



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร

เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์และผังงานสายธารแห่งคุณค่าสำหรับ
โรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบด

An Application of Computer Simulation and Value Stream Mapping for Roasted and Ground
Coffee Plant

นามผู้วิจัย นายทีปพิพัฒน์ สุระพิพงษ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ปรารธนา ปรารธนาดี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิพิมพ์ จวีสุข, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรัชย์ พุทธกุลสมศิริ, Ph.D.)

หัวหน้าโครงการจัดตั้งภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิพิมพ์ จวีสุข, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์และผังงานสายธารแห่งคุณค่าสำหรับ
โรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบด

An Application of Computer Simulation and Value Stream Mapping for
Roasted and Ground Coffee Plant

โดย

นายทีปพัฒน์ สุระพิพงษ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2550

ทิพย์พัฒน์ สุระพิพงษ์ 2550: การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์และผังงานสายธารแห่งคุณค่าสำหรับโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบด ปรินญาวิทยาสาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร) สาขาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ปรารณา ปรารณาคี, Ph.D.

112 หน้า

อุตสาหกรรมผลิตกาแฟแบบคั่วบดเป็นอุตสาหกรรมที่มีการเจริญเติบโตอย่างสูงในช่วงระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา และเป็นหนึ่งในธุรกิจที่มีการแข่งขันกันอย่างสูง การปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อความได้เปรียบในการแข่งขัน โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบดขนาดเล็ก โดยมีผลิตภัณฑ์หลักอยู่ 2 ชนิดคือ ผลิตภัณฑ์ชนิด Z และผลิตภัณฑ์ชนิด T ในปัจจุบัน ยอดขายผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษาได้เพิ่มขึ้นต่อเนื่องทุกปี ส่งผลให้กำลังการผลิตที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อปริมาณอุปสงค์ที่เพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้ได้มุ่งหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตของโรงงานกาแฟกรณีศึกษา เพื่อให้โรงงานกรณีศึกษาสามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดความคุ้มค่าอย่างสูงสุด โดยใช้เทคนิคการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อเลียนแบบการทำงานของสายการผลิตจริง และใช้ผังงานสายธารแห่งคุณค่าในการระบุกิจกรรมสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในสายการผลิต เพื่อดำเนินการกำจัดออกจากสายการผลิต จากนั้นจึงทำการทดสอบแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพต่าง ๆ ผ่านแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้สร้างขึ้น แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพที่น่าเสนอในงานวิจัยนี้ได้แก่ (1) การจัดลำดับงานบนเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟทั้งสองเครื่องด้วยรูปแบบต่าง ๆ (2) การหาจำนวนพนักงานที่เหมาะสมสำหรับขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอม ซึ่งเป็นขั้นตอนคอขวดของสายการผลิต และการโยกย้ายพนักงานไปช่วยในขั้นตอนอื่นได้ เมื่อพนักงานเหล่านั้นทำงานในหน้าที่ตนเองเสร็จ และ (3) การปรับเปลี่ยนตารางเวลาการทำงานของพนักงานในส่วนบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด T ให้มีลำดับเวลาในการทำงานในส่วนต่าง ๆ อย่างเหมาะสม

ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์แสดงให้เห็นว่า (1) การจัดลำดับงานบนเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟสองเครื่องอย่างเหมาะสม ส่งผลให้อัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการคั่วมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้นหรือมีการกระจายปริมาณงานให้ทรัพยากรแต่ละชนิดใกล้เคียงกันมากขึ้น ช่วยลดการว่างงานและรอคอยงานจากเครื่องคั่วเครื่องใดเครื่องหนึ่งให้สั้นลงได้ (2) การปรับเพิ่มจำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมตามจำนวนที่เหมาะสม ร่วมกับการโยกย้ายพนักงาน ส่งผลให้รอบเวลาการผลิต อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงาน จำนวนชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาเฉลี่ย และโอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลาในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมลดน้อยลง และ (3) การปรับเปลี่ยนเวลาการทำงานของพนักงานในส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์ชนิด T ส่งผลให้อัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรทั้งหมดที่เกี่ยวข้องมีค่าสูงขึ้นและใกล้เคียงกัน อีกทั้งยังสามารถลดความสูญเปล่าจากการรอคอยงานระหว่างการผลิตในส่วนของการบรรจุลงได้อีกด้วย

Theeppipat Surapeepong 2007: An Application of Computer Simulation and Value Stream Mapping for Roasted and Ground Coffee Plant. Master of Science (Agro-Industry Technology Management), Major Field: Agro-Industry Technology Management, Department of Agro-Industry Technology. Thesis Advisor: Mrs. Parthana Parthanadee, Ph.D. 112 pages.

Roasted and ground coffee industry has been growing rapidly in the last ten years and becomes one of the highly competitive businesses in Thailand. By investigating production processes and improving production efficiency, companies could gain a competitive advantage for this business. In this case study, a small roasted and ground coffee producer was selected. The main products of the company are products Z and T. The total sales of the company are growing rapidly and continuously, causing the current production capacity to become insufficient. The objectives of this study were to determine appropriate ways to improve efficiency in the production process of the plant and to improve the resource utilization rates. The techniques used included computer simulation modeling technique for imitating the real production system, and Value Stream Mapping (VSM) for identifying non-value-added activities and eliminating them from the current production line. Three alternatives to improve product efficiency were evaluated through the use of computer simulation model. These alternatives were: (1) rearranging the production schedule on the two roasting machines; (2) determining the appropriate number of workers at the sorting operation, which is the bottleneck of production line, and rotating them to other operations after their main job is finished; and (3) adjusting the operating schedule of the workers at the packing operation for product T.

Computational results from the simulation model showed that: (1) sharing the resources in the roasting operation could significantly balance the workloads between the machines and between the human operators and reduced the idle time and the job waiting time; (2) appropriately increasing the number of sorting workers that could be rotated to other operations after the main job was finished would decrease the cycle time, the average worker utilization rates, the average overtime working hours, and the occurrences of overtime at the sorting operation; and (3) changing the operating schedule of the workers at the packing operation of product T resulted in a significant improvement in the average utilization rates of all resources and reduction in the idle time from waiting for the preceding jobs in the production line.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาวิจัย ตลอดจนสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้อย่างสำเร็จเรียบร้อยด้วยดี นั้น ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณบุคคลต่าง ๆ ดังนี้ อาจารย์ปรารธนา ปรารธนาดี อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรชัย พุทธกุลสมศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางในการทำงานวิจัย และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิวัฒน์ ฌวิสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และโรงงานกรณีศึกษาที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูล ระบบการผลิตและข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องสำหรับเป็นกรณีศึกษาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในทุก ๆ ด้านจนทำให้สามารถจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ

ทิพย์พัฒน์ สุระพิพงษ์

กันยายน 2550

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	29
อุปกรณ์	29
วิธีการ	29
ผลและวิจารณ์	73
สรุปและข้อเสนอแนะ	83
สรุป	83
ข้อเสนอแนะ	86
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	88
ภาคผนวก	92
ภาคผนวก ก ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลขั้นตอนการผลิต	93
ภาคผนวก ข ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์	101
ภาคผนวก ค การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองได้จริง	107
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	112

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สัญลักษณ์และความหมายของสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในผังงานสายธารแห่งคุณค่า	14
2	จำนวนพนักงานและเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา	33
3	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ใช้ในโปรแกรม Arena	36
4	ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายการผลิต ที่กำหนดให้เป็นค่าคงที่	39
5	เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการดำเนินงาน ระหว่างผลลัพธ์ที่คำนวณจากภายนอกแบบจำลองกับผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์	40
6	ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ของอัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรต่าง ๆ เมื่อมีจำนวนรอบการทำงานซ้ำที่ต่างกัน	44
7	เวลาในการเปลี่ยนรุ่นการผลิตในแต่ละขั้นตอนการผลิตสำหรับแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา	57
8	ร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริง สำหรับแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ของแต่ละขั้นตอนการผลิตในสายการผลิตโรงงานกรณีศึกษา	62
9	ตำแหน่ง ปริมาณและจำนวนวันของการจัดเก็บวัสดุคงคลังของโรงงานกรณีศึกษา	63
10	เปรียบเทียบร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงของขั้นตอนการคั่ว ระหว่างการจัดลำดับงานบนเครื่องคั่วทั้งสองเครื่องด้วยรูปแบบต่าง ๆ	74
11	ระยะเวลาของการรอคอยงานระหว่างการผลิตของขั้นตอนการบดสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T เมื่อทำการคั่วผลิตภัณฑ์ชนิด Z ในจำนวน Batch ที่แตกต่างกัน โดยการจัดลำดับงานบนเครื่องคั่วทั้งสองเครื่องด้วยรูปแบบที่ 3	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	เปรียบเทียบร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงของขั้นตอนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบรรจุสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ระหว่างสายการผลิตปัจจุบันกับสายการผลิตที่ได้รับการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตด้วยวิธีที่ 2	79
ตารางผนวกที่		
ก1	การแจกแจงความถี่สะสมของลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Empirical ของเวลาที่ใช้ในการคำนวณผลิตภัณฑ์ของเครื่องแก้วที่ 1	94
ก2	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลด้านน้ำหนักและเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิต สำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์	96
ค1	อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานที่ทำงานในขั้นตอนการแก้ว ซึ่งได้ทำการสุ่มมาจากสายการผลิตจริงกับผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์	108

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขั้นตอนการสร้าง วิเคราะห์ และประยุกต์ใช้ผังงานสายธารแห่งคุณค่า	13
2	กระบวนการผลิตกาแฟแบบคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษา	32
3	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่โปรแกรม Input Analyzer ได้เลือกรายงานผล และค่า P-Value จากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติด้วยวิธีทั้งสองมีค่ามากกว่า 0.05	34
4	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่โปรแกรม Input Analyzer ได้เลือกรายงานผล และค่า P-Value จากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติด้วยวิธีทั้งสองมีค่าน้อยกว่า 0.05	35
5	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Empirical ที่เลือกใช้แทนลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่โปรแกรม Input Analyzer เลือกรายงานผล	35
6	กราฟระหว่างอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานทั้งหมดกับเวลาในการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ ด้วยโปรแกรม Output Analyzer	43
7	ปริมาณของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ในแต่ละชนิดและแต่ละขนาดบรรจุที่ทำการผลิตโดยเฉลี่ยในแต่ละเดือน	47
8	ผังงานสายธารแห่งคุณค่าที่แสดงสายการผลิตปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา	66
9	อัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการคั่ว เมื่อทำการจัดลำดับงานบนเครื่องคั่วทั้งสองเครื่องด้วยรูปแบบต่าง ๆ	73
10	อัตราการทำงานเฉลี่ยและโอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลาของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z	76
11	จำนวนชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาเฉลี่ยของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z	77
12	อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานที่เกี่ยวข้องกับส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์ชนิด T ทั้งหมด	78
13	อัตราการทำงานเฉลี่ย และโอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลาของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T	80
14	ผังงานสายธารแห่งคุณค่าที่แสดงสถานะที่ควรจะเป็นในอนาคตของโรงงานกรณีศึกษา	82

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ก1	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Empirical ของเวลาที่ใช้ในการคว่ำ ผลิตภัณฑ์ของเครื่องคว่ำที่ 1
ข1	ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างเลียนแบบขั้นตอนการคัดขนาดเมล็ด กาแฟของโรงงานกรณีศึกษา ด้วยโปรแกรม Arena
ข2	ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ของการจัดลำดับงานบน เครื่องคว่ำทั้งสองเครื่อง ด้วยรูปแบบที่ 1 โดยโปรแกรม Arena
ข3	ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ของการจัดลำดับงานบน เครื่องคว่ำทั้งสองเครื่อง ด้วยรูปแบบที่ 2 โดยโปรแกรม Arena
ข4	ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ของการจัดลำดับงานบน เครื่องคว่ำทั้งสองเครื่อง ด้วยรูปแบบที่ 3 โดยโปรแกรม Arena
ข5	ผลการหาจำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคว่ำที่ทำให้ ค่าแรงงานพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคว่ำทั้งหมดมีค่าน้อยที่สุด โดยโปรแกรม OptQuest
ค1	ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ ได้จากสายการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษา โดยโปรแกรม SPSS
ค2	ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ โดยโปรแกรม SPSS
ค3	ผลการทดสอบความแตกต่างของอัตราการทำงานเฉลี่ย ระหว่างชุดข้อมูลจาก สายการผลิตจริงกับชุดข้อมูลจากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ โดยโปรแกรม SPSS

การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์และผังงานสายธารแห่งคุณค่า
สำหรับโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบด

An Application of Computer Simulation and Value Stream Mapping for
Roasted and Ground Coffee Plant

คำนำ

อุตสาหกรรมผลิตกาแฟแบบคั่วบดเป็นอุตสาหกรรมที่มีการเจริญเติบโตอย่างสูงในช่วงระยะเวลาสิบปีที่ผ่านมา และกลายเป็นหนึ่งในธุรกิจที่มีการแข่งขันกันอย่างสูง ทั้งจากบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายที่มีในประเทศ บริษัทนำเข้ากาแฟจากต่างประเทศ และบริษัทคั่วกาแฟแบบแฟรนไชส์ข้ามชาติ ข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2549) ระบุว่ามีการจดทะเบียนก่อตั้งโรงงานผลิตกาแฟในประเทศจนถึงเดือนธันวาคมปี พ.ศ. 2549 อยู่สูงถึง 60 โรงงาน จากจำนวนโรงงานที่มีเป็นจำนวนมาก ทำให้สามารถสะท้อนให้เห็นถึงสภาวะการแข่งขันอย่างรุนแรงในธุรกิจประเภทนี้ได้เป็นอย่างดี ประกอบกับต้นทุนค่า ๆ ในการผลิตและดำเนินงาน เช่น ค่าเชื้อเพลิงพลังงาน และค่าแรงพนักงาน ได้มีการปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตของแต่ละบริษัท เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรในด้านต่าง ๆ ที่มีอยู่อย่างจำกัด เช่น แรงงาน และเครื่องมือเครื่องจักร ให้เกิดประโยชน์มากที่สุดจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อความได้เปรียบในการแข่งขันจนทำให้บริษัทเหล่านี้สามารถอยู่รอดในธุรกิจประเภทนี้ได้

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบดขนาดเล็ก มีผลิตภัณฑ์หลัก 2 ชนิดคือผลิตภัณฑ์ชนิด Z และผลิตภัณฑ์ชนิด T ผลิตภัณฑ์ชนิด Z จะมี 2 แบบคือ กาแฟคั่วแบบเมล็ดบรรจุถุง และกาแฟคั่วแบบบดบรรจุซองหรือถุง ส่วนผลิตภัณฑ์ชนิด T มีเพียงแบบเดียวคือ กาแฟคั่วแบบบดบรรจุกระป๋อง ปัจจุบัน ขอดขยายผลิตภัณฑ์กาแฟแบบคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษาได้เพิ่มขึ้นต่อเนื่องทุกปี ส่งผลให้กำลังการผลิตที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อปริมาณอุปสงค์ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการพิจารณาหาแนวทางเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตให้เพียงพอต่อปริมาณอุปสงค์ ด้วยการบริหารจัดการทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด (แรงงานและเครื่องจักร) ที่มีอยู่ในปัจจุบันให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้อย่างเต็มกำลังการผลิต และมีประสิทธิภาพมากที่สุด จะเป็นสิ่งสำคัญกับโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบดกรณีศึกษาเป็นอย่างมาก

การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตที่ดี เพื่อให้สามารถทำการแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการพิจารณาหากิจกรรมที่ก่อให้เกิดต้นทุนต่อการผลิต แต่ไม่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์และลูกค้าได้ แล้วดำเนินการกำจัดออกจะเป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพที่ดีวิธีการหนึ่ง ฟังงานสายธารแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping) เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งในระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing System) ที่สามารถทำการจำแนกกิจกรรมในการผลิตที่สร้างมูลค่าเพิ่ม กับกิจกรรมในการผลิตที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่มหรือกิจกรรมสูญเปล่าออกจากกันได้อย่างชัดเจน จนทำให้สามารถทำการกำจัดกิจกรรมสูญเปล่าที่เกิดขึ้นส่วนมากหรือทั้งหมดออกจากสายการผลิตได้ ตัวอย่างของกิจกรรมสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในสายการผลิต เช่น การที่ทรัพยากรต่าง ๆ ในสายการผลิตว่างงานนานเกินไป หรือมีการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นเกิดขึ้นในสายการผลิต เป็นต้น เมื่อสามารถระบุและกำจัดกิจกรรมสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในสายการผลิตได้แล้ว จะทำให้การใช้ทรัพยากรในทุก ๆ ด้านของบริษัทเป็นการใช้เพื่อก่อให้เกิดกิจกรรมที่สร้างมูลค่าเพิ่มอย่างแท้จริง แต่การทดลองปรับเปลี่ยนตามแนวทางในการกำจัดกิจกรรมสูญเปล่าออกจากสายการผลิตกับระบบการทำงานจริง จะเป็นการรบกวนต่อระบบการทำงานจริงและมีค่าใช้จ่ายที่สูงในการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลตามต้องการ การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Model) ที่สามารถเลียนแบบระบบการทำงานจริง แล้วนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้ทดลองและเปรียบเทียบเพื่อให้ได้แนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตที่เหมาะสมที่สุด จะช่วยลดปัญหาการรบกวนระบบการทำงานจริง นอกจากนี้ยังสามารถทำการทดลองซ้ำ ๆ และลดค่าใช้จ่ายในการทดลองได้ ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงทำการศึกษาหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตที่เหมาะสมให้กับโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบดที่เป็นกรณีศึกษา โดยอาศัยฟังงานสายธารแห่งคุณค่าในการพิจารณากิจกรรมสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในสายการผลิต และใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ในการเปรียบเทียบและประเมินผลจากการปรับปรุงประสิทธิภาพในแต่ละแนวทาง ผลที่ได้จากการทดลองจะเป็นแนวทางสำหรับโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบดในการวางแผนการดำเนินงานและปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตเพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ได้แนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตที่เหมาะสมที่สุดสำหรับ
สายการผลิตกาแฟแบบคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษา โดยสามารถใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอยู่ทำการ
ผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด
2. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพ
การผลิตของโรงงานกรณีศึกษา
3. เพื่อประยุกต์ใช้พลังงานสายธารแห่งคุณค่าในการกำจัดการสูญเปล่าออกจาก
สายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อให้กระบวนการผลิตดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่ม
มากขึ้น
4. เพื่อเป็นแนวทางในการนำแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์และพลังงานสายธาร
แห่งคุณค่า มาใช้ในการออกแบบและวางแผนการดำเนินงานสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร
ประเภทอื่น ๆ ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

1. มุ่งเน้นศึกษาสายการผลิตกาแฟแบบคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษา แล้วพิจารณาหา
กิจกรรมสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในสายการผลิตเพื่อดำเนินการกำจัดออก โดยการใช้พลังงานสายธารแห่ง
คุณค่า
2. ศึกษาและวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิต ระหว่างสายการผลิตที่เป็นอยู่ใน
ปัจจุบันกับสายการผลิตใหม่ที่ได้รับการปรับปรุงประสิทธิภาพ โดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์
ด้วยคอมพิวเตอร์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1. สามารถกำจัดกิจกรรมสูญเปล่าออกจากสายการผลิตของโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบดกรณีศึกษา เพื่อให้การดำเนินงานในสายการผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด
2. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอยู่อย่างจำกัดของโรงงานกรณีศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อลดการลงทุนเพิ่มเติมอย่างไม่จำเป็น
3. ได้แนวทางในการนำแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์และผังงานสายธารแห่งคุณค่า มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหากับอุตสาหกรรมอาหารประเภทอื่น ๆ ต่อไป

การตรวจเอกสาร

ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกาแฟ

1. ลักษณะกาแฟและปัจจัยในการเพาะปลูกกาแฟ

1.1 ลักษณะของกาแฟ

กาแฟโดยทั่วไปจะมีลำต้นตั้งตรงและสูงประมาณ 3-4 เมตร ต้นกาแฟในประเทศไทยจะเริ่มออกดอกในเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ดอกของต้นกาแฟมีลักษณะเป็นดอกสีขาวบริสุทธิ์และมีกลิ่นหอมคล้ายดอกมะลิ ส่วนใหญ่ดอกกาแฟจะออกจากซอกก้านของต้นและในแต่ละซอกจะมีดอกที่สามารถกลายเป็นผลกาแฟได้เพียง 10-60 ผลเท่านั้น ผลกาแฟเรียกว่า คอฟฟี่ เชอร์รี่ (Coffee Cherry) มีลักษณะคล้ายลูกหว้า ภายในผลกาแฟประกอบด้วยเนื้อกาแฟที่ห่อหุ้มกะลาเมล็ดกาแฟ เมื่อกะเทาะกะลาออกภายในจะมีเมล็ดกาแฟอยู่ 2 เมล็ด (ปรัชญา, 2548)

ประเทศไทยนิยมปลูกกาแฟอยู่สองสายพันธุ์คือ พันธุ์อาราบิก้า (Arabica) ที่นิยมปลูกมากทางภาคเหนือของประเทศ และพันธุ์โรบัสต้า (Robusta) ที่นิยมปลูกมากทางภาคใต้ตอนบนของประเทศ กาแฟสายพันธุ์อาราบิก้าเป็นสายพันธุ์ที่ได้รับความนิยมในการบริโภค เนื่องจากมีลักษณะเด่นที่กลิ่นรสและมีปริมาณคาเฟอีนน้อยกว่าพันธุ์โรบัสต้าประมาณหนึ่งเท่า จึงทำให้กาแฟพันธุ์อาราบิก้ามีรสชาติที่กลมกล่อมกว่า แต่กาแฟสายพันธุ์โรบัสต้ามีลักษณะเด่นด้านรสชาติที่เข้มข้นถึงขม จึงทำให้นิยมนำไปผลิตเป็นกาแฟสำเร็จรูป (Instant Coffee) หรือนำไปคั่วผสมกับต่างสายพันธุ์

1.2 ปัจจัยในการเพาะปลูกกาแฟ

ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ (กรมวิชาการเกษตร, 2549) ประกอบด้วย

1.2.1 อุณหภูมิ บริเวณที่ทำการเพาะปลูกต้องมีอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ อยู่ในระดับอุณหภูมิเฉลี่ย 15-25 องศาเซลเซียส กาแฟต่างสายพันธุ์กันก็จะต้องการอุณหภูมิเพื่อการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน

1.2.2 ความชื้น ต้นกาแฟทุกสายพันธุ์ต้องการสภาพอากาศที่ชื้นเกือบตลอดทั้งปี โดยมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 60% และมีช่วงเวลาฝนตกต่อเนื่องติดต่อกันประมาณ 5-8 เดือน หรือมีปริมาณน้ำฝนในพื้นที่เพาะปลูกเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 1,500 มิลลิเมตร

1.2.3 แสงแดด กาแฟต่างสายพันธุ์กันจะต้องการปริมาณแสงแดดที่แตกต่างกัน และกาแฟที่ปลูกในที่แจ้งจะให้ผลผลิตที่สูงกว่ากาแฟที่ปลูกในที่ร่ม

2. กระบวนการแปรรูปกาแฟ

หลังจากเก็บเกี่ยวผลกาแฟมาแล้วต้องมีการแปรรูปเบื้องต้นเพื่อให้ได้กรีน คอฟฟี่ (Green Coffee) หรือที่เรียกว่า สารกาแฟ การแปรรูปเบื้องต้นจะมีด้วยกัน 2 วิธีคือ การทำสารกาแฟโดยวิธีเปียก (Wet Method หรือ Wash Method) และการทำสารกาแฟโดยวิธีตากแห้ง (Dry Method หรือ Natural Method) การทำสารกาแฟโดยวิธีเปียกจะเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการผลิตสารกาแฟ เนื่องจากสารกาแฟที่ได้จากวิธีเปียกจะมีคุณภาพที่ดีกว่าสารกาแฟที่ได้จากวิธีตากแห้ง และเมื่อขงเป็นเครื่องคั่วแล้วจะทำให้ได้กาแฟที่มีรสชาติกลมกล่อมกว่า แต่การทำสารกาแฟโดยวิธีเปียกจะมีค่าใช้จ่ายในการแปรรูปที่สูงกว่าวิธีตากแห้ง (กรมวิชาการเกษตร, 2549)

หลังจากได้สารกาแฟมาแล้ว จึงนำมาทำการคั่วที่ระดับอุณหภูมิและเวลาตามที่กำหนด ขั้นตอนการคั่วจะเป็นการนำกลิ่นและรสชาติออกจากสารกาแฟ เมื่อทำการคั่วเมล็ดกาแฟได้ตามระดับที่ต้องการแล้ว จะนำเมล็ดกาแฟมาทำการบด ขั้นตอนการบดจะเป็นการกำหนดรสชาติ เพราะถ้าบดเมล็ดกาแฟจนเป็นผงละเอียดมากเกินไปจะทำให้ได้กาแฟที่มีรสชาติขมมาก แต่หากบดเมล็ดกาแฟหยาบเกินไปก็จะทำให้ได้กาแฟที่มีรสชาติไม่เข้มข้น

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผังงานสายธารแห่งคุณค่า

1. ระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing System)

ระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing System) คือ ระบบการผลิตที่มุ่งเน้นในการปรับปรุงและควบคุมการไหล (Flow) ของงานเป็นหลัก โดยทำการกำจัดกิจกรรมสูญเปล่า (Waste) ในกระบวนการผลิตสินค้าอย่างต่อเนื่อง เริ่มตั้งแต่ในรูปวัตถุดิบจนกลายเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุด (นิพนธ์, 2548)

ระบบการผลิตแบบลีนมีวัตถุประสงค์อยู่ 2 ประการหลัก ได้แก่ เพื่อการเพิ่มผลผลิต และเพื่อลดต้นทุนในการผลิต (นิพนธ์, 2548) ซึ่งวัตถุประสงค์ทั้งสองเป็นสิ่งที่ทุก ๆ บริษัทมุ่งเน้นจะทำการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การที่บริษัทต่าง ๆ จะประสบความสำเร็จตามระบบการผลิตแบบลีนได้ต้องอาศัยเครื่องมือและเทคนิคต่าง ๆ ที่มีอยู่มากมายเช่น 5 ส. และการควบคุมด้วยสายตา (5S and Visual Control) การมีมาตรฐานการทำงาน (Work Standardization) ฟังงานสายธารแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping) และการลดเวลาในการเปลี่ยนรุ่นการผลิต (Changeover Reduction) เป็นต้น เนื่องจากมีเครื่องมือและเทคนิคต่าง ๆ มากมายที่สามารถใช้ปรับปรุงสายการผลิตให้เป็นระบบการผลิตแบบลีนได้ ดังนั้นควรเลือกใช้เครื่องมือต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับบริษัทและวัตถุประสงค์หลักที่ต้องการทำการปรับปรุงประสิทธิภาพ

2. ฟังงานสายธารแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping)

ฟังงานสายธารแห่งคุณค่าเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่จะผลักดันบริษัทไปสู่ระบบการผลิตแบบลีนจนไปถึงการเป็นวิสาหกิจแบบลีน (Lean Enterprise) ลักษณะของฟังงานสายธารแห่งคุณค่าคือเครื่องมือที่ทำให้มองเห็นเส้นทางการผลิตของผลิตภัณฑ์ โดยสามารถแสดงทั้งการไหลของผลิตภัณฑ์ที่เริ่มตั้งแต่วัตถุดิบไปจนถึงส่งผลิตภัณฑ์ให้แก่ลูกค้า และยังแสดงการไหลของข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ฟังงานสายธารแห่งคุณค่าทำให้เห็นสถานการณ์ปัจจุบัน (Current State) ของสายการผลิต และเมื่อทำการปรับปรุงการไหลใหม่โดยการใช้แนวคิดลดหรือกำจัดกิจกรรมสูญเปล่าของระบบการผลิตแบบลีนแล้ว จะทำให้ได้การไหลของสถานการณ์ใหม่ (Future State) ที่มีประสิทธิภาพการดำเนินงานสูงขึ้น (Harris *et al.*, 2002)

ฟังงานสายธารแห่งคุณค่าจะแสดงให้เห็นถึงกิจกรรมที่สร้างมูลค่าเพิ่ม และกิจกรรมที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่ม จนสามารถบ่งชี้กิจกรรมที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่มหรือกิจกรรมสูญเปล่าเพื่อลดเวลานำในการผลิต (Production Lead Time) และลดต้นทุนในโซ่อุปทานลงได้ ความสูญเปล่าเป็นกิจกรรมทั้งหมดที่ใช้ทรัพยากรซึ่งก่อให้เกิดต้นทุนต่อผลิตภัณฑ์ แต่ไม่เกิดมูลค่าเพิ่มต่อผลิตภัณฑ์ และลูกค้า (Lovelie, 2001)

2.1 ลักษณะของงานในการผลิต

โดยทั่วไป ลักษณะของงานในการผลิตจะประกอบด้วยกิจกรรม และการไหลของผลิตภัณฑ์และข้อมูล สามารถแบ่งลักษณะของงานออกมาได้ 3 แบบ (Hines and Rich, 1997) ดังนี้

2.1.1 ลักษณะงานที่เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์และลูกค้า (Value Added) คือ กิจกรรมที่มีคุณค่าต่อการดำเนินงานและตัวผลิตภัณฑ์ โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นที่เป็นวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิต ว่าจะใช้แรงงานหรือเครื่องจักรในการผลิต จนกระทั่งกระบวนการสุดท้ายที่ได้ผลิตภัณฑ์ ลักษณะงานเหล่านี้จะต้องใช้ข้อมูลในการตัดสินใจเป็นจำนวนมาก

2.1.2 ลักษณะงานที่ไม่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้แต่เป็นสิ่งจำเป็น (Necessary but Non Value Added) คือ ลักษณะงานที่เป็นความสูญเสียเปล่า แต่อาจจำเป็นต้องยอมให้เกิดขึ้นในการดำเนินงาน ลักษณะงานสูญเสียเปล่าเหล่านี้อาจจะไม่สามารถกำจัดออกไปได้ แต่สามารถทำให้ลดลงได้

2.1.3 ลักษณะงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์และลูกค้า (Non Value Added) คือ ลักษณะงานที่เป็นความสูญเสียเปล่าและเป็นกิจกรรมที่ไม่จำเป็น ควรกำจัดลักษณะงานเหล่านี้ออกไปจากการดำเนินงาน เช่น เวลาในการรอคอย การทำงานหรือกิจกรรมเดียวกันซ้ำ ๆ (Double Handling) เป็นต้น

2.2 ประเภทของลักษณะงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์และลูกค้า

ลักษณะงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์และลูกค้า หรือกิจกรรมสูญเสียเปล่าสามารถทำการแบ่งออกได้ 7 ประเภท (โกศล, 2547) คือ

2.2.1 การผลิตที่มากเกินไปจนความจำเป็น (Overproduction) สาเหตุของการผลิตที่มากเกินไปจนความจำเป็นส่วนใหญ่เกิดจากการพยากรณ์ปริมาณอุปสงค์ได้ไม่เหมาะสม ทำให้มีระยะเวลานานที่มากขึ้น จนทำให้ต้องใช้พื้นที่ในการจัดเก็บวัสดุคงคลังมากขึ้น และอาจทำให้ใช้ทรัพยากรในการบริหารจัดการมากขึ้น

2.2.2 การรอคอย (Waiting) เช่น การรอปรับตั้งเครื่องจักรก่อนทำการผลิต การรอคอยงานระหว่างการผลิต เป็นต้น การรอคอยเป็นกิจกรรมสูญเสียเปล่าทางด้านเวลา ที่แสดงถึงการใช้เวลาอย่างไม่มีประสิทธิภาพ จนอาจก่อให้เกิดความล่าช้าในการผลิตและการส่งมอบผลิตภัณฑ์ได้

2.2.3 ความสูญเสียจากการขนส่ง (Transportation) กิจกรรมสูญเสียเปล่าประเภทนี้ส่วนใหญ่เกิดจากการวางผังอาคารโรงงานที่ไม่เหมาะสม ขาดระเบียบในการจัดชิ้นงาน จนทำให้

เกิดความสิ้นเปลืองทรัพยากรด้านแรงงานและเวลาในการขนส่ง นอกจากนี้ยังอาจเกิดความเสียหายในระหว่างการขนส่งได้

2.2.4 การดำเนินงานที่ไม่เหมาะสม (Inappropriate Processing) เช่น การใช้เครื่องมือในการทำงานที่ไม่ถูกต้อง การไม่มีมาตรฐานในการทำงาน และการจัดลำดับงานได้ไม่เหมาะสม กิจกรรมสูญเสียประเภทนี้ ทำให้เกิดต้นทุนที่ไม่จำเป็นต่อการผลิตผลิตภัณฑ์

2.2.5 การมีวัสดุคงคลังที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Inventory) กิจกรรมสูญเสียประเภทนี้ทำให้มีระยะเวลานานในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มากขึ้น ทำให้เสียพื้นที่ในการจัดเก็บ อีกทั้งเกิดต้นทุนในการจัดเก็บและต้นทุนจม นอกจากนี้ยังเสี่ยงต่อการเสื่อมสภาพหรือล้าสมัยของวัสดุได้

2.2.6 การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Motion) กิจกรรมสูญเสียประเภทนี้เกิดจากการมีท่าทางในการทำงานที่ไม่เหมาะสม มีการจัดวางผังโรงงานไม่ดีพอ หรืออาจเกิดจากการจัดลำดับงานไม่เหมาะสม จนอาจทำให้เกิดความเมื่อยล้าหรืออาจทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้

2.2.7 ความชำรุดบกพร่องในตัวผลิตภัณฑ์ (Defects) กิจกรรมสูญเสียประเภทนี้ทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากรทั้งทางด้านเวลาและแรงงาน จนก่อให้เกิดต้นทุนสูญเสียในการดำเนินงาน

3. การสร้างผังงานสายธารแห่งคุณค่า

ขั้นตอนการสร้างผังงานสายธารแห่งคุณค่าจะประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ (Lovelle, 2001) ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้า (Customer Requirement Analysis) ก่อนทำการสร้างผังงานสายธารแห่งคุณค่า สิ่งแรกที่ต้องคำนึงคือ ความต้องการของลูกค้าที่แท้จริง ถ้าบริษัทสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างถูกต้อง จะทำให้ลูกค้ามีความพึงพอใจกับสินค้าหรือบริการของบริษัท

3.2 การเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์ (Product Family) ถ้าสินค้าหรือบริการของบริษัทมีหลายชนิด หลายรุ่น หรืออาจมีขั้นตอนในการผลิตที่แตกต่างกัน จะต้องทำการเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาทำการสร้างเป็นผังงานสายธารแห่งคุณค่าก่อน

3.3 การวาดผังงานสายธารแห่งคุณค่าของสถานะปัจจุบัน (Current State Drawing) เมื่อทำการเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการวาดผังงานสายธารแห่งคุณค่าของสถานะปัจจุบันที่แสดงการไหลของวัสดุและข้อมูลของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการเลือกมาแล้ว ขั้นตอนการวาดผังงานสายธารแห่งคุณค่าจะแบ่งเป็นการวาดผังงานภายนอก (External Mapping) และการวาดผังงานภายใน (Internal Mapping)

3.3.1 การวาดผังงานภายนอก เป็นการวาดผังงานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างบริษัทหรือหน่วยงานต่าง ๆ คือ ระหว่างบริษัทผู้จัดส่งวัตถุดิบ บริษัทผู้ทำการผลิตผลิตภัณฑ์และจัดส่งสินค้า และลูกค้า โดยมีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

ก. วาดผังงานด้านลูกค้า (Customer) เป็นการใส่ภาพที่มีความหมายแทนสัญลักษณ์ของโรงงาน และกล่องระบุข้อมูลที่มุมบนด้านขวาของผังงานสายธารแห่งคุณค่า เพื่อใช้แสดงถึงลูกค้า โดยไม่ต้องคำนึงว่าลูกค้ามีกี่ราย จากนั้นกรอกข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของลูกค้าในกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการพิจารณาคัดเลือกขึ้น การที่เริ่มวาดผังงานสายธารแห่งคุณค่าจากด้านลูกค้าก่อน เนื่องจากลูกค้าเป็นผู้กำหนดคุณค่าที่แท้จริงของผลิตภัณฑ์ในสายธารคุณค่านั้น ๆ

ข. วาดผังงานด้านผู้จัดส่ง (Supplier) เป็นการใส่ภาพที่มีความหมายแทนสัญลักษณ์ของโรงงานเช่นเดียวกับของลูกค้า และกล่องระบุข้อมูลที่มุมบนด้านซ้ายของผังงานสายธารแห่งคุณค่า เพื่อใช้แสดงถึงผู้จัดส่งวัตถุดิบ ในการผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่ง ๆ อาจจะมีผู้จัดส่งวัตถุดิบมากกว่า 1 ราย ดังนั้นจะเลือกเฉพาะชิ้นส่วนที่สำคัญที่สุดที่จัดเป็นส่วนประกอบหลักของการผลิตมาทำการวาดผังงานสายธารแห่งคุณค่าเท่านั้น

ค. แสดงการเชื่อมโยงระหว่างลูกค้าและผู้จัดส่งวัตถุดิบ โดยใช้สัญลักษณ์การไหลของข้อมูล (Information Flow) ถ้าสัญลักษณ์เป็นแบบลูกศรหยัก จะแทนการไหลของข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์ และทำการระบุข้อมูลเกี่ยวกับการไหลของข้อมูล เช่น ความถี่ของการไหลของข้อมูล ได้ลูกศรนั้น ๆ กำกับไว้ด้วย

3.3.2 การวาดผังงานภายใน เป็นการวาดผังงานที่แสดงถึงกิจกรรมในสายการผลิตทั้งหมดที่เกิดขึ้นเฉพาะภายในบริษัทของเรา (บริษัทผู้ทำการผลิตและจัดส่งผลิตภัณฑ์) เท่านั้น ผู้วาดผังงานสายธารแห่งคุณค่าต้องทำการสังเกตสิ่งต่าง ๆ ในระบบการทำงานจริง เพื่อเก็บรวบรวมรายละเอียดทั้งหมด การวาดผังงานสายธารแห่งคุณค่าต้องเริ่มจากกระบวนการหลังสุดย้อนกลับไปข้างหน้า เช่น จากฝ่ายจัดส่งผลิตภัณฑ์ (Shipping) ย้อนกลับไปยังฝ่ายรับวัตถุดิบจากผู้จัดส่งวัตถุดิบ

4. การวิเคราะห์ผังงานสายธารแห่งคุณค่าของสถานะปัจจุบัน (Analysis Map)

เป็นการนำผังงานสายธารแห่งคุณค่าที่ได้สร้างเสร็จแล้วมาทำการวิเคราะห์และปรับปรุง โดยใช้หลักการกำจัดกิจกรรมสูญเปล่าที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์และลูกค้า ออกจากสายการผลิต เพื่อให้ได้กระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพดีกว่าเดิม

การวิเคราะห์หากิจกรรมสูญเปล่าในสายการผลิตด้วยการใช้ผังงานสายธารแห่งคุณค่านั้น ผังงานสายธารแห่งคุณค่าจะแสดงกิจกรรมสูญเปล่าต่าง ๆ ให้เห็นได้ ดังนี้

4.1 การผลิตที่มากเกินไป ความจำเป็น ผังงานสายธารแห่งคุณค่าสามารถแสดงโดยสัญลักษณ์การเก็บวัสดุคงคลังในขั้นตอนสุดท้ายของสายการผลิตก่อนทำการจัดส่งให้ลูกค้า โดยเมื่อนำจำนวนวัสดุคงคลังมาเปรียบเทียบกับจำนวนความต้องการผลิตภัณฑ์ของลูกค้า จะทำให้ทราบถึงจำนวนของผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการผลิตไว้เกินความจำเป็น การกำจัดกิจกรรมสูญเปล่าจากการผลิตที่มากเกินไปสามารถแก้ไขได้ โดยการใช้ระบบควบคุมการผลิตแบบดึงที่เกิดจากความต้องการของลูกค้า

4.2 การรอคอยและการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น กิจกรรมสูญเปล่าทั้ง 2 ประเภทจะไม่สามารถแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนจากผังงานสายธารแห่งคุณค่า แต่สามารถสังเกตได้จากขณะทำการสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูล ก่อนทำการวาดผังงานสายธารแห่งคุณค่าเพื่อทำการสร้างผังงานขึ้น ถ้าเวลาในขั้นตอนการผลิตใดมีค่ามากจนผิดปกติ แสดงว่าอาจจะมีารรอคอยเกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตนั้น ๆ ดังนั้นควรลดเวลารอคอยให้เหลือน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย และอาจจัดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นของพนักงาน ด้วยการวางผังโรงงานให้เหมาะสม หรือมีการจัดวางเครื่องมือ เครื่องใช้ เครื่องจักรให้เอื้อต่อการเคลื่อนที่ของพนักงานให้มากที่สุด

4.3 ความสูญเสียจากการขนส่ง แสดงด้วยรูปรถบรรทุก ความสูญเสียประเภทนี้สามารถเกิดขึ้นทั้งในส่วนของผู้ที่สำหรับการจัดเก็บรักษาวัสดุคงคลังและในระหว่างกระบวนการผลิต บางครั้งการเคลื่อนย้ายก็มีความจำเป็นสำหรับกระบวนการผลิต จนไม่สามารถทำการกำจัดทิ้งได้ แต่สามารถทำให้ลดลงได้ โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การปรับปรุงผังโรงงานขึ้นมาใหม่ เป็นต้น

4.4 การดำเนินงานที่ไม่เหมาะสม กิจกรรมสูญเสียประเภทนี้สามารถสังเกตได้จากกระบวนการต่าง ๆ ในผังงานสายธารแห่งคุณค่า เช่น การมีผังโรงงานไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายไปมามาก หรือการใช้เครื่องจักรใหญ่ ๆ ที่มีความสามารถในการผลิตครั้งละมาก ๆ มาทำการผลิตสินค้าทีละจำนวนน้อย ๆ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายที่เกินความจำเป็น หากมีกระบวนการผลิตที่ไม่จำเป็นหรือไม่เหมาะสมเกิดขึ้นในสายการผลิต และสามารถทำการกำจัดออกจากสายการผลิตได้ก็ต้องรีบดำเนินการในทันที แต่ถ้าไม่สามารถกำจัดทิ้งได้ก็ควรปรับปรุงกระบวนการผลิตขึ้นมาใหม่ให้มีความเหมาะสมมากกว่าเดิม

4.5 วัสดุคงคลังที่ไม่จำเป็น ผังงานสายธารแห่งคุณค่าสามารถแสดงกิจกรรมสูญเสียประเภทนี้ได้จากสัญลักษณ์รูปสามเหลี่ยมที่แทนการจัดเก็บวัสดุคงคลัง โดยจะมีการระบุจำนวนของวัสดุคงคลังที่ได้เก็บรักษากำกับไว้ได้สัญลักษณ์ดังกล่าว และมีเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาวัสดุคงคลังเหล่านั้นแสดงไว้ที่เส้นแสดงเวลาด้านล่าง การกำจัดวัสดุคงคลังที่ไม่จำเป็นสามารถทำได้โดยการปรับให้สายการผลิตมีการไหลของงานเป็นแบบไหลไปทีละชิ้น (One Piece Flow) หรือใช้ระบบควบคุมการผลิตแบบดึง (Pull System)

4.6 ความชำรุดบกพร่องในตัวผลิตภัณฑ์ สามารถพิจารณาได้จากข้อมูลที่แสดงในกล่องบันทึกข้อมูลหรือจุดที่มีการเก็บรักษาวัสดุคงคลัง เพื่อรอคอยการแก้ไขงาน สามารถทำการกำจัดกิจกรรมสูญเสียประเภทนี้ได้ โดยพยายามทำให้เกิดความผิดพลาดในการผลิตให้น้อยที่สุด และเมื่อเกิดขึ้นในขั้นตอนใดก็ควรทำการแก้ไขในทันที ไม่ควรปล่อยไว้จนกระบวนการสุดท้ายแล้วจึงแก้ไข เพราะจะทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก

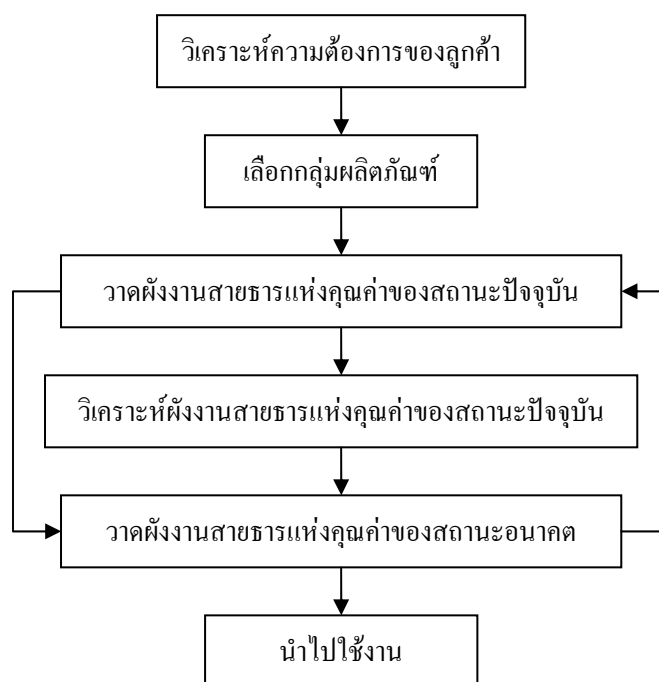
5. การวาดผังงานสายธารแห่งคุณค่าของสถานะอนาคต (Future State Drawing) และการนำไปใช้

การวาดผังงานสายธารแห่งคุณค่าของสถานะอนาคต จะเป็นการวาดแผนภาพสายการผลิตใหม่ที่ได้ หลังจากทำการกำจัดกิจกรรมสูญเสียต่าง ๆ ออกจากสายการผลิต และทำการปรับปรุงสายการผลิตใหม่ โดยใช้วิธีการหรือความรู้ต่าง ๆ เนื่องจาก การปรับปรุงสายการผลิตที่ได้

ออกแบบขึ้นมาใหม่นี้ยังไม่ได้นำมาใช้ในระบบการทำงานจริง ดังนั้นบางครั้งอาจใช้การจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วย เพื่อให้สามารถทราบถึงประสิทธิภาพต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป

ถ้าสายการผลิตใหม่ที่ได้ปรับปรุงขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าสายการผลิตที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ก็ควรนำสายการผลิตแบบใหม่ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้ในระบบการทำงานจริง แต่ถ้ายังพบว่า สามารถทำการปรับปรุงหรือกำจัดกิจกรรมสูญเปล่าในขั้นตอนใดได้อีก ก็สามารถปรับให้พลังงานสายธารแห่งคุณค่าของสถานะอนาคตกลายเป็นพลังงานสายธารแห่งคุณค่าของสายการผลิตในปัจจุบัน และวาดพลังงานสายธารแห่งคุณค่าของสถานะอนาคตใหม่ได้

ขั้นตอนการสร้าง วิเคราะห์ และประยุกต์ใช้พลังงานสายธารแห่งคุณค่า สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1 และตารางที่ 1 จะแสดงสัญลักษณ์และความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในพลังงานสายธารแห่งคุณค่า



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการสร้าง วิเคราะห์ และประยุกต์ใช้พลังงานสายธารแห่งคุณค่า

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์และความหมายของสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในผังงานสายธารแห่งคุณค่า

สัญลักษณ์	ชื่อเรียก	ความหมาย
	Factory	- ใช้แสดงแทน ผู้จัดส่งวัตถุดิบ โดยเขียนอยู่มุมด้านซ้ายบนของผังงาน ผู้จัดส่งวัตถุดิบจะเป็นจุดเริ่มต้นการไหลของวัสดุ - ใช้แสดงแทน ลูกค้า โดยเขียนอยู่มุมบนด้านขวาของผังงาน และลูกค้าจะเป็นจุดสิ้นสุดการไหลของวัสดุ
	Manufacturing Process	- ใช้แสดงถึง ขั้นตอนหรือกระบวนการผลิตใด ๆ ในสายการผลิต ที่เกิดการไหลของวัสดุ - ใช้สัญลักษณ์นี้ 1 ภาพแทน 1 ขั้นตอนในการผลิต
	Data Box	- จะอยู่ใต้สัญลักษณ์อื่น และใช้เพื่อบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ของสัญลักษณ์ที่อยู่ด้านบน - ถ้าอยู่ใต้สัญลักษณ์ Factory จะบันทึกข้อมูลด้านความถี่ในการจัดส่ง และปริมาณความต้องการวัตถุดิบต่อช่วงเวลา เป็นต้น - ถ้าอยู่ใต้สัญลักษณ์ Manufacturing Process จะบันทึกข้อมูลต่าง ๆ เช่น 1. รอบเวลาการผลิต (Cycle Time; CT) 2. เวลาในการเปลี่ยนรุ่นการผลิต (Changeover Time; C/O) 3. เวลาปฏิบัติงานทั้งหมด (Total Available Time) 4. ร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริง (Uptime)
	Inventory	- ใช้แสดง จำนวนของวัสดุคงคลังที่สะสมไว้ในตำแหน่งต่าง ๆ ของสายการผลิต - ใช้แสดงแทน สถานที่ ที่ได้มีการจัดเก็บวัสดุคงคลังทั้งในรูปของวัตถุดิบ งานระหว่างการผลิต และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
	Shipment	- ใช้แสดงถึง การไหลของวัสดุในรูปวัตถุดิบที่รับจากผู้จัดส่งเข้ามาสู่แผนกรับวัตถุดิบ - ใช้แสดง การไหลของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากแผนกขนส่งไปสู่ลูกค้า
	Truck	- ใช้แสดงถึง การเคลื่อนย้าย การขนส่งทั้งภายในและภายนอกบริษัท - ใช้แสดง ข้อมูลด้านความถี่ในการขนย้าย

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สัญลักษณ์	ชื่อเรียก	ความหมาย
	Push	- ใช้แสดง การไหลแบบผลักของงานระหว่างการผลิตจากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง
	Supermarket	- ใช้แสดง การเก็บวัสดุคงคลังแบบ Supermarket ซึ่งการเก็บวัสดุคงคลังแบบนี้จะขึ้นอยู่กับพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า - ถ้าการไหลของวัสดุในสายการผลิตเป็นแบบต่อเนื่องหรือไหลทีละชิ้น ก็สามารถตัดการใช้สัญลักษณ์นี้ออกไปได้ - ถ้าการไหลของวัสดุในสายการผลิตเป็นแบบ Batch จะใช้สัญลักษณ์นี้วางอยู่ระหว่างขั้นตอนการผลิต 2 ขั้นตอน เพื่อป้องกันกิจกรรมสูญเสียประเภทการผลิตที่มากเกินไป - สามารถใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับ เพื่อให้เห็นความต้องการของลูกค้า
	Material Pull	- ใช้แสดง การไหลของงานระหว่างการผลิตที่ถูกควบคุมโดยระบบการผลิตแบบดึง (Pull System) - นิยมใช้คู่กับสัญลักษณ์ Supermarket เพื่อแสดงถึงขั้นตอนการผลิตทำการจัดส่งงานระหว่างการผลิตเข้าสู่ Supermarket
	FIFO Lane	- ใช้เพื่อแสดงให้ผู้จัดส่งทำการผลิตและจัดส่งผลิตภัณฑ์ตามทดแทนผลิตภัณฑ์ที่จัดเก็บใน FIFO ที่ได้ถูกใช้ไป - ถ้าหากจำนวนที่จัดเก็บใน FIFO เต็ม ผู้จัดส่งจะหยุดทำการผลิต ซึ่งสามารถช่วยป้องกันไม่ให้ผู้จัดส่งทำการผลิตและจัดส่งเกิน - ในสัญลักษณ์นี้ มีการระบุปริมาณวัสดุคงคลังที่สามารถจัดเก็บได้มากที่สุดกำกับไว้ด้วย
	Manual Info	- ใช้แสดง การไหลของข้อมูลแบบเอกสาร หรือรายงานทั่วไป และต้องมีการระบุความถี่ในการไหลของข้อมูล
	Electronic Info	- ใช้แสดง การไหลของข้อมูลที่สื่อสารกันด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น Internet, Electronic Data Interchange (EDI), Local Area Network (LAN) หรือ Wide Area Network (WAN) เป็นต้น - จะมีการระบุความถี่ของการไหล ชนิดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งาน และชนิดของข้อมูลที่ทำให้การแลกเปลี่ยนกำกับไว้ด้วย
	Production Kanban	- เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้ เพื่อบอกให้ขั้นตอนการผลิตก่อนหน้าทำการผลิตและจัดส่งงานระหว่างการผลิตไปยังขั้นตอนการผลิตถัดไป - จะเป็นการ์ดหรือเครื่องมือบอกปริมาณที่ต้องผลิต และยังเป็นสัญลักษณ์ที่สั่งให้สามารถทำการผลิตได้

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สัญลักษณ์	ชื่อเรียก	ความหมาย
	Withdrawal Kanban	- เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แทน การซื้อหรือการเบิกของจาก Supermarket ไปใช้ - จะเป็นการ์ดหรือเครื่องมือต่าง ๆ ที่สามารถบอกให้พนักงานทำการเบิกของตามจำนวนที่ระบุไว้จาก Supermarket ได้
	Signal Kanban	- ใช้เมื่อระดับคงคลังระหว่างการผลิตที่เก็บไว้ใน Supermarket ลดลงถึงระดับต่ำสุดที่กำหนดไว้ - เมื่อสัญลักษณ์นี้ส่งไปถึงขั้นตอนการผลิตใด จะเป็นการให้ขั้นตอนการผลิตนั้น มีการเปลี่ยนแปลงสถานะเพื่อสามารถทำการผลิตตามปริมาณที่กำหนดไว้ในคัมบังได้
	Sequenced Pull	- ใช้แสดงแทน ระบบควบคุมการผลิตแบบดึง โดยจะมีคำแนะนำให้แก่ขั้นตอนการผลิต ถึงชนิดและปริมาณที่ต้องทำการผลิตต่อหนึ่งหน่วย โดยปราศจากการใช้ Supermarket
	Load Leveling	- เป็นเครื่องมือที่ใช้เหมือนเป็นคัมบังแบบ Batch โดยจะแสดงถึงระดับปริมาณการผลิตและช่วงเวลา
	Kaizen Burst	- ใช้แสดงถึง สิ่งที่ต้องทำการปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่องด้วยวิธีการหรือแนวทางต่าง ๆ ตามที่ระบุไว้ เพื่อให้ได้มาซึ่งสถานะอนาคตของสายการผลิตที่ได้ทำการปรับปรุงแล้ว
	Safety Stock	- ใช้แสดงแทน การเก็บวัสดุคงคลังแบบเผื่อไว้ชั่วคราว เพื่อป้องกันปัญหาที่เกิดขึ้นกับสายการผลิต เช่น เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับความต้องการของลูกค้าอย่างกะทันหัน หรือระบบการผลิตเกิดความขัดข้อง เป็นต้น - ต้องมีนโยบายที่ชัดเจนว่าเมื่อไรควรมี Safety Stock และถ้ามีควรมีอยู่ที่ระดับจำนวนเท่าใด
	Operator	- ใช้แสดงแทน ผู้ปฏิบัติงานหรือพนักงาน โดยจะเขียนไว้ใน Manufacturing Process - จะมีการระบุจำนวนผู้ปฏิบัติงานกำกับไว้สำหรับขั้นตอนการผลิตนั้น ๆ

ที่มา: Djumin *et al.* (2001)

6. ข้อดีและข้อจำกัดของผังงานสายธารแห่งคุณค่า

6.1 ข้อดีของผังงานสายธารแห่งคุณค่า มีดังนี้

6.1.1 สามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ภายในโซ่อุปทาน ทั้งในด้านการไหลของวัสดุและการไหลของข้อมูล

6.1.2 สามารถรวมการไหลทั้งของวัสดุและข้อมูลให้อยู่ในแผนภาพเดียวกันได้

6.1.3 เป็นการสร้างภาษาพื้นฐาน สำหรับความเข้าใจเดียวกันในกระบวนการผลิต

6.1.4 ทำให้มองเห็นกิจกรรมสูญเสียเปล่าที่มีอยู่ในสายการผลิต และแหล่งที่มาของกิจกรรมสูญเสียเปล่าเหล่านั้น จนสามารถทำการกำจัดออกจากสายการผลิตได้อย่างเหมาะสม

6.2 ข้อจำกัดของผังงานสายธารแห่งคุณค่าคือ ไม่สามารถทำการวัดผลทางเศรษฐศาสตร์ เช่น ผลกำไร ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน หรือการเก็บวัสดุคงคลังได้

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจำลองสถานการณ์

1. คำจำกัดความของการจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในด้านต่าง ๆ ซึ่งได้รับความสนใจมาตั้งแต่อดีต และจากความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์จึงทำให้การจำลองสถานการณ์ถูกนำไปใช้ในการแก้ปัญหาย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้น

การจำลองสถานการณ์คือ กระบวนการออกแบบแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลอง เพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลจากการใช้กลยุทธ์ (Strategies) ต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้ การจำลองสถานการณ์แบ่งเป็นสองส่วนสำคัญคือ การสร้างแบบจำลอง และการนำแบบจำลองไปใช้งานเชิงวิเคราะห์ ดังนั้นจะพบว่า กลไกของการจำลองสถานการณ์ขึ้นกับแบบจำลองและการใช้แบบจำลอง แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์อาจเป็นหุ่น เป็น

ระบบ หรือแนวความคิดแบบใดแบบหนึ่ง โดยไม่จำเป็นต้องเหมือนกับระบบงานจริงแต่ต้องสามารถช่วยให้เข้าใจในระบบงานจริง เพื่อให้สามารถอธิบายพฤติกรรมและสามารถทำการปรับปรุงการดำเนินงานของระบบงานจริงได้ (ศิริจันทร์, 2544)

2. ประเภทของแบบจำลองสถานการณ์

แบบจำลองสถานการณ์ จะแบ่งประเภทได้ 3 ประเภท (Banks *et al.*, 2005) ดังนี้

2.1 แบบจำลองแบบสถิต (Static Model) กับแบบจำลองแบบพลวัต (Dynamic Model)

การจำลองสถานการณ์แบบสถิต เป็นการจำลอง ณ เวลาหนึ่ง โดยที่เวลาไม่ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการจำลอง การจำลองสถานการณ์นี้มีชื่อเรียกอีกชื่อว่า การจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation) เช่น การจำลองตัวแบบทางการเงิน ส่วนการจำลองแบบพลวัต เป็นการจำลองระบบที่สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาได้ เช่น การจำลองระบบแถวคอย เป็นต้น

2.2 แบบจำลองแบบต่อเนื่อง (Continuous Model) กับแบบจำลองแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Model)

การจำลองสถานการณ์แบบต่อเนื่อง เป็นการจำลองที่สามารถทราบสถานะของระบบได้ตลอดเวลา เช่น ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่มีการไหลเข้า-ออก เป็นต้น ส่วนการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง เป็นการจำลองระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง ณ เวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น

2.3 แบบจำลองแบบเชิงกำหนด (Deterministic Model) กับแบบจำลองแบบสุ่ม (Stochastic Model)

การจำลองสถานการณ์แบบเชิงกำหนด เป็นการจำลองสถานการณ์แบบไม่มีความเสี่ยง เนื่องจากข้อมูลป้อนเข้าไม่ได้เป็นแบบสุ่ม (Non-Random Input Data) จึงไม่ก่อให้เกิดความแปรปรวน ทุกอย่างเกิดขึ้นในปริมาณที่แน่นอน แต่การจำลองสถานการณ์แบบสุ่ม จะใช้ข้อมูลป้อนเข้าแบบสุ่ม จึงทำให้มีความแปรปรวนหรือมีความเสี่ยงในข้อมูล

3. ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

แบบจำลองสถานการณ์ไม่จำเป็นต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ในการแก้ไขปัญหาเสมอไป แต่ปัญหาส่วนใหญ่ในปัจจุบันจะมีความยุ่งยากซับซ้อน ดังนั้นจึงต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ในการคำนวณหาข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการสำหรับการวิเคราะห์หาวิธีการแก้ปัญหา (ศิริจันทร์, 2544)

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์จะประกอบด้วย 12 ขั้นตอนหลัก (Banks *et al.*, 2005) ดังนี้

3.1 การตั้งปัญหา (Problem Formulation) เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดของการจำลองสถานการณ์ เพราะหากผู้ศึกษาทำการกำหนดปัญหาที่ต้องการแก้ไขได้ไม่เหมาะสม จะทำให้ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

3.2 การกำหนดวัตถุประสงค์และวางแผนทั้งโครงการ (Setting of Objectives and Overall Project Plan) เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ที่ต้องการแก้ไขปัญหา และวัตถุประสงค์ที่ถูกกำหนดขึ้นจะเป็นโจทย์ของการจำลองสถานการณ์ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาโครงการโดยรวมในทุก ๆ ด้าน เช่น จำนวนคน ค่าใช้จ่าย และระยะเวลาที่ทำการศึกษาของทั้งโครงการให้มีความเหมาะสม

3.3 การสร้างแนวคิดของแบบจำลอง (Model Conceptualization) เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากระบบการทำงานจริงมาใช้สร้างแบบจำลอง แบบจำลองที่สร้างขึ้นต้องสามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ และแบบจำลองจะมีความถูกต้องได้นั้น ผู้สร้างแบบจำลองจะต้องมีความเข้าใจในระบบงานที่ทำการศึกษา ตลอดจนถ่ายทอดระบบงานมาเป็นแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection) การเก็บข้อมูลได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมจะมีความสำคัญต่อผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ ข้อมูลที่ใช้จะมาจากแหล่งข้อมูลสองแหล่ง คือ แหล่งข้อมูลภายในระบบ ซึ่งหาได้จากเอกสารภายในและฐานข้อมูลในโรงงาน และแหล่งข้อมูลภายนอกระบบ เช่น ข้อมูลจากบริษัทที่จำหน่ายสินค้าให้บริษัท เป็นต้น นอกจากนี้ข้อมูลยังสามารถได้มาจากการวัดผล การสังเกตการณ์ และการสัมภาษณ์บุคลากรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ผู้ศึกษาวิจัยควรจะมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับมา ก่อนนำ

ข้อมูลไปใช้งาน การเก็บข้อมูลจะใช้เวลาค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทำการจำลองสถานการณ์ และต้องทำการเก็บข้อมูลให้เร็วที่สุด

3.5 การแปลงแนวความคิดของแบบจำลองเป็นแบบจำลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Model Translation) เป็นการนำข้อมูลจากระบบการทำงานจริง มาเปลี่ยนแปลงให้อยู่ในรูปของค่าเชิงปริมาณที่แทนพฤติกรรมต่าง ๆ ของระบบ เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้ภาษาหรือซอฟต์แวร์ที่เหมาะสม จนสามารถนำไปหาผลลัพธ์ที่ต้องการได้ ค่าเชิงปริมาณสามารถอยู่ในรูปของตัวแปร พารามิเตอร์ และฟังก์ชันต่าง ๆ ทางสถิติ ความถูกต้องของค่าเชิงปริมาณขึ้นอยู่กับความเข้าใจในระบบการทำงานจริงของผู้ศึกษา ความเชื่อถือได้ของข้อมูล และวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.6 การตรวจสอบความถูกต้อง (Verification) เป็นการตรวจสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่ามีความถูกต้องและสามารถใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นแทนระบบการทำงานจริงได้ อีกทั้งยังเป็นการป้องกันข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นกับแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้น

3.7 การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองได้จริง (Validation) เป็นการเปรียบเทียบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นแตกต่างกับพฤติกรรมของระบบการทำงานจริงอย่างไร เพื่อนำความแตกต่างที่เกิดขึ้นมาทำการแก้ไขแบบจำลอง โดยจะซ้ำ ๆ จนกว่าแบบจำลองจะมีความถูกต้องอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ขั้นตอนนี้จะช่วยให้ผู้สร้างและผู้ใช้แบบจำลองมั่นใจได้ว่าแบบจำลองที่ได้นั้นสามารถใช้แทนระบบการทำงานจริงได้ จนทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

3.8 การออกแบบการทดลอง (Experimental Design) เป็นการหาแนวทางในการแก้ไขพัฒนาปรับปรุงระบบการทำงานจริงให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ โดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการทราบในด้านต่าง ๆ และการออกแบบการทดลองที่ดีควรมีการกำหนดระยะเวลาการเริ่มต้น และจำนวนรอบทำซ้ำในแต่ละแนวทางที่ทำการพิจารณาให้เหมาะสม เพราะจะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายและระดับความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ต้องการ

3.9 การทดลองและวิเคราะห์ผล (Computational Experiment: Results and Analysis) เป็นขั้นของการดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองที่ได้ออกแบบไว้ โดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง

3.10 การทดลองซ้ำเพิ่มเติม (More Runs) เป็นการตัดสินใจว่า ต้องมีการทดลองซ้ำเพิ่มเติมหรือไม่ ต้องมีการปรับแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมอีกหรือไม่ เพื่อให้สามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น

3.11 การจัดทำเอกสารและรายงานผล (Documentation and Reporting) เอกสารจะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ เอกสารที่เกี่ยวกับตัวโปรแกรม (Program) และเอกสารที่แสดงความก้าวหน้าของโครงการ (Progress) เอกสารที่เกี่ยวกับตัวโปรแกรมจะเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมาก ถ้าหากมีการนำตัวโปรแกรมมาใช้งานอีกครั้ง โดยนักวิเคราะห์คนเดิมหรือเปลี่ยนคนไป นักวิเคราะห์จำเป็นต้องมีความเข้าใจในการทำงานของโปรแกรม และหากนักวิเคราะห์ต้องทำการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงโปรแกรม เอกสารที่มีจะทำให้การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสามารถทำได้สะดวกมากขึ้น และเอกสารที่เกี่ยวกับตัวโปรแกรมจะทำให้ผู้ใช้แบบจำลองสามารถเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ เพื่อเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ที่เป็นปัจจัยป้อนเข้า (Input) และผลลัพธ์ (Output) หรือช่วยในการค้นหาพารามิเตอร์ที่เป็นปัจจัยป้อนเข้าที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง นอกจากนี้ เอกสารที่เป็นการแสดงความก้าวหน้าของโครงการก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน โดยเอกสารส่วนนี้จะบอกถึงประวัติของโครงการการจำลองสถานการณ์ ช่วยในการลำดับเหตุการณ์การทำงานและสิ่งที่เป็นปัจจัยในการตัดสินใจต่าง ๆ ความถี่ในการรายงานผลความก้าวหน้าของโครงการจะขึ้นกับลักษณะรูปแบบของโครงการ หรือกฎเกณฑ์ที่ได้มีการกำหนดไว้

3.12 การนำผลไปใช้จริง (Implementation) เป็นการนำผลการวิเคราะห์ที่ดีที่สุด ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์มาแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นกับระบบการทำงานจริง การนำผลไปใช้จริงจะประสบความสำเร็จได้ จะขึ้นอยู่กับการทำขั้นตอนต่าง ๆ ข้างต้นได้อย่างถูกต้อง หากผู้ใช้แบบจำลองได้มีส่วนร่วมในการสร้างแบบจำลองและมีความเข้าใจในธรรมชาติของแบบจำลอง พร้อมทั้งผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ ก็จะช่วยให้การดำเนินการมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นในทางตรงกันข้าม ถ้าแบบจำลองไม่มีความถูกต้องก็อาจจะทำให้การนำไปใช้จริงไม่ประสบความสำเร็จ

4. ประโยชน์ของการใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการแก้ปัญหา

แบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากแบบจำลองมีประโยชน์ในด้านต่าง ๆ (Banks *et al.*, 2005) ดังนี้

4.1 สามารถใช้ทำการทดสอบนโยบายใหม่ต่าง ๆ เช่น ขั้นตอนการปฏิบัติงาน และการจัดการองค์กรได้ โดยไม่รบกวนการทำงานของระบบงานจริง

4.2 ทำให้เข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อระบบการทำงาน

4.3 ทำให้เข้าใจถึงปัจจัยที่มีความสำคัญ และส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบได้

4.4 สามารถทำการวิเคราะห์จุดคอขวด (Bottleneck) ของขั้นตอนการทำงาน จนสามารถทำการแก้ไขปรับปรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.5 สามารถทำการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่จะส่งผลต่อการพิจารณาตัดสินใจในการออกแบบระบบใหม่ต่าง ๆ ได้

5. ข้อจำกัดของการใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการแก้ปัญหา

ข้อจำกัดของการใช้แบบจำลองสถานการณ์ เพื่อการแก้ปัญหา (ศิริจันทร์, 2544) มีดังนี้

5.1 การที่จะได้มาซึ่งแบบจำลองที่ดีและได้รับความน่าเชื่อถือ ต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก รวมทั้งต้องอาศัยความรู้ความชำนาญ และความเข้าใจที่แท้จริงต่อระบบงานนั้น ๆ ด้วย

5.2 การจำลองสถานการณ์ไม่สามารถให้ค่าที่เป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และไม่สามารถวัดขนาดของความแม่นยำได้

5.3 การจำลองสถานการณ์ไม่สามารถให้ผลลัพธ์ได้ ถ้าปราศจากข้อมูลที่เป็นจริงและเพียงพอ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การจำลองสถานการณ์

เนื่องจากการจำลองสถานการณ์สามารถช่วยให้นักวิจัยได้ทำการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงาน หรือประเมินผลจากการใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ หรือทำการทดสอบแนวทางในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงระบบการทำงานอย่างล่องผิดลองถูกในด้านต่าง ๆ ซ้ำกันได้หลายรอบ โดยไม่รบกวนต่อระบบการทำงานจริง จึงช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการทดสอบ นอกจากนี้การจำลองสถานการณ์ยังสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ให้คงที่ตลอดการทดลอง ซึ่งการอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบเดียวกันจะทำให้สามารถเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองได้อย่างถูกต้องและเป็นกลาง ดังนั้นการจำลองสถานการณ์จึงถูกนำไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างแพร่หลาย ดังเช่นงานวิจัยต่อไปนี้

หุทัย (2546) ได้ทำการจัดสมมูลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์โดยการใช่แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ นักวิจัยได้ทำการจัดสมมูลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์จากการประยุกต์ใช้การจัดสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวด้วยวิธี COMSOAL ผลจากการจำลองสถานการณ์พบว่า การจัดสมมูลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี COMSOAL พร้อมทำการปรับตั้งค่าความเร็วสายพานให้เหมาะสม จะทำให้ได้สายการประกอบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ได้จำนวนผลผลิตมากที่สุด และมีเวลาที่ขึ้นงานอยู่ในระบบน้อยที่สุด

จิรวดี และคณะ (2548) ได้ศึกษาหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของแผนกควบคุมการผลิตโรงงานผลิตอุปกรณ์กล้องถ่ายรูป นักวิจัยได้เสนอแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานไว้ 4 แนวทางดังนี้ (1) ทำการลดจำนวนพนักงานจาก 5 คนเหลือ 4 คน (2) ทำการลดจำนวนพนักงานจาก 5 คนเหลือ 3 คน (3) ทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันสำหรับการประมวลผลการวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirement Planning; MRP) และ (4) ทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันสำหรับการประมวลผลการวางแผนความต้องการวัสดุ พร้อมทั้งเปลี่ยนแปลงจำนวนพนักงานจาก 5 คนเป็น 6 คน จากนั้นนักวิจัยจึงทำการทดสอบประสิทธิภาพของแต่ละแนวทางโดยการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ และทำการวัดประสิทธิภาพของแต่ละแนวทางด้วยการใช้หลักการประเมินผลการดำเนินงานเชิงดุลยภาพ (Balanced Scorecard) ผลจากการจำลองสถานการณ์พบว่า การเพิ่มวุฒิในการประมวลผลการวางแผนความต้องการวัสดุ

จะเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานโดยรวมได้ถึง 12.10% และเป็นแนวทางที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางอื่น ๆ ที่ได้ทำการศึกษาร่วมกัน

เมธินี และคณะ (2548) ได้พิจารณาหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตเตปป์มอเตอร์ (Stepping Motor) ของโรงงานผลิตอุปกรณ์กล้องถ่ายภาพ นักวิจัยได้นำแนวคิดระบบการผลิตแบบลีนที่มุ่งกำจัดกิจกรรมสูญเปล่าออกจากสายการผลิต เข้ามาใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพโรงงานกรณีศึกษา จนทำให้ได้แนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตอยู่ 4 แนวทางดังนี้ (1) ทำการปรับปรุงโดยการปรับเพิ่ม และ/หรือ ลดจำนวนพนักงานและเครื่องมือ (2) ทำการปรับปรุงโดยการลดการเคลื่อนย้ายวัสดุ (Handling Reduction) (3) ทำการปรับปรุงโดยการทำสมดุลสายการผลิต (Line Balancing) และ (4) ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยการประยุกต์ใช้ทั้ง 3 แนวทางเบื้องต้นร่วมกัน จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพของแต่ละแนวทางโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ และทำการวัดประสิทธิภาพของแต่ละแนวทางด้วยการใช้แนวคิดการวัดผลการดำเนินงานเชิงดุลยภาพ (Balanced Scorecard) ผลจากการจำลองสถานการณ์พบว่า การประยุกต์ใช้ทั้ง 3 แนวทางร่วมกัน จะสามารถเพิ่มจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตได้ในช่วงระยะเวลา 20 วันของแบบจำลอง ขึ้นจากจำนวน 122,603 ชิ้น เป็น 150,896 ชิ้น และยังเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานโดยรวมของโรงงานกรณีศึกษาจาก 35.14% เป็น 49.54%

อริป และคณะ (2548) ได้นำเทคนิคการจำลองสถานการณ์มาใช้เพื่อสร้างสายการผลิตแบบลีน โดยมีกรณีศึกษาเป็นอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ นักวิจัยมุ่งเน้นที่จะลดการรอคอยชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในสายการผลิต และลดระยะเวลานำในการผลิตสินค้า (Production Lead Time) ลง จากการศึกษาและวิเคราะห์สายการผลิต ทำให้นักวิจัยได้แนวทางในการแก้ปัญหาออกมาเป็น 2 แนวทางหลักคือ เพิ่มกำลังคน และนำอุปกรณ์การตรวจสอบแบบอัตโนมัติมาใช้งาน จากแนวทางหลัก 2 แนวทางนี้สามารถกำหนดทางเลือกในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานได้ 5 ทางเลือก จากนั้นนักวิจัยจึงทดสอบประสิทธิภาพของทั้ง 5 ทางเลือกผ่านแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้ทำการสร้างขึ้น ผลจากการจำลองสถานการณ์พบว่า การมีพนักงานในฝ่าย Visual Inspection จำนวน 5 คน มีเครื่องจักรในฝ่าย Production Sorting จำนวน 10 เครื่อง และมีพนักงานในฝ่าย Out Going จำนวน 4 คน จะสามารถลดปริมาณงานรอทำการตรวจสอบจาก 84 ชิ้น เหลือเพียง 1 ชิ้น และลดระยะเวลานำในการผลิตสินค้าจาก 9,660 วินาที เหลือเพียง 65.67 วินาที และจากการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายยังพบว่า การแก้ปัญหาโดยวิธีนี้จะมีค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำกว่าทางเลือกอื่นอยู่ 689,680 บาทอีกด้วย

Owens and Levary (2002) ได้ประเมินทางเลือกของการออกแบบสายการผลิตอาหารแบบเอ็กซ์ทรูด (Extruded Food) โดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ ผลจากการจำลองสถานการณ์พบว่า สายการผลิตอาหารที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างไปจากสายการผลิตแบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน แต่สายการผลิตแบบใหม่สามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตลงได้ 2.5 ล้านเหรียญสหรัฐต่อปี

Gujarathi *et al.* (2004) ได้ประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์เพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตตัวดูดซับแรงกระแทก (Shock Absorber) โรงงานกรณีศึกษาได้ประสบปัญหาด้านเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรที่สูงมาก อีกทั้งในบางขั้นตอนของสายการผลิตจะมีเวลาในการประกอบชิ้นส่วนที่ยาวนานเกินไป ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ทำให้กำลังการผลิตที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อปริมาณอุปสงค์ที่กำลังเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นนักวิจัยจึงทำการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิต โดยการเพิ่มสถานีงาน เพิ่มเครื่องจักร และจัดสรรจำนวนพนักงานในเหมาะสมสำหรับแต่ละสถานีงาน นอกจากนี้ นักวิจัยยังได้เสนอให้พนักงานสามารถเคลื่อนย้ายจากสถานีงานที่ตนเองรับผิดชอบอยู่ไปทำงานในสถานีงานอื่นได้ เมื่อพนักงานได้ทำงานในหน้าที่ตนเองเสร็จแล้ว ผลที่ได้จากการปรับปรุงประสิทธิภาพผ่านแบบจำลองสถานการณ์พบว่า โรงงานกรณีศึกษาสามารถทำการผลิตตัวดูดซับแรงกระแทกได้เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 435 ชิ้นต่อวัน และยังสามารถเพิ่มอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานจาก 24.8% มาเป็น 55.8% นอกจากนี้ เมื่อทำการวิเคราะห์ทางการเงินแล้วพบว่า การปรับปรุงประสิทธิภาพโดยวิธีดังกล่าวจะสามารถช่วยเพิ่มกำไรให้โรงงานกรณีศึกษาได้ 32.0% ต่อปี

Sharpe *et al.* (2005) ได้ใช้การจำลองสถานการณ์ทำการวิเคราะห์กระบวนการตรวจสอบตู้สินค้าที่ทำการขนส่งทางเรือเข้าสู่ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยนักวิจัยต้องการหากระบวนการตรวจสอบที่รวดเร็ว มีประสิทธิภาพและมีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงมากนัก กระบวนการตรวจสอบจะพิจารณาปัจจัยทางด้านเวลา ด้านค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ และด้านความน่าจะเป็นในการตรวจสอบเป็นหลัก จากนั้นจะใช้ข้อมูลจากปัจจัยทั้ง 3 ด้านมาเป็นข้อมูลป้อนเข้าสำหรับแบบจำลองและใช้แบบจำลองทำการเปรียบเทียบ เพื่อให้ได้แนวทางในการตรวจสอบตู้ขนส่งสินค้าที่มีความเหมาะสมมากที่สุด และจากการทดลองผ่านแบบจำลองสถานการณ์จะทำให้ได้แนวทางที่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่น้อยที่สุด สามารถลดเวลารอคอยทำการตรวจสอบลงได้ สิ้นที่สุด และแนวทางดังกล่าวยังช่วยลดปริมาณตู้ขนส่งสินค้าที่ค้างอยู่ในท่าเรือลง 0.5% ของตู้ขนส่งสินค้าทั้งหมดที่เข้ามายังท่าเรือในแต่ละปี

2. ฟังงานสายธารแห่งคุณค่า

จากการที่ฟังงานสายธารแห่งคุณค่าสามารถใช้ทำการวิเคราะห์สายการผลิตหรือกระบวนการดำเนินงาน จนสามารถกำจัดกิจกรรมสูญเปล่าหรือลักษณะงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มออกจากสายการผลิตได้ จึงทำให้นักวิจัยทั้งหลายนิยมนำมาใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตหรือกระบวนการดำเนินงานในองค์กร เพื่อให้สายการผลิตสามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด แต่ทั้งนี้การปรับเปลี่ยนสายการผลิตหรือรูปแบบการดำเนินงานตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพที่ได้จากฟังงานสายธารแห่งคุณค่านั้น จะกระทำได้อย่างไร ดังนั้นนักวิจัยทั้งหลายจึงนิยมนำฟังงานสายธารแห่งคุณค่าควบคู่กับการจำลองสถานการณ์ ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยเหล่านี้

นราศรี (2545) ได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมการแปรรูปไก่ โดยการใช้เทคนิคฟังงานสายธารแห่งคุณค่าร่วมกับแบบจำลองอ้างอิงการปฏิบัติงานโซ่อุปทาน (Supply Chain Operation Reference Model; SCOR-Model) จากการนำเทคนิคฟังงานสายธารแห่งคุณค่ามาใช้เพื่อระบุกิจกรรมสูญเปล่าที่มีอยู่ในสายการผลิตปัจจุบันจนทำให้สามารถกำจัดหรือลดกิจกรรมสูญเปล่าเหล่านั้นลงได้ ผลจากการจำลองสถานการณ์พบว่า สายการผลิตที่ได้รับการปรับปรุงขึ้นใหม่จะสามารถลดรอบเวลานำในการรอคอยสินค้าจากเดิม 20 วัน ลงเหลือ 7 วัน สามารถปฏิบัติงานได้ตามคำสั่งซื้อของลูกค้าเพิ่มขึ้นจาก 3 งาน เป็น 5 งาน อีกทั้งสามารถช่วยลดจำนวนพนักงานลงจาก 133 คนเหลือเพียง 94 คน จึงทำให้มีร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงเพิ่มขึ้น 15.13%

Dennis *et al.* (2000) ได้ปรับปรุงประสิทธิภาพในการดำเนินงานของบริษัท บริติชคอมมูนิกะชั่น จำกัด (มหาชน) โดยอาศัยเทคนิคคลีน นักวิจัยได้นำฟังงานสายธารแห่งคุณค่าเข้ามาระบุกิจกรรมสูญเปล่าที่แฝงอยู่ในขั้นตอนการดำเนินงาน ซึ่งประกอบด้วย ความล่าช้าของการดำเนินงาน ความล่าช้าของการจัดส่ง และการตรวจสอบข้อมูลเพื่อการแก้ไขงาน แล้วทำการกำจัดขั้นตอนต่าง ๆ เหล่านั้นออกจากการดำเนินงาน จากนั้นนักวิจัยได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของขั้นตอนการดำเนินงานที่พัฒนาขึ้นใหม่กับรูปแบบการดำเนินงานที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน โดยการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ ผลจากการจำลองสถานการณ์พบว่า ขั้นตอนการดำเนินงานที่พัฒนาขึ้นใหม่สามารถลดรอบเวลาการทำงานลงได้ 7% ของพนักงานจำนวน 75% จากจำนวนพนักงานทั้งหมด และสามารถลดรอบเวลาการทำงานลงได้ 10% ของพนักงานจำนวน 22% จาก

จำนวนพนักงานทั้งหมด นอกจากนี้ขั้นตอนการดำเนินงานที่พัฒนาขึ้นใหม่ยังสามารถช่วยลดต้นทุนในการดำเนินงานลงได้อีกด้วย

Lian and Landeghem (2002) ได้ประยุกต์ใช้ผังงานสายธารแห่งคุณค่าและการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบควบคุมการผลิตแบบผลักกับระบบควบคุมการผลิตแบบดึง แล้วทำการวัดประสิทธิภาพผ่านตัววัดต่าง ๆ ดังนี้ (1) ปริมาณการผลิตเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา (Throughput Rate) (2) จำนวนวัสดุคงคลังระหว่างการผลิต (3) ระยะเวลาของการผลิต และ (4) สัดส่วนของคุณค่าที่เพิ่มขึ้น (Value – Added Ratio) ซึ่งทำการวัดค่าจากระยะเวลานำของการผลิตที่น้อยลง ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์พบว่า ระบบควบคุมการผลิตแบบดึงจะสามารถช่วยลดระยะเวลาของการผลิตลงได้ 78% และลดจำนวนวัสดุคงคลังระหว่างการผลิตลงจาก 60 หน่วยเหลือเพียง 14 หน่วย นอกจากนี้ระบบควบคุมการผลิตแบบดึงยังสามารถช่วยแก้ปัญหาคอขวด (Bottleneck) ของสายการผลิตลงได้อีกด้วย

Taylor (2005) ได้ทำการปรับปรุงห่วงโซ่อุปทานในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยการใช้เทคนิคการปรับปรุงห่วงโซ่คุณค่า (Value Chain) นักวิจัยได้ใช้อุตสาหกรรมเนื้อหมูสดในสหราชอาณาจักรเป็นกรณีศึกษา และทำการสร้างผังงานสายธารแห่งคุณค่าของห่วงโซ่อุปทานที่เป็นอยู่ในปัจจุบันขึ้น เพื่อระบุกิจกรรมสูญเสียที่สำคัญและปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น จากนั้นได้ทำการพิจารณาโอกาสและแนวทางในการกำจัดกิจกรรมสูญเสียเหล่านั้นออกจากห่วงโซ่อุปทาน จนทำให้ได้ห่วงโซ่อุปทานของสถานะอนาคตที่เป็นไปตามแนวคิดแบบลีน ในการปรับปรุงนี้นักวิจัยได้ระบุแนวทางปฏิบัติ (Action Plan) ที่ชัดเจน เช่น ต้องทำการพิจารณาอุปสงค์ที่เกิดขึ้นอย่างแท้จริง เพื่อป้องกันการเกิดอุปทานมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น เสริมสร้างการจัดการอุปสงค์ร่วมกันตลอดทั้งห่วงโซ่อุปทาน และต้องทำการศึกษาถึงความต้องการที่แท้จริงของลูกค้าทางด้านผลิตภัณฑ์เนื้อหมู ผลจากการปรับปรุงห่วงโซ่อุปทานได้ทำให้กลุ่มผู้ประกอบการที่เป็นกรณีศึกษา สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานลงได้ประมาณ 2 ล้านปอนด์ต่อปี

Shen and Han (2006) ได้ทำการวิเคราะห์ระบบการดำเนินงานในปัจจุบันของบริษัทผลิตไฟฟ้าในประเทศจีนซึ่งเป็นกรณีศึกษา พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงระบบการดำเนินงานด้วยการใช้ผังงานสายธารแห่งคุณค่า ผลจากงานวิจัยพบว่า การปรับปรุงระบบการดำเนินงานผ่านผังงานสายธารแห่งคุณค่าจะช่วยให้การไหลของข้อมูลมีประสิทธิภาพและรวดเร็วมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถช่วยเพิ่มผลกำไรของบริษัทให้สูงขึ้นด้วย

Abdulmalek and Rajgopal (2007) ได้ศึกษาถึงผลของการนำระบบการผลิตแบบลีนเข้ามาใช้ในโรงงานผลิตเหล็กกล้าที่เป็นกรณีศึกษา โดยนักวิจัยได้ใช้พนักงานสายธารแห่งคุณค่าเป็นเครื่องมือในการระบุขั้นตอนที่เป็นกิจกรรมสูญเปล่าเพื่อดำเนินการกำจัดออก และขั้นตอนต่าง ๆ ที่สามารถนำเทคนิคระบบการผลิตแบบลีนเข้ามาประยุกต์ใช้ได้ จากนั้นได้ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือเปรียบเทียบประสิทธิภาพสายการผลิตก่อนทำการปรับปรุงและภายหลังได้รับการปรับปรุงจากการนำเทคนิคระบบการผลิตแบบลีนมาใช้ ผลจากการจำลองสถานการณ์พบว่า เทคนิคระบบการผลิตแบบลีนสามารถลดระยะเวลานำในการผลิตจาก 48 วัน ให้เหลือน้อยกว่า 15 วัน และลดระดับวัสดุคงคลังระหว่างการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาลงจาก 96 ชิ้นงานเหลือเพียง 10 ชิ้นงาน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Computer Hardware) และคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ (Computer Software) ดังต่อไปนี้

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ที่มีหน่วยประมวลผลกลางเป็น Intel Pentium IV 1.70 GHz. หน่วยความจำ 768 MB และมีความจุของฮาร์ดดิสก์ 30 GB
2. โปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0 สำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่เลียนแบบสายการผลิตโรงงานกรณีศึกษา
3. โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 12.0 สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐานทางสถิติ

วิธีการ

การดำเนินงานศึกษาวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเก็บรวบรวม ศึกษา และวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสายการผลิตในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา และการหาลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูล

1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำวิจัยนี้ จะประกอบด้วยข้อมูล 2 ประเภท คือ

- 1.1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการสังเกต และการสัมภาษณ์พนักงานของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะประกอบด้วย ข้อมูลด้านวิธีการหรือขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานในแต่ละขั้นตอนการผลิต และข้อมูลด้านเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานของแต่ละขั้นตอนการผลิต

1.1.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการรวบรวมผ่านเอกสารรายงานการผลิตต่าง ๆ ของโรงงานกรณีศึกษาในระยะเวลา 1 ปี ซึ่งประกอบด้วย แผนการผลิตประจำสัปดาห์ ซึ่งจะช่วยให้ทราบว่าในแต่ละสัปดาห์นั้น ทางโรงงานกรณีศึกษาได้ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดใดบ้าง ข้อมูลด้านน้ำหนักรวมจะจัดบันทึกจากเอกสารปริมาณเม็ดเงินที่ใช้ในการผลิตแต่ละสัปดาห์ และข้อมูลด้านเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานจะจัดบันทึกจากเอกสารเวลาที่ใช้ในการผลิตของแต่ละขั้นตอนการผลิต

ทั้งนี้ข้อมูลด้านวิธีการหรือขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงาน ข้อมูลด้านน้ำหนัก และข้อมูลด้านเวลาจะถูกนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลด้านน้ำหนักและข้อมูลด้านเวลาจะถูกนำมาหาลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นก่อนทำการสร้างแบบจำลองต่อไป

1.2 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาได้ประกอบธุรกิจเป็นผู้ผลิตและจำหน่ายกาแฟแบบคั่วบด โดยทำการผลิตผลิตภัณฑ์อยู่หลากหลายชนิด แต่สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ กาแฟคั่วแบบเมล็ดและกาแฟคั่วแบบบด ผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษาจะจัดจำหน่ายทั้งในตราสินค้าที่เป็นของตนเอง และรับจ้างทำการผลิตสินค้าให้แก่ธุรกิจอื่น ๆ เช่น ผลิตและจัดส่งให้กับโรงแรมและร้านอาหารต่าง ๆ เป็นต้น

1.2.1 ผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษา

ผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วทั้งแบบเมล็ดและแบบบด ที่จำหน่ายในตราสินค้าที่เป็นของโรงงานกรณีศึกษา ในงานวิจัยนี้จะกำหนดให้มีตราสินค้าเป็นผลิตภัณฑ์ชนิด Z และผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบดที่โรงงานกรณีศึกษาได้รับจ้างทำการผลิต ในงานวิจัยจะกำหนดให้มีตราสินค้าเป็นผลิตภัณฑ์ชนิด T

ก. ผลิตภัณฑ์กาแฟแบบคั่วบดสำหรับตราสินค้าผลิตภัณฑ์ชนิด Z จะแบ่งตามลักษณะของผลิตภัณฑ์และรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ได้ 3 ประเภท ดังนี้

- 1) ผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วแบบเมล็ดบรรจุถุง โดยมีขนาดบรรจุ 250 กรัม 400 กรัม และ 500 กรัม
- 2) ผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วแบบบดบรรจุถุง โดยมีขนาดบรรจุ 100 กรัม และ 250 กรัม
- 3) ผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วแบบบดบรรจุซอง โดยมีขนาดบรรจุ 7 กรัม และ 14 กรัม

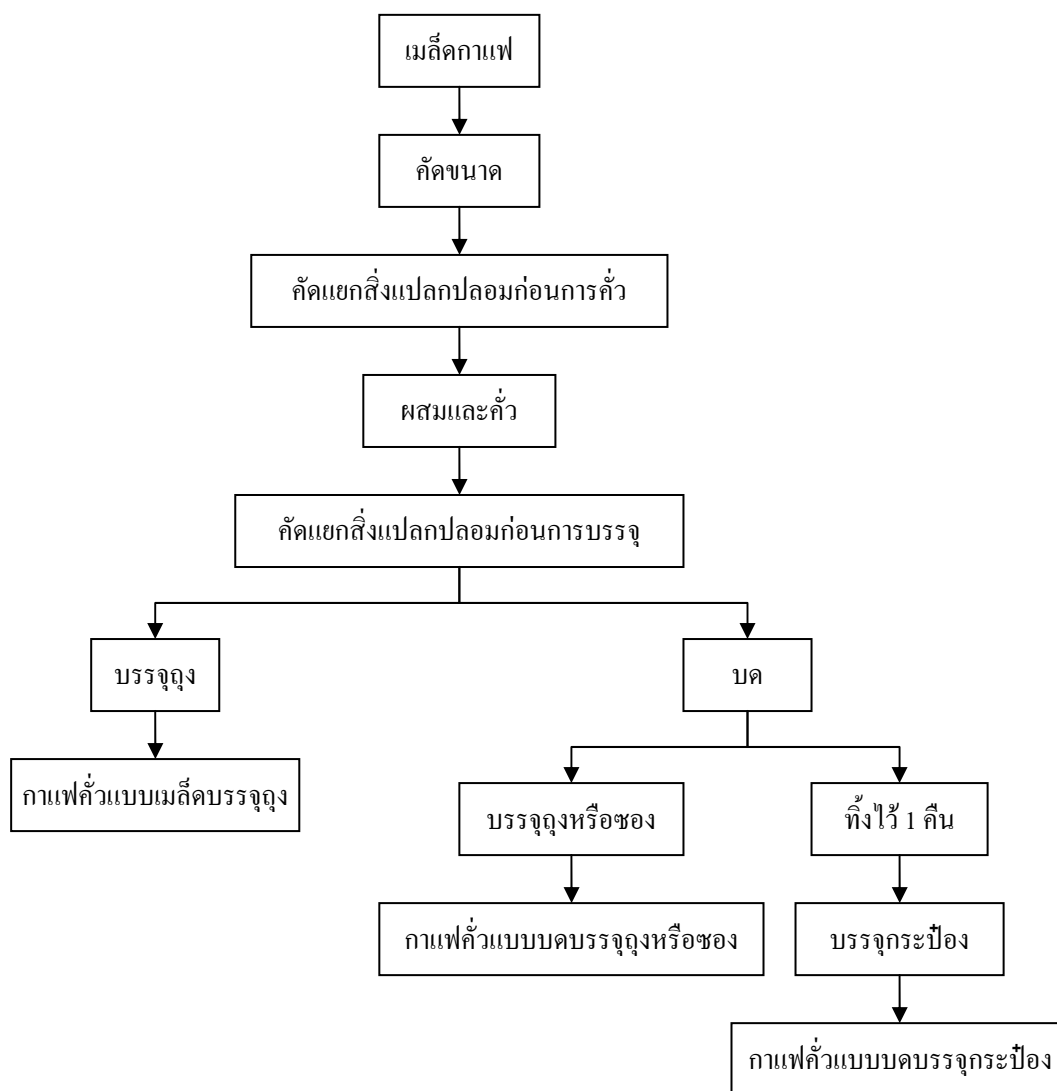
ข. ผลิตภัณฑ์กาแฟแบบคั่วบดสำหรับตราสินค้าผลิตภัณฑ์ชนิด T มีเพียงประเภทเดียวคือ ผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วแบบบดบรรจุกระป๋อง โดยมีขนาดบรรจุ 250 กรัมเท่านั้น

1.2.2 กระบวนการผลิตกาแฟแบบคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาได้เลือกใช้เมล็ดกาแฟสายพันธุ์อาราบิก้าและสายพันธุ์โรบัสต้าเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตกาแฟแบบคั่วบด ขั้นตอนการผลิตกาแฟแบบคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษาจะเริ่มจากการนำเมล็ดกาแฟทั้งสองสายพันธุ์มาทำการคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาด หลังจากทำการคัดขนาดแล้วจะได้เมล็ดกาแฟ 3 ขนาด คือ ขนาด A (เมล็ดกาแฟที่มีขนาดใหญ่) ขนาด B (เมล็ดกาแฟที่มีขนาดปานกลาง) และขนาด C (เมล็ดกาแฟที่มีขนาดเล็กและแตกหัก) จากนั้นทำการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ เช่น เศษไม้ หิน กรวด รวมทั้งเมล็ดกาแฟที่ถูกมอดและกินออกจากวัตถุดิบที่มีคุณภาพดี ด้วยแรงงานคน

เมล็ดกาแฟที่ผ่านการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมแล้วจะถูกนำมาผสมตามสูตร และทำการคั่วที่ระดับอุณหภูมิและเวลาตามที่โรงงานได้กำหนด และทำการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอีกครั้งก่อนทำการบรรจุต่อไป ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วแบบเมล็ด เมื่อทำการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมเสร็จแล้วจะทำการบรรจุลงถุงทันที แต่สำหรับผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วแบบบดจะต้องนำไปบดโดยเครื่องบดแล้วทำการบรรจุลงถุงหรือซอง สำหรับผลิตภัณฑ์ที่โรงงานกรณีศึกษาได้รับจ้างทำการผลิต (ผลิตภัณฑ์ชนิด T) เมื่อทำการบดแล้วจะต้องทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้เมล็ดกาแฟที่ผ่านการบดเหล่านั้นได้คายแก๊สออกมจนหมด ก่อนนำไปบรรจุกระป๋องต่อไป

กระบวนการผลิตกาแฟแบบคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษาแสดงได้ดังในภาพที่ 2 โดยมีจำนวนพนักงานและเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนการผลิตดังแสดงในตารางที่ 2



ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตกาแฟแบบคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษา

ตารางที่ 2 จำนวนพนักงานและเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

ขั้นตอนการผลิต	จำนวนเครื่องจักร (เครื่อง)		จำนวนพนักงาน (คน)	
	ผลิตภัณฑ์ Z	ผลิตภัณฑ์ T	ผลิตภัณฑ์ Z	ผลิตภัณฑ์ T
1. คัดขนาด	1		2 ⁿ	
2. คัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว	-	-	6	10 ⁿ
3. คั่ว				
- ผสม	-	-	1	1
- คั่วและทำเย็น	1	1		
4. คัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุ	-	-	2 ^u	1 ⁿ
5. บด	1		1 ⁿ	
6. บรรจุ				
- เตรียมบรรจุภัณฑ์	-	-		-
- บรรจุและชั่งน้ำหนัก	1	1	2 ^u	2
- ปิดผนึกบรรจุภัณฑ์	1	1		1
- บรรจุกล่อง	-	-		1

หมายเหตุ ⁿ พนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T จำนวน 2 คน ต้องทำหน้าที่คัดขนาดในวันที่มีการคัดขนาดเมล็ดกาแฟให้เสร็จก่อน จึงกลับมาทำหน้าที่ของตนเองต่อไป

^u พนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z จำนวน 2 คน จะทำหน้าที่ในการเตรียมบรรจุภัณฑ์ บรรจุและชั่งน้ำหนัก ปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ และบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่องสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z ด้วย

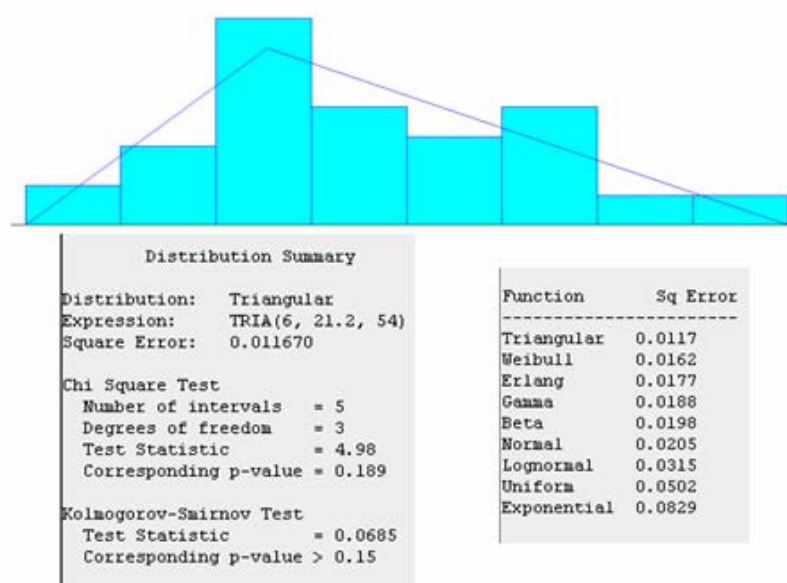
ⁿ พนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ต้องรับผิดชอบหน้าที่บดเมล็ดกาแฟสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด

1.3 การหาลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูล

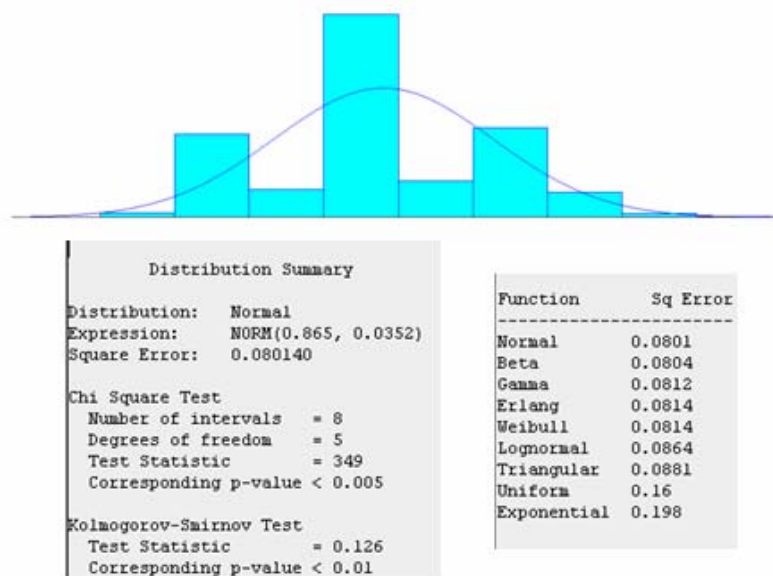
ข้อมูลด้านน้ำหนักและข้อมูลด้านเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิต ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ จะนำมาหาลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลโดยโปรแกรม Input Analyzer ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมในโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0

ในการหาลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลต่าง ๆ โดยโปรแกรม Input Analyzer จะเป็นการทดสอบสมมติฐานทางสถิติด้วยวิธี Chi-Square Test และ Kolmogorov-Smirnov Test โปรแกรมจะเลือกลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลของขั้นตอนการผลิตนั้น ๆ จากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Squared Error) ที่มีค่าน้อยที่สุด

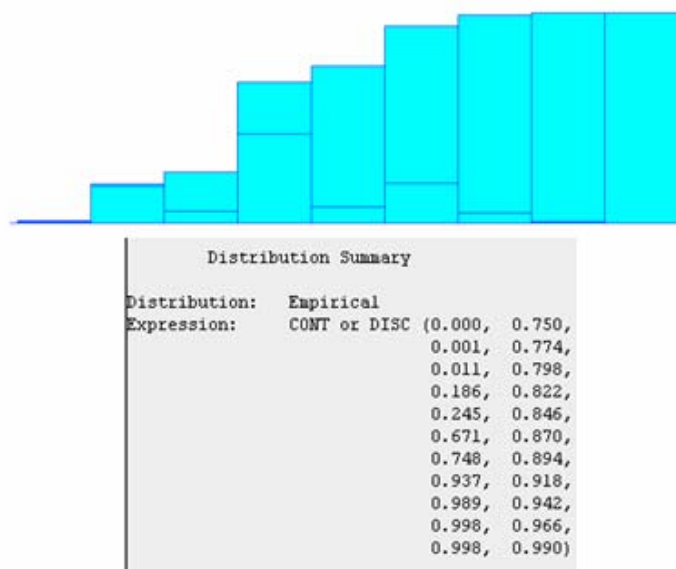
งานวิจัยนี้ได้ใช้ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการพิจารณาความเหมาะสมของลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่โปรแกรมได้รายงานผลขึ้นมา หากค่า P-Value ของการทดสอบสมมติฐานทางสถิติจากทั้งสองวิธีมีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อการนำมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (ดังแสดงในภาพที่ 3) แต่ถ้าค่า P-Value ของการทดสอบสมมติฐานทางสถิติโดยวิธีใดวิธีหนึ่งหรือทั้งสองวิธีมีค่าน้อยกว่า 0.05 งานวิจัยจะเลือกใช้ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Empirical แทนผลจากโปรแกรม Input Analyzer ดังแสดงในภาพที่ 4 และภาพที่ 5 ตามลำดับ (ภาพผนวกที่ ก1 และตารางผนวกที่ ก1 อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Empirical)



ภาพที่ 3 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่โปรแกรม Input Analyzer ได้เลือกรายงานผล และค่า P-Value จากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติด้วยวิธีทั้งสองมีค่ามากกว่า 0.05



ภาพที่ 4 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่โปรแกรม Input Analyzer ได้เลือกรายงานผล และค่า P-Value จากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติด้วยวิธีทั้งสองมีค่าน้อยกว่า 0.05



ภาพที่ 5 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Empirical ที่เลือกใช้แทนลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่โปรแกรม Input Analyzer เลือกรายงานผล

ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ใช้ในโปรแกรม Arena ซึ่งได้จากโปรแกรม Input Analyzer จะมีอยู่ด้วยกัน 13 รูปแบบ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ใช้ในโปรแกรม Arena

ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น	อักษรย่อ	ค่าพารามิเตอร์
Beta	BETA	(Alpha ₁ , Alpha ₂)
Continuous	CONT	(CumP ₁ , Val ₁ , ..., CumP _n , Val _n)
Discrete	DISC	(CumP ₁ , Val ₁ , ..., CumP _n , Val _n)
Erlang	ERLA	(ExpoMean, k)
Exponential	EXPO	(Mean)
Gamma	GAMM	(Beta, Alpha)
Johnson	JOHN	(Gamma, Delta, Lambda, Xi)
Lognormal	LOGN	(LogMean, LogStdDev)
Normal	NORM	(Mean, StdDev)
Poisson	POIS	(Mean)
Triangular	TRIA	(Min, Mode, Max)
Uniform	UNIF	(Min, Max)
Weibull	WEIB	(Beta, Alpha)

ที่มา: Kelton *et al.* (2003)

เมื่อนำข้อมูลด้านน้ำหนักของเมล็ดกาแฟที่ใช้ในการผลิต และข้อมูลด้านเวลาที่ใช้ในการผลิตของขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ ในสายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา มาหาลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น เพื่อใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ในโปรแกรม Arena จะได้ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นดังแสดงในตารางผนวกที่ ก2

2. การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

2.1 ข้อสมมติของการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

ในงานวิจัยนี้จะทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อเลียนแบบสายการผลิตกาแฟแบบคั่วของโรงงานกรณีศึกษา บนข้อสมมติดังต่อไปนี้

2.1.1 เมล็ดกาแฟสายพันธุ์เดียวกัน แต่มาจากต่างล็อตกันจะ ไม่มีความแตกต่างกัน

2.1.2 ประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานที่ทำงานหน้าที่เดียวกันจะ ไม่แตกต่างกัน

2.1.3 ไม่มีการแทรกใบสั่งผลิตเพิ่มเติมในระหว่างสัปดาห์

2.1.4 ปริมาณงานที่มีในแต่ละวันจะต้องถูกทำให้เสร็จภายในวันนั้น ๆ โดยสามารถทำงานล่วงเวลาได้

2.1.5 ไม่นำเวลาที่ใช้ในการชั่งน้ำหนักเมล็ดกาแฟที่ผ่านการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมแล้วในแต่ละชั่วโมงมาพิจารณาในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ เนื่องจากใช้เวลาในการปฏิบัติงานน้อยมาก

2.1.6 กาแฟต่างสูตรกันจะมีเวลาและอุณหภูมิในการคั่วที่ไม่แตกต่างกัน

2.1.7 หัวหน้างานส่วนคั่วจะควบคุมการทำงานของเครื่องคั่วเครื่องที่ 2 และพนักงานส่วนคั่วจะควบคุมการทำงานของเครื่องคั่วเครื่องที่ 1

2.1.8 กาแฟ Batch เดียวกัน จะถูกนำไปผลิตเป็นกาแฟคั่วแบบเมล็ด หรือกาแฟคั่วแบบบดอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ไม่มีการแบ่งผลิต

2.1.9 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาในการบรรจุและชั่งน้ำหนักสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z แบบบดขนาดบรรจุ 250 กรัม และเวลาในการบรรจุและชั่งน้ำหนักสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T มีค่าของลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Empirical ที่เหมือนกัน

2.1.10 ไม่มีงานระหว่างการผลิตและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เกิดการชำรุดบกพร่องในระหว่างกระบวนการผลิตหรือขนย้าย

2.2 แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้รวบรวมมา ประกอบกับข้อสมมติในการสร้างแบบจำลองที่ได้กำหนดขึ้น ทำให้สามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่เลียนแบบสายการผลิตกาแฟแบบคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษา โดยโปรแกรมสำเร็จรูป Arena ได้ ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข1

2.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Verification of the Simulation Model)

การนำแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้สร้างขึ้น มาใช้ทำการประมวลผล หรือวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบงานใด ๆ ต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นก่อน เพื่อให้ผู้สร้างและผู้ใช้แบบจำลองสามารถเชื่อมั่นได้ว่าผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นมีความถูกต้อง

งานวิจัยนี้ ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยการกำหนดให้เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิตเป็นค่าคงที่ (Constant) แล้วทำการประมวลผลแบบจำลองที่สร้างขึ้น (Run Model) จำนวน 1 รอบ พร้อมทั้งทำการสังเกตภาพเคลื่อนไหว (Animation) ในขณะที่แบบจำลองทำการประมวลผล จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณภายนอกแบบจำลอง ว่ามีค่าตรงกันหรือไม่ ถ้าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าตรงกันแสดงว่า แบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นมีความถูกต้อง (Kelton *et al.*, 2003)

ในงานวิจัยนี้ นอกจากการกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ให้เป็นค่าคงที่แล้ว (ดังแสดงในตารางที่ 4) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองยังได้กำหนดเงื่อนไขอื่น ๆ อีกดังนี้

2.3.1 สิ่งผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z แบบบดขนาดบรรจุ 250 กรัมเท่านั้น

2.3.2 ขั้นตอนการคัดขนาดวัตถุดิบ จะคัดกาแฟพันธุ์อราบิกาทันนั้น

2.3.3 ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว จะคัดแยกกาแฟพันธุ์อาราบิกากรด A เท่านั้น

2.3.4 มีจำนวนรอบการทำซ้ำเท่ากับ 1 รอบ และมีความยาวในการประมวลผล (Replication Length) เท่ากับ 14,600 ชั่วโมง หรือเทียบเท่ากับระยะเวลาในการดำเนินงาน 5 ปี

ตารางที่ 4 ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายการผลิต ที่กำหนดให้เป็นค่าคงที่

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ค่าที่กำหนดขึ้น	หน่วย
1. การคัดขนาดวัตถุดิบ		
- ปริมาณเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิกากรด A	307.50	กิโลกรัมต่อสัปดาห์
- เวลาที่ใช้ในการคัดขนาด	0.04	นาทีต่อกิโลกรัม
2. การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว		
- ปริมาณเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิกากรด A	300	กิโลกรัมต่อสัปดาห์
- เวลาที่ใช้ในการคัดแยกสิ่งแปลกปลอม	6.32	นาทีต่อกิโลกรัม
3. การคั่ว		
- จำนวน Batch ที่ต้องการคั่ว	24	Batches ต่อสัปดาห์
- เวลาที่ใช้ในการคั่ว	18	นาทีต่อ Batch
4. การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุ		
- น้ำหนักเมล็ดกาแฟหลังผ่านการคั่ว	16	กิโลกรัมต่อ Batch
- เวลาที่ใช้ในการคัดแยกสิ่งแปลกปลอม	0.73	นาทีต่อกิโลกรัม
5. การบด		
- เวลาที่ใช้ในการบด	0.60	นาทีต่อกิโลกรัม
6. การบรรจุและชั่งน้ำหนัก		
- เวลาที่ใช้ในการบรรจุและชั่งน้ำหนัก	1.73	นาทีต่อกิโลกรัม
7. การปิดผนึกบรรจุภัณฑ์		
- เวลาที่ใช้ในการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์	0.68	นาทีต่อกิโลกรัม
8. การบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง		
- เวลาที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง	7	นาทีต่อ Batch

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์กับผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณภายนอกแบบจำลอง พบว่า เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการดำเนินงานจะมีค่าเท่ากัน (ดังแสดงในตารางที่ 5) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นมีความถูกต้อง อีกทั้งมีการไหลของงานและการประมวลผลเป็นไปอย่างที่ต้องการ

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการดำเนินงาน ระหว่างผลลัพธ์ที่คำนวณจากภายนอกแบบจำลองกับผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์

ขั้นตอนการดำเนินงาน	เวลาที่ใช้ (นาท)	
	ค่าจากการคำนวณ	ค่าจากแบบจำลอง
1. งานประจำวันของหัวหน้างานหญิง		
- เบิกเมล็ดกาแฟจากคลังสินค้า ทำเอกสาร ชั่งน้ำหนักและเขียนกระสอบเมล็ดกาแฟที่ผ่านการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมแล้ว	60.00	60.00
2. การคัดขนาดวัตถุดิบ		
- เบิกเมล็ดกาแฟ และขนย้ายมายังเครื่องคัดขนาด	12.00	12.00
- คัดขนาดเมล็ดกาแฟ ชั่งน้ำหนัก และขนย้ายเมล็ดกาแฟไปเก็บยังคลังสินค้า	29.30	29.30
3. การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว		
- เตรียมอุปกรณ์และชั่งน้ำหนักเมล็ดกาแฟ	7.00	7.00
- คัดแยกสิ่งแปลกปลอมออกจากเมล็ดกาแฟ	45.14	45.14
4. การคั่วและการบรรจุ		
- เบิกเมล็ดกาแฟและบรรจุภัณฑ์จากคลังสินค้า	5.00	5.00
- ผสมเมล็ดกาแฟตามสูตร และ Warm up เครื่อง	25.00	25.00
- คั่วเมล็ดกาแฟ	108.00	108.00
- เตรียมบรรจุภัณฑ์	120.00	120.00
- คัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุ	35.04	35.04
- ปรับตั้งเครื่องบดเมล็ดกาแฟ	10.00	10.00
- บดเมล็ดกาแฟที่ผ่านการคัดแยกสิ่งแปลกปลอม	57.60	57.60
- บรรจุและชั่งน้ำหนัก	83.04	83.04
- ขนย้ายไปยังเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์	12.00	12.00
- ปิดผนึกบรรจุภัณฑ์	65.28	65.28
- บรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง	42.00	42.00

2.4 การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองได้จริง (Validation of the Simulation Model)

การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองได้จริง เป็นการตรวจสอบแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น ว่ามีความสอดคล้องและใกล้เคียงกับระบบการทำงานจริงมากน้อยเช่นไร หรือเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากระบบการทำงานจริง หากค่าที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองรวมกับค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ (Half Width) อยู่ในช่วงของค่าที่ได้จากการสังเกตหรือเก็บข้อมูลจากสถานการณ์จริง แสดงว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนระบบการทำงานจริงที่เป็นอยู่ได้ (การทดสอบสมมติฐานทางสถิติของการตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองได้จริง แสดงในภาคผนวก ก)

2.4.1 การวิเคราะห์ระบบของแบบจำลองที่ทำการศึกษา

โดยปกติแล้วระบบของแบบจำลองสถานการณ์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบ (Banks *et al.*, 2005) คือ

ก. ระบบแบบ Terminating System คือ ระบบที่มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดการทำงานในช่วงเวลาที่กำหนด และเมื่อสิ้นสุดการทำงานในช่วงเวลานั้นแล้ว ผลของช่วงเวลาดังกล่าวจะไม่มีส่วนเกี่ยวข้องหรือส่งผลกระทบกับช่วงเวลาถัดไปได้

ข. ระบบแบบ Non-Terminating System หรือ Steady-State คือ ระบบที่ผลของช่วงเวลาก่อนหน้าสามารถส่งผลกระทบต่อช่วงเวลาถัดมาได้ ดังนั้นระบบแบบนี้ต้องมีการหาเวลาที่จะเข้าสู่สภาวะคงตัว (Warm-up Period) ด้วย

แบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ เมื่อทำการวิเคราะห์แล้วจะจัดเป็นระบบแบบ Non-Terminating System หรือ Steady-State เนื่องจากถ้ายังมีปริมาณงานค้างอยู่ในระบบ ปริมาณงานดังกล่าวจะต้องถูกทำให้เสร็จก่อน จึงสามารถมีงานใหม่เข้ามาสู่ระบบได้

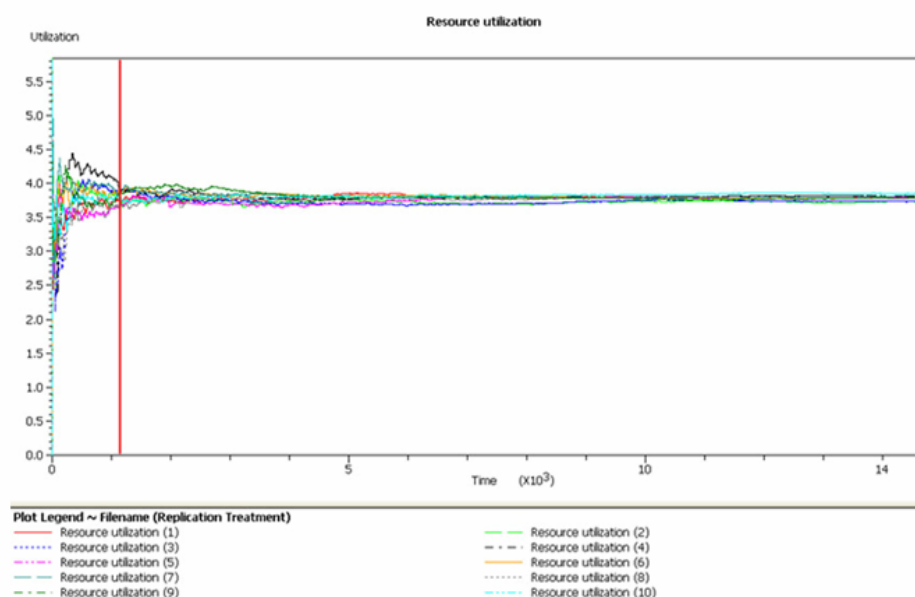
2.4.2 การกำหนดความยาวในการประมวลผล (Replication Length)

ในการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ ต้องมีการกำหนดความยาวในการประมวลผลแต่ละรอบ มิฉะนั้นแบบจำลองจะทำการประมวลผลไปเรื่อย ๆ โดยไม่มีจุดสิ้นสุด (Infinite) เนื่องจากแบบจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยนี้ จัดเป็นการจำลองแบบ Steady-State หรือ Non-Terminating System ดังนั้นระยะเวลาในการประมวลผลแต่ละรอบการทำซ้ำของแบบจำลองสถานการณ์จะต้องค่อนข้างยาว ผู้วิจัยจึงได้กำหนดความยาวในการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ให้มีค่าเท่ากับ 14,600 ชั่วโมง หรือเทียบเท่ากับระยะเวลาในการดำเนินงาน 5 ปี

2.4.3 การกำหนดช่วงเวลาที่เข้าสู่สภาวะคงตัว (Warm-up Period)

ช่วงแรกของการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ ระบบจะยังว่างงานอยู่ ข้อมูลจากการประมวลผลที่ได้จะมีการแกว่งตัว ทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลส่วนนี้มาทำการวิเคราะห์ระบบได้ เพราะจะทำให้เกิดอคติขึ้น หรือเรียกว่า Initial Condition Bias ระบบต้องทำการประมวลผลจนถึงช่วงเวลาหนึ่งระบบจึงเริ่มคงที่ ณ จุดนี้จะมีคามเหมาะสม สำหรับการเริ่มต้นเก็บข้อมูลจริง โดยช่วงเวลาก่อนที่ระบบจะเข้าสู่ภาวะคงที่นี้เรียกว่า Warm-up Period และข้อมูลส่วนนี้จะต้องถูกตัดทิ้งไปไม่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยจะทำการหา Warm-up Period จากการทดลองประมวลผลจำนวน 10 รอบการทำซ้ำ และในแต่ละรอบการทำซ้ำจะมีความยาวของการประมวลผลเท่ากับ 14,600 ชั่วโมง จากนั้นนำผลที่ได้ไปสร้างกราฟ Moving Average แบบสะสมระหว่างอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานทั้งหมด (Average Worker Utilizations) กับเวลาในการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ ด้วยโปรแกรม Output Analyzer ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมที่มีในโปรแกรม Arena ลักษณะของกราฟที่ได้จะแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟระหว่างอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานทั้งหมดกับเวลาในการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ ด้วยโปรแกรม Output Analyzer

จากภาพที่ 6 จะพบว่า ณ เวลา 1,100 ชั่วโมง อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานทั้งหมดจะเข้าสู่สภาวะคงตัว ดังนั้น Warm-up Period สำหรับการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยนี้ จะมีค่าเท่ากับ 1,100 ชั่วโมง

2.4.4 การกำหนดจำนวนรอบการทำซ้ำ (Number of Replication)

เพื่อให้ข้อมูลที่ได้อาจการประมวลผล โดยแบบจำลองสถานการณ์เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากระบบการทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษา หรือมีค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ หรือครึ่งหนึ่งของช่วงความเชื่อมั่น (Half Width of Confidence Interval) ของอัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรทั้งหมดใกล้เคียงศูนย์ ในงานวิจัยจึงทำการหาจำนวนรอบการทำซ้ำจากการทดลองประมวลผลแบบจำลอง โดยการเพิ่มจำนวนรอบการทำซ้ำให้มากขึ้นจนกว่าค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้มีค่าใกล้เคียงศูนย์ ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ของอัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากร (พนักงานและเครื่องจักร) ต่าง ๆ ของสายการผลิต เมื่อมีจำนวนรอบการทำซ้ำที่ต่างกันจะแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ของอัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรต่าง ๆ
เมื่อมีจำนวนรอบการทำงานซ้ำที่ต่างกัน

ทรัพยากร	จำนวนรอบการทำงานซ้ำ (รอบ)							
	10	20	30	31	32	33	35	40
หัวหน้างานหญิง	0.01	0	0	0	0	0	0	0
หัวหน้างานชาย	0.01	0	0	0	0	0	0	0
พนักงานบรรจุและซั้่งน้ำหนัก	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0
พนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอม	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องคัดขนาด	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องบดเมล็ดกาแฟ	0	0	0	0	0	0	0	0

จากตารางที่ 6 จะพบว่า เมื่อมีจำนวนรอบการทำงานซ้ำเท่ากับ 32 รอบ ก็ทำให้ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ของอัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงศูนย์ แต่เพื่อความรอบคอบ (Conservative) ดังนั้นในงานวิจัยจึงเลือกใช้จำนวนรอบการทำงานซ้ำเท่ากับ 40 รอบ สำหรับการประมวลผลในแต่ละครั้งของแบบจำลอง

การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองได้จริง ในงานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจสอบ โดยการสอบถามผู้เชี่ยวชาญระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา (Face Validation) ซึ่งได้แก่ ผู้จัดการโรงงานของโรงงานกรณีศึกษา เป็นผู้ตรวจสอบ ร่วมกับการวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบผลจากสายการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษากับผลจากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05

การวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบผลจากสายการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษากับผลจากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้น ในงานวิจัยนี้ จะพิจารณาเปรียบเทียบจากค่าอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานที่ทำงานในขั้นตอนการคั่ว ซึ่งค่าจากทั้งสองระบบจะแสดงในตารางผนวกที่ ค1 และทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติแบบ t-Test ด้วยโปรแกรม SPSS 12.0

ก่อนทำการทดสอบว่าผลจากสายการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษา กับผลจากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นนั้นมีความแตกต่างกันหรือไม่ ต้องทำการทดสอบก่อนว่าตัวอย่างที่ได้ทำการสุ่มมา ทั้งจากสายการผลิตจริงและจากแบบจำลองสถานการณ์ มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้ทำการสุ่มมา ทั้งจากสายการผลิตจริงและจากแบบจำลองสถานการณ์ ในงานวิจัยจะใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ และทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติโดยวิธี Kolmogorov-Smirnov Test ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พร้อมทั้งสร้างกราฟ Normal Probability Plot ผลจากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติพบว่า ชุดข้อมูลที่ได้ทำการสุ่มมาทั้งจากสายการผลิตจริงและจากแบบจำลองสถานการณ์ มาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่า P-Value เท่ากับ 0.066 และ 0.200 ตามลำดับ (ดังแสดงในภาพผนวกที่ ค1 และ ค2)

จากนั้นทำการทดสอบเปรียบเทียบผลจากสายการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษา กับผลจากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้น ด้วยการทดสอบสมมติฐานทางสถิติแบบ t-Test ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยโปรแกรม SPSS ผลจากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติพบว่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.109 (ดังแสดงในภาพผนวกที่ ค3) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานในขั้นตอนการคั่วจากสายการผลิตจริงมีค่าเท่ากับอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานในขั้นตอนการคั่วที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ นั้นแสดงว่า แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้ทำการสร้างขึ้นมีความน่าเชื่อถือ ตลอดจนสามารถใช้ทดสอบการปรับปรุงประสิทธิภาพต่าง ๆ แทนสายการผลิตจริงได้

3. การสร้างผังงานสายธารแห่งคุณค่าที่แสดงสายการผลิตปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา

การสร้างผังงานสายธารแห่งคุณค่าที่แสดงสถานะปัจจุบันของสายการผลิตโรงงานกรณีศึกษา จะต้องดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

3.1 วิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้

ผู้ใช้สำหรับงานวิจัยนี้คือ โรงงานกรณีศึกษา และความต้องการของผู้ใช้คือ การปรับปรุงประสิทธิภาพภายในสายการผลิต เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอยู่ให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด

3.2 การเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์

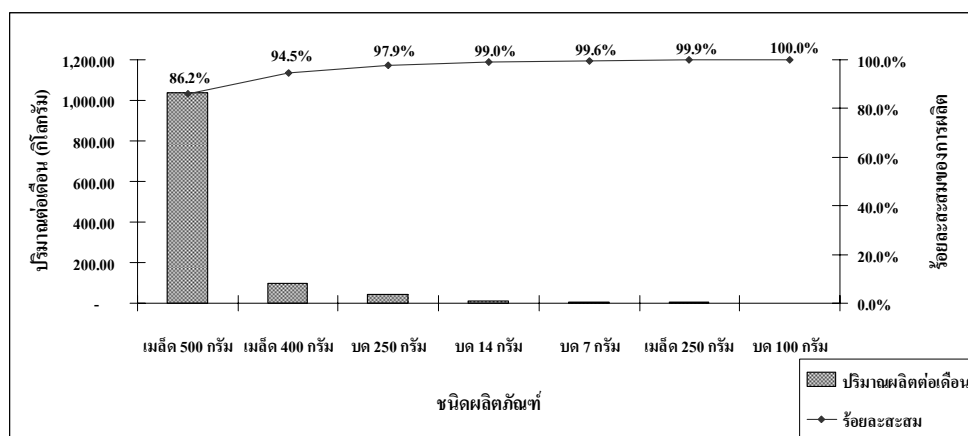
เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษามีผลิตภัณฑ์อยู่สองชนิดหลักคือ ผลิตภัณฑ์ชนิด Z และผลิตภัณฑ์ชนิด T ดังนั้นการสร้างผังงานสายธารแห่งคุณค่า สำหรับงานวิจัยนี้จะแสดงสายการผลิตสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z และผลิตภัณฑ์ชนิด T ในผังงานสายธารแห่งคุณค่าผังกว้างเดียวกัน

แต่ผลิตภัณฑ์ชนิด Z ได้มีการผลิตในรูปแบบกาแฟแก้วแบบเมล็ดและกาแฟแก้วแบบบด อีกทั้งมีการบรรจุอยู่หลากหลายขนาด ดังนั้นในการสร้างผังงานสายธารแห่งคุณค่าสำหรับงานวิจัยนี้ จึงต้องมีการพิจารณาเลือกชนิดและขนาดบรรจุของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ที่จะนำมาทำการวาดสายการผลิตในผังงานสายธารแห่งคุณค่าเพียงหนึ่งชนิดผลิตภัณฑ์เท่านั้น การพิจารณาเลือกชนิดและขนาดผลิตภัณฑ์ จะทำการพิจารณาเลือกด้วยวิธี Product Quantity Analysis (PQ Analysis)

วิธี PQ Analysis เป็นการพิจารณาเลือกชนิดผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาสร้างผังงานสายธารแห่งคุณค่าจากปริมาณที่ได้ทำการผลิตหรือจำหน่าย ถ้าหากผลิตภัณฑ์ชนิดใดหรือขนาดใดมีปริมาณที่ต้องทำการผลิตหรือจำหน่ายมาก ก็จะเลือกผลิตภัณฑ์ชนิดนั้น ๆ มาทำการสร้างผังงานสายธารแห่งคุณค่าก่อนเป็นอันดับแรก (Tapping *et al.*, 2002)

จากข้อมูลแผนการผลิตประจำสัปดาห์ของโรงงานกรณีศึกษาทำให้ทราบถึงปริมาณของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ในแต่ละชนิดและแต่ละขนาดบรรจุที่ได้ทำการผลิตในแต่ละเดือน โดยจะพบว่า กาแฟแก้วแบบเมล็ดที่มีขนาดบรรจุ 500 กรัม จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตในแต่ละเดือนมาก

ที่สุด ซึ่งผลิตเฉลี่ยเดือนละ 1,040 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 86.2% (ดังแสดงในภาพที่ 7) ของปริมาณทั้งหมดที่ได้ทำการผลิตในแต่ละเดือน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงเลือกผลิตภัณฑ์แบบเมล็ดที่มีขนาดบรรจุ 500 กรัม เป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ในการสร้างผังงานสายธารแห่งคุณค่า



ภาพที่ 7 ปริมาณของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ในแต่ละชนิดและแต่ละขนาดบรรจุที่ทำการผลิตโดยเฉลี่ยในแต่ละเดือน

3.3 การสร้างผังงานสายธารแห่งคุณค่า

ในแต่ละขั้นตอนการผลิต ต้องมีการระบุข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ลงในสัญลักษณ์กล่องข้อมูล (Data Box) ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงได้กำหนดค่าตัวแปรด้านน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

สำหรับสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z:

น้ำหนักต่อ Batch ก่อนทำการคั่ว (Wb_z) มีน้ำหนักเท่ากับ 20 กิโลกรัม

น้ำหนักต่อ Batch โดยเฉลี่ยหลังทำการคั่ว (Wa_z) มีน้ำหนักเท่ากับ 16 กิโลกรัม

สำหรับสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T:

น้ำหนักต่อ Batch ก่อนทำการคั่ว (Wb_T) มีน้ำหนักเท่ากับ 22 กิโลกรัม

น้ำหนักต่อ Batch โดยเฉลี่ยหลังทำการคั่ว (Wa_T) มีน้ำหนักเท่ากับ 17.6 กิโลกรัม

3.3.1 รอบเวลาการผลิต (Cycle Time; CT)

รอบเวลาการผลิต คือ เวลาที่ใช้ในการผลิตหรือการดำเนินงานของขั้นตอนการผลิตขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งต่อหนึ่งหน่วยปริมาณของผลิตภัณฑ์ โดยในงานวิจัยนี้จะกำหนดให้หนึ่งหน่วยปริมาณของผลิตภัณฑ์มีขนาดเท่ากับ 1 Batch หรือรอบเวลาการผลิต มีหน่วยเป็น นาที ต่อ Batch และรอบเวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอนการผลิตจะมีค่าและวิธีการคิดคำนวณ ดังต่อไปนี้

ก. การคัดขนาดวัตถุดิบ

ขั้นตอนการคัดขนาดวัตถุดิบ เป็นขั้นตอนที่มีการทำงาน 3 ครั้ง (วัน) ต่อสัปดาห์ และเป็นขั้นตอนแรกของสายการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด ดังนั้นเมื่อต้องทำการคัดขนาดก็จะเป็นการคัดขนาดเพื่อให้ได้วัตถุดิบที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดพร้อมกัน ขั้นตอนการคัดขนาดวัตถุดิบมีรอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.48 นาทีต่อ Batch

วิธีการคิดคำนวณ:

อัตราส่วนของน้ำหนัก เมื่อคัดขนาดกาแฟพันธุ์ราบิกาต่อพันธุ์โรบัสต้าในแต่ละครั้งเท่ากับ 55:45 เวลาในการคัดขนาดกาแฟพันธุ์ราบิกา ($T_Grading_A$) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.024 นาทีต่อกิโลกรัม เวลาในการคัดขนาดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า ($T_Grading_R$) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.020 นาทีต่อกิโลกรัม

รอบเวลาการผลิตของการคัดขนาด สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z ($CT_Grading_Z$) =

$$(T_Grading_A \times Wb_Z \times 0.55) + (T_Grading_R \times Wb_Z \times 0.45) \quad (1)$$

ดังนั้นจากสมการที่ (1) จึงทำให้สามารถหาค่าของ $CT_Grading_Z$ ได้ โดยมีค่าเท่ากับ 0.44 นาที ต่อ Batch

รอบเวลาการผลิตของการคัดขนาด สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ($CT_Grading_T$) =

$$(T_Grading_A \times Wb_T \times 0.55) + (T_Grading_R \times Wb_T \times 0.45) \quad (2)$$

ดังนั้นจากสมการที่ (2) จึงทำให้สามารถหาค่าของ $CT_Grading_T$ ได้ โดยมีค่าเท่ากับ 0.49 นาทีต่อ Batch

ในแต่ละสัปดาห์ ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z โดยเฉลี่ย 24 Batches และผลิตภัณฑ์ชนิด T จำนวน 138 Batches หรือคิดเป็นอัตราส่วนการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z ต่อผลิตภัณฑ์ชนิด T เท่ากับ 15:85

ดังนั้นรอบเวลาการผลิตของการคัดขนาดวัตถุดิบ สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด

$$(CT_Grading_{Total}) =$$

$$(CT_Grading_Z \times 0.15) + (CT_Grading_T \times 0.85) \quad (3)$$

ดังนั้นจากสมการที่ (3) จึงทำให้สามารถหาค่าของ $CT_Grading_{Total}$ ได้ โดยมีค่าเท่ากับ 0.48 นาทีต่อ Batch

ข. การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว

1) การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีรอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 41.70 นาทีต่อ Batch

วิธีการคิดคำนวณ:

รอบเวลาการผลิตของการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วของผลิตภัณฑ์ชนิด Z

$$(CT_Sorting_Z) =$$

$$\left(\frac{Wb_Z}{O_Sorting_Z \times 100} \right) \times [(\%A_A \times T_Sorting_{A_A}) + (\%A_B \times T_Sorting_{A_B}) + (\%A_C \times T_Sorting_{A_C}) + (\%R_A \times T_Sorting_{R_A}) + (\%R_B \times T_Sorting_{R_B}) + (\%R_C \times T_Sorting_{R_C})] \quad (4)$$

โดยที่

$\%A_A$ หมายถึง เปอร์เซนต์การคัดแยกเมล็ดกาแฟพันธุ์ราบิกา เกรด A และมีค่าเท่ากับ 6.9%

$\%A_B$ หมายถึง เปอร์เซนต์การคัดแยกเมล็ดกาแฟพันธุ์ราบิกา เกรด B และมีค่าเท่ากับ 42.5%

$\%A_C$ หมายถึง เปอร์เซนต์การคัดแยกเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิกา เกรด C และมีค่าเท่ากับ 5.6%

$\%R_A$ หมายถึง เปอร์เซนต์การคัดแยกเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า เกรด A และมีค่าเท่ากับ 10.3%

$\%R_B$ หมายถึง เปอร์เซนต์การคัดแยกเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า เกรด B และมีค่าเท่ากับ 32.0%

$\%R_C$ หมายถึง เปอร์เซนต์การคัดแยกเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า เกรด C และมีค่าเท่ากับ 2.6%

$T_Sorting_{A_A}$ หมายถึง เวลาในการคัดแยกจนได้กาแฟอาราบิกา เกรด A เมล็ดดีจำนวน 1 กิโลกรัม
และมีค่าเท่ากับ 6.32 นาที

$T_Sorting_{A_B}$ หมายถึง เวลาในการคัดแยกจนได้กาแฟอาราบิกา เกรด B เมล็ดดีจำนวน 1 กิโลกรัม
และมีค่าเท่ากับ 13.33 นาที

$T_Sorting_{A_C}$ หมายถึง เวลาในการคัดแยกจนได้กาแฟอาราบิกา เกรด C เมล็ดดีจำนวน 1 กิโลกรัม
และมีค่าเท่ากับ 40.00 นาที

$T_Sorting_{R_A}$ หมายถึง เวลาในการคัดแยกจนได้กาแฟโรบัสต้า เกรด A เมล็ดดีจำนวน 1 กิโลกรัม
และมีค่าเท่ากับ 5.45 นาที

$T_Sorting_{R_B}$ หมายถึง เวลาในการคัดแยกจนได้กาแฟโรบัสต้า เกรด B เมล็ดดีจำนวน 1 กิโลกรัม
และมีค่าเท่ากับ 9.32 นาที

$T_Sorting_{R_C}$ หมายถึง เวลาในการคัดแยกจนได้กาแฟโรบัสต้า เกรด C เมล็ดดีจำนวน 1 กิโลกรัม
และมีค่าเท่ากับ 24.00 นาที

$O_Sorting_Z$ หมายถึง จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์
ชนิด Z และมีจำนวนเท่ากับ 6 คน

ดังนั้นจากสมการที่ (4) จึงทำให้สามารถหาค่าของ $CT_Sorting_Z$ ได้ โดยมีค่าเท่ากับ 41.70 นาที
ต่อ Batch

2) การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T มี
รอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 24.05 นาทีต่อ Batch

วิธีการคิดคำนวณ:

รอบเวลาการผลิตของการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วของผลิตภัณฑ์ชนิด T

$(CT_Sorting_T) =$

$$\left(\frac{Wb_T}{O_Sorting_T \times 100} \right) \times [(\%A \times T_Sorting_A) + (\%R \times T_Sorting_R)] \quad (5)$$

โดยที่

%A หมายถึง เปอร์เซนต์การคัดแยกเมล็ดกาแฟพันธุ์อราบิกา และมีค่าเท่ากับ 50%

%R หมายถึง เปอร์เซนต์การคัดแยกเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า และมีค่าเท่ากับ 50%

$T_Sorting_A$ หมายถึง เวลาในการคัดแยกเมล็ดกาแฟอราบิกา เมล็ดดีจำนวน 1 กิโลกรัม และมีค่าเท่ากับ 12.86 นาที

$T_Sorting_R$ หมายถึง เวลาในการคัดแยกเมล็ดกาแฟโรบัสต้า เมล็ดดีจำนวน 1 กิโลกรัม และมีค่าเท่ากับ 9.00 นาที

$O_Sorting_T$ หมายถึง จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T และมีจำนวนเท่ากับ 10 คน

ดังนั้นจากสมการที่ (5) จึงทำให้สามารถหาค่าของ $CT_Sorting_T$ ได้ โดยมีค่าเท่ากับ 24.05 นาทีต่อ Batch

ค. การคั่ว

1) การคั่ว สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีรอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 18 นาทีต่อ Batch

2) การคั่ว สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T มีรอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 20 นาทีต่อ Batch

ง. การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุ

1) การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุ สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีรอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.28 นาทีต่อ Batch

วิธีการคิดคำนวณ:

รอบเวลาการผลิตของการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุของผลิตภัณฑ์ชนิด Z

$(CT_Separating_z) =$

$$\left(\frac{Wa_z \times T_Separating_z}{O_Separating_z} \right) \quad (6)$$

โดยที่

$T_Separating_z$ หมายถึง เวลาในการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุ สำหรับผลิต

ผลิตภัณฑ์ชนิด Z จำนวน 1 กิโลกรัม และมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.41 นาที

$O_Separating_z$ หมายถึง จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุ สำหรับผลิต

ผลิตภัณฑ์ชนิด Z และมีจำนวนเท่ากับ 2 คน

ดังนั้นจากสมการที่ (6) จึงทำให้สามารถหาค่าของ $CT_Separating_z$ ได้ โดยมีค่าเท่ากับ 3.28 นาทีต่อ Batch

2) การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุ สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T

มีรอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 7.22 นาทีต่อ Batch

วิธีการคิดคำนวณ:

รอบเวลาการผลิตของการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุของผลิตภัณฑ์ชนิด T

$(CT_Separating_T) =$

$$\left(\frac{Wa_T \times T_Separating_T}{O_Separating_T} \right) \quad (7)$$

โดยที่

$T_Separating_T$ หมายถึง เวลาในการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุ สำหรับผลิต

ผลิตภัณฑ์ชนิด T จำนวน 1 กิโลกรัม และมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.41 นาที

$O_Separating_T$ หมายถึง จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุ สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T และมีจำนวนเท่ากับ 1 คน

ดังนั้นจากสมการที่ (7) จึงทำให้สามารถหาค่าของ $CT_Separating_T$ ได้ โดยมีค่าเท่ากับ 7.22 นาทีต่อ Batch

จ. การบด (เฉพาะผลิตภัณฑ์ชนิด T)

การบดสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T มีรอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 10.56 นาทีต่อ Batch

วิธีการหาคำนวณ:

รอบเวลาการผลิตของการบด สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ($CT_Grinding_T$) =

$$\left(\frac{Wa_T \times T_Grinding_T}{O_Grinding_T} \right) \quad (8)$$

โดยที่

$T_Grinding_T$ หมายถึง เวลาในการบดเมล็ดกาแฟ สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T จำนวน 1 กิโลกรัม และมีค่าเท่ากับ 0.60 นาที

$O_Grinding_T$ หมายถึง จำนวนพนักงานบดเมล็ดกาแฟ สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T และมีจำนวนเท่ากับ 1 คน

ดังนั้นจากสมการที่ (8) จึงทำให้สามารถหาค่าของ $CT_Grinding_T$ ได้ โดยมีค่าเท่ากับ 10.56 นาทีต่อ Batch

ฉ. การบรรจุและชั่งน้ำหนัก

1) การบรรจุและชั่งน้ำหนัก สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีรอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.84 นาทีต่อ Batch

วิธีการคิดคำนวณ:

รอบเวลาการผลิตของการบรรจุและชั่งน้ำหนัก สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด Z ($CT_Weighing_Z$) =

$$\left(\frac{Wa_Z \times T_Weighing_Z}{O_Weighing_Z} \right) \quad (9)$$

โดยที่

$T_Weighing_Z$ หมายถึง เวลาในการชั่งน้ำหนักงานระหว่างการผลิต สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด Z จำนวน 1 กิโลกรัม และมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.73 นาที

$O_Weighing_Z$ หมายถึง จำนวนพนักงานบรรจุและชั่งน้ำหนัก สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด Z และมีจำนวนเท่ากับ 2 คน

ดังนั้นจากสมการที่ (9) จึงทำให้สามารถหาค่าของ $CT_Weighing_Z$ ได้ โดยมีค่าเท่ากับ 5.84 นาที ต่อ Batch

2) การบรรจุและชั่งน้ำหนัก สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด T มีรอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 15.25 นาทีต่อ Batch

วิธีการคิดคำนวณ:

รอบเวลาการผลิตของการบรรจุและชั่งน้ำหนัก สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด T ($CT_Weighing_T$) =

$$\left(\frac{Wa_T \times T_Weighing_T}{O_Weighing_T} \right) \quad (10)$$

โดยที่

$T_Weighing_T$ หมายถึง เวลาในการชั่งน้ำหนักงานระหว่างการผลิต สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด T จำนวน 1 กิโลกรัม และมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.733 นาที

$O_Weighing_T$ หมายถึง จำนวนพนักงานบรรจุและชั่งน้ำหนัก สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด T และมีจำนวนเท่ากับ 2 คน

ดังนั้นจากสมการที่ (10) จึงทำให้สามารถหาค่าของ $CT_Weighing_T$ ได้ โดยมีค่าเท่ากับ 15.25 นาทีต่อ Batch

ข. การปิดผนึกบรรจุภัณฑ์

1) การปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีรอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 6.88 นาทีต่อ Batch

วิธีการคิดคำนวณ:

รอบเวลาการผลิตของการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด Z ($CT_Sealing_Z$) =

$$\left(\frac{Wa_Z \times T_Sealing_Z}{O_Sealing_Z} \right) \quad (11)$$

โดยที่

$T_Sealing_Z$ หมายถึง เวลาในการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์จนได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป สำหรับผลิต

ผลิตภัณฑ์ชนิด Z จำนวน 1 กิโลกรัม และมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.43 นาที

$O_Sealing_Z$ หมายถึง จำนวนพนักงานปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z และมีจำนวนเท่ากับ 1 คน

ดังนั้นจากสมการที่ (11) จึงทำให้สามารถหาค่าของ $CT_Sealing_Z$ ได้ โดยมีค่าเท่ากับ 6.88 นาทีต่อ Batch

2) การปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T มีรอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 10.03 นาทีต่อ Batch

วิธีการคิดคำนวณ:

รอบเวลาการผลิตของการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด T ($CT_Sealing_T$) =

$$\left(\frac{Wa_T \times T_Sealing_T}{O_Sealing_T} \right) \quad (12)$$

โดยที่

$T_Sealing_T$ หมายถึง เวลาในการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์จนได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T จำนวน 1 กิโลกรัม และมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.57 นาที

$O_Sealing_T$ หมายถึง จำนวนพนักงานปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T และมีจำนวนเท่ากับ 1 คน

ดังนั้นจากสมการที่ (12) จึงทำให้สามารถหาค่าของ $CT_Sealing_T$ ได้ โดยมีค่าเท่ากับ 10.03 นาทีต่อ Batch

ซ. การบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง

1) การบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีรอบเวลาการผลิตเท่ากับ 7 นาทีต่อ Batch

2) การบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด T มีรอบเวลาการผลิตเท่ากับ 5 นาทีต่อ Batch

ในบางขั้นตอนการผลิตของสายการผลิตโรงงานกรณีศึกษา จะมีความต่อเนื่องกัน และปฏิบัติงานโดยพนักงานกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นจึงต้องทำการรวมค่าของรอบเวลาการผลิตของขั้นตอนต่าง ๆ เหล่านั้น เพื่อให้ข้อมูลจากผังงานสายธารแห่งคุณค่ามีความใกล้เคียงกับสายการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษามากที่สุด ขั้นตอนต่าง ๆ ที่ต้องทำการรวมค่ารอบเวลาการผลิตกัน จะพิจารณาตามสายการผลิตของแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

สำหรับสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z ตั้งแต่ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุ จนกระทั่งบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง จะถูกปฏิบัติงานโดยพนักงานกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นขั้นตอนการผลิตที่ต่อเนื่องกันดังกล่าว ต้องทำการรวมค่ารอบเวลาการผลิตกัน ทำให้รอบเวลาการผลิตสำหรับขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุ จนกระทั่งบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีรอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 23.00 นาทีต่อ Batch

สำหรับสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ตั้งแต่ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุจนกระทั่งบดเม็ดคากาแฟ จะถูกปฏิบัติงานโดยพนักงานกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นขั้นตอน

การผลิตที่ต่อเนื่องกันดังกล่าว ต้องทำการรวมค่ารอบเวลาการผลิตกัน ทำให้รอบเวลาการผลิตสำหรับขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุ จนกระทั่งบดเม็ดกาแฟ สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T มีรอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 17.78 นาทีต่อ Batch

3.3.2 เวลาในการเปลี่ยนรุ่นการผลิต (Changeover Time; C/O)

เวลาในการเปลี่ยนรุ่นการผลิต คือ ช่วงเวลาดังแต่ผลิตภัณฑ์ชนิดก่อนหน้าชิ้นสุดท้ายทำเสร็จ จนกระทั่งเริ่มผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดถัดไปได้เป็นชิ้นงานดีชิ้นแรก จากการสังเกตและเก็บข้อมูลจะพบว่า เวลาในการเปลี่ยนรุ่นการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา ส่วนใหญ่จะเป็นเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบหรืองานระหว่างการผลิต เพื่อดำเนินการผลิตในขั้นตอนถัดไป หรือเป็นเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ก่อนทำการผลิต รายละเอียดของเวลาในการเปลี่ยนรุ่นการผลิตในแต่ละขั้นตอนการผลิต สำหรับแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา จะแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เวลาในการเปลี่ยนรุ่นการผลิตในแต่ละขั้นตอนการผลิตสำหรับแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา

ชนิดผลิตภัณฑ์	ขั้นตอนการผลิต	เวลาในการเปลี่ยนรุ่นการผลิต (นาที)
Z และ T	- การคัดขนาดวัตถุดิบ	10
	- การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว	5
Z	- การคั่ว	2
	- การคัดแยกสิ่งแปลกปลอม จนบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง	6
	- การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว	5
T	- การคั่ว	2
	- การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุ และการบด	2
	- การบรรจุและชั่งน้ำหนัก	2
	- การปิดผนึกบรรจุภัณฑ์	0
	- การบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง	0

3.3.3 เวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริง (Available Time)

เวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริง คือ ช่วงเวลาที่ทรัพยากร (พนักงาน) ของขั้นตอนการผลิตใด ๆ ในสายการผลิตสามารถปฏิบัติงานได้สำหรับขั้นตอนการผลิตนั้น ๆ โดยปกติถ้าไม่มีการโยกย้ายพนักงานไปช่วยทำงานในขั้นตอนการผลิตอื่นของสายการผลิตนอกเหนือจากทำงานในหน้าที่หลักของตนเองแล้ว เวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริงสำหรับขั้นตอนการผลิตนั้น ๆ จะเท่ากับเวลาของการทำงานในช่วงเวลาปกติ (8 ชั่วโมง หรือ 480 นาที) โดยไม่รวมเวลาการหยุดพักกลางวัน

แต่เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาได้มีการโยกย้ายพนักงานจากขั้นตอนการผลิตที่ปฏิบัติงานเสร็จแล้ว ไปช่วยงานในขั้นตอนการผลิตอื่นที่ยังมีงานค้างอยู่ โดยเฉพาะขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว อีกทั้งขั้นตอนการคัดขนาดวัตถุดิบที่ต้องใช้พนักงานจากขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T เข้ามาปฏิบัติงานในส่วนนี้ด้วยแล้ว จึงทำให้ในขั้นตอนต่าง ๆ ที่มีการโยกย้ายพนักงานไป-มา มีเวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริงไม่เท่ากับ 480 นาที ขั้นตอนต่าง ๆ ที่มีเวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริงไม่เท่ากับ 480 นาที ได้แก่

ก. การคัดขนาดวัตถุดิบ

ขั้นตอนการคัดขนาดวัตถุดิบจะใช้พนักงานจากขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T เข้ามาปฏิบัติงาน และเมื่อพนักงานทำการคัดขนาดวัตถุดิบเสร็จแล้วก็ต้องกลับไปทำงานในส่วนของการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วต่อทันที ดังนั้นจึงทำให้ขั้นตอนการคัดขนาดวัตถุดิบมีเวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริงโดยเฉลี่ยเท่ากับ 80.92 นาทีต่อคนต่อครั้ง (วัน)

วิธีการคิดคำนวณ:

การคัดขนาดวัตถุดิบมีรอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ย	0.48	นาทีต่อ Batch
ผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีการผลิตโดยเฉลี่ยวันละ	4	Batches
ดังนั้นเวลาในการคัดขนาดเพื่อให้เพียงพอต่อการผลิต 1 วัน	$= 4 \times 0.48$	
	$= 1.92$	นาที
ผลิตภัณฑ์ชนิด T มีการผลิตวันละ	23	Batches
ดังนั้นเวลาในการคัดขนาดเพื่อให้เพียงพอต่อการผลิต 1 วัน	$= 23 \times 0.48$	
	$= 11.04$	นาที

$$\begin{aligned}\text{เวลาในการคัดขนาดสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดโดยเฉลี่ย} &= 11.04 + 1.92 \\ &= 12.96 \text{ นาที}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{เวลาในการคัดขนาดเพื่อให้เพียงพอต่อการผลิตทั้งสัปดาห์ (6 วัน)} &= 12.96 \times 6 \\ &= 77.76 \text{ นาที}\end{aligned}$$

ดังนั้นจึงทำให้พนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T จำนวน 2 คน ต้องทำหน้าที่การคัดขนาดวัตถุดิบสัปดาห์ละ 77.76 นาทีต่อคน

มีการคัดขนาดวัตถุดิบสัปดาห์ละ 3 ครั้ง (วัน) และในแต่ละครั้งที่ทำการคัดขนาดวัตถุดิบ จะมีการดำเนินงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

ใช้เวลาในการเปลี่ยนรุ่นการผลิต 10 นาที

ใช้เวลาในการเบิกวัตถุดิบ 30 นาที

ใช้เวลาในการจัดเก็บเมล็ดกาแฟผ่านการคัดขนาดแล้ว 15 นาที

ดังนั้นในแต่ละสัปดาห์จะใช้เวลาสำหรับการดำเนินงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการคัดขนาดวัตถุดิบ

$$\begin{aligned}(\text{ไม่รวมเวลาในการคัดขนาดวัตถุดิบ}) \text{ เป็นเวลาทั้งหมด} &= (10 + 30 + 15) \times 3 \\ &= 165 \text{ นาที}\end{aligned}$$

จึงทำให้พนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T จำนวน 2 คน

ต้องรับผิดชอบงานการคัดขนาดวัตถุดิบสัปดาห์ละ 242.76 นาทีต่อคน หรือการคัดขนาดวัตถุดิบจะมีเวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริงครั้ง (วัน) ละ 80.92 นาทีต่อคน

ข. การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว (เฉพาะผลิตภัณฑ์ชนิด T)

เนื่องจากพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ต้องรับผิดชอบงานการคัดขนาดวัตถุดิบด้วย ดังนั้นขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วจะมีเวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริงโดยเฉลี่ยเท่ากับ 472 นาทีต่อคนต่อวัน

วิธีการคิดคำนวณ:

ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T มีพนักงาน	10	คน
พนักงานแต่ละคนมีเวลาในการทำงานคนละ	480	นาที

พนักงานของขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ทั้งหมด จะมีเวลาในการทำงานโดยรวมสัปดาห์ละ 28,800 นาที แต่พนักงานจำนวน 2 คน ต้องรับผิดชอบ การคัดขนาดวัตถุดิบสัปดาห์ละ 242.76 นาทีต่อคน

พนักงานทั้ง 10 คน จะมีเวลาในการปฏิบัติงานสำหรับขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการ คั่วที่แท้จริงสัปดาห์ละ

$$= 28,800 - 485.52$$

$$= 28,314.48 \text{ นาที}$$

ดังนั้นขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T จะมีเวลา ปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริงโดยเฉลี่ยวันละ 472 นาทีต่อคน

ก. การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุ จนกระทั่งบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง (เฉพาะผลิตภัณฑ์ชนิด Z)

เนื่องจากพนักงานที่รับผิดชอบงานตั้งแต่ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอม ก่อนการบรรจุ จนกระทั่งบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง จะมีหน้าที่รับผิดชอบงานในส่วนของการเตรียม บรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์ชนิด Z ด้วย ดังนั้นจึงทำให้ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอม ก่อนการบรรจุ จนกระทั่งบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง มีเวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริงโดยเฉลี่ยเท่ากับ 395 นาทีต่อคนต่อวัน

วิธีการคิดคำนวณ:

ผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีการผลิตโดยเฉลี่ยวันละ	4	Batches
ใช้เวลาในการเบิกบรรจุภัณฑ์จากคลังสินค้าวันละ	5	นาที
ใช้เวลาในการเตรียมบรรจุภัณฑ์โดยเฉลี่ย Batch ละ	20	นาที
ดังนั้นจะใช้เวลาในการเบิกและเตรียมบรรจุภัณฑ์โดยเฉลี่ยวันละ	85	นาที
พนักงานมีเวลาในการปฏิบัติงานวันละ	480	นาทีต่อคน

ดังนั้นขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุ จนกระทั่งบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่องสำหรับ ผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีเวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริงโดยเฉลี่ยวันละ 395 นาทีต่อคน

3.3.4 เวลาปฏิบัติงานทั้งหมด (Total Available Time)

เวลาปฏิบัติงานทั้งหมด คือ เวลาที่ทรัพยากรต่าง ๆ ของขั้นตอนการผลิตใด ๆ ในสายการผลิตสามารถใช้ปฏิบัติงานได้ทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นงานในส่วนที่ต้องรับผิดชอบตามปกติหรืองานที่ได้รับมอบหมายเพิ่มเติม เมื่อทำงานในหน้าที่ตนเองเสร็จแล้ว โดยปกติเวลาปฏิบัติงานทั้งหมดจะเท่ากับเวลาการทำงานในช่วงเวลาปกติ (8 ชั่วโมง หรือ 480 นาที) ทั้งนี้ไม่รวมเวลาการหยุดพักกลางวัน

เกือบทุกขั้นตอนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาจะมีเวลาปฏิบัติงานทั้งหมดเท่ากับ 480 นาทีต่อคนต่อวัน แต่มีเพียงขั้นตอนการคัดขนาดวัตถุดิบเท่านั้น ที่มีเวลาปฏิบัติงานทั้งหมดเท่ากับ 80.92 นาทีต่อคนต่อครั้ง (วัน) เพราะขั้นตอนการคัดขนาดวัตถุดิบไม่มีพนักงานที่รับผิดชอบงานในส่วนนี้โดยตรง แต่จะใช้พนักงานจากขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T เข้ามารับผิดชอบงานในส่วนนี้ ทำให้ขั้นตอนดังกล่าวมีเวลาปฏิบัติงานทั้งหมดเพียง 80.92 นาทีต่อคนต่อครั้ง (วัน) เท่านั้น

3.3.5 ร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริง (Uptime)

ร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริง คือ เวลาที่ทรัพยากรของขั้นตอนการผลิตใด ๆ ใช้ในการปฏิบัติงานสำหรับขั้นตอนการผลิตนั้นจริง (Actual Operating Time)หารด้วยเวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริง (Available Time) ของทรัพยากรในขั้นตอนนั้น ๆ หรือเป็นเปอร์เซ็นต์ของเวลาที่ทรัพยากรสามารถทำงานได้ สามารถแสดงให้อยู่ในรูปสมการได้ดังนี้

$$\text{Uptime} = \frac{\text{Actual Operating Time}}{\text{Available Time}} \quad (13)$$

ร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงสำหรับแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ของแต่ละขั้นตอนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาในปัจจุบันจะมีค่าดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริง สำหรับแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ของแต่ละขั้นตอนการผลิตในสายการผลิตโรงงานกรณีศึกษา

ชนิดผลิตภัณฑ์	ขั้นตอนการผลิต	เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง (นาที)	เวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริง (นาที)	ร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริง (%)
Z และ T	- การคัดขนาดวัตถุดิบ	70.92	80.92	87.64
	- การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว	450	480	93.75
Z	- การคั่ว	72	480	15.00
	- การคัดแยกสิ่งแปลกปลอม จนบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง	92	395	23.29
	- การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว	407	472	86.23
	- การคั่ว	408	480	85.00
T	- การคัดแยกสิ่งแปลกปลอม และการบรรจุ	408.94	480	85.20
	- การบรรจุและชั่งน้ำหนัก	350.75	480	73.07
	- การปิดผนึกบรรจุภัณฑ์	230.69	480	48.06
	- การบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง	115	480	23.96
	- การคัดแยกสิ่งแปลกปลอม			

3.3.6 ปริมาณวัสดุคงคลังระหว่างการผลิตในสายการผลิต

วัสดุคงคลังในรูปแบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุดิบ งานระหว่างการผลิต หรือ ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ได้เก็บรักษาไว้ในสายการผลิต จะต้องมีการระบุทั้งตำแหน่งและปริมาณที่ทำการเก็บรักษา โดยใช้สัญลักษณ์ที่เรียกว่า Inventory (ดังแสดงในตารางที่ 1) ในการระบุข้อมูลต่าง ๆ ดังกล่าว

โรงงานกรณีศึกษาได้ทำการจัดเก็บวัสดุคงคลังไว้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของสายการผลิต อีกทั้งมีปริมาณและจำนวนวันของการจัดเก็บวัสดุคงคลัง ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ตำแหน่ง ปริมาณและจำนวนวันของการจัดเก็บวัสดุคงคลังของโรงงานกรณีศึกษา

ชนิด ผลิตภัณฑ์	ตำแหน่งที่จัดเก็บวัสดุคงคลัง	ปริมาณวัสดุคงคลังที่เก็บ รักษา (กิโลกรัม)	ระยะเวลาของการเก็บ รักษา (วัน)
Z	- หลังขั้นตอนการคัดขนาด	544	3
	- หลังขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลก ปลอมก่อนการคั่ว	1,200	15
	- หลังขั้นตอนการคัดขนาด	1,875	3
T	- หลังขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลก ปลอมก่อนการคั่ว	134	1
	- หลังขั้นตอนการบด (เพื่อให้เกิด การคายแก๊สออกจากเมล็ดกาแฟ จนหมด ก่อนนำไปบรรจุ)	405	1

3.3.7 เส้นแสดงเวลา (Time Line)

เส้นแสดงเวลา คือ เส้นที่อยู่ด้านล่างที่แสดงเวลาในทุกขั้นตอนของสายการผลิต ถ้าอยู่ใต้ขั้นตอนการผลิตจะแสดงเวลาเป็นรอบเวลาการผลิตของขั้นตอนการผลิตนั้น ๆ และถ้าระหว่างขั้นตอนการผลิตใด ๆ มีการเก็บวัสดุคงคลังไว้ เส้นแสดงเวลาจะแสดงจำนวนวันที่ต้องทำการจัดเก็บวัสดุคงคลังเหล่านั้นเอาไว้

3.3.8 ระยะเวลา นำของการผลิต (Production Lead Time)

ระยะเวลานำของการผลิต คำนวณจากผลรวมของระยะเวลาในการจัดเก็บรักษา คงคลังระหว่างการผลิตในทุกขั้นตอนของสายการผลิต

ก. สำหรับสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีระยะเวลานำของการผลิตโดยเฉลี่ย เท่ากับ 18 วัน

วิธีการคิดคำนวณ:

จากสูตร

$$PLT_Z = D_Graded_Z + D_Sorted_Z \quad (14)$$

โดยที่

PLT_Z หมายถึง ระยะเวลาของการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z

D_Graded_Z หมายถึง ระยะเวลาการจัดเก็บคงคลังระหว่างการผลิต หลังขั้นตอนการคัดขนาด และมีระยะเวลาเท่ากับ 3 วัน

D_Sorted_Z หมายถึง ระยะเวลาการจัดเก็บคงคลังระหว่างการผลิต หลังขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว และมีระยะเวลาเท่ากับ 15 วัน

ดังนั้นจากสมการที่ (14) จึงทำให้สามารถหาค่า PLT_Z ได้ โดยมีค่าเท่ากับ 18 วัน

ข. สำหรับสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T มีระยะเวลานำของการผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5 วัน

วิธีการคิดคำนวณ:

จากสูตร

$$PLT_T = D_Graded_T + D_Sorted_T + D_Grounded_T \quad (15)$$

โดยที่

PLT_T หมายถึง ระยะเวลาของการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T

D_Graded_T หมายถึง ระยะเวลาการจัดเก็บคงคลังระหว่างการผลิต หลังขั้นตอนการคัดขนาด และมีระยะเวลาเท่ากับ 3 วัน

D_Sorted_T หมายถึง ระยะเวลาการจัดเก็บคงคลังระหว่างการผลิต หลังขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว และมีระยะเวลาเท่ากับ 1 วัน

$D_Grounded_T$ หมายถึง ระยะเวลาการจัดเก็บคงคลังระหว่างการผลิต หลังขั้นตอนการบดเมล็ดกาแฟ และมีระยะเวลาเท่ากับ 1 วัน

ดังนั้นจากสมการที่ (15) จึงทำให้สามารถหาค่า PLT_T ได้ โดยมีค่าเท่ากับ 5 วัน

จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ประกอบกับการใช้สัญลักษณ์ที่แทนความหมายต่าง ๆ ในการวาดผังงานสายธารแห่งคุณค่าดังแสดงในตารางที่ 1 จึงทำให้สามารถสร้างผังงานสายธารแห่งคุณค่าที่แสดงสายการผลิตปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาได้ดังภาพที่ 8

4. การพิจารณาและทดสอบ แนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตของโรงงาน กรณีศึกษา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแผนการผลิตประจำสัปดาห์พบว่า อุปสงค์สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีค่าความแปรปรวนสูง ในขณะที่อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด T มีค่าค่อนข้างคงที่ โดยอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด T มีค่าเฉลี่ยประมาณ 6 เท่าของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ดังนั้นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตด้วยวิธีการต่าง ๆ จะต้องสามารถตอบสนองต่อปริมาณอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดได้

4.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตขั้นตอนการคั่ว

จากการสอบถามและเก็บรวบรวมข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า ทางโรงงานกรณีศึกษายังไม่มีวิธีการจัดลำดับงานบนเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟทั้งสองเครื่องของโรงงานอย่างเหมาะสม ทำให้อัตราการทำงานเฉลี่ยบนเครื่องคั่วทั้งสองเครื่องมีความแตกต่างกัน จนอาจก่อให้เกิดการว่างงานหรือรอคอยงานของเครื่องคั่วเครื่องใดเครื่องหนึ่งมากเกินไป ปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นจะเป็นกิจกรรมสูญเสียเปล่าประเภทการรอคอยและการดำเนินงานที่ไม่เหมาะสม ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอยู่ทำการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงได้พิจารณาหาแนวทางในการกำจัดหรือลดกิจกรรมสูญเสียเปล่าเหล่านี้ ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการคั่วผลิตภัณฑ์

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาหาวิธีการจัดลำดับงานบนเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟทั้งสองเครื่องที่เหมาะสมให้กับโรงงานกรณีศึกษา เพื่อให้สายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาเกิดความสมดุล แต่ทั้งนี้เครื่องคั่วของโรงงานกรณีศึกษามีกำลังการผลิตที่แตกต่างกัน โดยเครื่องคั่วเครื่องที่ 1 มีกำลังการผลิตที่น้อยกว่าเครื่องคั่วเครื่องที่ 2 งานวิจัยได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการจัดลำดับงานบนเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟทั้งสองเครื่อง 3 รูปแบบ ดังนี้

4.1.1 รูปแบบที่ 1 ใช้เครื่องคั่วเครื่องที่ 1 สำหรับการคั่วผลิตภัณฑ์ชนิด Z และเครื่องคั่วเครื่องที่ 2 สำหรับการคั่วผลิตภัณฑ์ชนิด T แยกจากกันอย่างชัดเจน โดยสามารถสร้างเป็นแบบจำลองสถานการณ์ได้ดังภาพผนวกที่ ข2

4.1.2 รูปแบบที่ 2 มีรูปแบบการดำเนินงานเช่นเดียวกับรูปแบบที่ 1 แต่เมื่อเครื่องคว่ำเครื่องใดทำการคว่ำแล้วเสร็จตามแผนการผลิตก่อน จะช่วยคว่ำผลิตภัณฑ์อีกชนิดต่อทันที โดยสามารถสร้างเป็นแบบจำลองสถานการณ์ได้ดังภาพผนวกที่ ข3

4.1.3 รูปแบบที่ 3 ทำการคว่ำผลิตภัณฑ์ชนิด Z ซึ่งมีปริมาณอุปสงค์เฉลี่ยน้อยกว่าบนเครื่องคว่ำทั้งสองเครื่องให้ครบตามแผนการผลิตก่อน จากนั้นจึงทำการคว่ำผลิตภัณฑ์ชนิด T บนเครื่องคว่ำทั้งสองเครื่องต่อให้ครบตามแผนการผลิตเช่นเดียวกัน โดยสามารถสร้างเป็นแบบจำลองสถานการณ์ได้ดังภาพผนวกที่ ข4

ในงานวิจัยจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการจัดลำดับงานบนเครื่องคว่ำเมล็ดกาแฟทั้ง 3 รูปแบบ ผ่านตัววัดประสิทธิภาพที่ต้องการศึกษาคือ อัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการคว่ำ และใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้สร้างขึ้นทำการประมวลผลประสิทธิภาพวิธีการจัดลำดับงานบนเครื่องคว่ำ ในแต่ละรูปแบบที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้

4.2 การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตขั้นตอนการผลิตอื่น

4.2.1 การระบุกิจกรรมสูญเสียเปล่าในสายการผลิต

เมื่อพิจารณาผังงานสายธารแห่งคุณค่าที่แสดงสถานะปัจจุบันของสายการผลิตโรงงานกรณีศึกษา (ดังแสดงในภาพที่ 8) จะพบว่า สายการผลิตในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาได้ประสบปัญหาต่าง ๆ ดังนี้

ก. มีขั้นตอนการผลิตที่เป็นคอขวด (Bottleneck) คือ ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคว่ำ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากรอบเวลาการผลิตของขั้นตอนดังกล่าวที่มีค่าสูงกว่าขั้นตอนการผลิตอื่น ๆ สาเหตุที่ทำให้ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคว่ำเป็นจุดคอขวดของสายการผลิต เนื่องจากทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการ ในปัจจุบันมีพนักงานทำงานในขั้นตอนนี้ทั้งสิ้น 16 คน (คัดแยกสิ่งแปลกปลอมสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z จำนวน 6 คน และสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T จำนวน 10 คน) ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นนี้จะจัดเป็นกิจกรรมสูญเสียเปล่าประเภทการดำเนินงานที่ไม่เหมาะสม

ข. ขั้นตอนการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์และบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่องสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T มีร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงค่อนข้างต่ำ ซึ่งแสดงถึงการเกิดช่วงเวลาว่างงานของพนักงานที่ทำงานในขั้นตอนดังกล่าว โดยเมื่อพิจารณาจากกระบวนการผลิตจะพบว่าพนักงานในขั้นตอนนี้จะต้องรอคอยงานจากขั้นตอนการบรรจุและชั่งน้ำหนักที่เป็นขั้นตอนก่อนหน้า จึงทำให้เกิดกิจกรรมสูญเปล่าประเภทการรอคอยขึ้นในขั้นตอนการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์และบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่องสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T

4.2.2 แนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิต

ปัญหาต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาในข้างต้นจะส่งผลกระทบต่อการใช้เวลาของงาน และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรต่าง ๆ ของโรงงานกรณีศึกษา ดังนั้นในงานวิจัยจึงพิจารณาหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต เพื่อให้ประสิทธิภาพของสายการผลิตมีความเหมาะสมกับปริมาณอุปสงค์ปัจจุบัน โดยสามารถกำจัดหรือลดกิจกรรมสูญเปล่าประเภทต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสายการผลิตได้

การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตที่งานวิจัยนี้ได้เสนอ จะเน้นที่การบริหารจัดการทรัพยากร (เครื่องจักรและพนักงาน) ต่าง ๆ ที่มีอยู่ให้สามารถทำงานจนเกิดประสิทธิภาพได้สูงสุด ร่วมกับการเพิ่มพนักงานในปริมาณที่เหมาะสมที่สุด

จากการที่ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการถั่วเป็นจุดคอขวดของสายการผลิต ในปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษาจึงทำการแก้ไขปัญหา โดยการโยกย้ายพนักงานจากส่วนอื่นที่ได้ทำงานในหน้าที่ของตนเสร็จเรียบร้อยแล้วเข้ามาทำงานในขั้นตอนนี้ ทั้งนี้งานวิจัยจึงพิจารณาหาวิธีในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เพิ่มเติมนอกเหนือจากที่โรงงานได้ทำการแก้ไขอยู่ในปัจจุบัน ดังนี้

ก. วิธีที่ 1 ปรับเพิ่มจำนวนพนักงานสำหรับขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการถั่วของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดให้เหมาะสมกับปริมาณอุปสงค์ที่มีอยู่ในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา และกำหนดให้พนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการถั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z เมื่อทำงานเสร็จก็ต้องถูกโยกย้ายไปช่วยทำการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการถั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T แทนที่ โดยจำนวนพนักงานที่กำหนดขึ้นนี้ได้มาจากการหาจำนวนพนักงานที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ค่าแรงงานพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการถั่วทั้งหมดมีค่าน้อยที่สุด

ข้อจำกัดสำหรับจำนวนชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาเฉลี่ยถูกกำหนดโดย โรงงานกรณีศึกษา ที่ให้มีการทำงานล่วงเวลาได้ไม่เกินวันละ 2 ชั่วโมง หรือมีเวลาในการทำงานเฉลี่ย (Average Throughput Time) ไม่เกิน 10 ชั่วโมงต่อวัน แต่เนื่องจากอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีความแปรปรวนสูง ดังนั้นในงานวิจัยจึงกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีเวลาในการทำงานเฉลี่ยไม่เกิน 12 ชั่วโมงต่อวัน หรือสามารถทำงานล่วงเวลาได้ไม่เกิน 4 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อลดความวุ่นวายของพนักงานภายหลังทำการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมได้ครบตามปริมาณที่กำหนด และป้องกันไม่ให้อัตรากาการทำงานเฉลี่ยของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วมีค่าน้อยลง เมื่อนำมาเฉลี่ยรวมกับวันที่ไม่มีการทำงานล่วงเวลา เงื่อนไขต่าง ๆ ทั้งหมดสามารถแสดงเป็นแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นแบบจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming Model) ได้ดังนี้

สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function):

ค่าแรงงานพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วทั้งหมดมีค่าน้อยที่สุด =

$$(191 \times N_T \times D) + (191 \times N_Z \times D) + \left[1.5 \times \frac{191}{8} \times (T_T - 8) \times N_T \times O_T \right] + \left[1.5 \times \frac{191}{8} \times (T_Z - 8) \times N_Z \times O_Z \right] \quad (16)$$

ข้อจำกัด (Subject to): $0 \leq T_T \leq 10$

$$0 \leq T_Z \leq 12$$

$$N_T \in \{0, 1, 2, \dots\}$$

$$N_Z \in \{0, 1, 2, \dots\}$$

โดยที่

N_T หมายถึง จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว ในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T

N_Z หมายถึง จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว ในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z

T_T หมายถึง เวลาในการทำงานเฉลี่ยสำหรับการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว ในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T (ชั่วโมง)

T_Z หมายถึง เวลาในการทำงานเฉลี่ยสำหรับการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว ในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z (ชั่วโมง)

O_T หมายถึง จำนวนวันที่มีการทำงานล่วงเวลาโดยเฉลี่ยสำหรับการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว ในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T

O_z หมายถึง จำนวนวันที่มีการทำงานล่วงเวลาโดยเฉลี่ยสำหรับการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการ
 คั่ว ในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z

D หมายถึง จำนวนวันทำงานทั้งหมด

จากสมการที่ (16) ค่าคงที่ต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้น จะประกอบด้วย อัตราค่าจ้าง
 ขั้นต่ำในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งเป็นเขตที่ตั้งของโรงงานกรณีศึกษา โดยจะมีค่า
 เท่ากับ 191 บาทต่อวัน (กระทรวงแรงงาน, 2550) อัตราค่าจ้างการทำงานล่วงเวลา ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ
 1.5 เท่าของค่าจ้างในเวลางานปกติ และจำนวนชั่วโมงการทำงานในเวลางานปกติ
 ของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 8 ชั่วโมง

ในการหาจำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วจะใช้โปรแกรม
 OptQuest ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมในโปรแกรม Arena จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อน
 การคั่วที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด T จะเท่ากับ 10 คน และสำหรับผลิตภัณฑ์
 ชนิด Z จะเท่ากับ 9 คน ผลของการหาจำนวนพนักงานที่เหมาะสมที่ได้จากโปรแกรม OptQuest
 ของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดจะแสดงดังภาพผนวกที่ ข5

ข. วิธีที่ 2 กำหนดให้พนักงานในส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์ชนิด T (ตั้งแต่การบรรจุ
 และชั่งน้ำหนักจนกระทั่งบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง) มีช่วงเวลาในการเริ่มปฏิบัติงานขั้นตอนการ
 บรรจุที่ไม่พร้อมกัน โดยให้พนักงานที่ทำหน้าที่บรรจุและชั่งน้ำหนักกาแฟที่ผ่านการบดแล้วเริ่ม
 งานในขั้นตอนการบรรจุก่อน และเมื่อทำงานเสร็จก็จะถูกโยกย้ายมาทำการคัดแยกสิ่งแปลกปลอม
 ก่อนการคั่วสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด T ทันที และให้พนักงานที่ทำหน้าที่ปิดผนึกบรรจุภัณฑ์และ
 บรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่องไปทำงานในส่วนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิต
 ผลิตภัณฑ์ชนิด T ก่อนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงกลับมาทำงานในหน้าที่ของตนเอง

ในงานวิจัยนี้จะนำทั้งสองวิธีที่ได้กล่าวข้างต้นมาใช้ในการปรับปรุง
 ประสิทธิภาพสายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาร่วมกัน และสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วย
 คอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างสายการผลิตจากการ
 ประยุกต์ใช้ทั้งสองวิธีร่วมกันกับประสิทธิภาพของสายการผลิตที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ผ่านตัววัด
 ประสิทธิภาพที่ต้องการศึกษาคือ อัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากร (พนักงานและเครื่องจักร)
 ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลา และจำนวนชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาเฉลี่ย

การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษาประสิทธิภาพของสายการผลิตในปัจจุบัน และสายการผลิตที่ได้รับการปรับปรุงประสิทธิภาพทั้งงานวิจัยนี้ได้นำเสนอทั้งหมด จะทำการจำลองสถานการณ์โดยกำหนดให้มีจำนวนรอบการทำงานซ้ำ 40 รอบ มีช่วงเวลาที่เข้าสู่สภาวะคงตัว (Warm-up Period) เท่ากับ 1,100 ชั่วโมง และมีความยาวในการประมวลผลแต่ละรอบของการทำซ้ำเท่ากับ 14,600 ชั่วโมง (หรือเทียบเท่ากับระยะเวลาในการดำเนินงาน 5 ปี)

5. นำแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตที่เหมาะสมที่สุด มาทำการสร้างเป็นผังงานสายธารแห่งคุณค่าที่แสดงสถานะที่ควรจะเป็นในอนาคตของสายการผลิตโรงงานกรณีศึกษา

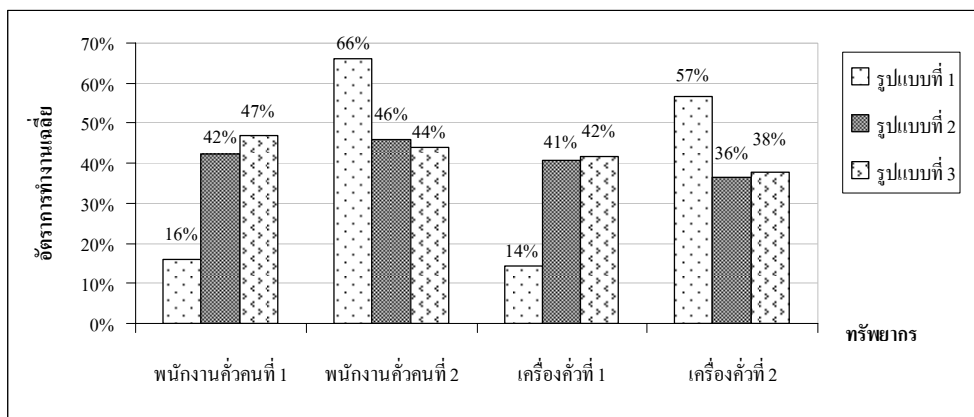
นำแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตที่เหมาะสมที่สุด ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์มาทำการสร้างเป็นผังงานสายธารแห่งคุณค่าของสายการผลิตโรงงานกรณีศึกษาในอนาคต โดยทำการระบุแนวทางและผลจากการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตลงในผังงานสายธารแห่งคุณค่าของสถานะอนาคตดังกล่าว

ผลและวิจารณ์

การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

1. การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตขั้นตอนการคว่ำ

ผลจากแบบจำลองสถานการณ์ เมื่อทำการจัดลำดับงานบนเครื่องคว่ำทั้งสองเครื่องด้วยรูปแบบต่าง ๆ จะส่งผลต่ออัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรต่าง ๆ ในขั้นตอนการคว่ำ (ดังแสดงในภาพที่ 9) เป็นดังนี้



ภาพที่ 9 อัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการคว่ำ เมื่อทำการจัดลำดับงานบนเครื่องคว่ำทั้งสองเครื่องด้วยรูปแบบต่าง ๆ

1.1 การจัดลำดับงานบนเครื่องคว่ำทั้งสองเครื่องด้วยรูปแบบที่ 1 ทำให้อัตราการงานเฉลี่ยของพนักงานคว่ำคนที่ 2 และเครื่องคว่ำที่ 2 มีค่าสูงกว่าอัตราการงานเฉลี่ยของพนักงานคว่ำคนที่ 1 และเครื่องคว่ำที่ 1 อย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้ เนื่องจากพนักงานคว่ำคนที่ 2 และเครื่องคว่ำที่ 2 ถูกใช้ทำการคว่ำผลิตภัณฑ์ชนิด T ซึ่งมีปริมาณอุปสงค์สูงกว่าผลิตภัณฑ์ชนิด Z ที่ถูกคว่ำโดยพนักงานคว่ำคนที่ 1 และเครื่องคว่ำที่ 1

1.2 การจัดลำดับงานบนเครื่องคว่ำทั้งสองเครื่องด้วยรูปแบบที่ 2 และรูปแบบที่ 3 ให้ผลคล้ายกัน กล่าวคือ อัตราการทำงานเฉลี่ยของเครื่องคว่ำทั้งสองเครื่องและพนักงานควบคุมเครื่องทั้งสอง มีค่าใกล้เคียงกันและยังมีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

ด้วยรูปแบบการจัดลำดับงานบนเครื่องคว่ำเหล่านี้ จะทำให้เกิดการกระจายปริมาณงานมายังทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการคว่ำได้อย่างสม่ำเสมอ ทำให้สามารถลดหรือป้องกันการเกิดการรอคอยของงานระหว่างการผลิตในขั้นตอนถัดไป และยังทำให้ทรัพยากรเหล่านี้สามารถรองรับการขยายตัวของอุปสงค์ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นได้อีก

1.3 อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานควบคุมเครื่องทั้งสองในทั้ง 3 รูปแบบของการจัดลำดับงานบนเครื่องคว่ำ จะมีค่าสูงกว่าอัตราการทำงานเฉลี่ยของเครื่องคว่ำทั้งสองเครื่อง เนื่องจากพนักงานควบคุมเครื่องทั้งสองต้องรับผิดชอบงานนอกเหนือจากการคว่ำเมล็ดกาแฟ ซึ่งได้แก่ การเบิกเมล็ดกาแฟ และผสมเมล็ดกาแฟตามสูตรเพื่อทำการคว่ำต่อไป

1.4 การกระจายปริมาณงานอย่างสม่ำเสมอจากการจัดลำดับงานบนเครื่องคว่ำทั้งสองเครื่อง โดยการใช้รูปแบบที่ 2 และรูปแบบที่ 3 ทำให้อัตราการทำงานเฉลี่ยของเครื่องคว่ำที่ 2 มีค่าต่ำกว่าอัตราการทำงานเฉลี่ยของเครื่องคว่ำที่ 1 เล็กน้อย เนื่องจากเครื่องคว่ำที่ 2 มีกำลังการผลิตสูงกว่าเครื่องคว่ำที่ 1 ทำให้ใช้เวลาในการทำงานน้อยกว่า เมื่อมีปริมาณวัตถุดิบที่ต้องทำการคว่ำเท่ากัน

1.5 การจัดลำดับงานบนเครื่องคว่ำทั้งสองเครื่องด้วยรูปแบบต่าง ๆ ได้ส่งผลให้ร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงของขั้นตอนการคว่ำบนเครื่องคว่ำทั้งสองเครื่องเกิดการเปลี่ยนแปลงไป ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงของขั้นตอนการคว่ำ ระหว่างการจัดลำดับงานบนเครื่องคว่ำทั้งสองเครื่องด้วยรูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบการจัดลำดับงาน	ขั้นตอนการคว่ำด้วยเครื่องคว่ำที่ 1	ขั้นตอนการคว่ำด้วยเครื่องคว่ำที่ 2
รูปแบบที่ 1	15.00%	95.83%
รูปแบบที่ 2	56.67%	54.17%
รูปแบบที่ 3	57.50%	53.33%

1.6 ถ้าหากมีการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z เป็นจำนวนมาก การจัดลำดับงานบนเครื่องคว่ำด้วยรูปแบบที่ 3 จะทำให้พนักงานในส่วนขั้นตอนการบดผลิตภัณฑ์ชนิด T ต้องรอคอยงานที่ต้องทำการบดเป็นระยะเวลานาน ระยะเวลาของการรอคอยงานระหว่างการผลิตสำหรับขั้นตอนการบดเมื่อมีจำนวน Batch ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ที่ต้องทำการคว่ำที่แตกต่างกัน จะแสดงในตารางที่ 11

ดังนั้นการจัดลำดับงานบนเครื่องคว่ำทั้งสองเครื่องของโรงงานกรณีศึกษาด้วยรูปแบบที่ 2 จึงมีความเหมาะสมกับโรงงานกรณีศึกษามากกว่ารูปแบบอื่น และยังสามารถลดหรือกำจัดกิจกรรมสูญเปล่าประเภทการรอคอยและการดำเนินงานที่ไม่เหมาะสมออกจากขั้นตอนการคว่ำผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

ตารางที่ 11 ระยะเวลาของการรอคอยงานระหว่างการผลิตของขั้นตอนการบดสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T เมื่อทำการคว่ำผลิตภัณฑ์ชนิด Z ในจำนวน Batch ที่แตกต่างกัน โดยการจัดลำดับงานบนเครื่องคว่ำทั้งสองเครื่องด้วยรูปแบบที่ 3

จำนวน Batch ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ที่ทำการคว่ำ	ระยะเวลาในการรอคอยงาน (นาที)
4	56
6	74
8	92
10	110
12	128
14	146

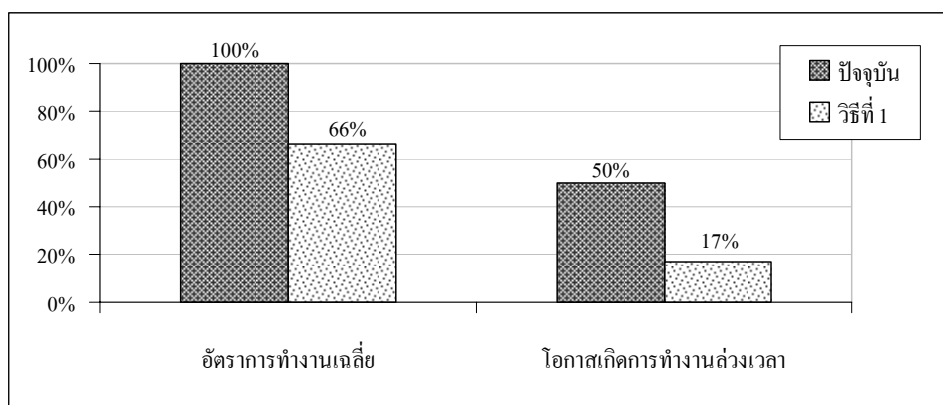
2. การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตขั้นตอนการผลิตอื่น

2.1 จากการหาจำนวนพนักงานที่สามารถเพิ่มได้ โดยมีค่าแรงงานพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคว่ำทั้งหมดมีค่าน้อยที่สุด ด้วยโปรแกรม OptQuest (วิธีที่ 1) พบว่า จะต้องทำการจ้างพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคว่ำสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มจาก 6 คน เป็น 9 คน แต่จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคว่ำสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T จะยังคงมีจำนวนเท่ากับ 10 คน

การเพิ่มจำนวนพนักงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคว่ำสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z ซึ่งเป็นขั้นตอนคอขวดของสายการผลิต จะมีผลต่ออัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคว่ำ จำนวนชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาเฉลี่ย และโอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลา ของขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคว่ำสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z ดังนี้

2.1.1 อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคว่ำ สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z ลดลง จาก 100% เหลือเพียง 66% (ดังแสดงในภาพที่ 10) ทั้งนี้ เกิดจากการที่

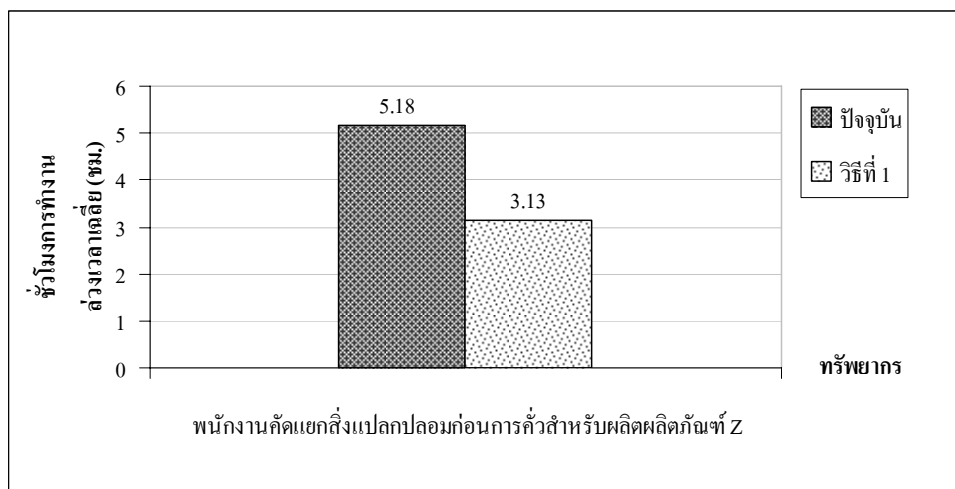
ปริมาณอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีค่าความแปรปรวนสูง ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการทำงานให้แล้วเสร็จในแต่ละวันมีค่าความแปรปรวนสูงตามไปด้วย และวันที่ทำงานเสร็จเร็วพนักงานเหล่านี้จะต้องไปช่วยงานพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด T แทนที่



ภาพที่ 10 อัตราการทำงานเฉลี่ยและ โอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลาของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด Z

2.1.2 โอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลาสำหรับการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด Z ลดลง จาก 50% เหลือเพียง 17% จากจำนวนวันทำงานทั้งหมด (ดังแสดงในภาพที่ 10) ทั้งนี้ เกิดจากการเพิ่มจำนวนพนักงานที่ทำหน้าที่คัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ให้มีมากขึ้น ทำให้สามารถทำงานเสร็จในเวลาการทำงานปกติได้มากขึ้น

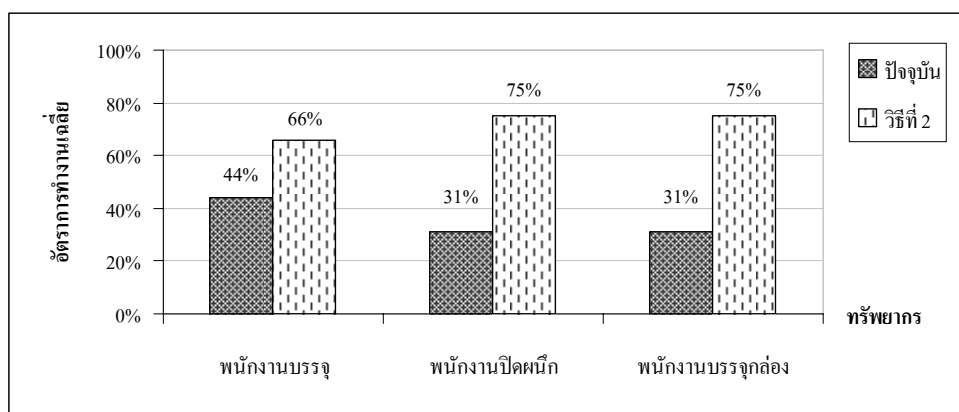
2.1.3 สำหรับวันที่มีการทำงานล่วงเวลา พบว่า จำนวนชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาเฉลี่ยของการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด Z ลดลงจาก 5 ชั่วโมง 11 นาที เหลือ 3 ชั่วโมง 8 นาที (ดังแสดงในภาพที่ 11) ทั้งนี้ เกิดจากจำนวนพนักงานที่ทำการเพิ่ม ถูกกำหนดให้ไม่สามารถทำงานล่วงเวลาได้เกิน 4 ชั่วโมง สำหรับการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด Z เมื่อต้องมีการทำงานล่วงเวลา



ภาพที่ 11 จำนวนชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาเฉลี่ยของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z

2.1.4 การเพิ่มจำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z จาก 6 คนเป็น 9 คน ทำให้รอบเวลาการผลิตของขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ลดลงจาก 41.70 นาทีต่อ Batch เป็น 27.80 นาทีต่อ Batch

2.2 การปรับเปลี่ยนเวลาในการเริ่มงานของพนักงานในส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์ชนิด T (วิธีที่ 2) ซึ่งได้แก่ ขั้นตอนการบรรจุและชั่งน้ำหนักจนกระทั่งบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง ส่งผลให้อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานที่เกี่ยวข้องกับส่วนบรรจุของผลิตภัณฑ์ชนิด T ทั้งหมด ได้แก่ พนักงานบรรจุและชั่งน้ำหนัก พนักงานปิดฉลากบรรจุภัณฑ์ และพนักงานบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง มีค่าสูงขึ้นและใกล้เคียงกัน (ดังแสดงในภาพที่ 12) นั่นคือ เกิดการกระจายปริมาณงานให้แก่พนักงานในส่วนการบรรจุผลิตภัณฑ์ชนิด T ให้มีความใกล้เคียงกันมากขึ้น และเป็นการลดหรือกำจัดกิจกรรมสูญเปล่าที่เกิดจากการรอคอยงานระหว่างการผลิตในส่วนของการบรรจุลงได้อีกด้วย



ภาพที่ 12 อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานที่เกี่ยวข้องกับส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์ชนิด T ทั้งหมด

เมื่อทำการปรับเปลี่ยนเวลาในการเริ่มงานของพนักงานในส่วนบรรจุสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ให้มีเวลาในการเริ่มงานที่ไม่พร้อมกัน ได้ส่งผลให้เวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริงและร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงของพนักงานที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการบรรจุสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T เกิดการเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

2.2.1 เวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริง

ก. ขั้นตอนการบรรจุและชั่งน้ำหนัก มีเวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริงโดยเฉลี่ยลดลงจาก 480 นาทีต่อคนต่อวัน เหลือเพียง 402 นาทีต่อคนต่อวัน เนื่องจาก เมื่อพนักงานทำงานในหน้าที่ตนเองเสร็จแล้วก็ต้องไปทำงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ทันที ทำให้มีเวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริงสำหรับขั้นตอนการบรรจุและชั่งน้ำหนักน้อยลง โดยมีวิธีการคิดคำนวณดังนี้

วิธีการคิดคำนวณ:

ผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T วันละ	23	Batches
ใช้เวลาในการเบิกบรรจุภัณฑ์วันละ	5	นาที
รอบเวลาการผลิตของการบรรจุและชั่งน้ำหนัก	15.25	นาทีต่อ Batch
ใช้เวลาในการเปลี่ยนรุ่นการผลิตครั้งละ	2	นาทีต่อ Batch

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้นขั้นตอนการบรรจุและซังน้ำหนักมีเวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริง} &= 5 + (15.25 \times 23) + (2 \times 23) \\ &= 402 \quad \text{นาทีต่อคนต่อวัน}\end{aligned}$$

ข. ขั้นตอนการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ และขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง มีเวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริงลดลงจาก 480 นาทีต่อคนต่อวัน เหลือเพียง 300 นาทีต่อคนต่อวัน เนื่องจากพนักงานของทั้งสองขั้นตอนการผลิต ต้องทำงานในส่วนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด T ก่อนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงกลับมาทำงานในหน้าที่ของตนเองต่อ

2.2.2 ร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริง

ร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงของพนักงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด T ซึ่งได้แก่ พนักงานบรรจุและซังน้ำหนัก พนักงานปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ และพนักงานบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง เกิดการเปลี่ยนแปลงไปดังแสดงในตารางที่ 12 ทั้งนี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงด้านเวลาปฏิบัติงานที่ใช้ได้จริงที่มีค่าน้อยลง จึงส่งผลให้ร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงของขั้นตอนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด T มีค่าเพิ่มมากขึ้น

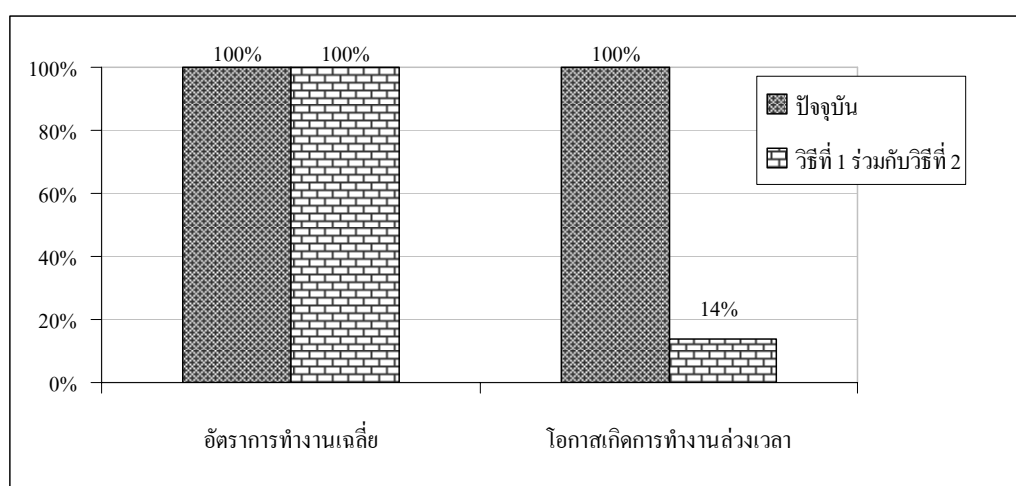
ตารางที่ 12 เปรียบเทียบร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงของขั้นตอนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด T ระหว่างสายการผลิตปัจจุบันกับสายการผลิตที่ได้รับการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตด้วยวิธีที่ 2

ขั้นตอนการผลิต	สายการผลิตปัจจุบัน	สายการผลิตที่ได้รับการปรับปรุงประสิทธิภาพ
การบรรจุและซังน้ำหนัก	73.07%	87.25%
การปิดผนึกบรรจุภัณฑ์	48.06%	76.90%
การบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง	23.96%	38.33%

2.3 จากการที่กำหนดให้พนักงานในทุกขั้นตอนของสายการผลิต เมื่อทำงานในหน้าที่ของตนเองเสร็จแล้วต้องมาช่วยงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด T ร่วมกับแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตที่งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ โดยการเพิ่มจำนวนพนักงานในส่วนของการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วและปรับเปลี่ยน

เวลาในการเริ่มงานของพนักงานในส่วนการบรรจุสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ให้มีเวลาในการเริ่มงานสำหรับขั้นตอนการบรรจุที่ไม่พร้อมกัน (การปรับปรุงประสิทธิภาพโดยการใช้วิธีที่ 1 ร่วมกับวิธีที่ 2) ได้ส่งผลดังนี้

2.3.1 อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง (ดังแสดงในภาพที่ 13) เนื่องจากปริมาณอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด T มีค่าค่อนข้างคงที่ ทำให้อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วของผลิตภัณฑ์ชนิด T มีค่าค่อนข้างคงที่ตามไปด้วย



ภาพที่ 13 อัตราการทำงานเฉลี่ย และโอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลาของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T

2.3.2 โอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลาสำหรับการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ลดลงจาก 100% เหลือเพียง 14% จากจำนวนวันทำงานทั้งหมด (ดังแสดงในภาพที่ 13) ทั้งนี้ เกิดจากการที่พนักงานในทุกขั้นตอนของสายการผลิต เมื่อทำงานในหน้าที่ตนเองเสร็จแล้ว ต้องมาทำงานในส่วนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ทั้งนี้ ร่วมกับการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตด้วยการเพิ่มจำนวนพนักงานและโยกย้ายพนักงาน (วิธีที่ 1) และการเปลี่ยนเวลาในการเริ่มงานของพนักงานในส่วนบรรจุของผลิตภัณฑ์ชนิด T (วิธีที่ 2) ทำให้สามารถทำการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T เสร็จในเวลาการทำงานปกติได้มากขึ้น

จากการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตตามงานวิจัยนี้ได้นำเสนอทั้งหมด ทำให้ผังงานสายธารแห่งคุณค่าที่แสดงสถานะที่ควรจะเป็นในอนาคตของโรงงานกรณีศึกษา มีลักษณะเป็นดังภาพที่ 14 โดยยังคงมีปริมาณวัสดุคงคลัง ระยะเวลาในการจัดเก็บวัสดุคงคลัง และระยะเวลานำของการผลิตคงเดิม เนื่องจากการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่ได้นำเสนอนั้น จะไม่ส่งผลกระทบต่อค่าต่าง ๆ ดังกล่าว

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบดที่เป็นกรณีศึกษา เพื่อให้โรงงานสามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรต่าง ๆ ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมากที่สุด โดยการใช้พนักงานสายธารแห่งคุณค่าและแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยในการศึกษาและวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต ตลอดจนสามารถทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างสายการผลิตในปัจจุบันกับสายการผลิตที่ได้รับการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตที่งานวิจัยนี้ได้นำเสนอขึ้น ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตขั้นตอนการคั่ว

จากการที่โรงงานกรณีศึกษายังไม่มีรูปแบบการจัดลำดับงานบนเครื่องคั่วทั้งสองเครื่องของโรงงานอย่างเหมาะสม งานวิจัยจึงได้เสนอรูปแบบของการจัดลำดับงานบนเครื่องคั่วไว้ 3 รูปแบบ ผลการวิเคราะห์รูปแบบต่าง ๆ ของการจัดลำดับงานบนเครื่องคั่วทั้งสองเครื่อง โดยแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์พบว่า การจัดลำดับงานบนเครื่องคั่วด้วยรูปแบบที่ 2 คือ ใช้เครื่องคั่วเครื่องที่ 1 สำหรับการคั่วผลิตภัณฑ์ชนิด Z และเครื่องคั่วเครื่องที่ 2 สำหรับการคั่วผลิตภัณฑ์ชนิด T และเมื่อเครื่องคั่วเครื่องใดทำการคั่วแล้วเสร็จตามแผนการผลิตก่อนจะช่วยคั่วผลิตภัณฑ์อีกชนิดต่อจะเป็นการจัดลำดับงานบนเครื่องคั่วที่เหมาะสมกับโรงงานกรณีศึกษามากกว่ารูปแบบอื่นที่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบร่วมกัน โดย

1.1 อัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการคั่ว มีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น โดยอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานคั่วคนที่ 1 มีค่าเท่ากับ 42% พนักงานคั่วคนที่ 2 มีค่าเท่ากับ 46% เครื่องคั่วที่ 1 มีค่าเท่ากับ 41% และเครื่องคั่วที่ 2 มีค่าเท่ากับ 36%

1.2 ร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงของพนักงานคั่วคนที่ 1 กับเครื่องคั่วที่ 1 มีค่าสูงขึ้นจาก 15.00% เป็น 56.67% และสำหรับพนักงานคั่วคนที่ 2 กับเครื่องคั่วที่ 2 มีค่าลดน้อยลงจาก 85.00% เป็น 54.17%

นอกจากนี้ เมื่อมีการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z หรือผลิตภัณฑ์ชนิด T เป็นจำนวนมาก การจัดลำดับงานบนเครื่องแก้วด้วยรูปแบบที่ 2 จะทำให้โรงงานกรณีศึกษาสามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ได้ทันเวลา และขั้นตอนการบดสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ซึ่งเป็นขั้นตอนการผลิตที่ต่อเนื่องจากขั้นตอนการคั่ว ไม่ต้องคอยงานระหว่างการผลิตเพื่อทำการบดเป็นระยะเวลานาน ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าการจัดลำดับงานบนเครื่องแก้วด้วยรูปแบบที่ 2 ทำให้เกิดการกระจายปริมาณงานมายังทรัพยากรที่เกี่ยวข้องได้อย่างสม่ำเสมอ อีกทั้งสามารถลดหรือกำจัดกิจกรรมสูญเปล่าประเภทการรอคอยและการดำเนินงานที่ไม่เหมาะสมออกจากขั้นตอนการคั่วผลิตภัณฑ์ได้

2. การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตขั้นตอนการผลิตอื่น

2.1 จากการวิเคราะห์ผังงานสายธารแห่งคุณค่าที่แสดงสายการผลิตปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วของสายการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด มีรอบเวลาการผลิตที่สูงกว่าขั้นตอนอื่น เพราะมีทรัพยากรไม่เพียงพอต่อการผลิต จึงทำให้ขั้นตอนดังกล่าวเป็นขั้นตอนคอขวดของสายการผลิต ดังนั้นผู้วิจัยจึงพิจารณาหาจำนวนพนักงานที่เหมาะสมกับขั้นตอนการผลิตดังกล่าว ผลที่ได้จากโปรแกรม OptQuest พบว่า จำนวนพนักงานที่เหมาะสมกับการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z จะเป็น 9 คน และสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T จะเท่ากับ 10 คน และจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ เมื่อทำการเพิ่มจำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z พบว่า

2.1.1 อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z ลดลงจาก 100% เหลือเพียง 66%

2.1.2 โอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลาของการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z ลดลงจาก 50% เหลือ 17% และยังสามารถลดจำนวนชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาเฉลี่ยจาก 5 ชั่วโมง 11 นาที เหลือเพียง 3 ชั่วโมง 8 นาที

และการเพิ่มจำนวนพนักงานยังทำให้รอบเวลาการผลิตของขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z ลดลงจาก 41.70 นาทีต่อ Batch เหลือเพียง 27.80 นาทีต่อ Batch

2.2 เมื่อวิเคราะห์ผังงานสายธารแห่งคุณค่ายังพบอีกว่า ร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงของพนักงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการบรรจุผลิตภัณฑ์ชนิด T มีค่าน้อยมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความสูญเปล่าด้านเวลาเกิดขึ้นกับทรัพยากรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนดังกล่าว ดังนั้นงานวิจัยจึงได้เสนอแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต โดยการให้พนักงานในขั้นตอนดังกล่าวมีเวลาในการเริ่มทำงานในส่วนของการบรรจุผลิตภัณฑ์ชนิด T ที่ไม่พร้อมกัน และผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์พบว่า

2.2.1 อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานบรรจุและชั่งน้ำหนักเพิ่มขึ้นจาก 44% เป็น 66% และอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานปิดผนึกบรรจุภัณฑ์และพนักงานบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่องเพิ่มขึ้นจาก 31% เป็น 75%

2.2.2 ร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงของพนักงานบรรจุและชั่งน้ำหนักเพิ่มขึ้นจาก 73.07% เป็น 87.25% พนักงานปิดผนึกบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้นจาก 48.06% เป็น 76.90% และพนักงานบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่องเพิ่มขึ้นจาก 23.96% เป็น 38.33%

2.3 จากการที่กำหนดให้พนักงานในทุกขั้นตอนการผลิต เมื่อทำงานในหน้าที่ตนเองเสร็จแล้วจะต้องมาทำงานในส่วนของการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ร่วมกับการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตด้วยการเพิ่มจำนวนพนักงานและโยกย้ายพนักงาน (วิธีที่ 1) และการเปลี่ยนเวลาในการเริ่มงานของพนักงานในส่วนบรรจุของผลิตภัณฑ์ชนิด T ให้มีเวลาของการเริ่มงานในส่วนการบรรจุที่ไม่พร้อมกัน (วิธีที่ 2) ผลจากการจำลองสถานการณ์ พบว่า

2.3.1 อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T คงที่ 100% ไม่เปลี่ยนแปลง

2.3.2 โอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลาของการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ลดลงจาก 100% เหลือเพียง 14%

แนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตที่งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ จะสามารถลดหรือกำจัดกิจกรรมสูญเปล่าประเภทการดำเนินงานที่ไม่เหมาะสมที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วของสายการผลิตทั้งสองชนิดผลิตภัณฑ์ได้ และยังสามารถลดหรือกำจัด

กิจกรรมสูญเสียค่าประเภทการรอกอยที่เกิดขึ้นในส่วนของการบรรจุสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ได้อีกด้วย

นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นว่าผังงานสายธารแห่งคุณค่าและการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์สามารถเป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจหาแนวทางเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานได้อย่างเหมาะสม เนื่องจาก

1. ผังงานสายธารแห่งคุณค่าเป็นเครื่องมืออย่างง่ายที่ไม่ต้องมีการลงทุนเพิ่มเติม แต่สามารถช่วยให้มองเห็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสายการผลิต จนสามารถทำการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสายการผลิตได้
2. การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่สะดวกสำหรับการวิเคราะห์สายการผลิต ตลอดจนสามารถทำการทดสอบเปรียบเทียบแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพต่าง ๆ ได้ โดยไม่รบกวนระบบการทำงานจริง อีกทั้งยังสามารถทำการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมขั้นตอนการผลิตได้อย่างง่ายดายและไม่มีขีดจำกัด จนทำให้ทราบถึงผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นก่อนทำการเปลี่ยนแปลงระบบการทำงานจริง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาหาจำนวนพนักงานและเครื่องจักรต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสมกับแต่ละขั้นตอนการผลิตเพิ่มเติม เพื่อให้สายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาเกิดความสมดุลมากยิ่งขึ้น
2. จากการที่ยอดขายสินค้าของโรงงานกรณีศึกษามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นควรศึกษาเพิ่มเติมถึงการนำเครื่องจักรอัตโนมัติเข้ามาใช้งานในบางขั้นตอนการผลิต เช่น เครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติ หรือเครื่องบรรจุอัตโนมัติ เป็นต้น เพื่อให้สามารถรองรับต่อยอดขายที่เพิ่มขึ้นได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ควรทำการวิเคราะห์ทางการเงินเพิ่มเติม เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจถึงความคุ้มค่าของแต่ละแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต
3. ความถูกต้องของแบบจำลองจะขึ้นกับการเก็บรวบรวมข้อมูลจากระบบการทำงานจริง การตั้งสมมติฐาน ความเข้าใจในระบบการทำงานจริงของผู้สร้างแบบจำลอง และการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านระยะเวลาในการเก็บข้อมูลและทำวิจัย

ประกอบกับโรงงานกรณีศึกษาไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลบางส่วนได้ จึงทำให้แบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นขาดความต่อเนื่องของสายการผลิต ดังนั้นแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นจึงมีความถูกต้องในระดับที่เพียงพอสำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสายการผลิตที่เป็นอยู่ในปัจจุบันกับแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพที่งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเท่านั้น แต่ถ้าต้องการความถูกต้องมากขึ้นควรทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและสร้างแบบจำลองสถานการณ์ให้ละเอียดมากยิ่งขึ้น

4. ผังงานสายธารแห่งคุณค่าจะทำการพิจารณาตัววัดประสิทธิภาพทางด้านเวลาเป็นหลัก เช่น รอบเวลาการผลิต ระยะเวลาในการผลิต ตลอดจนร้อยละของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริง ดังนั้นถ้าต้องการทราบผลของการปรับปรุงประสิทธิภาพจากตัววัดประสิทธิภาพด้านอื่น ๆ จึงควรพิจารณานำเครื่องมืออื่น ๆ เข้ามาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพิ่มเติม เช่น การวัดผลการดำเนินงานเชิงคุณภาพ (Balanced Scorecard) หรือ การวิเคราะห์ทางการเงิน เป็นต้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2549. กาแฟ. แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/pl_data/02_LOCAL/oard1/coffee/main.html, 4 มิถุนายน 2549.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2549. ข้อมูลโรงงานตามประเภทโรงงานอุตสาหกรรม. แหล่งที่มา: [1http://www.diw.go.th/diw_web/html/versionthai/data/Download_fac2.asp](http://www.diw.go.th/diw_web/html/versionthai/data/Download_fac2.asp), 4 มิถุนายน 2549.

กระทรวงแรงงาน. 2550. อัตราค่าแรงขั้นต่ำ. แหล่งที่มา: <http://www.mol.go.th>, 26 มีนาคม 2550.

โกศล ดีศีลธรรม. 2547. เพิ่มศักยภาพการแข่งขันด้วยแนวคิดสิน. สำนักพิมพ์ซีเอ็ด, กรุงเทพฯ.

จิรวดี วัฒนภักดี, ปัญชนัน จรัสจิรวดี และ ดนุพันธ์ วิสุววรรณ. 2548. การประยุกต์ใช้การจำลองแบบเชิงพลวัตในการวัดผลการดำเนินงานเชิงคุณภาพเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน, น. 218-227. ใน รายงานการประชุมวิชาการ การวิจัยดำเนินงาน ประจำปี 2548 ครั้งที่ 2. เครือข่ายร่วมด้านการวิจัยดำเนินงานในประเทศไทย, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ บัวแก้ว. 2548. รู้จัก...ระบบการผลิตแบบลีน. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

นราศรี ถาวรกุล. 2545. การประยุกต์ใช้เทคนิคการวาดแผนภาพสายธารคุณค่ากับแบบจำลอง SCOR สำหรับปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตในอุตสาหกรรมการแปรรูปไก่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ปรัชญา รัชมิธรรมวงศ์. 2548. การเพาะปลูกและแปรรูปกาแฟสายพันธุ์อราบิก้า โรบัสต้า. สำนักพิมพ์เพชรกระรัต, กรุงเทพฯ.

เมธินี อุดมคุณธรรม, รณรณก ศิลาแก้ว และ ดนุพันธ์ วิสุววรรณ. 2548. การประยุกต์ใช้การจำลองแบบเชิงพลวัตในการวัดผลการดำเนินงานเชิงคุณภาพ: ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานตามแนวคิด Lean Manufacturing, น. 305-322. ใน รายงานการประชุมวิชาการ การวิจัยดำเนินงาน ประจำปี 2548 ครั้งที่ 2. เครือข่ายร่วมด้านการวิจัยดำเนินงานในประเทศไทย, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. 2544. การจำลองแบบปัญหา. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

หฤทัย ศุภฤกษ์พงศ์. 2546. การจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์โดยการจำลองแบบปัญหาคอมพิวเตอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อชิป เอื้อทรงธรรม, สุพัตรา พิทยาโรจนกุล และ ศิวิกา คุษฎีโหนด. 2548. การนำเทคนิคการจำลองมาใช้เพื่อสร้างสายการผลิตแบบลิ้น: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์, น. 110-120. ใน รายงานการประชุมวิชาการ การวิจัยดำเนินงาน ประจำปี 2548 ครั้งที่ 2. เครือข่ายร่วมด้านการวิจัยดำเนินงานในประเทศไทย, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Abdulmalek, F.A. and J. Rajgopal. 2007. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: a process sector case study. **International Journal of Production Economics** 107 (1): 223-236.

Banks, J., J.S. Carson II, B.L. Nelson and D.M. Nicol. 2005. **Discrete-Event System Simulation**. 4th ed. Pearson Education Inc., New Jersey, USA.

Dennis, S., B. King, M. Hind and S. Robinson. 2000. Applications of business process simulation and lean techniques in British Telecommunications PLC, pp. 2015-2021. In J.A. Joines, R.R. Barton, K. Kang and P.A. Fishwick, eds. **Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference**. Florida, USA.

- Djumin, S.C., Y. Wibowo and S.A. Irani. 2001. **Value stream mapping from an industrial engineering viewpoint**. Available Source: <http://www-iwse.eng.ohio-state.edu/ISE/Faculty/IRANI/Industrial%20Engineering%20Studies/Value%20Stream%20Mapping%20from%20an%20Industrial%20Engineering%20Viewpoint.htm>, September 20, 2006.
- Gujarathi, N.S., R.M. Ogale and T. Gupta. 2004. Production capacity analysis of a shock absorber assembly line using simulation, pp. 1213-1217. *In* R.G. Ingalls, M.D. Rossetti, J.S. Smith and B.A. Peters, eds. **Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference**. Washington D.C., USA.
- Harris, G.A., H. Czarnecki and S. Gholston. 2002. **Value stream mapping: the first step in lean manufacturing simulation**. Available Source: <http://www.atnlean.com/publications/VSM--First%20step%20in%20Simulation.pdf>, September 20, 2006.
- Hines, P. and N. Rich. 1997. The seven value stream mapping tools. **International Journal of Operations & Production Management** 17 (1): 46-64.
- Kelton, W.D., R.P. Sadowski and D.T. Sturrock. 2003. **Simulation with Arena**. 3rd ed. McGraw-Hill, Singapore.
- Lian, Y.H. and H.V. Landeghem. 2002. An application of simulation and value stream mapping in lean manufacturing. *In* A. Verbraeck and W. Krug, eds. **Proceedings 14th European Simulation Symposium**. Dresden, Germany.
- Lovelle, J. 2001. Mapping the value stream- use value stream mapping to reveal the benefit of lean manufacturing. **IIE Solutions** 33 (2): 26-33.
- Owens, S.F. and R.R. Levary. 2002. Evaluating design alternatives of an extruded food production line using simulation. **SIMULATION** 78 (10): 626-632.

Sharpe, J., B. Tawney and K.P., Jr. White. 2005. Simulation and analysis of the inspection process of cargo containers, pp. 141-150. *In* E.J. Bass, ed. **Proceedings of the 2005 Systems and Information Engineering Design Symposium.**

Shen, S.X. and C.F. Han. 2006. China electrical manufacturing services industry value stream mapping collaboration. **Journal of Flexible Service and Manufacturing** 18 (4): 285-303.

Tapping, D., T. Luyster and T. Shuker. 2002. **Value Stream Management.** Productivity Press, New York, USA.

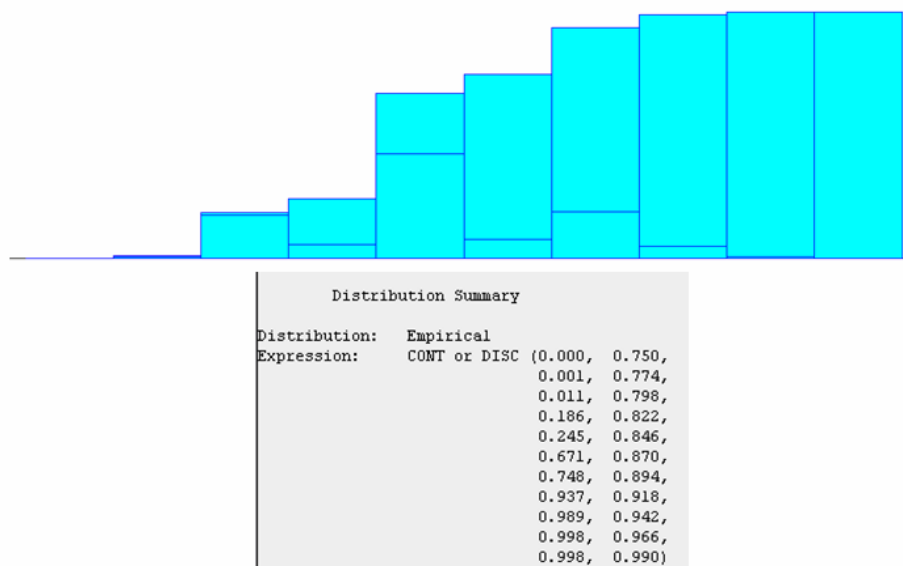
Taylor, D.H. 2005. Value chain analysis: an approach to supply chain improvement in agri-food chains. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management** 35 (10): 744-761.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลขั้นตอนการผลิต

ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับงานวิจัยนี้ส่วนมากมีลักษณะการแจกแจงแบบ Empirical ดังแสดงในภาพผนวกที่ ก1



ภาพผนวกที่ ก1 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Empirical ของเวลาที่ใช้ในการก่อผลิตภัณฑ์ของเครื่องแก้วที่ 1

จากลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Empirical ที่แสดงในภาพผนวกที่ ก1 จะสามารถนำมาสร้างตารางแจกแจงความถี่สะสมของข้อมูลได้ดังแสดงในตารางผนวกที่ ก1

ตารางผนวกที่ ก1 การแจกแจงความถี่สะสมของลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Empirical ของเวลาที่ใช้ในการก่อผลิตภัณฑ์ของเครื่องแก้วที่ 1

เวลาที่ใช้ในการก่อผลิตภัณฑ์ของเครื่องแก้วที่ 1 (นาฬิกาต่อกิโลกรัม)	ร้อยละความถี่สะสม (Cumulative Distribution Functions; cdf)
$X \leq 0.750$	0.0
$X \leq 0.774$	0.1
$X \leq 0.798$	1.1
$X \leq 0.822$	18.6
$X \leq 0.846$	24.5

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการคว่ำผลิตภัณฑ์ของเครื่องคว่ำที่ 1 (นาที่ต่อกิโลกรัม)	ร้อยละความถี่สะสม (Cumulative Distribution Functions; cdf)
$X \leq 0.870$	67.1
$X \leq 0.894$	74.8
$X \leq 0.918$	93.7
$X \leq 0.942$	98.9
$X \leq 0.966$	99.8
$X \leq 0.990$	100.0

ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นด้านน้ำหนักร และเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิต
สำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์จะแสดงในตารางผนวกที่ ก2

ตารางผนวกที่ ก2 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลด้านน้ำหนักและเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิต สำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

ขั้นตอนการผลิต	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น	หน่วย
1. การคัดขนาดวัตถุดิบ		
1.1 ปริมาณวัตถุดิบสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ Z		
- กาแฟพันธุ์ราบิกา	CONT (0.000, 60.000, 0.014, 87.500, 0.014, 115.000, 0.041, 142.500, 0.055, 170.000, 0.096, 197.500, 0.397, 225.000, 0.452, 252.500, 0.479, 280.000, 0.726, 307.500, 0.740, 335.000, 0.740, 362.500, 0.740, 390.000, 0.753, 417.500, 0.781, 445.000, 0.808, 472.500, 0.808, 500.000, 0.863, 527.500, 0.863, 555.000, 0.877, 582.500, 1, 610.000)	กิโลกรัมต่อครั้ง
- กาแฟพันธุ์โรบัสต้า	CONT (0.000, 67.000, 0.028, 101.100, 0.028, 135.200, 0.028, 169.300, 0.028, 203.400, 0.028, 237.500, 0.056, 271.600, 0.139, 305.700, 0.514, 339.800, 0.569, 373.900, 0.569, 408.000, 0.569, 442.100, 0.583, 476.200, 0.653, 510.300, 0.764, 544.400, 0.931, 578.500, 0.972, 612.600, 0.972, 646.700, 0.972, 680.800, 0.972, 714.900, 1, 749.000)	กิโลกรัมต่อครั้ง
1.2 เวลาที่ใช้ในการคัดขนาด		
- กาแฟพันธุ์ราบิกา	CONT (0.000, 0.002, 0.082, 0.013, 0.753, 0.024, 0.945, 0.035, 0.959, 0.046, 0.959, 0.057, 0.973, 0.068, 0.986, 0.079, 1, 0.09)	นาทีต่อกิโลกรัม
- กาแฟพันธุ์โรบัสต้า	CONT (0.000, 0.004, 0.042, 0.009, 0.486, 0.015, 0.708, 0.020, 0.889, 0.026, 0.931, 0.031, 0.972, 0.037, 0.986, 0.042, 1, 0.048)	นาทีต่อกิโลกรัม
2. การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว		
- ปริมาณวัตถุดิบสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ Z	161 + WEIB (460, 1.34)	กิโลกรัมต่อสัปดาห์

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ขั้นตอนการผลิต	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น	หน่วย
3. การถั่ว		
3.1 จำนวน Batch ของการถั่วสำหรับผลิต ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	CONT (0.000, 7.500, 0.024, 8.500, 0.024, 9.500, 0.049, 10.500, 0.049, 11.500, 0.073, 12.500, 0.122, 13.500, 0.171, 14.500, 0.220, 15.500, 0.244, 16.500, 0.244, 17.500, 0.317, 18.500, 0.317, 19.500, 0.415, 20.500, 0.463, 21.500, 0.512, 22.500, 0.561, 23.500, 0.634, 24.500, 0.634, 25.500, 0.707, 26.500, 0.732, 27.500, 0.780, 28.500, 0.829, 29.500, 0.854, 30.500, 0.878, 31.500, 0.878, 32.500, 0.878, 33.500, 0.878, 34.500, 0.878, 35.500, 0.878, 36.500, 0.878, 37.500, 0.902, 38.500, 0.902, 39.500, 0.902, 40.500, 0.902, 41.500, 0.902, 42.500, 0.902, 43.500, 0.902, 44.500, 0.902, 45.500, 0.902, 46.500, 0.902, 47.500, 0.902, 48.500, 0.902, 49.500, 0.902, 50.500, 0.902, 51.500, 0.902, 52.500, 0.902, 53.500, 0.902, 54.500, 0.902, 55.500, 0.902, 56.500, 0.902, 57.500, 0.902, 58.500, 0.902, 59.500, 0.902, 60.500, 0.902, 61.500, 0.902, 62.500, 0.902, 63.500, 0.902, 64.500, 0.927, 65.500, 0.927, 66.500, 0.927, 67.500, 0.927, 68.500, 0.927, 69.500, 0.927, 70.500, 0.927, 71.500, 0.951, 72.500, 0.951, 73.500, 0.951, 74.500, 0.951, 75.500, 0.951, 76.500, 0.951, 77.500, 0.951, 78.500, 0.951, 79.500, 0.951, 80.500, 0.951, 81.500, 0.951, 82.500, 0.951, 83.500, 0.951, 84.500, 0.951, 85.500, 0.951, 86.500, 0.951, 87.500, 0.976, 88.500, 0.976, 89.500, 1, 90.500)	Batches ต่อสัปดาห์
3.2 เวลาที่ใช้ในการถั่วผลิตภัณฑ์ของเครื่องถั่ว เครื่องที่ 1	CONT (0.000, 0.750, 0.001, 0.774, 0.011, 0.798, 0.186, 0.822, 0.245, 0.846, 0.671, 0.870, 0.748, 0.894, 0.937, 0.918, 0.989, 0.942, 0.998, 0.966, 1, 0.990)	นาฬิกาต่อกิโลกรัม

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ขั้นตอนการผลิต	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น	หน่วย
4. การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการบรรจุ		
4.1 น้ำหนักเมล็ดกาแฟหลังทำการคั่วสำหรับ ผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z	CONT (0.000, 15.000, 0.011, 15.339, 0.040, 15.678, 0.212, 16.017, 0.925, 16.356, 0.988, 16.695, 0.999, 17.034, 0.999, 17.373, 0.999, 17.712, 0.999, 18.051, 1, 18.390)	กิโลกรัมต่อ Batch
4.2 ร้อยละของน้ำหนักเมล็ดกาแฟที่ได้หลังการ คั่ว (% Yield) สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T	CONT (0.000, 75.000, 0.001, 75.800, 0.010, 76.600, 0.034, 77.400, 0.039, 78.200, 0.047, 79.000, 0.096, 79.800, 0.599, 80.600, 0.908, 81.400, 0.940, 82.200, 0.976, 83.000, 0.996, 83.800, 0.999, 84.600, 0.999, 85.400, 0.999, 86.200, 0.999, 87.000, 0.999, 87.800, 0.999, 88.600, 0.999, 89.400, 0.999, 90.200, 1, 91.000)	เปอร์เซ็นต์ (%)
4.3 เวลาที่ใช้ในการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อน การบรรจุ	CONT (0.000, 0.000, 0.643, 0.364, 0.912, 0.728, 0.953, 1.092, 0.980, 1.456, 0.986, 1.820, 0.988, 2.184, 0.994, 2.548, 0.998, 2.912, 0.999, 3.276, 1, 3.640)	นาทีต่อกิโลกรัม
5. การบรรจุและชั่งน้ำหนัก		
5.1 เวลาที่ใช้ในการบรรจุและชั่งน้ำหนัก สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z		
- แบบเมล็ด ขนาดบรรจุ 250 กรัม	CONT (0.000, 0.190, 0.027, 0.439, 0.054, 0.688, 0.081, 0.937, 0.216, 1.186, 0.432, 1.435, 0.676, 1.684, 0.784, 1.933, 0.919, 2.182, 0.946, 2.431, 1, 2.680)	นาทีต่อกิโลกรัม
- แบบเมล็ด ขนาดบรรจุ 400 กรัม	CONT (0.000, 0.120, 0.000, 0.264, 0.006, 0.408, 0.018, 0.552, 0.136, 0.696, 0.367, 0.840, 0.663, 0.984, 0.799, 1.128, 0.905, 1.272, 0.935, 1.416, 0.941, 1.560, 0.970, 1.704, 0.970, 1.848, 0.976, 1.992, 0.976, 2.136, 0.988, 2.280, 0.988, 2.424, 0.994, 2.568, 0.994, 2.712, 0.994, 2.856, 1, 3.000)	นาทีต่อกิโลกรัม

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

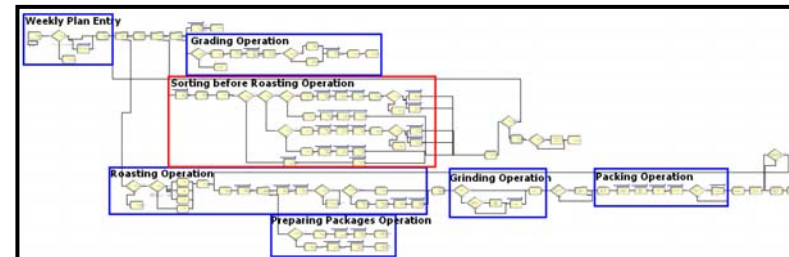
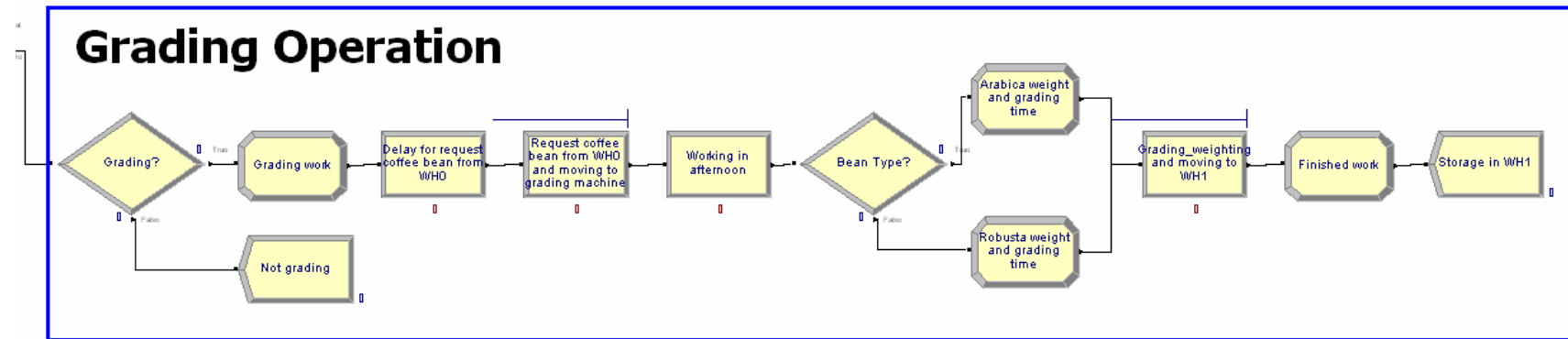
ขั้นตอนการผลิต	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น	หน่วย
- แบบเมล็ด ขนาดบรรจุ 500 กรัม	CONT (0.000, 0.000, 0.000, 0.183, 0.028, 0.365, 0.310, 0.547, 0.677, 0.730, 0.872, 0.912, 0.951, 1.095, 0.971, 1.277, 0.981, 1.460, 0.987, 1.643, 0.992, 1.825, 0.997, 2.008, 0.997, 2.190, 0.997, 2.373, 0.999, 2.555, 0.999, 2.738, 0.999, 2.920, 0.999, 3.103, 0.999, 3.285, 1.000, 3.468, 1.000, 3.650)	นาฬิกาโลกกรัม
- แบบบด ขนาดบรรจุ 7 กรัม	CONT (0.000, 6.110, 0.071, 6.678, 0.071, 7.246, 0.143, 7.814, 0.286, 8.382, 0.429, 8.950, 0.643, 9.518, 0.714, 10.086, 0.857, 10.654, 0.929, 11.222, 1, 11.790)	นาฬิกาโลกกรัม
- แบบบด ขนาดบรรจุ 14 กรัม	CONT (0.000, 2.000, 0.037, 3.400, 0.370, 4.800, 0.667, 6.200, 0.815, 7.600, 0.926, 9.000, 0.963, 10.400, 0.963, 11.800, 0.963, 13.200, 0.963, 14.600, 1, 16.000)	นาฬิกาโลกกรัม
- แบบบด ขนาดบรรจุ 100 กรัม	1.47 + 2.53 * BETA (0.233, 0.0594)	นาฬิกาโลกกรัม
- แบบบด ขนาดบรรจุ 250 กรัม	CONT (0.000, 0.080, 0.022, 0.631, 0.065, 1.182, 0.843, 1.733, 0.880, 2.284, 0.946, 2.835, 0.967, 3.386, 0.978, 3.937, 0.989, 4.488, 0.989, 5.039, 1, 5.590)	นาฬิกาโลกกรัม
5.2 เวลาที่ใช้ในการบรรจุและชั่งน้ำหนัก สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T	CONT (0.000, 0.080, 0.022, 0.631, 0.065, 1.182, 0.843, 1.733, 0.880, 2.284, 0.946, 2.835, 0.967, 3.386, 0.978, 3.937, 0.989, 4.488, 0.989, 5.039, 1, 5.590)	นาฬิกาโลกกรัม
6. เวลาที่ใช้ในการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิต ผลิตภัณฑ์ชนิด Z		
- ขนาดบรรจุ 7 กรัม	CONT (0.000, 2.000, 0.143, 2.714, 0.214, 3.429, 0.286, 4.143, 0.429, 4.857, 0.429, 5.571, 0.643, 6.286, 0.643, 7.000, 0.643, 7.714, 0.786, 8.429, 0.786, 9.143, 0.857, 9.857, 0.857, 10.571, 0.929, 11.286, 1, 12.000)	นาฬิกาโลกกรัม

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

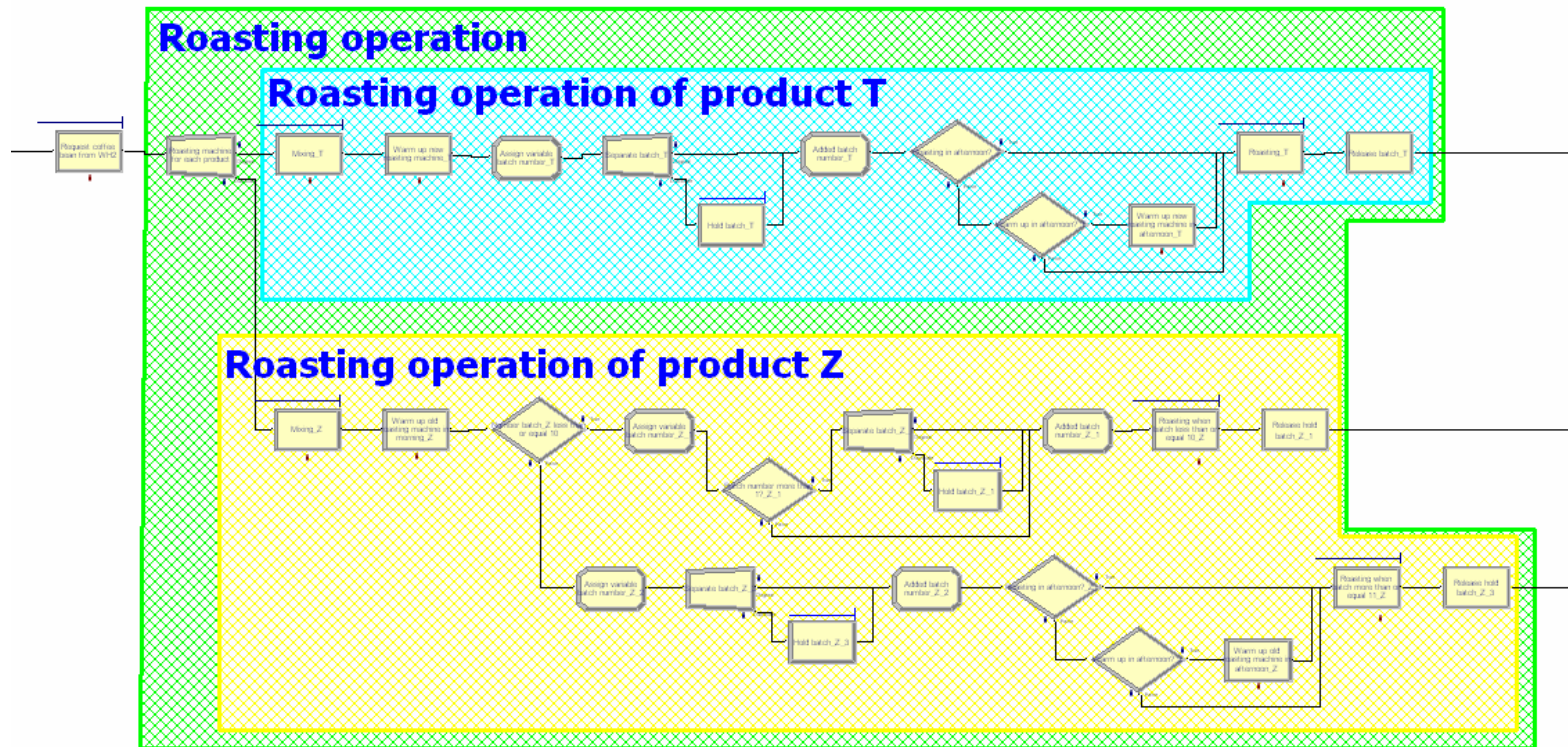
ขั้นตอนการผลิต	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น	หน่วย
- ขนาดบรรจุ 14 กรัม	1 + WEIB (3.22, 1.3)	นาฬิกาโลกกรัม
- ขนาดบรรจุ 100 กรัม	0.02 + LOGN (2.56, 2.55)	นาฬิกาโลกกรัม
- ขนาดบรรจุ 250 กรัม	CONT (0.000, 0.000, 0.033, 0.225, 0.537, 0.450, 0.837, 0.675, 0.943, 0.900, 0.976, 1.125, 0.976, 1.350, 0.976, 1.575, 0.984, 1.800, 0.992, 2.025, 1, 2.250)	นาฬิกาโลกกรัม
- ขนาดบรรจุ 400 กรัม	CONT (0.000, 0.040, 0.006, 0.201, 0.432, 0.362, 0.805, 0.523, 0.876, 0.684, 0.935, 0.845, 0.953, 1.005, 0.976, 1.166, 0.982, 1.327, 0.988, 1.488, 0.994, 1.649, 1, 1.810)	นาฬิกาโลกกรัม
- ขนาดบรรจุ 500 กรัม	CONT (0.000, 0.000, 0.112, 0.214, 0.749, 0.429, 0.918, 0.643, 0.962, 0.857, 0.981, 1.071, 0.990, 1.286, 0.991, 1.500, 0.992, 1.714, 0.994, 1.929, 0.999, 2.143, 0.999, 2.357, 0.999, 2.571, 0.999, 2.786, 1, 3.000)	นาฬิกาโลกกรัม

ภาคผนวก ข

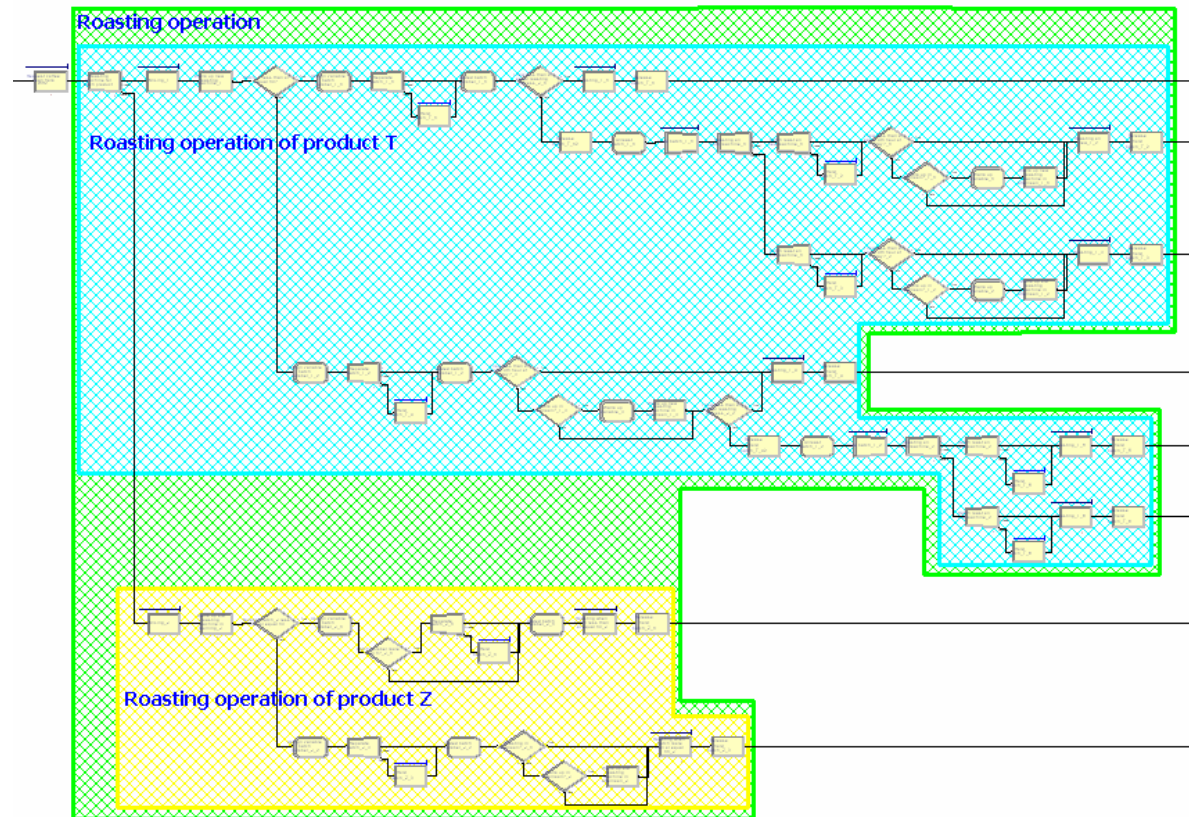
ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์



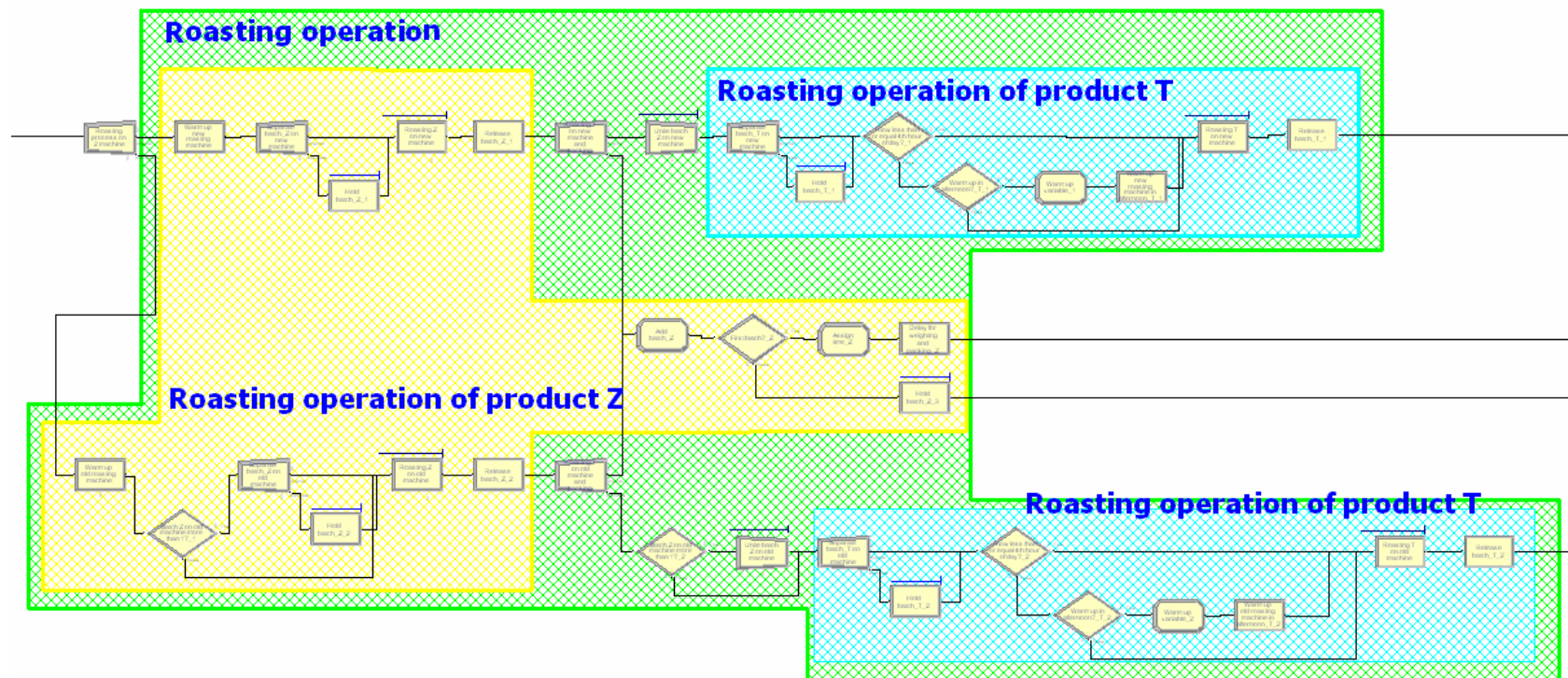
ภาพผนวกที่ ข1 ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างเลียนแบบขั้นตอนการคัดขนาดเมล็ดกาแฟของโรงงานกรณีศึกษา ด้วยโปรแกรม Arena



ภาพผนวกที่ ข2 ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ของการจัดลำดับงานบนเครื่องคั่วทั้งสองเครื่อง ด้วยรูปแบบที่ 1 โดยโปรแกรม Arena



ภาพผนวกที่ ข3 ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ของการจัดลำดับงานบนเครื่องคว่ำทั้งสองเครื่อง ด้วยรูปแบบที่ 2 โดยโปรแกรม Arena



ภาพผนวกที่ ๔4 ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ของการจัดลำดับงานบนเครื่องคว่ำทั้งสองเครื่อง ด้วยรูปแบบที่ 3 โดยโปรแกรม Arena

Best Solutions **Optimal solution found.**

Best Solutions						
Select	Simulation	Objective Value	Status	Sorting worker_T	Sorting worker_Z	
☒	1	5.557360E+006	Feasible	10	9	
☐	8	5.966777E+006	Feasible	10	10	
☐	2	4.841276E+006	Infeasible	9	8	
☐	6	5.128215E+006	Infeasible	10	8	
☐	9	5.262453E+006	Infeasible	9	9	
☐	4	5.415404E+006	Infeasible	11	8	
☐	5	5.665432E+006	Infeasible	9	10	
☐	7	5.851581E+006	Infeasible	11	9	
☐	3	6.270298E+006	Infeasible	11	10	

View Solutions

9

÷

Refresh

Advanced

More Solutions

25

÷

Refine Solutions

Save Solutions

Add to Suggested

Write to File

Select All

Clear All

View

ภาพผนวกที่ ข5 ผลการหาจำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วที่ทำให้ค่าแรงงาน
พนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วทั้งหมดมีค่าน้อยที่สุด โดยโปรแกรม
OptQuest

ภาคผนวก ค

การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองได้จริง

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพื่อตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองได้จริง โดยการเปรียบเทียบจากค่าอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานที่ทำงานในขั้นตอนการคั่ว ระหว่างค่าที่ได้จากสายการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษา กับค่าที่ได้จากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้สร้างขึ้น จะเป็นการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม ซึ่งกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ($n < 40$) และไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรทั้ง 2 กลุ่ม ทำให้การทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่เหมาะสม จะเป็นการทดสอบทางสถิติแบบ t-Test ที่มีข้อสมมติว่า ประชากรทั้งสองกลุ่มต้องมีการแจกแจงแบบปกติและตัวอย่างทั้งสองกลุ่มต้องมีความเป็นอิสระต่อกัน

ดังนั้นก่อนทำการทดสอบว่าผลจากสายการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษากับผลจากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นนั้นมีความแตกต่างกันหรือไม่ ต้องทำการทดสอบก่อนว่าตัวอย่างที่ได้ทำการสุ่มมา ทั้งจากสายการผลิตจริงและจากแบบจำลองสถานการณ์มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ก่อน ข้อมูลที่ได้ทำการสุ่มมาทั้งจากสายการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษาและจากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (ในการประมวลผลแต่ละครั้งจะมีจำนวนรอบการทำงานซ้ำเท่ากับ 40 รอบการทำงานซ้ำ และทำการประมวลผลจำนวน 10 ครั้ง) จะแสดงในตารางผนวกที่ ค1

ตารางผนวกที่ ค1 อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานที่ทำงานในขั้นตอนการคั่ว ซึ่งได้ทำการสุ่มมาจากสายการผลิตจริงกับผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์

ข้อมูลชุดที่	ค่าจากสายการผลิตจริง	ค่าจากแบบจำลองสถานการณ์
1	27.71	24.69
2	24.44	27.26
3	24.25	24.69
4	20.08	27.06
5	23.97	27.04
6	23.90	25.24
7	23.63	21.63
8	23.44	23.35
9	23.32	27.37
10	25.60	26.32

การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้ทำการสุ่มมา ทั้งจากสายการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษาและจากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้สร้างขึ้น ในงานวิจัยจะใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ และทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติโดยวิธี Kolmogorov-Smirnov Test ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พร้อมทั้งสร้างกราฟ Normal Probability Plot ประกอบการพิจารณา

สมมติฐานทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบว่า ชุดข้อมูลที่ได้ทำการสุ่มมาจากสายการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษามีลักษณะการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ เป็นดังนี้

H_0 : ตัวอย่างจากสายการผลิตจริงมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

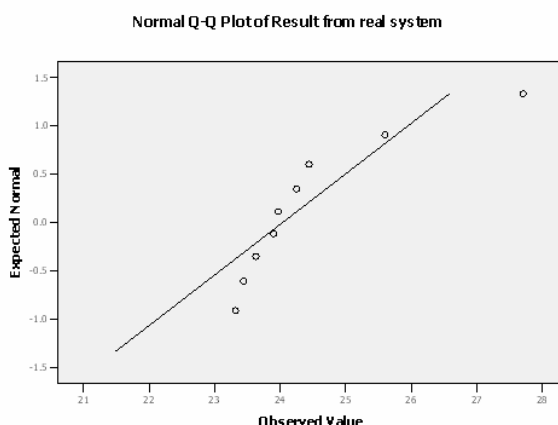
H_1 : ตัวอย่างจากสายการผลิตจริงไม่ได้มาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

ผลจากการทดสอบพบว่า ค่า P-Value ของชุดข้อมูลจากสายการผลิตจริง มีค่าเท่ากับ 0.066 และ Normal Probability Plot มีลักษณะค่อนข้างเป็นเส้นตรง (ดังแสดงในภาพผนวกที่ ค1) ดังนั้นจึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่า ตัวอย่างจากสายการผลิตจริงมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov(a)		
	Statistic	df	Sig.
Result from real system	.254	10	.066

a. Lilliefors Significance Correction



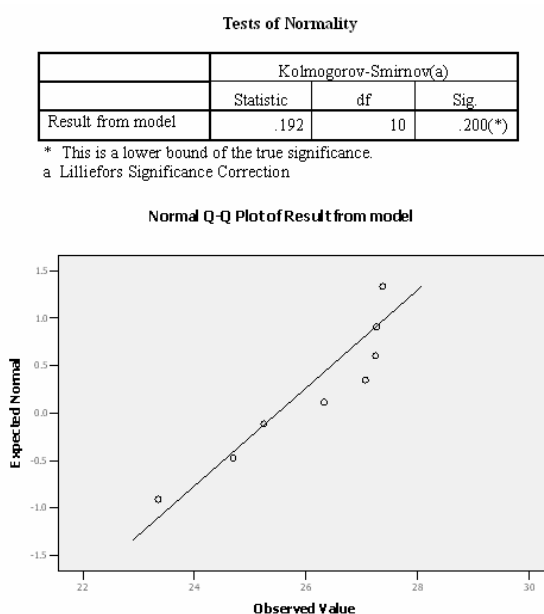
ภาพผนวกที่ ค1 ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้จากสายการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษา โดยโปรแกรม SPSS

และสมมติฐานทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบว่า ชุดข้อมูลที่ได้ทำการสุ่มมาจากการ
ประมวผลของแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ เป็น
ดังนี้

H_0 : ตัวอย่างจากการประมวผลของแบบจำลองสถานการณ์มาจากประชากรที่มีการแจก
แจงแบบปกติ

H_1 : ตัวอย่างจากการประมวผลของแบบจำลองสถานการณ์ไม่ได้มาจากประชากรที่มีการ
แจกแจงแบบปกติ

ผลจากการทดสอบพบว่า ค่า P-Value ของชุดข้อมูลจากการประมวผลของแบบจำลอง
สถานการณ์ มีค่าเท่ากับ 0.200 และ Normal Probability Plot มีลักษณะค่อนข้างเป็นเส้นตรง (ดัง
แสดงในภาพผนวกที่ ค2) ดังนั้นจึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่า ตัวอย่างจากการประมวผลของแบบจำลองสถานการณ์มาจากประชากร
ที่มีการแจกแจงแบบปกติ



ภาพผนวกที่ ค2 ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้
จากการประมวผลของแบบจำลองสถานการณ์ โดยโปรแกรม SPSS

เมื่อทำการทดสอบลักษณะการแจกแจงแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้ทำการสุ่มมา ทั้งจาก
สายการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษาและจากการประมวผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ด้วย

คอมพิวเตอร์ที่ได้สร้างขึ้นแล้ว จากนั้นจึงทำการทดสอบว่าผลจากสายการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษา กับผลจากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นนั้นมีความแตกต่างกันหรือไม่ ด้วยการทดสอบแบบ Independent t-Test ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และกำหนดสมมติฐานทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบไว้ดังนี้

H_0 : อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานในขั้นตอนการคั่วจากสายการผลิตจริงเท่ากับอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานในขั้นตอนการคั่วที่ได้จากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์

H_1 : อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานในขั้นตอนการคั่วจากสายการผลิตจริงไม่เท่ากับอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานในขั้นตอนการคั่วที่ได้จากการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์

ผลจากการทดสอบพบว่า ค่า P-Value เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยโปรแกรม SPSS มีค่าเท่ากับ 0.109 (ดังแสดงในภาพผนวกที่ ค3) ดังนั้นจึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้สามารถสรุปได้ว่า อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานในขั้นตอนการคั่วจากสายการผลิตจริงมีค่าเท่ากับอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานในขั้นตอนการคั่วที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ หรือสรุปได้ว่าแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้ทำการสร้างขึ้นมีความน่าเชื่อถือ ตลอดจนสามารถใช้ทดสอบการปรับปรุงประสิทธิภาพต่าง ๆ แทนสายการผลิตจริงได้

Group Statistics									
System		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Roasting worker utilization	Real system	10	24.0340	1.91075	.60423				
	Simulation model	10	25.4850	1.93520	.61196				

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower Upper
Roasting worker utilization	Equal variances assumed	.489	.493	-1.687	18	.109	-1.45100	.86000	-3.25779 .35579
	Equal variances not assumed			-1.687	17.997	.109	-1.45100	.86000	-3.25781 .35581

ภาพผนวกที่ ค3 ผลการทดสอบความแตกต่างของอัตราการทำงานเฉลี่ย ระหว่างชุดข้อมูลจากสายการผลิตจริงกับชุดข้อมูลจากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ โดยโปรแกรม SPSS

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายทีปพิพัฒน์ สุระพิพงษ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 12 มกราคม 2525
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2546)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ผลงานทางวิชาการ	ทีปพิพัฒน์ สุระพิพงษ์, ประรณนา ประรณนาดี และจิรัช พุทธกุลสมศิริ. 2550. การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์และฟังก์ชันสายธารแห่งคุณค่า: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตกาแฟแบบคั่วบด, น. 307-324. ใน รายงานการประชุมวิชาการ ด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2550. เครือข่ายร่วมด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งประเทศไทย, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ. Seraneevijakitchan, W., T. Surapeepong, P. Parthanadee and J. Buddhakulsomsiri. 2007. Using computer simulation and value stream mapping to improve production efficiency in a roasted and ground coffee plant, p. 10. In RGJ Seminar Series: Advanced Researches in Food Value Chain . Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok. (Poster)
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-