื่องมือที่ใช้บอกผลลัพธ์ต่างๆที่เกิดมาจากระบบงานที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขต่างๆของระบบงานจริง มีแนวคิดพื้นฐานที่เข้าใจง่ายกว่าวิธีวิเคราะห์ปัญหาแบบอื่นๆ ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์นั้นมีความน่าเชื่อถือที่ดี เพราะว่าพฤติกรรมของการจำลองสถานการณ์สามารถจะถูกเปรียบเทียบกับพฤติกรรมของระบบงานจริงได้ และการจำลองสถานการณ์ต้องการข้อสมมติเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ด้วยเหตุนี้การจำลองสถานการณ์ยังคงคุณลักษณะที่แท้จริงของระบบงานจริงได้

การจำลองสถานการณ์ได้ช่วยในการวิเคราะห์ ปรับปรุงและพัฒนาระบบงาน สำหรับศึกษาพฤติกรรมของระบบงาน เพื่อประโยชน์ในการออกแบบระบงานใหม่ หรือใช้พิสูจน์ทฤษฎีต่างที่มีอยู่ การจำลองสถานการณ์เป็นวิธีหนึ่งในหลายๆวิธีที่สามารถช่วยแก้ปัญหาในการดำเนินงานของระบบได้ ดังนั้นเมื่อพบปัญหาภายในระบบงาน จะต้องวิเคราะห์ปัญหานั้นเสียก่อน ว่าควรใช้เครื่องมือใดเข้าไปช่วยแก้ไขปัญหา ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเข้าใจถึงข้อดีและข้อเสียของเครื่องมือ เพื่อช่วยในการตัดสินใจว่าเครื่องมือนั้นเหมาะสมเพียงใดในการนำไปใช้แก้ปัญหา

2.3.3.1 ข้อดีของการใช้การจำลองสถานการณ์

ก) ใช้กำหนดนโยบายใหม่ กำหนดโครงสร้างการทำงาน ช่วยตัดสินใจสำหรับโครงการต่างๆ กำหนดการไหลของข้อมูลข่าวสาร ซึ่งสิ่งเหล่านี้สามารถทดลองโดยแบบจำลองสถานการณ์โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกระเทือนกับระบบงานจริงที่ดำเนินการอยู่

ข) สามารถนำการจำลองสถานการณ์ไปใช้ในการแก้ปัญหา และประเมินผลกับระบบงานที่มีความซับซ้อน ที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยการวิเคราะห์อื่น

ค) มีความสะดวก รวดเร็ว ต่อการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อกำหนดแนวทางเลือกอื่น แล้วนำมาเปรียบเทียบหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

ง) สามารถที่จะดำเนินการทดสอบกับระบบฮาร์ดแวร์ที่ออกแบบใหม่ก่อนที่จะมีการจัดสรรทรัพยากร หรือเครื่องมือเครื่องใช้ใหม่ เพิ่มเติมให้กับระบบงาน เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงจากการลงทุนที่ไม่คุ้มค่า

จ) สามารถประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ เพราะว่าสามารถควบคุมเวลาได้โดยใช้โปรแกรมการจำลองสถานการณ์ และคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ช่วยในการวิเคราะห์

ฉ) สามารถที่จะทดลองได้กับทุกเงื่อนไขทุกรูปแบบ และสามารถควบคุมเงื่อนไขต่างๆให้มีความคงที่ได้

ช) การจำลองสถานการณ์ สามารถทำให้ทราบได้ถึงตัวแปรใดในระบบงานที่มีความสำคัญมากที่สุดของสมรรถนะของระบบงาน และยังสามารถทราบได้ถึงตัวแปรใดในระบบงานที่เกิดปฏิกิริยาต่อกัน

ซ) สามารถรู้ถึงตำแหน่งคอขวด ระบบการขนส่งของระบบงานได้ชัดเจน

ฌ) สมมติฐานเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ต่างๆสามารถที่จะหาคำตอบอย่างประมาณการ หรือสามารถได้รับการทดสอบ สำหรับความเป็นไปได้ในการเกิดด้วยแบบจำลองสถานการณ์

ญ) การจำลองสถานการณ์ยังเป็นประโยชน์ที่สำคัญสำหรับระบบงานที่ยังไม่ได้มีอยู่จริง หรือระบบงานที่มีความรู้และประสบการณ์อยู่อย่างจำกัด สามารถที่จะทดลองออกแบบให้เป็นไปตามแนวความคิด และเงื่อนไขที่คาดว่าจะมีได้

2.3.3.2 ข้อเสียของการจำลองสถานการณ์

ก) ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ บางทีเป็นสิ่งที่ยากต่อการอธิบายเพราะว่าค่าที่ได้ออกมานั้นมาจากตัวเลขสุ่มในแบบจำลองสถานการณ์ จึงยากที่จะอธิบายว่าค่านั้นเป็นค่าที่เกิดจากระบบงานจริง หรือเกิดจากตัวเลขสุ่ม ซึ่งมีโอกาสที่จะทำให้ข้อมูลผิดพลาดได้

ข) การที่จะได้แบบจำลองสถานการณ์ที่ดีนั้น จะต้องใช้เวลา ความรู้ความชำนาญ และความเข้าใจในระบบงานที่ซับซ้อน เป็นอย่างสูงของผู้สร้างแบบจำลอง ที่จะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือและเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานได้อย่างแท้จริง

ค) ข้อมูลที่ได้จากการแบบจำลองสถานการณ์ ไม่มีความแม่นยำและไม่สามารถวัดขนาดของความแม่นยำได้ แม้จะมีการวัดความไวของข้อมูล ก็ไม่สามารถที่จะทำให้ข้อเสียหายไปได้

2.3.4 กระบวนการจำลองสถานการณ์

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในปัจจุบันมักใช้กับปัญหาที่มีความซับซ้อน จึงจำเป็นต้องอาศัยคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยคำนวนหาข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการสำหรับการวิเคราะห์หาวิธีในการแก้ไขปัญหา ในการใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์นั้น มีขั้นตอนในการศึกษาดังนี้

2.3.4.1 กำหนดปัญหา (Problem Definition) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการจำลองสถานการณ์ มีการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบงาน

2.3.4.2 วางแผนโครงการ (Project Planning) มีการจัดการสนับสนุนโครงการ มีการวางแผน และจัดหาระบบฮาร์ดแวร์ของคอมพิวเตอร์ สิ่งสำคัญในขั้นตอนนี้คือต้องมีแหล่งข้อมูลที่เพียงพอในการทำงาน

2.3.4.3 ให้คำจำกัดความของระบบงาน (System Definition) เราต้องกำหนดขอบเขตและข้อจำกัด ที่จะใช้ในการให้คำจำกัดความระบบงาน และวิธีการวัดผลงานของระบบงาน

2.3.4.4 การสร้างแบบจำลอง (Conceptual Model Formulation) จากลักษณะของระบบงานที่จะต้องทำการศึกษา ให้เขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา กำหนดแนวทางในการปรับปรุง กำหนดโครงสร้างในการสร้างแบบจำลองของระบบงาน กำหนดชนิดของตัวแปรและองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องภายในงานที่ต้องการปรับปรุง

2.3.4.5 การออกแบบทดลอง (Preliminary Experiment design) คัดเลือกหลักเกณฑ์ที่จะใช้ในการตรวจวัดผล กำหนดปัจจัยของระบบที่จะถูกแปรเปลี่ยน กำหนดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่จะตรวจสอบ

2.3.4.6 เตรียมข้อมูลป้อนเข้าสู่แบบจำลอง (Input Data Preparation) ทำการรวบรวมและวิเคราะห์หาข้อมูลที่สำคัญของตัวแปรต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ป้อนให้กับแบบจำลอง และจัดเตรียมให้อยู่ในรูปที่จะนำไปใช้กับแบบจำลองได้

2.3.4.7 การแปรรูปแบบจำลอง (Model Translation) เปลี่ยนแบบจำลองให้อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับการจำลองสถานการณ์ที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

2.3.4.8 การทดสอบความถูกต้อง และทำให้สมบูรณ์ใช้งานได้ (Verification And Validation) เป็นขั้นตอนของการยืนยันว่าแบบจำลองทำงานในแนวทางที่ผู้วิเคราะห์ตั้งใจไว้ และผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของผลลัพธ์จากระบบงานจริงได้ และถ้าพบ

จุดบกพร่อง หรือความไม่สมบูรณ์ของแบบจำลอง ก็จะต้องแก้ไขให้ถูกต้องโดยให้ใกล้เคียงกับระบบงานจริง ด้วยการเปรียบเทียบจากผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์

2.3.4.9 การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง (Final Experiment Design) เป็นการวางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดสอบอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ผลที่เพียงพอ

2.3.4.10 การดำเนินงานทดลอง (Experiment) เป็นการคำนวนหาข้อมูลต่างๆ ตามที่ต้องการจากแบบจำลองสถานการณ์ และวิเคราะห์ความไวของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแบบจำลอง

2.3.4.11 การวิเคราะห์และตีความผลการทดลอง (Analysis and Interpretation) เป็นการวิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบจำลอง โดยตรวจดูว่าระบบจริงมีปัญหาอย่างไร และการแก้ไขปัญหาจะได้ผลอย่างไร

2.3.4.12 การนำไปใช้งาน (Implementation) จากผลการทดลองให้เลือกวิธีการที่จะแก้ไขปัญหาให้ได้ดีที่สุดไปใช้ในระบบงานจริง

2.3.4.13 การจัดทำเป็นเอกสารการใช้งาน (Documentation) เป็นการบันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลอง โครงสร้างแบบจำลอง วิธีการใช้งาน และผลที่ได้จากการใช้งาน เพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำแบบจำลองไปใช้งาน และเพื่อปรับปรุง ดัดแปลงเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง

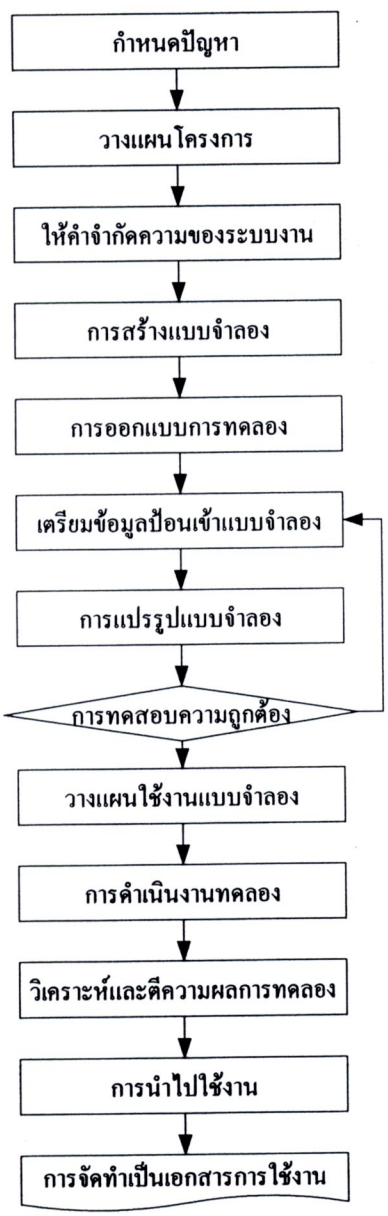
แนวความคิดการให้น้ำหนักความสำคัญ ของแต่ละขั้นตอนในกระบวนการจำลองสถานการณ์ คือ น้ำหนักในขั้นตอนที่ 1-6 ควรใช้ความพยายามและเวลา 40% ของเวลาทั้งหมดส่วนในขั้นตอนที่ 7 ให้น้ำหนัก 20% และขั้นตอนที่เหลือ 8-13 ให้ใช้ความพยายามและเวลา 40% ซึ่งตามแนวคิดนี้จะใช้เป็นแนวทางในการจำลองสถานการณ์ในปัจจุบัน

2.3.5 การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการจำลองสถานการณ์นั้นประกอบไปด้วยหลากหลายโปรแกรม เช่น Arena Promodel Flexsim เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนี้สามารถให้ผลที่ได้จากแบบจำลองได้สมจริงเหมือนกันโดยขึ้นอยู่กับความถนัดของผู้ที่ใช้งาน ในงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้เลือกโปรแกรมจำลองสถานการณ์ของ Arena มาสร้างแบบจำลอง เพราะตัวโปรแกรมหาซื้อได้ง่าย ราคาไม่แพง สามารถทดลองเริ่มเรียนรู้ได้

Arena เป็นโปรแกรมสำเร็จรูป จะถูกใช้เพื่อสร้างแบบจำลองของระบบงานที่มีเหตุการณ์เกิดขึ้นเป็นช่วง ดี้วยการใช้แผนภาพรูปบล็อค และจะอธิบายเป็นการกระทำที่มีต่อกันของกระบวนการหรือ

การไหลตัวของสิ่งที่ถูกให้ความสนใจ โครงสร้างของโปรแกรมจะมีการกำหนดแบ่งแยกช่วงสำหรับดำเนินการวิเคราะห์ออกเป็น3 ระยะหลัก คือ การให้คำจำกัดความของแบบจำลอง (Model Definition) การทดลองกับแบบจำลอง (Model Experimentation) และการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง (Out Analysis) และเพื่อจะทำให้การแบ่งช่วงออกเป็นตอนที่กล่าวถึงนี้ได้ตัวของโปรมแกรมจะประกอบไปด้วยตัวดำเนินการจำนวน 5 ตัว ซึ่งปฏิบัติต่อกันโดยผ่านแฟ้มข้อมูลจำนวน 4 แฟ้ม ตามที่จะถูกอธิบายดังต่อไปนี้ และได้ถูกแสดงอยู่ในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

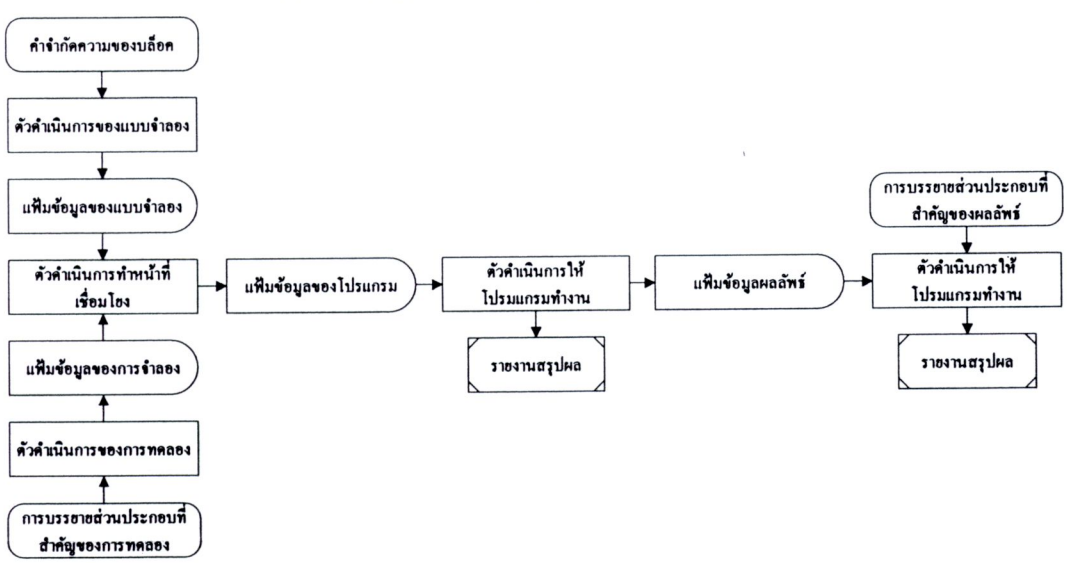
2.3.5.1 ตัวดำเนินการของแบบจำลอง (Model Processor) ถูกใช้เพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นแผนภาพรูปบล๊อคของระบบงาน แฟ้มข้อมูลที่เก็บผลลัพธ์ก็คือ แฟ้มข้อมูลของแบบจำลอง (Model File)

2.3.5.2 ตัวดำเนินการของการทดลอง (Experiment Processor) ถูกใช้เพื่อจะกำหนดขอบเขตของการทดลองที่จะถูกดำเนินการ พร้อมกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น หรือเรียกว่าโครงร่างของการทดลอง (Experimental Frame) แฟ้มข้อมูลที่เก็บผลลัพธ์ก็คือ แฟ้มข้อมูลของการทดลอง (Experiment File)

2.3.5.3 ตัวดำเนินการทำหน้าที่เชื่อมโยง (Link Processor) ซึ่งจะทำหน้าที่รวมแฟ้มข้อมูลของแบบจำลอง และแฟ้มข้อมูลของการทดลอง เพื่อจะก่อให้เกิดแฟ้มข้อมูลของโปรแกรม (Program File) ที่สามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้

2.3.5.4 ตัวดำเนินการให้โปรแกรมทำงาน (Run Processor) แฟ้มข้อมูลของโปรแกรมจะถูกป้อนเข้าไปในตัวเนินการให้โปรแกรมทำงาน ซึ่งจะทำให้แบบจำลองของการจำลองสถานการณ์ทำงานสำเร็จลง และบันทึกผลลัพธ์ที่ได้ลงในแฟ้มข้อมูลผลลัพธ์ (Output File)

2.3.5.5 ตัวดำเนินการให้แสดงผลลัพธ์ (Output Processor) ถูกใช้เพื่อจะวิเคราะห์ จัดระเบียบและแสดงผลลัพธ์ที่ถูกบรรจุอยู่ในแฟ้มข้อมูลผลลัพธ์ (Output File)



รูปที่ 2.7 โครงสร้างโปรแกรม Arena

เนื้อหาของโปรแกรม Arena ที่ใช้กำหนดขอบเขต สำหรับแบบจำลองจะถูกอ้างอิงว่าเป็นโครงร่างของแบบจำลอง (Model Frame) และเนื้อหาส่วนอื่นของโปรแกรม Arena ที่ใช้กำหนดขอบเขต

สำหรับการทดลอง จะถูกอ้างอิงว่าเป็นโครงร่างของการทดลอง (Experimental Frame) ผลลัพธ์ที่ถูกสร้างขึ้น โดยตัวดำเนินการให้แสดงผลลัพธ์ (Output Processor) จะเป็นผลลัพธ์ทางสถิติที่เพิ่มเติมขึ้นจากการใช้โครงร่างของการทดลอง

2.3.6 เทคนิคทางสถิติสำหรับการจำลองสถานการณ์ [4]

โดยที่พฤติกรรมของระบบงานจริงส่วนใหญ่มีลักษณะไม่แน่นอน มีความผันแปรข้อมูลต่างๆที่เกิดขึ้นจากระบบงานจริง จึงมีความผันแปรไปตามพฤติกรรมของระบบงานนั้นๆดังนั้นแบบจำลองซึ่งใช้เป็นตัวแทนของระบบงาน จึงจำเป็นต้องมีพฤติกรรมที่มีความผันแปรเช่นเดียวกับระบบงานที่เป็นตัวแทนอยู่ เนื่องจากแบบจำลองเป็นสิ่งที่ถูกสร้างขึ้น การที่จะทำให้แบบจำลองมีพฤติกรรมเดียวกับระบบงาน จำเป็นต้องทราบว่าระบบงานนั้นเป็นอย่างไร เพื่อช่วยให้แบบจำลองของระบบงานสามารถที่จะสร้างข้อมูลให้เหมือนกับลักษณะงานจริงได้จำเป็นต้องมีวิธีการ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นสมการทางคณิตศาสตร์เข้าไว้เป็นองค์ประกอบในแบบจำลองเพื่อทำหน้าที่สร้างพฤติกรรมของระบบงานจริง ช่วยลดความผิดพลาด และเพื่อความเชื่อมั่นให้กับผู้สร้างแบบจำลอง จึงจำเป็นต้องนำเอาเทคนิคทางสถิติเข้ามาช่วย

2.3.6.1 การกำหนดจำนวนรอบทำซ้ำ การสร้างแบบจำลองสถานการณ์จำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดจำนวนรอบทำซ้ำ เพื่อให้ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์นั้น มีค่า Half Width ที่เหมาะสม ค่าของ Half Width จะเป็นค่าที่จะบอกช่วงความเชื่อมั่นของข้อมูล แบบจำลองสถานการณ์จะสามารถมี Half Width ได้เมื่อมีจำนวนรอบในการทำซ้ำตั้งแต่ 2 รอบขึ้นไป การกำหนดจำนวนรอบทำซ้ำที่เพียงพอจะทำให้ ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองนั้นมีความแปรปรวนน้อยลง หรือทำให้อยู่ในค่าที่ยอมรับ วิธีการคำนวณผู้วิจัยได้เลือกใช้สูตรเพื่อมากำหนดจำนวนรอบทำซ้ำที่เหมาะสมของแบบจำลองสถานการณ์ได้ดังนี้ [9]

$$n = n_0\left(\frac{h_0^2}{h^2}\right) \qquad (2.2)$$

โดยที่ n = จำนวนรอบการทำซ้ำที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดความแปรปรวนตามค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยที่สามารถยอมรับได้

n_0 = จำนวนรอบการทำซ้ำที่เกิดจากการทดลองคราวๆ

h = ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยที่สามารถยอมรับได้

h_0 = ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยที่เกิดจากการทดลองคราวๆ

2.3.6.2 การทดสอบลักษณะการกระจายของข้อมูล ในการจำลองสถานการณ์ในระบบงานจริง ซึ่งมีความไม่แน่นอน มักจะมีปัญหาซึ่งทำให้ต้องการทราบลักษณะการกระจายของข้อมูลเป็นของตัวแปร โดยพิจารณาว่าลักษณะการกระจายนั้น มีรูปแบบที่เหมือนกับรูปแบบฟังก์ชั่นคณิตศาสตร์สำเร็จรูปอยู่แล้วหรือไม่

ขั้นตอนปกติในการทดสอบลักษณะการกระจายของข้อมูลนั้น จะต้องมีการเก็บข้อมูล แล้วหาค่าความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับค่าของตัวแปรนั้นๆ จากค่าความน่าจะเป็น และค่าของตัวแปรแบบสุ่ม ให้ทำการสร้างกราฟ เพื่อดูลักษณะการกระจายของค่าความน่าจะเป็น โดยดูจากลักษณะของกราฟ และกระบวนการเกิดข้อมูล ว่ามีการกระจายอยู่ในฟังก์ชั่นคณิตศาสตร์รูปแบบใด ซึ่งมี 2 ประเภท คือ การกระจายของค่าความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous Distributions) ประกอบด้วย Uniform, Triangular, Exponential, Erlang, Gamma, Weibull, Normal, Lognormal และ Beta และการกระจายของค่าความน่าจะเป็นแบบช่วง (Discrete Distributions) ประกอบด้วย Discrete Uniform, Binomial, Geometric และ Poisson

ตารางที่ 2.2 รูปแบบของตัวย่อและพารามิเตอร์ของการแจกแจงความน่าจะเป็น

รูปแบบการแจกแจงค่าความน่าจะเป็น	ตัวย่อ	พารามิเตอร์
Beta	BETA	(Alpha1, Alpha2)
Continuous	CONT	(ComP1, Val1 CumP2, Val2,...)
Discrete	DISC	(CumP1, Val1 CumP3, Val2,...)
Erlang	ERLA	(ExpoMean, K)
Exponential	EXPPO	(Mean)
Gamma	GAMM	(Beta, Alpha)
Lognormal	LOGN	(Mean, StdDev)
Normal	NORM	(Mean, StdDev)
Poisson	POIS	(Mean)
Triangular	TRIA	(Min, Mode, Max)
Uniform	UNIF	(Min, Max)
Weibull	WEIB	(Beta, Alpha)

การเก็บข้อมูลที่ถูกต้อง และการใช้ฟังก์ชั่นของการกระจายข้อมูล ที่เหมาะสมมีความสำคัญอย่างมาก ที่จะทำให้แบบจำลองสถานการณ์แสดงผลลัพธ์ที่มีความน่าเชื่อถือได้ นอกเหนือจากการออกแบบระบบของแบบจำลองสถานการณ์ให้ถูกต้องตรงกับระบบความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อลดค่าความผิดพลาดของข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผล

ในการประมวลผลทางผู้วิจัยจะใช้โปรแกรม Input Analyzer มาช่วยในการวิเคราะห์หารูปแบบการกระจายของข้อมูล ซึ่งเป็นโปรแกรมมาตรฐานของ Arena มีวิธีขั้นตอนการใช้งานดังต่อไปนี้

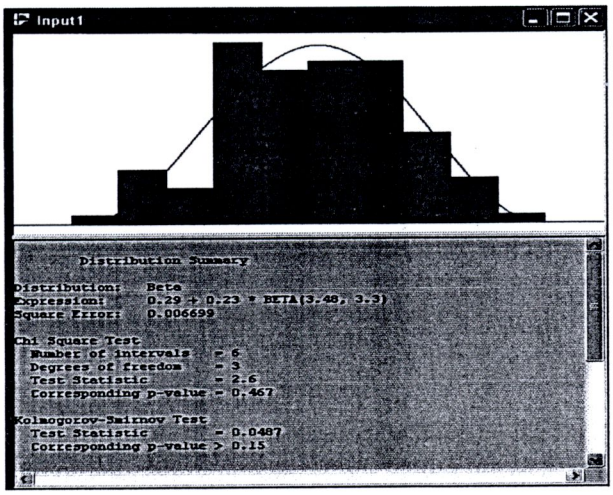
ก) เก็บรวบรวมข้อมูลในอดีตเพื่อนำมาวิเคราะห์ ข้อมูลที่นำมาจะต้องมีจำนวนของข้อมูลที่มากพอเพื่อให้ได้ค่าการกระจายตัวที่เหมาะสม

ข) บันทึกค่าที่ได้ลงในโปรแกม Excel แล้วบันทึกให้นามสกุลของไฟล์เป็น ".txt" หรือ ".dst" ตัวอย่างเช่น "การมาของงานในแผนกผสมวัตถุดิบ.txt"

ค) เข้าโปรแกรม Input Analyzer แล้วเลือกเปิดไฟล์ที่เราได้บันทึกไว้ในรูปแบบของ ".txt" หรือ ".dst" ในโปรแกรมจะแสดงกราฟแท่งที่เป็นการกระจายตัวของข้อมูล

ง) เลือกคำสั่ง "Fit All" เพื่อเปรียบเทียบกราฟแท่งกับรูปแบบการแจกแจงต่างๆ ว่ามีการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบใด ในขั้นตอนนี้จะต้องตรวจสอบค่าของ P-value ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยว่ามีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญหรือไม่

ตัวอย่างวิธีการวิเคราะห์ผลที่ได้จากโปรแกรม Input Analyzer ได้แสดงดังรูปที่ 2.7 ในรูปได้แสดงถึงข้อมูลที่เก็บบันทึกมาในอดีตมาวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Input Analyzer ผลจากการวิเคราะห์ โปรแกรมได้เลือกการกระจายตัวแบบเบต้า และค่าของ P-value ของการทดสอบแบบไคแควร์ (Chi-Square Test) ได้ค่าเท่ากับ 0.467 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (0.467>0.05) จึงสามารถสรุปได้ว่าการกระจายของข้อมูลที่บันทึกมาสามารถนำไปใช้เป็นตัวแทนข้อมูลนำเข้ากับตัวแบบจำลองสถานการณ์ได้ต่อไป



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างรูปแบบการกระจายตัวแบบเบต้า

2.3.6.3 การทดสอบความสมบูรณ์ของแบบจำลองสถานการณ์

การทดสอบการใช้งานได้ของแบบจำลองสถานการณ์ คือ การตรวจสอบว่าพฤติกรรมของแบบจำลองที่สร้างขึ้นเหมือนกับระบบจริงหรือไม่ โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองทางคอมพิวเตอร์กับผลลัพธ์ที่ได้จากการเก็บข้อมูลในระบบจริง โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์จะใช้หลักการทางสถิติต่อไปนี้ [8]

ก) การทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มปกติ กรณีไม่ทราบค่าที่แน่นอนของ σ_x^2 และ σ_y^2 แต่ทราบว่าไม่แตกต่างกัน

ให้ X และ Y คือประชากรที่ให้ความสนใจอยู่ 2 ชุด ซึ่งมีการแจกแจงแบบปกติโดยมีค่าเฉลี่ย μ_x และ μ_y และมีความแปรปรวนที่ไม่ทราบค่าเป็น σ_x^2 และ σ_y^2 โดยลำดับ โดย X และ Y มีความเป็นอิสระต่อกันและกัน $\sigma_x^2 = \sigma_y^2$

ในการทดสอบจะชักจำนวนตัวอย่างขนาด n_x และ n_y จากประชากร X และ Y โดยลำดับแล้วคำนวณได้ค่า $\bar{x}, \bar{y}, s_x^2$ และ s_y^2 เมื่อสมมุติว่าประชากรทั้ง 2 ชุดมีความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นการประมาณค่าของ σ^2 จึงรวมอยู่ในรูปของความแปรปรวนร่วม (Pooled Variance) คือ

$$s_p^2 = \frac{(n_x - 1)s_x^2 + (n_y - 1)s_y^2}{n_x + n_y - 2} \qquad (2.3)$$

จากทฤษฎีการแจกแจงสิ่งตัวอย่างสมการที่ใช้ทดสอบจะใช้ *t-test* ได้ดังสมการ

$$t = \frac{(\bar{x} - \bar{y})}{s_p \sqrt{(\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y})}} \qquad (2.4)$$

การหาค่าองศาอิศระ (Degrees of freedom)

$$df = n_x + n_y - 2 \qquad (2.5)$$

ข) การทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มปกติ กรณีไม่ทราบค่าที่แน่นอนของ σ_x^2 และ σ_y^2 แต่ทราบว่าแตกต่างกัน

ให้ X และ Y คือประชากรที่ให้ความสนใจอยู่ 2 ชุด ซึ่งมีการแจกแจงแบบปกติโดยมีค่าเฉลี่ย μ_x และ μ_y และมีความแปรปรวนที่ไม่ทราบค่าเป็น σ_x^2 และ σ_y^2 โดยลำดับ โดย X และ Y มีความเป็นอิสระต่อกันและกัน $\sigma_x^2 \neq \sigma_y^2$

จากทฤษฎีการแจกแจงสิ่งตัวอย่างสมการที่ใช้ทดสอบจะใช้ *t-test* ได้ดังสมการ

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{(\frac{s_x^2}{n_x} + \frac{s_y^2}{n_y})}} \qquad (2.6)$$

การหาค่าองศาอิศระ (Degrees of freedom) ในกรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน

$$df = \frac{[(s_x^2/n_x) + (s_y^2/n_y)]^2}{\frac{(s_x^2/n_x)^2}{n_x - 1} + \frac{(s_y^2/n_y)^2}{n_y - 1}} \qquad (2.7)$$

2.3.6.4 การทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนของตัวแปรสุ่มปกติ

ในการทดสอบถึงความแตกต่างกันของความแปรปรวนของตัวแปรสุ่ม 2 ชุด มีความสำคัญต่อการการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มปกติมากเพราะในการทดสอบความมีนัยสำคัญของ 2 ประชากรจะมีข้อกำหนดที่จะพิจารณาว่าความแปรปรวนของ 2 ประชากรนั้นมีความแตกต่างกันหรือไม่ เพื่อตัดสินใจเลือกใช้ค่า t ในการวิเคราะห์ต่อไป

การทดสอบสมมติฐานจะสามารถกำหนดสมมติฐานได้ว่า

$$H_0 : \sigma_x^2 = \sigma_y^2$$
$$H_1 : \sigma_x^2 \neq \sigma_y^2$$

จากทฤษฎีการแจกแจงสิ่งตัวอย่างเมื่อ s_x^2 และ s_y^2 คือความแปรปรวนของสิ่งตัวอย่างสุ่มขนาด n_x และ n_y ที่มีประชากร 2 ชุดที่มีความแปรปรวน เป็น σ_x^2 และ σ_y^2

$$F = \frac{s_x^2}{\sigma_x^2} \times \frac{\sigma_y^2}{s_y^2} \qquad (2.8)$$

การหาค่าองศาอิสระ (Degrees of freedom)

$$df = (n_x - 1), (n_y - 1) \qquad (2.9)$$

2.3.6.5 การทดสอบสมมติฐาน (Sign Test) มีขั้นตอนดังนี้

ก) ตั้งสมมติฐาน

ข) กำหนดค่าแอลฟ่า (α)

ค) กำหนดตัวทดสอบสถิติ ตามลักษณะการแจกแจงของข้อมูล และตามพารามิเตอร์ที่ใช้ทดสอบ

ง) กำหนดบริเวณวิกฤตโดยเปิดตารางหาค่าสถิติทดสอบ

จ) นำข้อมูลที่ได้ไปแทนค่าในสูตรของสถิติทดสอบ เพื่อหาค่าของสถิติทดสอบ

ฉ) เปรียบเทียบค่าทดสอบกับบริเวณวิกฤต ถ้าค่าสถิติทดสอบอยู่บริเวณวิกฤตจะสรุปว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก ถ้าไม่ตกอยู่ในบริเวณวิกฤตจะสรุปว่ายอมรับสมมติฐานหลัก

ตัวอย่างวิธีการทดสอบสมมติฐานการใช้งานได้ของแบบจำลองสถานการณ์ โดยการเปรียบเทียบจำนวนงานระหว่างกระบวนการของระบบการผลิตจริงในโรงงานตัวอย่างกับแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้ทำขึ้นมานั้น แสดงได้ดังวิธีการด้านล่างนี้

ข้อมูลของโรงงานตัวอย่างที่เก็บมา และข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์

แบบจำลองสถานการณ์ $n_x = 15, \bar{x} = 24.2, s_x^2 = 10$

โรงงานตัวอย่าง $n_y = 15, \bar{y} = 24.2, s_y^2 = 10$

ก) ตั้งสมมติฐาน

H_0 : จำนวนงานระหว่างกระบวนการจากแบบจำลองปัญหาไม่แตกต่างกับจำนวนงานระหว่างกระบวนการของโรงงานตัวอย่าง

H_1 : จำนวนงานระหว่างกระบวนการจากแบบจำลองปัญหาแตกต่างกับจำนวนงานระหว่างกระบวนการของโรงงานตัวอย่าง

ข) กำหนดค่าแอลฟ่า (α)

$\alpha = 0.1$

ค) ตัวทดสอบสถิติที่เลือกคือ t-test ในกรณีไม่ทราบค่าที่แน่นอนของ σ_x^2 และ σ_y^2 แต่ทราบว่าแตกต่างกัน

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{(\frac{s_x^2}{n_x} + \frac{s_y^2}{n_y})}}$$

ง) กำหนดบริเวณวิกฤตโดยการเปิดตาราง และพิจารณาองศาอิสระตามตัวทดสอบสถิติ

$$df = \frac{[(10/15) + (20/10)]^2}{\frac{(10/15)^2}{14} + \frac{(20/10)^2}{9}} = 14.93 \approx 15$$

ได้ค่าคือ ที่แอลฟ่าเท่ากับ 0.1 ค่าที่ได้จากตารางจะเท่ากับ $t_{\alpha/2,15} = \pm 1.753$

จ) แทนค่าที่ได้ลงในสูตรของสถิติทดสอบ

$$t = \frac{24.2 - 23.9}{\sqrt{(\frac{10}{15} + \frac{20}{10})}} = 0.18$$

ฉ) เปรียบเทียบค่าทดสอบกับบริเวณวิกฤต

สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน เมื่อ t = 0.18 ซึ่งมากกว่า -1.753 และน้อยกว่า 1.753 จึงยอมรับสมมติฐานหลักที่ว่า จำนวนงานระหว่างกระบวนการจากแบบจำลองปัญหาไม่แตกต่างกับจำนวนงานระหว่างกระบวนการของโรงงานตัวอย่าง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พรเทพ ขอขจายเกียรติ (2542)ได้ศึกษาและวิเคราะห์สมรรถนะของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีสำหรับการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป โดยการจำลองสถานการณ์ และใช้โปรแกรม Arena 3.0 ในงานวิจัยจะศึกษากระบวนการผลิตและรวบรวมข้อมูลของระบบการผลิตแบบดิม แล้วดำเนินการจำลองสถานการณ์ วิเคราะห์ปัญหาและศึกษาแนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อลดจำนวนวัสดุระหว่างผลิตด้วยระบบทันเวลาพอดี วิธีทำการทดลองจะใช้โปรแกรม Arena 3.0 มาประมวลผลแบบจำลองแล้วเปรียบเทียบระบบการผลิตแบบเดิมกับระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี โดยการทดลองปรับจำนวนของบัตรคัมบัง ซึ่งผลสามารถสรุปได้ว่า การปรับจำนวนของบัตรคัมบังที่เหมาะสมจะช่วยให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ 100% และยังสามารถลดจำนวนของวัสดุระหว่างการผลิตได้ โดยจำนวนของบัตรคัมบังที่เหมาะสมจะมีค่าเท่ากับ 66 ชิ้น

ชัยวัฒน์ เจริญทอง (2548) ได้ศึกษาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพระบบการผลิตในกระบวนการผลิตก๊อกน้ำ ด้วยแนวคิดของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี และ ใช้แบบจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์ ด้วยโปรแกรม Arena 7.01 โดยวัตถุประสงค์มุ่งเน้นที่จะลดจำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิต หลังจากทำการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิต พบว่ามี 2 ปัจจัยที่ต้องปรับปรุง คือ ปัจจัยปริมาณชิ้นงานในการขนถ่ายในแต่ละครั้ง และปัจจัยจำนวนชิ้นงานมาตรฐานระหว่างกระบวนการผลิต จากนั้นทำการคำนวณปัจจัย 2 ตัวที่เหมาะสม และนำไปทดลองกับแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ จากการทดลองพบว่าค่าที่เหมาะสมของปัจจัยต่างๆที่ทำให้เกิดการตอบสนองความต้องการของลูค้า 100% และสามารถทำให้จำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตทั้งหมดลดลงได้ร้อยละ 80.02%

วิลาสินี รอดนิ่ม (2548) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบระหว่างระบบควบคุมการผลิตแบบพลักและดึง และนำเสนอวิธีการกำหนดขนาดของคัมบังในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ด้วยการจำลองสถานการณ์ ซึ่งเปรียบเทียบวิธีนำเสนอนี้กับสมการกำหนดขนาดคัมบังแบบดีเทอร์มินิสติกโดยทำการทดลองสองการทดลองหลัก คือ ศึกษาแบบจำลองระบบการผลิตอย่างง่ายที่มีสามสถานีงาน และแบบจำลองกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์จากกรณีศึกษา ซึ่งค่าวัดผลการดำเนินงานที่พิจารณา คือ ค่าเฉลี่ยรอบระยะเวลาการผลิต และค่าเฉลี่ยปริมาณงานระหว่างผลิต ผลที่ได้จากการศึกษาแสดงให้

เห็นว่าระบบควบคุมการผลิตแบบดึงมีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยภายนอกมากกว่าระบบควบคุมการผลิตแบบผลัก นอกจากนั้นวิธีการกำหนดขนาดคัมบังด้วยแบบจำลองที่นำเสนอให้ผลการดำเนินงานที่ดีกว่าวิธีการกำหนดคัมบังลักษณะดีเทอร์มินิสติกแม้ว่าระบบการผลิตจะมีการแปรปรวนจากปัจจัยภายนอกที่มีค่ามากขึ้นเรื่อย เช่นการผลิตที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

ศิรประภา ดีประดิษฐ์ (2551) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาระบบการผลิตของโรงงานผลิตข้าวโพดอ่อนบรรจุขวดแก้ว ซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบตามสั่ง โรงงานประกอบไปด้วยสถานีงานหลัก 6 สถานี ซึ่งแต่ละสถานีงานมีสายพานลำเลียง คนงาน และเครื่องจักรทำงานร่วมกัน โรงงานประสบปัญหาการผลิตไม่ทันตามความต้องการของลูกค้า และมีปริมาณชิ้นงานระหว่างการผลิตมากเกินความต้องการ ดังนั้นโรงงานจึงต้องการหาระบบการผลิตที่เหมาะสม จึงได้นำเสนอการจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม Arena 10.0 ในการจำลองระบบการผลิตของโรงงาน และทำการวิจัยว่าถ้ามีการเปลี่ยนระบบการผลิตของโรงงานโดยมีการใช้บัตรคัมบังส่งสัญญาณการผลิต และการขนส่งประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานจะดีขึ้นหรือไม่ ซึ่งระบบที่นำเสนอใหม่นี้มี 2 ระบบ คือ ระบบที่ควบคุมการผลิตด้วยคัมบังแบบดึง และระบบที่ควบคุมการผลิตด้วยคัมบังแบบผลักโดยมีดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงาน คือ ค่าเฉลี่ยจำนวนชิ้นงานระหว่างการผลิต และค่าเฉลี่ยรอบระยะเวลาการผลิต นอกจากนี้งานวิจัยได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าจำนวนคัมบังที่เหมาะสมภายใต้ระบบที่มีความไม่แน่นอนเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากที่สุดโดยใช้ Opt Quest การจำลองสถานการณ์นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานที่มีระบบการผลิตที่คล้ายคลึงกัน และเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจเลือกระบบการผลิตที่เหมาะสม

รัศมี เตียรณบรรจง (2547) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาเทคนิคในการหาจำนวนคัมบังหมุนเวียนที่เหมาะสมให้สามารถใช้กับระบบคัมบังสำหรับเรียกชิ้นส่วนจากผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีความต้องการชิ้นส่วนไม่คงที่ โดยใช้โปรมแกรม Excel Solver และการจำลองสถานการณ์เพื่อหาจำนวนคัมบังหมุนเวียนที่ให้ผลรวมของต้นทุนในการจัดเก็บและค่าเสียโอกาสในการผลิตต่ำสุด โดยพิจารณาปัจจัยต่างๆ คือ 1.ความถี่ในการจัดส่ง และเวลานำในการสั่งซื้อ 2.การประเมินคะแนนทางด้านการจัดส่งและคะแนนทางด้านคุณภาพ 3.ความแปรปรวนของปริมาณความต้องการชิ้นส่วนต่อวันที่เกิดขึ้นจริงเทียบกับแผนที่วางไว้ 4.อัตราส่วนของค่าเสียโอกาสในการผลิต และต้นทุนในการจัดเก็บ

เทคนิคที่พัฒนาขึ้นได้นำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานผลิตเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งผลการวิจัยพบว่านโยบายการกำหนดสัมประสิทธิ์ความปลอดภัย และจำนวนคัมบังหมุนเวียนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันของ

โรงงานไม่เหมาะสมทำให้มีจำนวนคัมบังหมุนเวียนมากเกินไป และส่งผลต่อผลรวมของต้นทุนการจัดเก็บและค่าเสียโอกาสที่สูงเกินไป ดังนั้นเทคนิคที่พัฒนาขึ้นนี้จะช่วยให้โรงงานลดต้นทุนได้

เธียร เจิมประยงค์ (2549) ได้ศึกษาการลดชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตในการผลิตชิ้นส่วนของรถตักดิน เนื่องจากการมีชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตสูง ส่งผลให้การไหลของชิ้นงานขาดความต่อเนื่อง จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาพบว่า เมื่อชิ้นงานยังอยู่ในระหว่างการผลิต ลูกค้าได้เปลี่ยนแปลงคำสั่งซื้อ โดยเลื่อนกำหนดการจัดส่งสินค้าออกไป ทำให้ชิ้นงานที่อยู่ในระหว่างการผลิตไม่สามารถผลิตเป็นสินค้าสำเร็จรูปได้ และตกค้างอยู่ในกระบวนการผลิต จึงทำการปรับปรุง โดยการคำนวณหาค่า Takt Time ที่เหมาะสม เพื่อให้อัตราการผลิตเท่ากับอัตราความต้องการของลูกค้า และสามารถหาเวลานำการผลิตที่เหมาะสมได้ หลังจากนั้นทำการปรับปรุงวิธีการสั่งผลิตจากการผลิตแบบผลักให้เป็นการผลิตแบบดึง โดยยกเลิกการสั่งผลิตตามแผนการผลิตรายเดือน เป็นการสั่งผลิตตามความต้องการของลูกค้าในแต่ละวัน ดังนั้นฝ่ายวางแผนการผลิตต้องเป็นตัวแทนของลูกค้าในการสั่งผลิตสินค้าด้วยคัมบัง โดยใช้คัมบังเป็นเครื่องมือสำหรับกระบวนการปลายทางดึงชิ้นงานจากกระบวนการต้นทาง ซึ่งทำให้ค่าเฉลี่ยปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตในแต่ละกระบวนการลดลงร้อยละ 10.13 และสามารถลดค่าสูญเสียความสมดุลของชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตลงได้ร้อยละ 39.82 ส่งผลให้ความสูญเปล่าที่เกิดจากสินค้าคงคลังลดลง

เกียรติขจร โฆมานะสิน (2543) ได้ศึกษาการปรับปรุงระบบควบคุมการผลิต และพัสดุคงคลังประเภทวัตถุดิบ ชิ้นส่วนที่ซื้อจากภายนอก และงานระหว่างผลิตของโรงงานผลิตเครื่องยนต์ดีเซล โดยประยุกต์ใช้ระบบควบคุมการผลิตแบบผสมระหว่างการควบคุมแบบผลักและแบบดึง ในปัจจุบันโรงงานตัวอย่างควบคุมระบบการผลิต และพัสดุคงคลังด้วยระบบผลัก พบว่ามีปัญหาในการเก็บพัสดุคงคลังมากเกินความจำเป็น เนื่องจากความไม่แน่นอนของความต้องการสินค้าสำเร็จรูป ความไม่แน่นอนของระยะเวลารอคอยชิ้นส่วนจากผู้ผลิตชิ้นส่วนภายนอก และเมื่อนำแนวคิดระบบควบคุมการผลิตแบบผสมมาใช้ประเมินระบบการผลิตพบว่าควรใช้ระบบควบคุมแบบผลักกับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และใช้ระบบควบคุมแบบดึงกับประกอบเครื่องยนต์ สำหรับระบบการสั่งซื้อชิ้นส่วนพบว่าควรเปลี่ยนระบบควบคุมการสั่งซื้อชิ้นส่วนบางรายการมาใช้ระบบดึงด้วยคัมบัง ผลที่ได้จากการปรับปรุงระบบการสั่งซื้อ และควบคุมการผลิตเป็นเวลา 2 เดือน สามารถลดปริมาณพัสดุคงคลังประเภทชิ้นส่วนที่ซื้อจากภายนอกลงได้จากเดิม 9.0-9.8 วัน เป็น 2.8 – 8.6 วัน ลดปริมาณพัสดุคงคลังประเภทงานระหว่างผลิตลงได้จากเดิม 14.5 วัน เป็น 2.7 – 3.1 วัน และไม่มีการหยุดผลิตเนื่องจากการขาดชิ้นส่วน

ศิริลักษณ์ คุ้มทวีกิจ (2551) ได้ศึกษาแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบผลิตแบบทันเวลาพอดีชนิดใช้คัมบังและชนิดไม่ใช้คัมบังโดยใช้วิชวลเบสิกรับค่าและแสดงผล โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์คือ โปรแกรมเชิงเส้นตรงแบบจำนวนเต็ม ของผลิตแบบทันเวลาพอดีชนิดใช้คัมบัง แบบจำลองถูกพัฒนาขึ้นมาโดยใช้หลักการของระบบคัมบังเพื่อใช้ในการวางแผนการผลิตตลอดห่วงโซ่อุปทาน ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาสมการคณิตศาสตร์อย่างง่ายและรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีชนิดไม่ใช้คัมบังขึ้นโดยมีการอ้างอิงจากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีชนิดใช้คัมบังต้นแบบ ซึ่งสามารถใช้งานได้ไม่แตกต่างกันแม้ไม่ใช้ระบบการ์ดคัมบัง โดยทั้งสองรูปแบบทางคณิตศาสตร์มีสมการเป้าหมายคือ เพื่อหาค่าใช้จ่ายต่ำสุดที่เกิดขึ้นจากจำนวนคัมบังเริ่มต้นที่ใช้สั่งผลิต และการจัดการกับวัสดุคงคลังในระบบซึ่งได้แก่ งานระหว่างผลิต ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ค่าใช้จ่ายดังกล่าวนั้นหมายรวมถึงค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการ ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บและดูแลรักษา และเพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้งาน จึงได้สร้างโปรแกรมสำเร็จรูปขึ้นมาโดยมีการรับค่า และแสดงผลด้วยโปรแกรมวิชวลเบสิก 6.0 และมีการประมวลผลด้วยโปรแกรมลินโก ซึ่งจากการแก้ปัญหาตัวอย่างการผลิต จะเห็นได้ว่าสมการคณิตศาสตร์อย่างง่ายสามารถใช้คำนวณหาจำนวนคัมบังเริ่มต้นที่ใส่เข้าไปในระบบเพื่อเตรียมสั่งผลิตและทดแทนการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้ดี ในขณะที่รูปแบบทางคณิตศาสตร์ของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีชนิดใช้คัมบังและรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของระบบผลิตแบบทันเวลาพอดีชนิดไม่ใช้คัมบังสามารถใช้ได้กับปัญหาที่มีความหลากหลายมากกว่า อีกทั้งยังให้รายละเอียดของตัวแปรเพื่อใช้ประโยชน์มากกว่า โดยผลเฉลยและผลลัพธ์ที่ได้ในกระบวนการของสองรูปแบบมีค่าเท่ากัน ซึ่งทำให้สามารถใช้แทนกันได้

ณัฐพงษ์ สุวรรณรงค์ ประสงค์ ไกรพันธ์ วิทยา สุหฤทดำรง และ ก้องเดชา บ้านมะหิงษ์ (2544) ได้ศึกษาวิจัยเปรียบเทียบการออกแบบการผลิตแบบจำนวนมาก และการผลิตแบบลีนโดยการปรับเปลี่ยนระบบการผลิตที่ใช้การรวมเครื่องจักรและสร้างการไหลชิ้นเดียวที่เป็นกลุ่มชิ้นส่วนที่คล้ายกันที่ทำให้เกิดประสิทธิผล เนื่องด้วยองค์ประกอบของการผลิตแบบลีนที่มีความซับซ้อนของระบบ การเลือกวิธีการสื่อความเข้าใจจะต้องสามารถที่จะตอบสนองต่อจุดมุ่งหมาย เกมเป็นวิธีการอธิบายที่ได้รับการยอมรับ และการที่จะทำให้เกมนั้นมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีการออกแบบที่ดี ดังนั้นเครื่องมือที่จะใช้ก็คือโปรแกรมการจำลองสถานการณ์พร้อมกับแบบจำลองการประกอบชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ ซึ่งได้ทำการออกแบบเกมกระบวนการผลิตแบบลีนเปรียบเทียบกระบวนการผลิตแบบเดิมโดยการทดสอบการออกแบบด้วยชิ้นส่วนตัวต่อเพื่อให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของกระบวนการผลิตในแต่ละกระบวนการให้เป็นรูปธรรมยิ่งขึ้น

ชินทัศน์ ไชยเขตต์ (2550) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดสินใจควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจารจรโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำความรู้และเทคนิคด้านวิศวกรรม มาพัฒนาหาแนวทางแก้ปัญหาระยะสั้นที่สามารถปฏิบัติได้อย่างเร่งด่วนและมีค่าใช้จ่ายต่ำ ในการศึกษาได้สร้างแบบจำลองสถานการณ์ของระบบการควบคุมสัญญาณไฟจารจรด้วยโปรแกรม Arena เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาระยะเวลาในการควบคุมสัญญาณไฟจารจรที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยมีเป้าหมายให้ปริมาณการไหลของจำนวนรถยนต์ที่วิ่งผ่านสี่แยกที่ต่อเนื่องกันในถนนสายหลักได้จำนวนสูงสุด ผลจากการทดลองโดยใช้แบบจำลอง และวิเคราะห์ผลจากการจำลองสถานการณ์พบว่าการควบคุมสัญญาณไฟตามผลที่ได้จากแบบจำลองสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของจำนวนรถที่วิ่งผ่านได้ 28.67 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 2.3 ระบบการผลิต และแบบจำลองสถานการณ์ ในแบบต่างๆของงานวิจัยในอดีตกับงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษา

ทฤษฎี/หลักการ	ระบบการผลิต			แบบจำลองสถานการณ์			
ผู้วิจัย	แบบดึง	แบบผสม	ระบบคัมบัง	Arena	Visual basic	Excel solver	เกมส์
พรเทพ ขอขจายเกียรติ	*			*			
ชัยวัฒน์ เจริญทอง	*		*	*			
วิลาสินี รอดนิ่ม	*		*	*			
ศิรประภา ดีประดิษฐ์	*			*			
รัศมี เตียรณบรรจง	*		*			*	
นายเธียร เจิมประยงค์	*						
เกียรติขจร โฆมานะสิน		*	*	*			
ศิริลักษณ์ คุ้มทวีกิจ	*		*		*		
กลุ่มวิจัยวิสาหกิจการผลิต							*
นายชินทัศน์ ไชยเขตต์				*			
งานวิจัยที่ได้ศึกษา	*		*	*			

ทฤษฎีที่ได้กล่าวมาในข้างต้น นับว่าเป็นส่วนที่สำคัญ และเป็นพื้นฐานเบื้องต้นที่จำเป็นต่อการไปใช้ในการวิเคราะห์ และปรับปรุงในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ของโรงงานตัวอย่าง ทั้งในการคำนวนหาจำนวนของคัมบังที่เหมาะสมเพื่อลดปัญหางานระหว่างกระบวนการ อีกทั้งได้นำแนวทางวิธีการจำลองแบบสถานการณ์ โดยใช้โปรแกรม Arena มาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อเป็นตัวสรุปว่าแนวความคิดที่ได้มานั้นสามารถบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ ส่วนในบทต่อไปจะกล่าวถึง วิธีดำเนินงานวิจัย ข้อมูลด้านตัวเลข รวมถึงการศึกษาที่จะนำมาพิจารณาเป็นทางเลือก สำหรับการปรับปรุงกระบวนการ ด้วยการจำลองสถานการณ์