



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร

เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์:
กรณีศึกษาโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบด

Production Efficiency Improvement by Using Computer Simulation Models: A Case Study in
Roasted and Ground Coffee Plant

นางผู้วิจัย นางสาววรรณวิภา เสรณ์วิชัยกิจการ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ปรารธนา ปรารธนาดี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิพิมพ์ จวีสุข, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิรัชย์ พุทธกุลสมศิริ, Ph.D.)

หัวหน้าโครงการจัดตั้งภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิพิมพ์ จวีสุข, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อางคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์:
กรณีศึกษาโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบด

Production Efficiency Improvement by Using Computer Simulation Models: A Case Study in
Roasted and Ground Coffee Plant

โดย

นางสาววรรณวิภา เสรณ์วิชัยกิจการ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร)
พ.ศ. 2550

วรรณวิภา เสรณ์วิชัยกิจการ 2550: การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยใช้แบบจำลอง
สถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์: กรณีศึกษาโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบด ปริญญาวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร) สาขาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
เกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ปรารธนา
ปรารธนาดี, Ph.D. 106 หน้า

อุตสาหกรรมผลิตและจัดจำหน่ายกาแฟแบบคั่วบดในประเทศไทยเป็นธุรกิจหนึ่งที่มีการเจริญเติบโต
อย่างรวดเร็ว และกลายเป็นธุรกิจที่มีการแข่งขันกันอย่างรุนแรง ทั้งจากผู้นำเข้า แฟรนไชส์จากต่างประเทศ
รวมถึงผู้ผลิตและจัดจำหน่ายภายในประเทศที่มีจำนวนสูงถึง 60 ราย จากปัจจัยที่เกี่ยวข้องทางการแข่งขันของ
ธุรกิจส่งผลให้ผู้ผลิตภายในประเทศจำเป็นต้องพยายามลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้สูงขึ้นเพื่อ
สร้างความได้เปรียบทางการแข่งขัน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาระบบการทำงานและทำการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตของ
โรงงานผลิตกาแฟคั่วบดขนาดเล็กแห่งหนึ่ง โดยอาศัยแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือใน
การเปรียบเทียบระบบการผลิตปัจจุบันกับแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตจากการวางแผนเพิ่ม
กำลังการผลิตให้เหมาะสมกับระดับอุปสงค์ในปัจจุบันและอนาคต 3 แนวทาง ได้แก่ 1) การเพิ่มจำนวนพนักงาน
ในสายการผลิต 2) การเพิ่มจำนวนพนักงานร่วมกับการปรับเปลี่ยนตาราง/ลำดับการทำงานของพนักงานผลิต
และ 3) การนำเครื่องจักรอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนพนักงาน ณ บริเวณที่เป็นจุดคอขวด (Bottleneck) ของ
กระบวนการ แล้วทำการเปรียบเทียบผลด้านประสิทธิภาพและค่าใช้จ่ายของแต่ละแนวทาง

จากการเปรียบเทียบผลจากการประมวลผลของแบบจำลอง พบว่า การนำเครื่องจักรอัตโนมัติเข้ามาใช้
แทนพนักงาน ณ บริเวณจุดคอขวดของสายการผลิตเป็นแนวทางที่ดีที่สุด ช่วยลดเวลาในการทำงานเฉลี่ย
(Average Throughput Time) ลงเหลือเพียง 3.36 ชั่วโมงต่อครั้ง และไม่เกิดการท่างานล่วงเวลาของพนักงาน และ
จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุนจัดซื้อเครื่องจักรอัตโนมัติที่ระยะเวลาของโครงการ เท่ากับ 5 ปี โดย
การคำนวณระยะเวลาคืนทุนเมื่อปรับคิดมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสด (Discounted Payback Period) ของ
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ ที่อัตราคิดลด 8% ต่อปี พบว่า หากอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีอย่างต่อเนื่อง
การนำเครื่องจักรอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนพนักงาน ณ บริเวณจุดคอขวดของสายการผลิตมีระยะเวลาคืนทุน
เท่ากับ 23 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับการเพิ่มจำนวนพนักงานในสายการผลิต และมีระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 29
เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับการเพิ่มจำนวนพนักงานร่วมกับการปรับเปลี่ยนตาราง/ลำดับการทำงานของพนักงาน
ผลิต

Wanvipa Seraneevijaikithan 2007: Production Efficiency Improvement by Using Computer Simulation Models: A Case Study in 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. 106 pages.

Roasted and ground coffee industry has grown very rapidly during the past decade and become one of the highly competitive businesses in Thailand. Despite numerous coffee importers and international franchises, the number of domestic coffee plants has increased to sixty in 2006. To be viable in this business, the domestic manufacturers need to reduce costs and improve their production efficiency.

In this study, the production system of a small roasted and ground coffee plant was investigated using computer simulation technique. Computer simulation model served as a decision support tool for comparing the current production system to three alternatives for capacity planning, which were 1) determining optimal workforce levels for various future demand scenarios, 2) increasing the workforce level and changing the working schedules of the workers at some operations, and 3) replacing bottleneck manual operations with a small-scale automatic machine that could significantly improve both the productivity and quality of the produced coffee beans. The cost and performance measures of all the three alternatives were analyzed and compared.

The comparisons of model output between three alternatives showed that investing in the automatic sorting machine to replace sorting workers at the bottleneck operation was the best choice. It could completely eliminate the number of overtime hours, and the average number of working hours per day at the sorting operation was reduced to 3.36 hours. For the economic analysis, when the annual demands had continuous increasing pattern at 20% per year with a discounted rate of 8%, the discounted payback periods for capital investment on the automatic sorting machine were 23 months if compared with increasing workforce at the sorting operation, and 29 months if compared with changing the working schedules of the workers at sorting and packing operation.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ดร.ปรารธนา ปรารธนาดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผศ.ดร.จิรัชย์ พุทธกุลสมศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ ตลอดจนเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการวิจัยมาโดยตลอด และ ผศ.ดร.รวิพิมพ์ จิวสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาแนะนำแนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงโรงงานกรณีศึกษาที่กรุณาเอื้อเฟื้อข้อมูลระบบการผลิตและข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับเป็นกรณีศึกษาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่และทุก ๆ ท่านที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน การศึกษาและการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

วรรณวิภา เสรณวิชัยกิจการ

กันยายน 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	23
อุปกรณ์	23
วิธีการ	23
ผลและวิจารณ์	46
สรุปและข้อเสนอแนะ	65
สรุป	65
ข้อเสนอแนะ	66
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	67
ภาคผนวก	71
ภาคผนวก ก ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์	72
ภาคผนวก ข ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา	80
ภาคผนวก ค การทดสอบสมมติฐานทางสถิติของชุดข้อมูล	86
ภาคผนวก ง บกระแสเงินสดของโครงการลงทุน (กรณีที่ 3)	91
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	106

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	จำนวนพนักงาน ชนิดและจำนวนเครื่องจักรในสายการผลิตผลิตภัณฑ์กาแฟ คั่วบดชนิด T และชนิด Z ของโรงงานกรณีศึกษา	26
2	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ใช้ในโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0	29
3	เวลาที่ใช้ในการทำงานแต่ละขั้นตอน	32
4	ผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองกับผลจากการคำนวณภายนอก แบบจำลองของเวลาที่ใช้ในการทำงานแต่ละขั้นตอน	33
5	ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ในการประมาณอัตราการทำงานเฉลี่ย ของทรัพยากรต่าง ๆ ในรูปครึ่งหนึ่งของช่วงความเชื่อมั่นในการประมาณค่าที่ 95% จากการประมวลผลที่จำนวนรอบการทำงานซ้ำต่างกัน	36
6	อัตราการงานเฉลี่ยของพนักงานที่ทำงานในขั้นตอนการคั่วจากการทำงาน ของระบบจริงและจากการประมวลผลของแบบจำลอง	37
7	จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่เหมาะสมตามแนวทางการปรับปรุง ประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อ ปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี	50
8	จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่เหมาะสมตามแนวทางการปรับปรุง ประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อ ปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี	50
9	กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็น ระยะเวลา 5 ปี ที่อัตราคิดลด เท่ากับ 8% ต่อปี	51
10	กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็น ระยะเวลา 5 ปี ที่อัตราคิดลด เท่ากับ 8% ต่อปี	52

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี ที่อัตราคิดลด เท่ากับ 8% ต่อปี	53
12	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 กับแนวทางที่ 3 เพื่อหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี	54
13	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 กับแนวทางที่ 3 เพื่อหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี	56
14	จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่เหมาะสมตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงในช่วง 5%-20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี	57
15	จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่เหมาะสมตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงในช่วง 5%-20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี	59
ตารางผนวกที่		
ก1	การแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการบรรจุและชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์ชนิด Z แบบเมล็ด ขนาดบรรจุ 250 กรัม	73
ก2	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่าย (NPV) ของการปรับปรุงประสิทธิภาพ แนวทางที่ 1 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เปลี่ยนแปลงในช่วง 5%-20% ต่อปีต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี และอัตราคิดลดของโครงการมีการ เปลี่ยนแปลงในช่วง 6%-10% ต่อปี	92
ง2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่าย (NPV) ของการปรับปรุงประสิทธิภาพ แนวทางที่ 2 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เปลี่ยนแปลงในช่วง 5%-20% ต่อปีต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี และอัตราคิดลดของโครงการมีการ เปลี่ยนแปลงในช่วง 6%-10% ต่อปี	93
ง3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่าย (NPV) ของการปรับปรุงประสิทธิภาพ แนวทางที่ 3 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เปลี่ยนแปลงในช่วง 5%-20% ต่อปีต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี และอัตราคิดลดของโครงการมีการ เปลี่ยนแปลงในช่วง 6%-10% ต่อปี	94
ง4 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เมื่อเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลต่าง ของค่าใช้จ่ายระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 กับการ ปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เปลี่ยนแปลงในช่วง 5%-20% ต่อปีต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี และอัตราคิด ลดของโครงการมีการเปลี่ยนแปลงในช่วง 6%-10% ต่อปี	95
ง5 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เมื่อเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลต่าง ของค่าใช้จ่ายระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 กับการ ปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เปลี่ยนแปลงในช่วง 5%-20% ต่อปีต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี และอัตราคิด ลดของโครงการมีการเปลี่ยนแปลงในช่วง 6%-10% ต่อปี	96
ง6 กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทาง ที่ 1 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ลดลง 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็น ระยะเวลา 5 ปี	97

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง7	กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z คงที่ตลอดระยะเวลา 5 ปี	98
ง8	กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี	99
ง9	กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ลดลง 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี	100
ง10	กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z คงที่ตลอดระยะเวลา 5 ปี	101
ง11	กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี	102
ง12	กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ลดลง 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี	103
ง13	กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z คงที่ตลอดระยะเวลา 5 ปี	104
ง14	กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี	105

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1	กระบวนการผลิตกาแฟคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษา
2	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ Input Analyzer เลือกและค่า P-Value ของการทดสอบสมมติฐานทั้งสองวิธีมีค่ามากกว่า 0.05
3	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ Input Analyzer เลือกและค่า P-Value ของการทดสอบสมมติฐานวิธีใดวิธีหนึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05
4	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Empirical ที่เลือกใช้แทนลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ Input Analyzer เลือก เนื่องจากค่า P-Value ของการทดสอบสมมติฐานวิธีใดวิธีหนึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05
5	กราฟระหว่างอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานทั้งหมดกับเวลาการในการประมวลผล
6	ชั่วโมงของการทำงานล่วงเวลาของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T และผลิตภัณฑ์ชนิด Z ของการดำเนินงานปัจจุบันและการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตแต่ละแนวทาง
7	โอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลาของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T และผลิตภัณฑ์ชนิด Z ของการดำเนินงานปัจจุบันและการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตแต่ละแนวทาง
8	เวลาในการทำงานเฉลี่ยของการดำเนินงานในปัจจุบันและการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตแต่ละแนวทาง
9	ระยะเวลาดำเนินการของโครงการเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 กับแนวทางที่ 3 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปีและอัตราคิดลดของโครงการมีการเปลี่ยนแปลง
10	ระยะเวลาดำเนินการของโครงการเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 กับแนวทางที่ 3 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปีและอัตราคิดลดของโครงการมีการเปลี่ยนแปลง

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ก1 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการบรรจุและชั่ง น้ำหนักผลิตภัณฑ์ชนิด Z แบบเมล็ด ขนาดบรรจุ 250 กรัม	73
ข1 แบบจำลองสถานการณ์ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมของสายการผลิต ผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษาบนโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0	81
ข2 แบบจำลองสถานการณ์ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมของสายการผลิต ผลิตภัณฑ์ชนิด T และผลิตภัณฑ์ชนิด Z ของโรงงานกรณีศึกษาบน โปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0	82
ข3 การกำหนดสมการวัตถุประสงค์และข้อจำกัดใน OptQuest บนโปรแกรม สำเร็จรูป Arena 9.0	83
ข4 แบบจำลองสถานการณ์ขั้นตอนการคัดขนาดและขั้นตอนการคัดแยกสิ่ง แปลกปลอมโดยใช้เครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติของสายการผลิต ผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษาบนโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0	84
ข5 จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่เหมาะสมต่อปริมาณอุปสงค์ใน ปัจจุบันสำหรับสายการผลิตผลิตภัณฑ์สองชนิดจากการประมวลผลของ OptQuest ในโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0	85
ค1 ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ ได้จากการทำงานของระบบจริง โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 12.0	88
ค2 ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ ได้จากการประมวลผลของแบบจำลอง โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 12.0	89
ค3 ผลการทดสอบความแตกต่างของอัตราการทำงานเฉลี่ยระหว่างชุดข้อมูลที่ ได้จากการทำงานของระบบจริงกับชุดข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของ แบบจำลอง โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 12.0	90

การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์: กรณีศึกษาโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบด

Production Efficiency Improvement by Using Computer Simulation Models: A Case Study in Roasted and Ground Coffee Plant

คำนำ

ธุรกิจกาแฟคั่วบดในประเทศไทยเกิดขึ้นเมื่อประมาณสิบปีที่ผ่านมาและมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว โดยในปี พ.ศ. 2549 ธุรกิจกาแฟคั่วบดมีมูลค่าตลาดประมาณ 5,000 ล้านบาทและมีอัตราการเติบโตเฉลี่ย 5% ต่อปี (ผู้จัดการออนไลน์, 2549) จากการเติบโตและการแข่งขันในอุตสาหกรรมผลิตกาแฟคั่วบดที่เพิ่มสูงขึ้น ทั้งจากผู้ผลิตในประเทศ ผู้ผลิตต่างประเทศ ผู้นำเข้า และธุรกิจแฟรนไชส์ ส่งผลให้ผู้ประกอบการธุรกิจกาแฟคั่วบดจำเป็นต้องพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันของตนเองให้สูงขึ้นตามไปด้วย การจัดการและการบริหารการผลิตที่ดีจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่มีความสำคัญในการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันกับคู่แข่งโดยเฉพาะในแง่ของการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต ทั้งทางด้านการเพิ่มผลผลิต การเพิ่มอัตราการทำงานของทรัพยากร การลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต หรือการลดเวลาในการผลิต

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตกาแฟคั่วบดขนาดเล็กซึ่งผลิตผลิตภัณฑ์หลากหลายประเภท ได้แก่ กาแฟคั่วแบบเมล็ด กาแฟคั่วแบบบด ในขนาดบรรจุต่าง ๆ ทั้งในตราสินค้าของตนเอง และรับจ้างผลิตให้แก่ธุรกิจอื่น โดยขั้นตอนการผลิตเกือบทุกขั้นตอนจะใช้แรงงานคนในการผลิต ปัจจุบันโรงงานผลิตกาแฟคั่วบดกรณีศึกษามียอดขายเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี ส่งผลให้กำลังการผลิตที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่ออุปสงค์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดจุดคอขวดขึ้นในสายการผลิต คือ ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออกจากเมล็ดกาแฟก่อนการคั่ว การเพิ่มจำนวนพนักงานผลิต การปรับเปลี่ยนตาราง/ลำดับการทำงานของพนักงาน รวมทั้งการนำเครื่องจักรอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนพนักงานในบริเวณที่เป็นจุดคอขวดของสายการผลิต เป็นทางเลือกที่นำมาพิจารณาเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตของโรงงานซึ่งถือเป็นการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตอย่างหนึ่งในด้านการเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอกับอุปสงค์ของลูกค้า งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบแนวทางเพิ่มกำลังการผลิตเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตกาแฟคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษาจากการเพิ่มจำนวนพนักงาน การเพิ่มจำนวนพนักงานร่วมกับการปรับเปลี่ยนตาราง/ลำดับการทำงานของ

พนักงาน และการนำเครื่องจักรอัตโนมัติเข้ามาใช้เพื่อให้สายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาสามารถรองรับการขยายตัวจากอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคตได้ แต่การเปรียบเทียบและประเมินผลแต่ละแนวทางโดยการทดลองในระบบจริงอาจเป็นไปได้ยาก เนื่องจากการทดลองในระบบจริงจะเป็นการรบกวนการทำงาน สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย เวลาและทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการเปรียบเทียบและประเมินผล พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลตอบแทนจากโครงการลงทุนโดยการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ของโครงการเพื่อให้สามารถระบุแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตที่เหมาะสมที่สุดและเป็นแนวทางในการตัดสินใจลงทุนในอนาคตแก่โรงงานกรณีศึกษา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบแนวทางเพิ่มกำลังการผลิตในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออกจากเมล็ดกาแฟเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตกาแฟคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษา จากการเพิ่มจำนวนพนักงาน การเพิ่มจำนวนพนักงานร่วมกับการปรับเปลี่ยนตาราง/ลำดับการทำงานของพนักงาน และการนำเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนพนักงาน
2. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ในการศึกษาและประเมินผลแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนคั่วที่นำเสนอ
3. วิเคราะห์และประเมินผลตอบแทนจากโครงการลงทุนระหว่างการเพิ่มจำนวนพนักงาน การเพิ่มจำนวนพนักงานร่วมกับการปรับเปลี่ยนตาราง/ลำดับการทำงานของพนักงาน และการนำเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนพนักงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจลงทุนแก่โรงงานกรณีศึกษา

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการผลิตกาแฟคั่วบดภายใต้ตราสินค้า Z และผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วที่ผลิตให้แก่บริษัท T ซึ่งเป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์หลัก 2 กลุ่มของโรงงานกรณีศึกษา
2. ศึกษาและเปรียบเทียบการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอม โดยอาศัยเทคนิคการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ในการศึกษาและวิเคราะห์ระบบการผลิต

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. สามารถระบุแนวทางการเพิ่มกำลังการผลิตในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของโรงงานการศึกษา เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเพิ่มจำนวนพนักงาน การเพิ่มจำนวนพนักงานร่วมกับการปรับเปลี่ยนตาราง/ลำดับการทำงานของพนักงาน และการนำเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนพนักงาน
2. ทราบถึงความเป็นไปได้ในการลงทุนระหว่างการเพิ่มจำนวนพนักงาน การเพิ่มจำนวนพนักงานร่วมกับการปรับเปลี่ยนตาราง/ลำดับการทำงานของพนักงาน และการนำเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนพนักงานจากการวิเคราะห์และประเมินโครงการลงทุน
3. เป็นแนวทางในการนำแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมอาหารหรืออุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่มีลักษณะการผลิตใกล้เคียงกัน

การตรวจเอกสาร

ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกาแฟในประเทศไทย

1. การเพาะปลูก สายพันธุ์ และผลผลิตกาแฟ

กาแฟเป็นไม้พุ่มยืนต้นขนาดปานกลาง มีความสูงประมาณ 3-4 เมตร ใบมีสีเขียวและแตกออกจากข้อเป็นคู่ ต้นกาแฟในประเทศไทยจะเริ่มออกดอกในเดือนตุลาคม-กุมภาพันธ์ โดยสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตหลังจากนั้นประมาณ 8-12 เดือน หลังจากการปลูก 2-3 ปี (ปรัชญา, 2548)

กาแฟมีอยู่หลากหลายพันธุ์แต่พันธุ์ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศและได้รับการส่งเสริมจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549) ได้แก่

1.1 พันธุ์ราบิกา ปลูกทางภาคเหนือของประเทศโดยเฉพาะในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง แม่ฮ่องสอนแพร่และตาก เนื่องจากกาแฟราบิกาจะสามารถเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่ราบสูงประมาณ 800-1,500 เมตร แต่การเพาะปลูกกาแฟราบิกาของไทยยังไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตต่อปีได้มากนัก โดยสัดส่วนผลผลิตกาแฟราบิกาคิดเป็น 4-5% ของผลผลิตภายในประเทศทั้งหมดเท่านั้น เนื่องจากกาแฟราบิกายังอยู่ในขั้นของการทดลองปลูก

1.2 พันธุ์โรบัสต้า สามารถเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่ราบต่ำ ทนต่ออุณหภูมิและระดับความชื้นสูงได้ดี จึงนิยมปลูกทางภาคใต้ของประเทศ โดยเฉพาะในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพร ระนอง นครศรีธรรมราช พังงา และกระบี่ กาแฟโรบัสต้ามีผลผลิตสูงถึง 95% ของผลผลิตภายในประเทศทั้งหมด แต่จะมีคุณภาพต่ำและราคาถูกกว่ากาแฟราบิกา

ประเทศไทยสามารถผลิตกาแฟได้มากเป็นอันดับที่ 3 ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รองจากเวียดนามและอินโดนีเซีย โดยปริมาณผลผลิตกาแฟของประเทศไทยมีประมาณ 80,000 ตันต่อปี ผลผลิตกาแฟ 30,000-50,000 ตันจะนำมามีบริโภคภายในประเทศ ส่วนที่เหลือจะส่งออกไปยังสหรัฐอเมริกา เกาหลี ญี่ปุ่น สิงคโปร์ และประเทศในแถบยุโรป ทั้งในแบบของเมล็ดกาแฟและกาแฟที่ผ่านการแปรรูปแล้ว (ผู้จัดการออนไลน์, 2549)

2. กระบวนการแปรรูปกาแฟ

เมื่อผลกาแฟซึ่งเรียกว่า “Coffee Cherry” เปลี่ยนจากผลอ่อนซึ่งมีสีเขียวเป็นผลแก่เต็มที่ซึ่งมีสีแดงสดแล้ว เกษตรกรจะเก็บเกี่ยวผลกาแฟ โดยเลือกเก็บเฉพาะผลกาแฟสีแดงสดที่สุกเต็มที่เท่านั้น เนื่องจากผลกาแฟที่สุกไม่ทั่วทั้งผล น้ำ หรือสูกองเกินไประหว่างจะทำให้เกิดกระบวนการหมัก (Fermentation) ขึ้นซึ่งส่งผลต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นผลกาแฟจะเข้าสู่ขั้นตอนการแปรรูปเพื่อให้ได้เมล็ดกาแฟต่อไป

กระบวนการแปรรูปผลผลิตกาแฟมีความสำคัญต่อการผลิตเมล็ดกาแฟหรือสารกาแฟให้มีคุณภาพ กลิ่น และรสชาติเป็นที่ยอมรับของตลาด กระบวนการแปรรูปผลกาแฟแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ กระบวนการผลิตแบบแห้ง (Dry Method หรือ Natural Method) และกระบวนการผลิตแบบเปียก (Wet Method หรือ Wash Method) หรือที่เรียกว่า “สีเปียก” โดยกระบวนการผลิตแบบเปียกเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากจะได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ รสชาติที่ดี และราคาสูงกว่าเมล็ดกาแฟที่แปรรูปโดยกระบวนการผลิตแบบแห้ง (กรมวิชาการเกษตร, 2549)

เมล็ดกาแฟที่ได้จากกระบวนการข้างต้นจะเข้าสู่กระบวนการคั่วซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญที่สุดในการผลิตกาแฟ เนื่องจากเป็นขั้นตอนของการนำกลิ่นรสออกมาจากเมล็ดกาแฟ ระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการคั่วกาแฟมีหลายระดับซึ่งจะทำให้ได้กาแฟคุณลักษณะต่างกันออกไป

เมล็ดกาแฟที่ผ่านการคั่วตามระดับที่ต้องการแล้วจะถูกคัดเลือกตามขนาด รูปร่าง กลิ่น ความหนาแน่นและสี จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการบด โดยการบดเมล็ดกาแฟจะเป็นขั้นตอนในการกำหนดรสชาติของกาแฟ ผงกาแฟที่บดละเอียดมากเกินไปจะทำให้กาแฟที่ชงได้มีรสขมมาก ส่วนกาแฟที่บดหยาบ กาแฟที่ชงได้จะมีรสจืด ทั้งนี้การบดกาแฟต้องคำนึงถึงการนำไปชงกับเครื่องชงกาแฟแต่ละรูปแบบด้วย (ปรัชญา, 2548)

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจำลองสถานการณ์

1. คำจำกัดความของการจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นวิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหาในด้านต่าง ๆ มาตั้งแต่อดีต และจากความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันส่งผลให้การจำลองสถานการณ์ได้รับความสนใจและนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในสาขาอาชีพต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย ศิริจันทร์ (2544) ได้ให้นิยามการจำลองสถานการณ์ไว้ว่า เป็นกระบวนการออกแบบแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ (Strategies) ต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้

กระบวนการของการจำลองสถานการณ์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การสร้างแบบจำลอง และการนำแบบจำลองนั้นไปใช้งานเชิงวิเคราะห์ แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองนี้อาจเป็นหุ่น ระบบ หรือแนวความคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่งโดยไม่จำเป็นต้องเหมือนกับระบบงานจริง แต่ต้องสามารถช่วยให้เข้าใจในระบบงานจริง เพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและเพื่อการปรับปรุงการดำเนินงานของระบบงานจริง

ส่วนการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Modeling) เป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลองที่อยู่ในรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เป็นที่นิยมที่สุดในการใช้จำลองสถานการณ์ เนื่องจากสะดวกและสามารถใช้ได้กับปัญหาของระบบงานได้มากมายหลายประเภท การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์จะต้องอาศัยข้อมูลที่เป็นข้อมูลนำเข้า (Input Data) ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้มักเป็นข้อมูลที่มีความผันแปร ไม่แน่นอนและสามารถแปรเปลี่ยนไปตามกาลเวลา ดังนั้นการจัดเตรียมและการวิเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งขั้นตอนต่าง ๆ ที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์จึงต้องอาศัยวิธีการทางสถิติเข้าช่วย (ศิริจันทร์, 2544)

2. ประเภทของแบบจำลอง

แบบจำลองแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ (Banks *et al.*, 2005) ดังนี้

2.1 แบบจำลองแบบสถิตหรือแบบจำลองแบบพลวัต (Static or Dynamic Simulation Models) แบบจำลองแบบสถิตหรือบางครั้งเรียกว่า การจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation) เป็นการจำลองระบบ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ส่วนแบบจำลองพลวัตจะเป็นการจำลองระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

2.2 แบบจำลองแบบคงที่หรือแบบจำลองแบบไม่แน่นอน (Deterministic or Stochastic Simulation Models) แบบจำลองแบบคงที่เป็นแบบจำลองที่ไม่มีตัวแปรสุ่ม (Random Variables) อยู่ในแบบจำลอง ทำให้แบบจำลองไม่มีความแปรปรวนเกิดขึ้นเลย ส่วนแบบจำลองแบบไม่แน่นอน ตัวแปรนำเข้า (Inputs) จะเป็นตัวแปรสุ่มส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ได้ (Outputs) มีความไม่แน่นอนหรือความแปรปรวนตามไปด้วย เช่น จำนวนลูกค้าในแถวคอย เวลารอคอยเฉลี่ยของลูกค้าในแถวคอย

2.3 แบบจำลองแบบต่อเนื่องหรือแบบจำลองแบบไม่ต่อเนื่อง (Continuous or Discrete Simulation Models) เป็นการแบ่งประเภทของแบบจำลองตามพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบเปรียบเทียบกับเวลา โดยแบบจำลองแบบต่อเนื่อง คือ แบบจำลองระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาอย่างต่อเนื่อง แต่แบบจำลองแบบไม่ต่อเนื่องนั้น ระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

3. ขั้นตอนของการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนในการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย 12 ขั้นตอนหลัก (Banks *et al.*, 2005) ได้แก่

3.1 การกำหนดปัญหา (Problem Formulation) เป็นขั้นตอนของการระบุปัญหาที่ต้องการศึกษา จากสภาพปัญหาที่ปรากฏ ผู้กำหนดปัญหาควรมีความสนใจและต้องมีความเข้าใจในปัญหานั้นเป็นอย่างดีเพื่อให้สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหามาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด

3.2 การกำหนดวัตถุประสงค์และวางแผนโครงการ (Setting of Objectives and Overall Project Plan) เป็นการระบุวัตถุประสงค์และขอบเขตของปัญหาที่ต้องการศึกษาพิจารณาถึงความเหมาะสมในการนำการจำลองสถานการณ์มาใช้ในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ต้องมีการวางแผนงบประมาณ จำนวนคนและระยะเวลาที่ต้องการใช้ทำการศึกษาให้เหมาะสมด้วย

3.3 การสร้างแนวความคิดของแบบจำลอง (Model Conceptualization) เป็นการนำลักษณะเด่นของปัญหาและข้อมูลจากระบบมาใช้ในการกำหนดสมมติฐานและสร้างแบบจำลองของระบบงานที่ต้องการทำการศึกษา โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นต้องอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้

3.4 การรวบรวมข้อมูล (Data Collection) ทำการวิเคราะห์ หาข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับแบบจำลอง และจัดเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปที่สามารถนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้ ข้อมูลอาจได้มาจากการวัดผล การสังเกต หรือการสัมภาษณ์ นอกจากนี้ข้อมูลที่ใช้อาจเป็นข้อมูลในอดีตที่มีการรวบรวมไว้แล้วซึ่งจำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับมาก่อนนำไปใช้งาน การเก็บข้อมูลจะใช้เวลาอย่างมากเมื่อเทียบกับเวลาทั้งหมดในการทำการจำลองสถานการณ์ จึงต้องทำการเก็บข้อมูลให้เร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และมักจะทำควบคู่ไปกับการสร้างแบบจำลอง

3.5 การแปลงแนวความคิดของแบบจำลองมาเป็นแบบจำลองบนโปรแกรม (Model Translation) เป็นการนำข้อมูลจากระบบจริงมาเปลี่ยนแปลงให้อยู่ในรูปของค่าเชิงปริมาณที่แทนพฤติกรรมต่าง ๆ ของระบบเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองโดยใช้ภาษาหรือซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมจนสามารถนำแบบจำลองนั้นไปหาผลลัพธ์ที่ต้องการได้ ค่าเชิงปริมาณสามารถอยู่ในรูปของตัวแปรพารามิเตอร์ และฟังก์ชันทางสถิติ โดยความถูกต้องของค่าเชิงปริมาณจะขึ้นอยู่กับความเข้าใจระบบของผู้ศึกษา ความเชื่อถือได้ของข้อมูล และวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.6 การตรวจสอบความถูกต้อง (Verification) เป็นการวิเคราะห์และยืนยันความสามารถในการทำงานของแบบจำลองว่า สามารถใช้งานแทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาที่กำหนดไว้ได้

3.7 การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานจริงของแบบจำลอง (Validation) ในขั้นตอนนี้ แบบจำลองจะถูกแก้ไขให้มีความถูกต้องโดยการทำซ้ำ แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้กับพฤติกรรมของระบบจริง ความแตกต่างของผลจากแบบจำลองกับระบบงานจริงจะนำไปใช้ในการ

ปรับปรุงแบบจำลองให้ถูกต้อง และจะทำซ้ำเช่นนี้ไปจนกระทั่งแบบจำลองมีความถูกต้องและเป็นที่ยอมรับ

3.8 การออกแบบการทดลอง (Experimental Design) เป็นการออกแบบการทดลองเพื่อให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถให้ข้อมูลที่นำไปใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ตามต้องการต่อไปได้ สำหรับการออกแบบการทดลองของแต่ละระบบต้องพิจารณาช่วงระยะเวลาเริ่มต้น ความยาวนานในการทดลอง และจำนวนของการทำซ้ำในแต่ละครั้ง เนื่องจากมีผลต่องบประมาณและระดับความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ต้องการ

3.9 การทดลองและวิเคราะห์ผล (Computational Experiment: Results and Analysis) เป็นการจำลองสถานการณ์เพื่อสร้างข้อมูล วิเคราะห์ความไวของข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง

3.10 การทดลองเพิ่มเติม (More Runs) เป็นการตัดสินใจว่า จะต้องมีการทดลองซ้ำ และออกแบบส่วนอื่น ๆ เพิ่มเติมหรือไม่ เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความสมบูรณ์มากขึ้น

3.11 การจัดทำเอกสารและรายงานผล (Documentation and Reporting) เป็นการรายงานผล การวิเคราะห์และการสรุปผลที่ได้จากการทดลอง โดยเอกสารจะมีทั้งในรูปแบบของโปรแกรม (Program) และเอกสารที่แสดงความก้าวหน้าของโครงการ (Progress) เอกสารในรูปแบบของโปรแกรมเป็นสิ่งที่สำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากมีประโยชน์ต่อการนำมาโปรแกรมกลับมาใช้อีกครั้ง ส่วนเอกสารที่แสดงความก้าวหน้าของโครงการก็มีความสำคัญเช่นกัน เนื่องจากจะรายงานประวัติการจำลองสถานการณ์ ระบุถึงเหตุการณ์และปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจต่าง ๆ

3.12 การนำไปใช้งาน (Implementation) จากผลการทดลองที่ได้ นักวิจัยจะเลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบงานจริง ทั้งนี้ความสำเร็จของการดำเนินงานจะขึ้นอยู่กับขั้นตอนก่อนหน้าทั้ง 11 ข้อและขึ้นอยู่กับความร่วมมือของนักวิจัยกับผู้ใช้แบบจำลองในระหว่างกระบวนการของการจำลองสถานการณ์ทั้งหมด ถ้าผู้ใช้แบบจำลองมีส่วนร่วมในการสร้างแบบจำลอง เข้าใจในลักษณะของแบบจำลองและผลของแบบจำลอง การดำเนินงานจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

4. ประโยชน์และข้อจำกัดของการใช้แบบจำลองสถานการณ์

Banks *et al.* (2005) และศิริจันทร์ (2544) กล่าวถึงประโยชน์และข้อจำกัดของการใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการทดลองไว้ ดังนี้

4.1 ประโยชน์ของการใช้แบบจำลองสถานการณ์

4.1.1 การทำการทดลองต่าง ๆ ในระบบการผลิตจริง เช่น การปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน ระบบการไหลของข้อมูล ฯลฯ อาจเป็นการรบกวนการทำงานของระบบ แต่การจำลองสถานการณ์ช่วยให้สามารถทำการทดลองได้โดยไม่รบกวนการทำงานของระบบจริง

4.1.2 สามารถทดลองนำอุปกรณ์ เครื่องมือ หรือเครื่องจักรเข้ามาใช้ในระบบผ่านแบบจำลองสถานการณ์โดยไม่ต้องลงทุนซื้ออุปกรณ์ เครื่องมือ หรือเครื่องจักรเหล่านั้น

4.1.3 ช่วยให้เกิดความเข้าใจถึงปัจจัยที่มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของการทำงานของระบบ

4.1.4 ช่วยให้การวิเคราะห์และการแก้ปัญหาจุดคอขวดของกระบวนการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

4.1.5 สามารถใช้ในการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ทำให้เกิดการออกแบบระบบการทำงานใหม่ได้หลากหลายรูปแบบ

4.1.6 การทดลองผ่านแบบจำลองสถานการณ์ช่วยประหยัดทรัพยากรต่าง ๆ เช่น เวลาดำเนินทุน ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ตามแผนการทำงานที่สนใจจะทำการปรับเปลี่ยนเพราะสามารถทำการควบคุมได้ด้วยคอมพิวเตอร์

4.2 ข้อจำกัดของการใช้แบบจำลองสถานการณ์

4.2.1 การได้มาของแบบจำลองที่ดีต้องอาศัยความสามารถและความเชี่ยวชาญของผู้ออกแบบแบบจำลองจึงอาจต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายมากในการอบรมด้านแบบจำลองสถานการณ์เป็นพิเศษ

4.2.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองอาจไม่ใช่ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดและไม่สามารถวัดขนาดของความแม่นยำได้

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์และประเมินโครงการลงทุน

1. ประเภทของโครงการลงทุน

การวิเคราะห์โครงการลงทุนต่าง ๆ มีความยากง่าย ความซับซ้อนและวิธีการวิเคราะห์แตกต่างกันไปตามประเภทของโครงการ โครงการลงทุนแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามลักษณะของโครงการ (พรณูภา, 2549) ได้แก่

1.1 โครงการลงทุนทดแทน (Replacement Project) เป็นโครงการลงทุนเพื่อเปลี่ยนทดแทนเครื่องจักร/อุปกรณ์ โครงการลงทุนลักษณะนี้มีความจำเป็นสำหรับธุรกิจที่กำลังดำเนินงานอยู่ อาจมีวัตถุประสงค์ในการลดต้นทุนหรือการพัฒนาคุณภาพด้านต่าง ๆ หรืออาจเป็นการลงทุนเพื่อการบำรุงรักษาซึ่งถือเป็นการลงทุนเพื่อบำรุงรักษาตามปกติ จะไม่มีความซับซ้อนในการตัดสินใจมากนัก แต่หากเป็นการลงทุนเครื่องจักรใหม่เพื่อทดแทนเครื่องจักรที่มีอยู่จะมีความซับซ้อนในการวิเคราะห์และตัดสินใจมากขึ้น

1.2 โครงการลงทุนเพื่อการขยายงาน (Expansion Project) เป็นโครงการลงทุนเพื่อขยายกำลังการผลิตสินค้าที่มีอยู่แล้วหรือขยายตลาดที่มีอยู่แล้ว เนื่องจากความต้องการสินค้าและบริการของลูกค้ามีเพิ่มสูงขึ้น หรืออาจเป็นโครงการลงทุนเพื่อผลิตสินค้าใหม่หรือบุกเบิกตลาดใหม่ การวิเคราะห์และตัดสินใจในโครงการประเภทนี้มีความสำคัญอย่างยิ่ง ผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลอย่างละเอียดและรอบคอบ

1.3 โครงการลงทุนเพื่อความปลอดภัยในการทำงานและเพื่อรักษาสภาพแวดล้อม (Safety and/or Environmental Project) โครงการประเภทนี้มักเป็นโครงการที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้โดยตรง แต่เป็นโครงการที่มีความจำเป็นต้องลงทุน เนื่องจากถูกกำหนดโดยกฎหมายและข้อบังคับของรัฐที่ธุรกิจต้องปฏิบัติตามงาน สิ่งแวดล้อมและชุมชน เช่น การลงทุนในโครงการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม

2. หลักการและองค์ประกอบของการวิเคราะห์โครงการ

การวิเคราะห์โครงการหรือการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการเป็นการศึกษาเพื่อหาผลที่จะเกิดขึ้นจากการดำเนินการตามโครงการ โดยพิจารณาจากข้อมูลหลายด้านประกอบกัน ทั้งทางด้านการตลาด วิศวกรรม และการเงินของโครงการ แล้วนำผลที่ได้มาใช้ในการประกอบการตัดสินใจ (จันทนา และ ศิริจันทร์, 2532)

องค์ประกอบที่สำคัญของการวิเคราะห์โครงการลงทุน ประกอบด้วย

2.1 ประมาณการเงินลงทุนในโครงการ ได้แก่ สิ้นทรัพย์ถาวร ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงาน และเงินทุนหมุนเวียน

2.2 ประมาณการด้านการเงินของโครงการ ได้แก่ ประมาณการต้นทุนสินค้าขาย ประมาณการค่าใช้จ่ายในการบริหารงานและอื่น ๆ ประมาณการงบกำไรขาดทุน และประมาณการงบกระแสเงินสด

2.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุน เพื่อพิจารณาถึงความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการลงทุน โดยสามารถพิจารณาจากระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) ดัชนีชี้กำไร (Profitability Index, PI) หรืออัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (Internal Rate of Return, IRR)

2.4 การประเมินผลด้านการเงินภายใต้ความไม่แน่นอน ได้แก่ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break Even Point) การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

3. การวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุน

ในการตัดสินใจลงทุนในโครงการจะพิจารณาจากกระแสเงินสดของโครงการลงทุนซึ่งกระแสเงินสดของโครงการจะแสดงให้เห็นผลประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการลงทุนนั้น โดยวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุนมีดังนี้ (พรรณูภา, 2549)

3.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) คือ ระยะเวลาที่กระแสเงินสดรับรวมเท่ากับเงินลงทุนที่จ่ายไป โดยมีข้อสมมติว่ากระแสเงินสดรับจากการลงทุนเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอตลอดปี ทั้งนี้ ในกรณีของการเปรียบเทียบการลงทุนระหว่าง 2 ทางเลือก กระแสเงินสดรับรวมจะคำนวณจากผลต่างของค่าใช้จ่ายหรือผลต่างของรายรับ (Different in Cashflow) ระหว่างทางเลือกทั้งสอง หลักในการพิจารณาตัดสินใจเลือกโครงการลงทุนจะพิจารณาว่า โครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นกว่าเป็นโครงการที่ดีกว่า โดยมีระยะเวลาคืนทุนเป้าหมาย (Target Payback Period) เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ

โสภณ (2545) และพรรณูภา (2549) กล่าวถึงข้อดีและข้อเสียของการประเมินโครงการลงทุนโดยการใช้วิธีการคำนวณระยะเวลาคืนทุนไว้ ดังนี้

3.1.1 ข้อดีของวิธีการคำนวณระยะเวลาคืนทุน

ก. การคำนวณระยะเวลาคืนทุนใช้กระแสเงินสด (Cash Flow) เป็นการเน้นให้เห็นถึงผลตอบแทนและต้นทุนของโครงการที่เกิดขึ้นในเวลาที่เกิดขึ้นจริง

ข. ระยะเวลาคืนทุนง่ายต่อการคำนวณและการทำความเข้าใจ

ค. ใช้เป็นเครื่องมือในการคัดเลือกโครงการลงทุนที่น่าสนใจเบื้องต้น

ง. สามารถบอกถึงความเสี่ยง (Riskness) ของโครงการได้ในเบื้องต้น

3.1.2 ข้อเสียของระยะเวลาคืนทุน

การคำนวณระยะเวลาคืนทุนไม่คำนึงมูลค่าของเงินตามเวลา (Time Value of Money)

3.2 ระยะเวลาคืนทุนเมื่อปรับคิดมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสด (Discounted Payback Period) วิธีการนี้มีวิธีคิดพื้นฐานเช่นเดียวกับวิธีการคำนวณระยะเวลาคืนทุนปกติ แต่คำนึงถึงเรื่องของมูลค่าของเงินตามเวลาเพื่อแก้ไขข้อเสียของการคำนวณระยะเวลาคืนทุนปกติ โดยจะทำการปรับกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในแต่ละปีให้เป็นมูลค่าปัจจุบันก่อนแล้วจึงนำมาคำนวณเปรียบเทียบเพื่อหาระยะเวลาคืนทุน

3.3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) เป็นเทคนิคการประเมินโครงการลงทุนที่ใช้แนวคิดของการลดค่าของกระแสเงินสด (Discounted Cash Flows) โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับ ผลต่างของมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดที่ได้รับจากการลงทุน (Present Value Cash Inflows, PVCI) กับมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดที่จ่ายลงทุน (Present Value Cash Outflows, PVCO) เมื่อใช้อัตราผลตอบแทนที่ต้องการจากการลงทุน (k) เป็นอัตราคิดลดของค่าเงิน (Discounted Rate)

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - CF_0 \quad (1)$$

ให้ CF_t เป็นกระแสเงินสดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในปีที่ t
 k เป็นอัตราผลตอบแทนที่ต้องการจากการลงทุน
 n เป็นอายุของโครงการลงทุน

หากมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ แสดงว่า โครงการให้ผลประโยชน์แก่เจ้าของโครงการมากกว่าหรือเท่ากับอัตราขั้นต่ำที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงควรลงทุนในโครงการ

วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีข้อดีและข้อเสีย (โสภณ, 2545) ดังนี้

3.3.1 ข้อดีของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

ก. วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นการใช้กระแสเงินสด (Cash Flow) มากกว่ากำไรทางบัญชี (Accounting Profit) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงเวลาที่แท้จริงของผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการลงทุน

ข. เป็นวิธีที่นำแนวคิดของมูลค่าเงินตามเวลามาใช้ในการคำนวณ ทำให้สามารถเปรียบเทียบผลตอบแทนที่เกิดขึ้นกับเงินลงทุนได้อย่างมีเหตุผลมากยิ่งขึ้น

3.3.2 ข้อเสียของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

เนื่องจากการใช้วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิต้องคำนึงถึงรายละเอียดในการประมาณการกระแสเงินสดของโครงการลงทุน จึงอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดในการประมาณการข้อมูลได้ง่าย

3.4 ดัชนีชี้กำไร (Profitability Index, PI) เป็นดัชนีหรืออัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดที่ได้รับจากการลงทุน (PVCI) กับมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดที่จ่ายลงทุน (PVCO) เมื่อใช้อัตราผลตอบแทนที่ต้องการจากการลงทุน (k) เป็นอัตราคิดลดของค่าเงิน

$$PI = \frac{PVCI}{PVCO} \quad (2)$$

ให้ PVCI เป็นมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดที่ได้รับจากการลงทุน

PVCO เป็นมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดที่จ่ายลงทุน

ในการประเมินโครงการลงทุน หากดัชนีชี้กำไรมากกว่าหรือเท่ากับ 1 แสดงว่าโครงการให้ผลประโยชน์แก่เจ้าของโครงการมากกว่าหรือเท่ากับอัตราขั้นต่ำที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงควรลงทุนในโครงการ

3.5 อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (Internal Rate of Return, IRR) เป็นอัตราลดค่า (Discount Rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการลงทุนมีค่าเท่ากับมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดที่จ่ายลงทุนไป

$$CF_0 = \frac{CF_1}{(1 + IRR)^1} + \frac{CF_2}{(1 + IRR)^2} + \dots + \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} \quad (3)$$

ให้ CF_t เป็นกระแสเงินสดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในปีที่ t

IRR เป็นอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน

หากอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับอัตราผลตอบแทนที่ต้องการ (k) ที่กำหนด แสดงว่า ผู้เป็นเจ้าของโครงการจะได้รับผลตอบแทนมากกว่าหรือเท่ากับอัตราขั้นต่ำที่ต้องการ จึงควรลงทุนในโครงการนั้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากการจำลองสถานการณ์เป็นเทคนิคที่ช่วยให้นักวิจัยสามารถเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงาน หรือประเมินผลแนวทางในการแก้ปัญหา กลยุทธ์หรือนโยบายที่กำหนดขึ้นได้จากการลองผิดลองถูก หรือทำซ้ำหลาย ๆ รอบโดยไม่รบกวนการทำงานของระบบงานจริง ช่วยประหยัดเวลา ค่าใช้จ่ายและทรัพยากรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นการจำลองสถานการณ์จึงถูกนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหากันอย่างแพร่หลายและนำไปใช้ในการทดลองกับระบบงานรูปแบบต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นระบบการผลิตในโรงงาน (Manufacturing System) การจัดการการขนส่ง (Logistics Management) การจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management) การจราจร (Traffic Management) หรือการจัดการการบริการด้านสุขภาพ (Health Care Management) งานวิจัยที่นำการจำลองสถานการณ์มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต มีดังต่อไปนี้

มิตรมาณี (2548) ศึกษาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการนำผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาของโรงงานผลิตภาชนะจากเซรามิกผ่านการใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์โดยพิจารณาให้เวลารอคอยเฉลี่ยในกระบวนการนำผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาน้อยที่สุด และหาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้วยการปรับเปลี่ยนจำนวนรถเตาเผาในแบบจำลองที่สร้างขึ้น จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่า การเปลี่ยนแปลงจำนวนรถเตาเผา โดยการลด

จำนวนรอตเตาเผาจาก 16 คันเหลือ 14 คันสำหรับผลิตภัณฑ์ Hollow Small และการเพิ่มจำนวนรอตเตาเผาจาก 8 คันเป็น 10 คันสำหรับผลิตภัณฑ์ Hollow สามารถลดเวลารอคอยในกระบวนการนำผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาได้มากที่สุด โดยเวลารอคอยเฉลี่ยในการลำเลียงผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาจะลดลงจาก 20.84 ชั่วโมงเหลือ 18.02 ชั่วโมง

สาขาร และ ธนัญญา (2548) นำเทคนิคการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์มาใช้ในการศึกษากลยุทธ์การจัดซื้อวัตถุดิบของโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าซึ่งเป็นกรณีศึกษา เพื่อลดระยะเวลานำ (Lead Time) ในการสั่งซื้อ/ส่งผลิตวัตถุดิบซึ่งจัดเป็นการวัดสมรรถนะของโซ่อุปทานของระบบ ผู้วิจัยเสนอกลยุทธ์ในการจัดซื้อ 5 แบบ ได้แก่

กลยุทธ์ที่ 1 ระบบงานปัจจุบัน

กลยุทธ์ที่ 2 การนำการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างโรงงานกับผู้ขายผ้ามาใช้ เพื่อลดระยะเวลานำของผ้าลง 10%, 20% และ 30% จากเดิม

กลยุทธ์ที่ 3 การนำการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างโรงงานกับผู้พิมพ์ลายผ้ามาใช้ เพื่อลดระยะเวลานำของพิมพ์ลายบนผ้าลง 10%, 20% และ 30% จากเดิม

กลยุทธ์ที่ 4 การนำการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างโรงงานกับผู้บรรจุมาใช้ เพื่อลดระยะเวลานำของการบรรจุผลิตภัณฑ์ลง 10%, 20% และ 30% จากเดิม

กลยุทธ์ที่ 5 การนำการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างโรงงานกับผู้ขายส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น กระดุม ซิป มาใช้ เพื่อลดระยะเวลานำของส่วนประกอบลง 10%, 20% และ 30% จากเดิม

จากการจำลองสถานการณ์บนโปรแกรมสำเร็จรูป Arena พบว่า การนำการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างโรงงานกับผู้บรรจุและผู้ขายส่วนประกอบอื่น ๆ มาใช้ ไม่สามารถลดระยะเวลานำของการสั่งซื้อ/ส่งผลิตโดยรวมลงได้ ส่วนการนำการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างโรงงานกับผู้พิมพ์ลายผ้ามาใช้จะสามารถลดระยะเวลานำของการสั่งซื้อ/ส่งผลิตโดยรวมลงได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยการลดระยะเวลานำในการพิมพ์ลายผ้าลง 30% (จาก 7 วันเหลือ 4 วัน) ซึ่งเป็นกลยุทธ์ในการลดระยะเวลานำสูงสุดจะลดระยะเวลานำโดยรวมลงได้เพียง 3% เท่านั้น และการนำการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างโรงงานกับผู้ขายผ้ามาใช้จะสามารถลดระยะเวลานำของการสั่งซื้อ/ส่งผลิตโดยรวมลงได้มากที่สุด โดยการลดระยะเวลานำในการสั่งซื้อ/ส่งผลิตผ้าลง 30% (จาก 73 วันเหลือ 51 วัน) จะช่วยลดระยะเวลานำโดยรวมลงได้ถึง 18%

Savsar and Al-Jawini (1995) ศึกษาและวิเคราะห์ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just-in-Time) จากแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้น โดยแบบจำลองระบบที่สร้างขึ้นนี้จะกำหนดให้ค่าปัจจัยในการดำเนินงานต่าง ๆ ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการผลิต (Processing Time) ขนาด

ของคัมบัง (Kanban) ระหว่างสถานีงาน ความต้องการของลูกค้า ความยาวของสายการผลิต (Line Length) และนโยบายในการดำเนินงานแตกต่างกันเพื่อศึกษาถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อการดำเนินงาน ได้แก่ อัตราผลผลิต (Throughput Rate) งานระหว่างการผลิต (Work-in-Process, WIP) และอัตราการทำงานเฉลี่ยของสถานีงาน (Station Utilization) นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบผลการดำเนินงานของระบบหลักและระบบดิ่งภายใต้เงื่อนไขการผลิตเดียวกันด้วย จากแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นด้วยภาษา SIMAN พบว่า เวลาที่ใช้ในการผลิตและความต้องการของลูกค้าส่งผลกระทบต่ออัตราผลผลิตและอัตราการทำงานเฉลี่ยของสถานีงาน และผลของการใช้นโยบายระบบคัมบังที่แตกต่างกันจะส่งผลให้อัตราผลผลิต งานระหว่างการผลิต และอัตราการทำงานเฉลี่ยของสถานีงานมีความแตกต่างกัน นอกจากนี้จากการเปรียบเทียบผลการดำเนินงานของระบบหลักและระบบดิ่งพบว่า ระบบหลักมีอัตราผลผลิตสูงกว่าระบบดิ่งเมื่อเวลาในการผลิตมีค่าสูงขึ้น แต่ระบบดิ่งจะดีกว่าระบบหลักเสมอในแง่ของการลดระดับปริมาณงานระหว่างการผลิต และพบว่า การใช้ระบบดิ่งกับสายการผลิตที่สั้นจะมีผลการดำเนินงานดีกว่าการใช้ระบบดิ่งกับสายการผลิตขนาดยาว

Savsar (1997) นำเทคนิคการจำลองสถานการณ์มาใช้ในการวิเคราะห์สายประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของโรงงานซึ่งเป็นกรณีศึกษา โดยเปรียบเทียบระหว่างระบบที่มีขนาดคัมบัง 65 ชิ้นกับระบบที่มีขนาดคัมบัง 100 ชิ้น จากการสร้างแบบจำลองที่เขียนด้วยภาษา SIMAN พบว่า ระบบที่กำหนดขนาดคัมบัง 65 ชิ้นเป็นขนาดที่น้อยเกินไป เนื่องจากเมื่อสิ้นสัปดาห์ ระดับสินค้าคงคลังของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทันเวลา แต่ระบบที่กำหนดขนาดคัมบัง 100 ชิ้นนั้นมีความเหมาะสมมากกว่า เนื่องจากเมื่อสิ้นสัปดาห์ ระดับสินค้าคงคลังของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปมีมากพอที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทันเวลาและยังมีสินค้าเหลือเก็บไว้เป็นคงคลังสำรองสำหรับสัปดาห์ถัดไปด้วย

Vaidyanathan *et al.* (1998) ประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation) ช่วยในการจัดการตารางการผลิตประจำวันของโรงงานผลิตกาแฟแก้วบดซึ่งมีข้อจำกัดหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นชนิดผลิตภัณฑ์ที่มีมากกว่า 300 รายการ ความต้องการผลิตภัณฑ์ของลูกค้าที่เกิดขึ้นเป็นฤดูกาลและไม่คงที่ และอายุผลิตภัณฑ์ที่สั้นเพียง 90 วัน ส่งผลให้การวางแผนการผลิตของโรงงานมีความยุ่งยาก และไม่สามารถวางแผนการผลิตล่วงหน้าเพื่อเก็บคงคลังไว้ได้ ผู้วิจัยจึงออกแบบระบบจัดการตารางการผลิตประจำวันของโรงงานให้มีความยืดหยุ่นต่อข้อจำกัดต่าง ๆ โดยนำเกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญ (Priority Rule) คือ การทำงานที่จะถึงวันกำหนดส่งเร็วที่สุดก่อน (Earliest Due Date, EDD) มาใช้ร่วมกับการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่เขียนด้วย

ภาษา VBA และ SIMAN จากการนำระบบที่สร้างขึ้นนี้มาใช้ส่งผลให้การใช้ประโยชน์เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพิ่มขึ้น เช่น การใช้ประโยชน์เครื่องคว่ำเพิ่มขึ้นจาก 73.5% เป็น 95.3% เป็นต้น และปริมาณกาแฟที่ผลิตได้ในขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ ก็เพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน เช่น ปริมาณกาแฟที่ผลิตได้ในขั้นตอนการคว่ำเพิ่มขึ้นจาก 85,850 ปอนด์เป็น 116,450 ปอนด์ เป็นต้น นอกจากนี้การที่ระบบช่วยจัดลำดับการทำงานใหม่ หรือยกเลิกการผลิตผลิตภัณฑ์บางชนิดส่งผลให้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรและเวลาในการเปลี่ยนชนิดผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตลดลง และช่วยเพิ่มเวลาในการทำงานของเครื่องจักรให้สูงขึ้นด้วย

Baessler *et al.* (2004) วิเคราะห์จุดคอขวด (Bottleneck) ในกระบวนการผลิตไม้แปรรูปของโรงเลื่อยซึ่งเป็นกรณีศึกษา และหาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยอาศัยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์บนโปรแกรม Automod จากแบบจำลอง พบว่า ในกระบวนการผลิตมีจุดคอขวด 2 แห่ง คือ ขั้นตอนการเหลาปีกไม้บนเครื่องจักรที่ 2 ของกระบวนการผลิต และขั้นตอนการนำไม้เข้าเครื่องแคนเตอร์ (Canter) ซึ่งจุดคอขวดทั้งสองแห่งนี้จะมีผลต่อปริมาณผลผลิตไม้แปรรูปที่ผลิตได้ในแต่ละวัน ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดคอขวดเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพขึ้น จากการวิเคราะห์พบว่า ความไม่สม่ำเสมอของท่อนซุงและการไม่คัดเลือกไม้ก่อนเข้าเครื่องแคนเตอร์เป็นสาเหตุหลักของการเกิดปัญหาคอขวดแต่ละจุดตามลำดับ ดังนั้นการปรับปรุงกระบวนการผลิตใหม่โดยการคัดเลือกท่อนซุงที่มีขนาดสม่ำเสมอเข้าเครื่องเหลาปีกไม้และคัดเลือกท่อนซุงก่อนเข้าเครื่องแคนเตอร์ช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตไม้แปรรูปที่ผลิตได้ในแต่ละวันได้ 25% จากปริมาณผลผลิตเดิม

Marvel *et al.* (2005) ศึกษาการประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation) ในการวางแผนการปฏิบัติงานของตัวแทนจำหน่ายยาง โดยการสร้างตารางการปฏิบัติงานที่เหมาะสม เพื่อให้มีปริมาณสินค้าคงคลังเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าเสมอ แบบจำลองที่สร้างขึ้นใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของการวางแผนการปฏิบัติงาน โดยประเมินผลจากการจัดหาวัตถุดิบให้ลูกค้า การระบุถึงบริเวณที่เป็นไปได้สำหรับการปรับปรุงในกระบวนการผลิต และความต้องการสินค้าคงคลัง ผลการทดลอง พบว่า การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์จะช่วยให้การวางแผนมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะด้านการสร้างสมดุลของตารางการผลิต การระบุปัญหาที่อาจเกิดขึ้นซึ่งส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้า จากการปรับลดรอบการผลิต (Cycle Days) สินค้าจาก 15 วัน เหลือ 10 วัน การเพิ่มขนาดคัมบังของสินค้าจาก 35,000 ฟุต เป็น 40,000 ฟุต การเพิ่มอัตราการผลิต (Run Time) จาก 250 ฟุตต่อชั่วโมง เป็น 325 ฟุตต่อชั่วโมง เพื่อให้มีสินค้าเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า

การปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานหรือการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบอาจกระทบต่อผลทางการเงินขององค์กร การวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุนหรือผลทางการเงินที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงการดำเนินงานจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่นักวิจัยให้ความสนใจ โดยงานวิจัยบางงานได้เลือกใช้การจำลองสถานการณ์เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาและวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุนไปพร้อมกันด้วย ดังเช่น

อธิป และคณะ (2548) นำเทคนิคการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์มาใช้ในการศึกษาแนวทางในการสร้างสายการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กรณีศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการรอคอยของชิ้นส่วนในสายการผลิตซึ่งถือเป็นความสูญเปล่า (Waste) ที่เกิดขึ้น และเพื่อลดระยะเวลานำในการผลิตสินค้า (Production Lead Time) จากการศึกษาระบบปัจจุบัน พบว่า ระบบงานประสบปัญหาคอขวด (Bottleneck) เนื่องจากทรัพยากรในการผลิตไม่เพียงพอ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการแก้ปัญหา 2 แนวทาง คือ การเพิ่มกำลังคน และการเพิ่มเครื่องจักร โดยศึกษาทางเลือกในการแก้ปัญหา 5 ทางเลือก จากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์บนโปรแกรมสำเร็จรูป Arena เพื่อประเมินผลแต่ละทางเลือก พบว่า การแก้ปัญหาโดยการให้มีพนักงานในฝ่าย Visual Inspection 5 คน ใช้เครื่องจักรในฝ่าย Production Sorting 10 เครื่อง และมีพนักงานในฝ่าย Out Going 4 คน จะลดระยะเวลานำในการผลิตลงจาก 9,660 วินาทีเหลือเพียง 65.67 วินาที และจากการเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย พบว่า การแก้ปัญหาโดยวิธีนี้มีค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำกว่าทางเลือกอื่นอยู่ 689,680 บาทอีกด้วย

Taylor (1999) นำแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์มาใช้ในการศึกษาและเปรียบเทียบผลของระบบการจัดเก็บสินค้าคงคลัง 3 แบบ ได้แก่ ระบบผลัก (Push System) ระบบดึง (Pull System) และระบบผสมระหว่างระบบผลักและดึง (Hybrid Push/Pull System) ในสายการผลิตของบริษัทขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง พร้อมทั้งประเมินผลทางการเงินของระดับสินค้าคงคลังจากผลของแบบจำลองสถานการณ์และการวิเคราะห์ทางการเงิน พบว่า การลดระดับสินค้าคงคลังให้ต่ำลงส่งผลให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมของระบบการจัดเก็บสินค้าคงคลังลดลง โดยระบบการจัดเก็บสินค้าคงคลังแบบผสมเป็นระบบที่ทำให้บริษัทมีกำไรสุทธิ กระแสเงินสดสุทธิ และอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนสูงสุด

Owen and Levary (2002) เปรียบเทียบสายการผลิตอาหารแบบเอ็กทูด (Extruded Foods) ที่ออกแบบใหม่กับสายการผลิตแบบเดิมโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ จากผลของแบบจำลอง พบว่า สายการผลิตแบบเดิมกับสายการผลิตแบบใหม่มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน

แต่เมื่อเปรียบเทียบผลของการลงทุนแล้ว พบว่า สายการผลิตแบบใหม่มีความคุ้มค่ากว่าสายการผลิตแบบเดิมประมาณ 2.5 ล้านเหรียญต่อปี

Gujarathi *et al.* (2004) นำแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการปรับปรุงสายการผลิตตัวดูดซับแรงกระแทก (Shock Absorber) ซึ่งมีการใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรมากและใช้เวลาในการทำงานบางขั้นตอนเป็นเวลานาน ปัญหาที่เกิดขึ้นส่งผลให้กำลังการผลิตที่มีไม่สามารถรองรับอุปสงค์ที่เพิ่มขึ้นได้ ผู้วิจัยทำการปรับปรุงสายการผลิตใหม่โดยการเพิ่มสถานีงาน เพิ่มจำนวนเครื่องจักร จัดสรรจำนวนพนักงานให้เหมาะสมสำหรับแต่ละขั้นตอนการผลิต และให้พนักงานสามารถย้ายไปช่วยงานในขั้นตอนอื่นได้ เมื่อทำงานในหน้าที่ของตนเองเสร็จแล้ว ผลจากแบบจำลองสถานการณ์ พบว่า สายการผลิตที่ได้รับการปรับปรุงสามารถผลิตชิ้นงานได้เพิ่มขึ้นจาก 1,093 ชิ้นต่อวัน เป็น 1,435 ชิ้นต่อวัน และสามารถเพิ่มอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานให้มากขึ้นจาก 24.8% เป็น 44.8% นอกจากนี้ จากผลการวิเคราะห์ทางการเงิน พบว่า สายการผลิตที่ได้รับการปรับปรุงจะส่งผลให้กำไรของโรงงานเพิ่มขึ้น 32% ต่อปี

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Computer Hardware) และคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ (Computer Software) ดังนี้

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หน่วยประมวลผลกลาง Intel Pentium IV 1.70 GHz หน่วยความจำ 768 MB ความจุของฮาร์ดดิสก์ 30 GB
2. โปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0 สำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา
3. โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 12.0 สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐานทางสถิติ
4. โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel 2003 สำหรับใช้ในการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลด้านการเงิน

วิธีการ

ในการวิจัยนี้แบ่งขั้นตอนการวิจัยที่สำคัญออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา และการหาการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูล

การวิจัยนี้ทำการศึกษาระบบการผลิตของโรงงานกาแฟคั่วบดกรณีศึกษาแล้วเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา โดยข้อมูลที่เก็บรวบรวมประกอบด้วยข้อมูล 2 ประเภท คือ ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ซึ่งได้จากการสังเกตและจดบันทึกข้อมูลในส่วนของขั้นตอนการผลิต เวลาที่ใช้ในการผลิตแต่ละขั้นตอน จำนวนเครื่องจักร จำนวนพนักงานของโรงงานผลิตกาแฟคั่วบดซึ่งเป็นโรงงานกรณีศึกษา และข้อมูลทุติย

ภูมิ (Secondary Data) ซึ่งได้จากการรวบรวมข้อมูลในเอกสาร บันทึกและรายงานการผลิตที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แผนการผลิตประจำปี ปริมาณเม็ดเงินที่ใช้ เวลาที่ใช้ในการผลิตแต่ละขั้นตอน เป็นระยะเวลา 1 ปี

1.1 ข้อมูลเบื้องต้นและกระบวนการผลิตกาแฟคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษา

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา พบว่า โรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบดกรณีศึกษาทำการผลิตกาแฟคั่วบดหลายประเภท เช่น กาแฟคั่วแบบเมล็ดบรรจุถุง กาแฟคั่วแบบบดบรรจุถุง กาแฟคั่วแบบบดบรรจุซอง และกาแฟคั่วแบบบดบรรจุกระป๋อง และผลิตผลิตภัณฑ์ในตราสินค้าต่าง ๆ ทั้งตราสินค้าที่เป็นของตนเองและการรับจ้างผลิตสินค้าให้แก่ธุรกิจอื่น เช่น ร้านอาหาร กาแฟและเบเกอรี่ ร้านอาหาร โรงแรม ฯลฯ

1.1.1 ผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษา

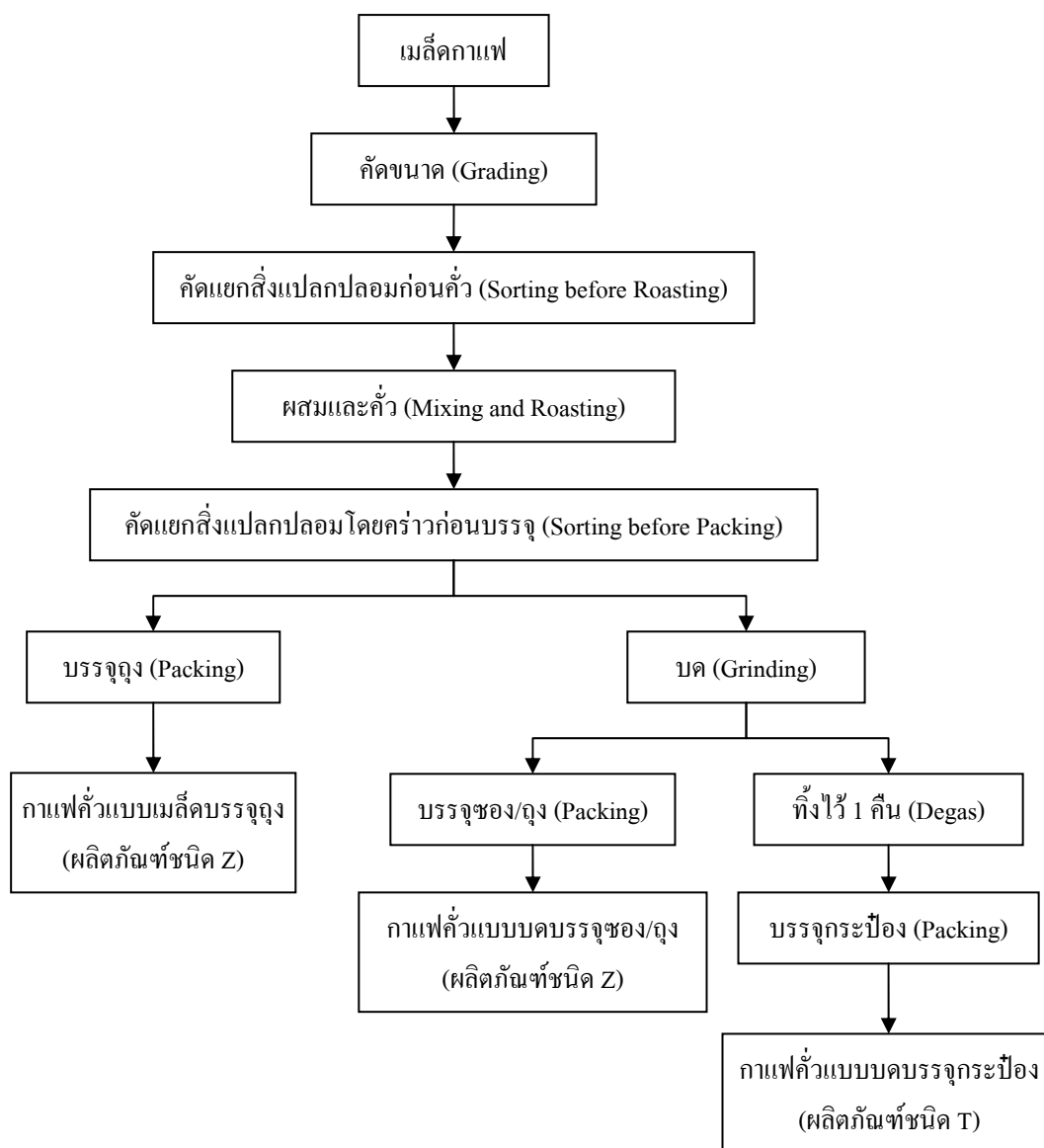
ในการวิจัยนี้ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วในตราสินค้า Z ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักของโรงงานกรณีศึกษา และผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วที่โรงงานกรณีศึกษารับจ้างผลิตให้แก่บริษัท T โดยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตให้แก่บริษัท T นี้จะต้องทำการประมูลและต่อสัญญากับบริษัทคู่สัญญาทุก 2 ปี

ผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วตรา Z หรือผลิตภัณฑ์ชนิด Z แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วแบบเมล็ดบรรจุถุง ผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วแบบบดบรรจุถุง และผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วแบบบดบรรจุซอง ส่วนผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วที่ผลิตให้บริษัท T หรือผลิตภัณฑ์ชนิด T มีเพียงประเภทเดียว คือ ผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วแบบบดบรรจุกระป๋อง

1.1.2 กระบวนการผลิตกาแฟคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาใช้เมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้าและโรบัสต้าเพื่อแปรรูปเป็นกาแฟคั่ว เมล็ดกาแฟทั้งสองสายพันธุ์จะถูกนำมาคัดขนาดโดยเครื่องคัดขนาด เมล็ดกาแฟที่ผ่านการคัดขนาดแล้วจะแบ่งออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ (Grade A) ขนาดกลาง (Grade B) และขนาดเล็ก (Grade C) จากนั้นจึงนำมาคัดแยกสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ เช่น เศษไม้ หิน กรวด เศษพลาสติก รวมทั้งเมล็ดกาแฟที่มีตำหนิ มอดหรือแมลงออกด้วยแรงงานคน แล้วจึงนำมาผสมตามสูตรและคั่วตามเวลาและอุณหภูมิที่ทางโรงงานกำหนด สำหรับผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วแบบเมล็ด หลังจากการคั่ว

เมล็ดกาแฟจะถูกคัดแยกสิ่งแปลกปลอมโดยคร่าวอีกครั้งแล้วบรรจุถุงทันที ส่วนผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วแบบบด หลังจากการคั่ว เมล็ดกาแฟจะถูกนำมาคัดแยกสิ่งแปลกปลอมโดยคร่าวอีกครั้งเช่นกัน จากนั้นจะถูกนำไปบดโดยเครื่องบดก่อนนำไปบรรจุซองหรือถุงสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด Z แต่สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด T หลังจากบดแล้วจะต้องทิ้งไว้ 1 คืนก่อนนำไปบรรจุกระป๋องต่อไป



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตกาแฟคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษา

กระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอนนี้ใช้พนักงานและเครื่องจักรในการทำงานแตกต่างกันไป โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนพนักงาน ชนิดและจำนวนเครื่องจักรในสายการผลิตผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบดชนิด T และชนิด Z ของโรงงานกรณีศึกษา

ขั้นตอนการผลิต	จำนวนพนักงาน (คน)		เครื่องจักร	
	ผลิตภัณฑ์ ชนิด T	ผลิตภัณฑ์ ชนิด Z	ชนิด	จำนวน (เครื่อง)
1. คัดขนาด		2 ^ก	เครื่องคัดขนาด	1
2. คัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนคั่ว	10 ^ก	6	-	-
3. ผสม			-	-
4. คั่วและทำเย็น	1	1	เครื่องคั่วและทำเย็น	2
5. คัดแยกสิ่งแปลกปลอมโดยคร่าว ก่อนบรรจุ	1 ^ก	2 ^ข	-	-
6. บด		1 ^ก	เครื่องบด	1
7. เตรียมบรรจุภัณฑ์	-		-	-
8. บรรจุและชั่งน้ำหนัก	2		เครื่องชั่งน้ำหนัก	2
9. ปิดผนึกซอง ถุง กระป๋อง	1	2 ^ข	เครื่องปิดผนึกซอง ถุง เครื่องปิดผนึกกระป๋อง	1 1
10. บรรจุกล่อง	1		-	-

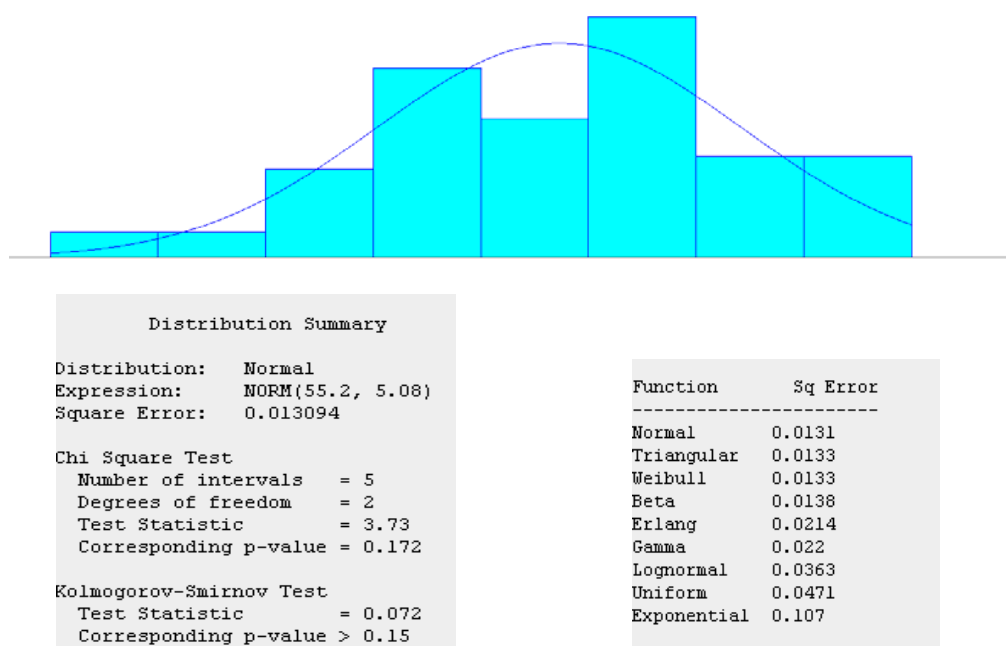
หมายเหตุ ^ก พนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมของสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T จำนวน 2 คน ทำหน้าที่คัดขนาดก่อนแล้วจึงกลับมาทำหน้าที่ของตนเองหลังจากคัดขนาดเสร็จ (เฉพาะวันที่มีการคัดขนาดเท่านั้น)

^ข พนักงานส่วนบรรจุ (เตรียมบรรจุภัณฑ์ บรรจุและชั่งน้ำหนัก ปิดผนึกซองหรือถุง และบรรจุกล่อง) ของสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z จำนวน 2 คน ทำหน้าที่คัดแยกสิ่งแปลกปลอมโดยคร่าวสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด Z ด้วย

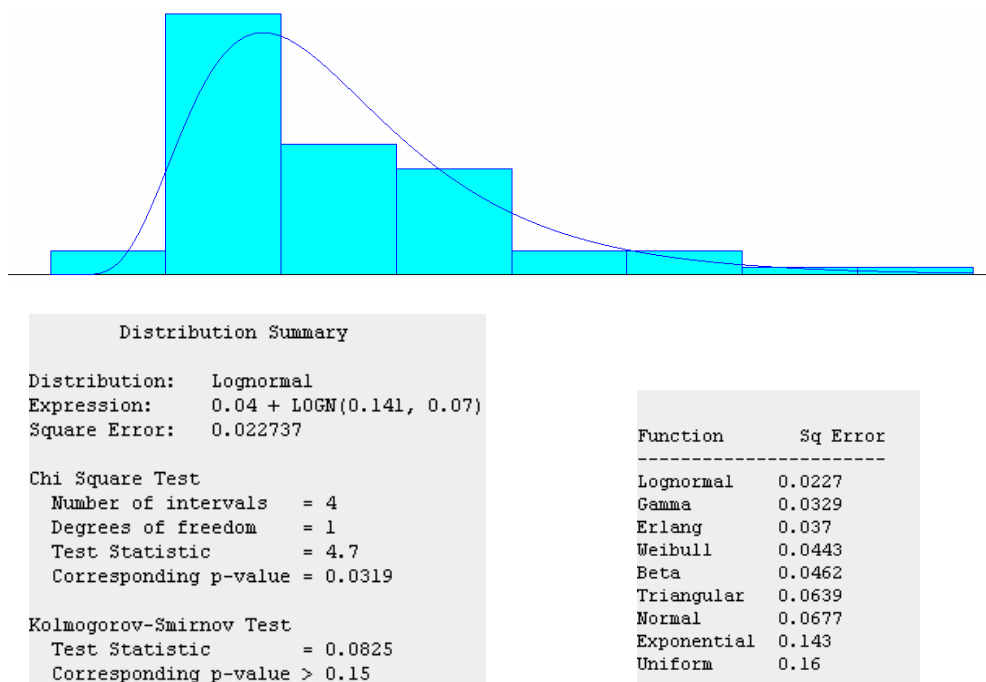
^ก พนักงานบด ทำหน้าที่คัดแยกสิ่งแปลกปลอมโดยคร่าวก่อนบรรจุของสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T และทำหน้าที่บดเมล็ดกาแฟให้กับผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด

1.2 การหาลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูล

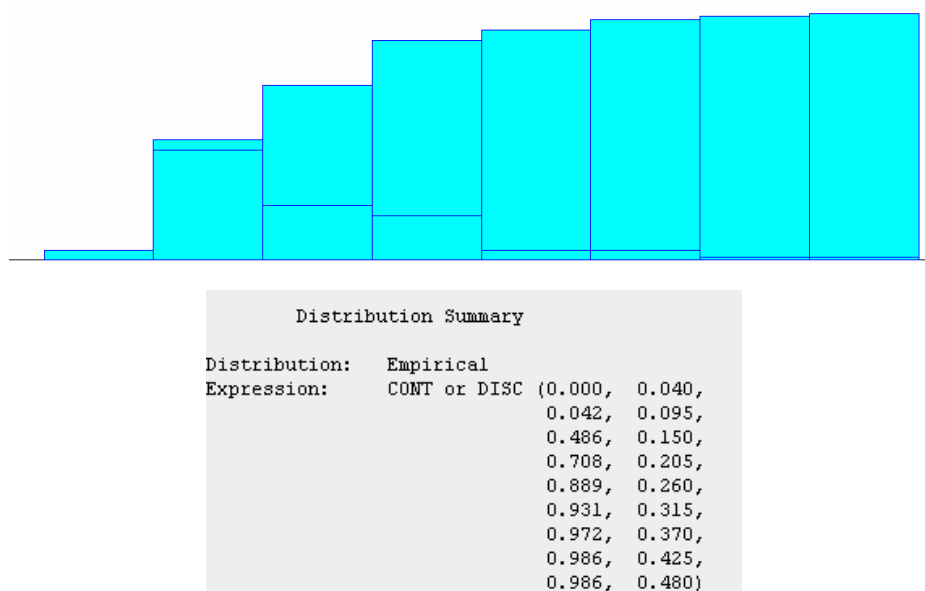
ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ทั้งหมดจะถูกนำมาหาลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลด้วย Input Analyzer ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมในโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0 ในการเลือกรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นที่เหมาะสมของ Input Analyzer จะพิจารณาจาก Mean Squared Error ที่มีค่าต่ำที่สุด จากผลของลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ Input Analyzer รายงานจะพิจารณาผลการทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Chi-Square Test และ Kolmogorov-Smirnov Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หากค่า P-Value ของการทดสอบสมมติฐานทั้งสองวิธีมีค่ามากกว่า 0.05 จะเลือกใช้ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ Input Analyzer รายงานในการสร้างแบบจำลอง ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่เหมาะสมสำหรับชุดข้อมูลนี้ คือ การแจกแจงแบบปกติ แต่หากค่า P-Value ของการทดสอบสมมติฐานวิธีใดวิธีหนึ่งหรือทั้งสองวิธีมีค่าน้อยกว่า 0.05 จะเลือกใช้ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Empirical แทน ดังแสดงในภาพที่ 3 และภาพที่ 4 ตามลำดับ โดยลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Empirical สามารถอธิบายได้ดังแสดงในภาพผนวกที่ ก1 และตารางผนวกที่ ก1



ภาพที่ 2 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ Input Analyzer เลือกและค่า P-Value ของการทดสอบสมมติฐานทั้งสองวิธีมีค่ามากกว่า 0.05



ภาพที่ 3 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ Input Analyzer เลือกและค่า P-Value ของการทดสอบสมมติฐานวิธีใดวิธีหนึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05



ภาพที่ 4 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Empirical ที่เลือกใช้แทนลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ Input Analyzer เลือก เนื่องจากค่า P-Value ของการทดสอบสมมติฐานวิธีใดวิธีหนึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05

ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่จะนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองในโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0 ซึ่งได้มาจาก Input Analyzer มี 13 รูปแบบ ดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ใช้ในโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0

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	(ExpMean, 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)

เมื่อนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองมาหาลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น โดย Input Analyzer จะได้ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นสำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์สายการผลิตคาเฟ่แบบคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษาดังแสดงในตารางผนวกที่ ก2

2. การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

2.1 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

ทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาบนโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0 โดยกำหนดข้อสมมติ (Assumptions) ในการสร้างแบบจำลอง ดังนี้

2.1.1 เมล็ดกาแฟต่างล็อตกันไม่มีความแตกต่างกัน

2.1.2 ความสามารถในการทำงานของพนักงานซึ่งทำงานเดียวกันไม่มีความแตกต่างกัน

2.1.3 กำหนดแผนการผลิตเป็นรายสัปดาห์ (ทุก 48 ชั่วโมงของการทำงาน) และไม่มีการแทรกแผนการผลิตระหว่างสัปดาห์

2.1.4 ปริมาณงานที่ถูกกำหนดขึ้นในแต่ละวันจะต้องทำให้เสร็จภายในวันนั้น โดยสามารถทำงานล่วงเวลาได้

2.1.5 ไม่นำเวลาที่ใช้ในการซักร้านักเมล็ดกาแฟที่ผ่านการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมแล้วในแต่ละชั่วโมงมาพิจารณาในการสร้างแบบจำลอง เนื่องจากใช้เวลาในการดำเนินงานสั้นมาก

2.1.6 กาแฟแต่ละสูตรใช้เวลาและอุณหภูมิในการคั่วเท่ากัน

2.1.7 กาแฟ Batch เดียวกันจะถูกนำไปผลิตเป็นกาแฟแก้วแบบเมล็ดหรือกาแฟแก้วแบบบดอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ไม่มีการแบ่งผลิต

2.1.8 เมื่อพนักงานบรรจุผลิตภัณฑ์ชนิด Z เตรียมบรรจุภัณฑ์เสร็จจะทำงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมโดยคร่าวก่อนบรรจุทันที

2.1.9 ผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบดที่ผลิตได้มีคุณภาพคงที่ ไม่มีกาแฟเสีย หรือการส่งกลับไปทำซ้ำในขั้นตอนการผลิตก่อนหน้า

2.1.10 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ชนิด Z แบบบด ขนาดบรรจุ 250 กรัม และผลิตภัณฑ์ชนิด T มีค่าเท่ากัน เนื่องจากในการศึกษาเบื้องต้นพบว่า เวลาที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแผนการผลิตประจำสัปดาห์ของโรงงานกรณีศึกษา พบว่า อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีค่าความแปรปรวนสูง ในขณะที่อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด T มีค่าคงที่ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชนิด T เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการจ้างผลิตตามสัญญา โดยอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด T มีค่าเฉลี่ยประมาณ 6 เท่าของผลิตภัณฑ์ชนิด Z

จากข้อมูลที่รวบรวมได้และข้อสมมติข้างต้นสามารถนำมาใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์ของระบบการผลิตกาแฟสดในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาโดยโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0 ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้น ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข1

2.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Verification)

แบบจำลองที่สร้างขึ้นต้องผ่านการตรวจสอบความถูกต้องก่อนนำไปใช้วิเคราะห์ เพื่อให้ผู้สร้างแบบจำลองและผู้ใช้มีความเชื่อมั่นในผลที่ได้รับจากแบบจำลองตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ งานวิจัยนี้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยกำหนดให้เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนเป็นค่าคงที่ (Constant) แล้วทำการประมวลผลแบบจำลอง (Run Model) จำนวน 1 รอบ และสังเกตภาพเคลื่อนไหว (Animation) ในระหว่างการประมวลผลแบบจำลอง จากนั้นจึงเปรียบเทียบผลที่ได้จากการประมวลด้วยแบบจำลองกับผลจากการคำนวณภายนอกแบบจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel 2003 หากผลที่ได้มีค่าเท่ากัน แสดงว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความถูกต้อง (Kelton *et al.*, 2003)

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้น นอกจากจะกำหนดให้เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนเป็นค่าคงที่ ดังแสดงในตารางที่ 3 แล้วยังมีการกำหนดเงื่อนไขอื่น ๆ ดังนี้

2.2.1 มีการคัดขนาดเมล็ดกาแฟเฉพาะพันธุ์ราบิกาจำนวน 100 กิโลกรัมต่อสัปดาห์

2.2.2 มีการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมเมล็ดกาแฟเฉพาะพันธุ์ราบิกา ขนาดกลาง จำนวน 300 กิโลกรัมต่อสัปดาห์

2.2.3 มีการคั่วเมล็ดกาแฟ 24 Batches ต่อสัปดาห์ (120 กิโลกรัมต่อวัน) โดยทำการคั่ว 4 วันต่อสัปดาห์

2.2.4 มีการบรรจุผลิตภัณฑ์แบบเมล็ด ขนาดบรรจุ 500 กรัมต่อถุงเท่านั้น

2.2.5 ระยะเวลาในการประมวลผลในแต่ละซ้ำของการทดลอง (Replication Length) เท่ากับ 14,600 ชั่วโมง หรือเทียบเท่ากับการดำเนินงานผลิต 5 ปี

ตารางที่ 3 เวลาที่ใช้ในการทำงานแต่ละขั้นตอน

ขั้นตอนการผลิต	เวลาที่ใช้ในการผลิต (นาฬิกาต่อกิโลกรัม)
การคัดขนาดเมล็ดกาแฟพันธุ์ราบิกา	0.024
การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมเมล็ดกาแฟพันธุ์ราบิกา ขนาดกลางก่อนคั่ว	9.230
การคั่ว	0.870
การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมโดยคร่าวก่อนบด/บรรจุ	0.364
การบด	0.600
การบรรจุเมล็ดกาแฟคั่ว ขนาดบรรจุ 500 กรัม	0.730
การปิดผนึกถุงขนาดบรรจุ 500 กรัม	0.214

เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการประมวลผลด้วยแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ในโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0 กับผลจากการคำนวณภายนอกแบบจำลองโดยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel 2003 พบว่า เวลาที่ใช้ในการทำงานแต่ละขั้นตอนมีค่าเท่ากัน จึงสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความถูกต้อง ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองกับผลจากการคำนวณภายนอกแบบจำลอง
ของเวลาที่ใช้ในการทำงานแต่ละขั้นตอน

ขั้นตอน	เวลาที่ใช้ในการทำงาน (นาที)	
	ผลจากการประมวลผล ของแบบจำลอง	ผลจากการคำนวณ
งานประจำวันของหัวหน้างาน		
- เบิกเมล็ดกาแฟจากคลังสินค้า		
- ทำเอกสารรายงานการผลิต		
- ชั่งน้ำหนักและเขียนกระสอบเมล็ดกาแฟที่ผ่านการคัดแยก	60.0	60.0
สิ่งแปลกปลอมออกแล้ว		
การคัดขนาดเมล็ดกาแฟ		
- เบิกเมล็ดกาแฟและขนย้ายไปยังเครื่องคัดขนาด	12.0	12.0
- คัดขนาด ชั่งน้ำหนักเมล็ดกาแฟและขนย้ายไปเก็บ	19.4	19.4
การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนคั่ว		
- เตรียมอุปกรณ์ และชั่งน้ำหนักเมล็ดกาแฟ	7.0	7.0
- คัดแยกสิ่งแปลกปลอมช่วงเช้า	57.7	57.7
การคั่วและการบรรจุ		
- เบิกเมล็ดกาแฟและบรรจุภัณฑ์จากคลังสินค้า	5.0	5.0
- ผสมเมล็ดกาแฟและ Warm up เครื่องคั่ว	25.0	25.0
- คั่วเมล็ดกาแฟ	104.4	104.4
- เตรียมบรรจุภัณฑ์	132.0	132.0
- คัดแยกสิ่งแปลกปลอมโดยคร่าวก่อนบรรจุ	17.9	17.9
- บรรจุและชั่งน้ำหนัก	35.8	35.8
- ขนย้ายไปยังเครื่องปิดผนึก	12.0	12.0
- ปิดผนึกถุง	21.0	21.0
- บรรจุกล่อง	7.0	7.0

2.3 การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานจริงของแบบจำลอง (Validation)

การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานจริงของแบบจำลอง เป็นการทดสอบความสอดคล้องของข้อมูลหรือผลที่ได้จากการทำงาน/ประมวลผลของแบบจำลองกับข้อมูลหรือผลที่ได้จากการสังเกต/รวบรวมมาจากสถานการณ์หรือระบบการทำงานจริง โดยในการตรวจสอบต้องอาศัยการวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งการวิเคราะห์เชิงสถิติของระบบงานจะมีความแตกต่างกันตาม

ลักษณะของระบบ ดังนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์ระบบที่ทำการศึกษาก่อนว่ามีลักษณะของระบบเป็นแบบใด นอกจากนั้นยังต้องมีการกำหนดพารามิเตอร์ในการทดสอบแบบจำลองอื่น ๆ อีก ดังนี้

2.3.1 การวิเคราะห์ระบบของแบบจำลอง

ระบบของแบบจำลองสถานการณ์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระบบ (Banks *et al.*, 2005) ได้แก่

ก. แบบ Terminating System เป็นระบบที่มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการทำงานในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนด และเมื่อสิ้นสุดการทำงานในช่วงนั้นแล้ว ผลของการทำงานในช่วงเวลานั้นจะไม่มีผลเกี่ยวข้องกับช่วงเวลาการทำงานถัดไป เช่น ระบบแถวคอยในร้านขายอาหาร จะไม่มีแถวคอยของลูกค้าจากเมื่อวานรอจนถึงวันถัดมา เป็นต้น

ข. แบบ Non-Terminating System หรือ Steady-State เป็นระบบที่ผลของช่วงเวลาก่อนหน้ามีผลเกี่ยวข้องกับช่วงเวลาถัดมา เช่น ระบบการผลิตสินค้าแบบต่อเนื่อง ผลผลิตที่ยังผลิตไม่เสร็จในวันนี้หรือชิ้นงานระหว่างการผลิต (Work-in-Process) จะถูกนำไปผลิตต่อในวันถัดไป เป็นต้น โดยระบบลักษณะเช่นนี้จะต้องมีการหาเวลาที่จะเข้าสู่สภาวะคงตัว (Warm-up Period) ด้วย

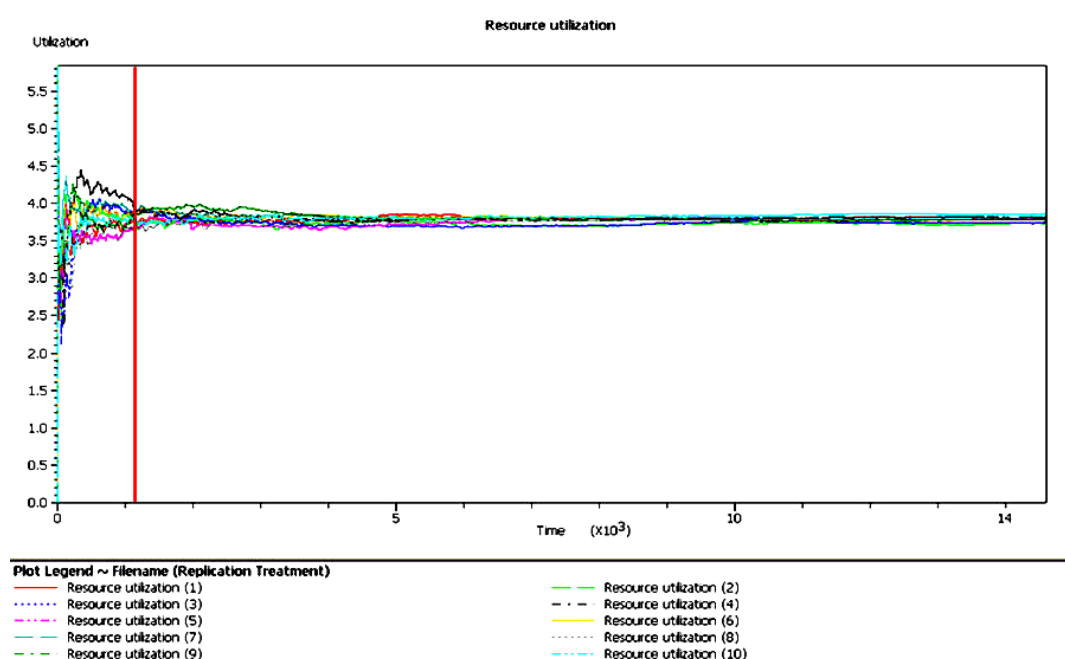
แบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่สร้างขึ้นจัดเป็นระบบแบบ Non-Terminating System หรือ Steady-State เนื่องจากงานที่ค้างอยู่ในสายการผลิตหรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตไม่เสร็จจะถูกผลิตต่อเนื่องไปจนกว่างานนั้นจะเสร็จสิ้น

2.3.2 การกำหนดความยาวในการประมวลผล (Replication Length) แบบจำลองที่สร้างขึ้นจัดเป็นระบบ Steady-State จึงจำเป็นต้องให้ความยาวในการประมวลผลของแบบจำลองมีความยาวค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงกำหนดให้ความยาวในการประมวลผลของแบบจำลอง เท่ากับ 5 ปี หรือ 14,600 ชั่วโมง เพื่อให้มั่นใจว่าระบบเป็น Steady-State อย่างแน่นอน

2.3.3 การกำหนดเวลาที่จะเข้าสู่สภาวะคงตัว (Warm-up Period) เนื่องจากในช่วงแรกของการประมวลผล ระบบที่จำลองขึ้นจะว่างอยู่ส่งผลให้ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลมีการแกว่ง จึงไม่สามารถนำข้อมูลในส่วนนี้มาวิเคราะห์ได้ เพราะจะทำให้เกิดอคติขึ้น เรียกว่า Initial Condition

Bias จนผ่านไปช่วงเวลานี้ระบบก็จะเริ่มคงที่และสามารถเริ่มต้นเก็บข้อมูลได้ โดยช่วงเวลาก่อนที่จะถึงจุดนี้ เรียกว่า Warm-up Period ข้อมูลส่วนนี้จะต้องถูกตัดทิ้งไป

จากการทดลองประมวลผล 10 รอบทำซ้ำโดยแต่ละรอบทำซ้ำมีความยาว 5 ปี จากนั้นนำผลที่ได้จากการประมวลผลทั้ง 10 รอบทำซ้ำไปสร้างกราฟระหว่างอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานทั้งหมด (Average Utilization) กับเวลาการในการประมวลผลโดย Output Analyzer ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมในโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0



ภาพที่ 5 กราฟระหว่างอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานทั้งหมดกับเวลาการในการประมวลผล

จากภาพที่ 5 จะพบว่า ณ เวลา 1,100 ชั่วโมง อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานทั้งหมดจะเข้าสู่สภาวะคงตัว ดังนั้น เวลาที่จะเข้าสู่สภาวะคงตัว (Warm-up Period) ในการประมวลผลของแบบจำลอง เท่ากับ 1,100 ชั่วโมง

2.3.4 การกำหนดจำนวนรอบทำซ้ำ (Number of Replication) จะพิจารณาจากค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ หรือ Half Width ของช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลอง

ในงานวิจัยนี้ทำการหาจำนวนรอบทำซ้ำโดยการทดลองประมวลผลแบบจำลอง ด้วยการเพิ่มจำนวนรอบทำซ้ำให้มากขึ้นจนกว่าผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลอง คลาดเคลื่อนจากผลที่ได้จากระบบการทำงานจริงน้อยที่สุด หรือมีค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ในการประมาณอัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรต่าง ๆ ในรูปครึ่งหนึ่งของช่วงความเชื่อมั่นในการประมาณค่าที่ 95% (Half Width of Confidence Interval) ใกล้เคียงศูนย์

ตารางที่ 5 ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ในการประมาณอัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรต่าง ๆ ในรูปครึ่งหนึ่งของช่วงความเชื่อมั่นในการประมาณค่าที่ 95% จากการประมวลผลที่จำนวนรอบการทำซ้ำต่างกัน

ทรัพยากร	จำนวนรอบการทำซ้ำ (รอบ)							
	10	20	30	31	32	33	34	35
หัวหน้างานหญิง	0.01	0	0	0	0	0	0	0
หัวหน้างานชาย	0.01	0	0	0	0	0	0	0
พนักงานบรรจุและซังน้ำหนัก	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0
พนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอม	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องคัดขนาดเมล็ดกาแฟ	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องบดเมล็ดกาแฟ	0	0	0	0	0	0	0	0

จากตารางที่ 5 พบว่า เมื่อจำนวนรอบทำซ้ำ เท่ากับ 32 รอบ ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ของอัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรทั้งหมดจะมีค่าใกล้เคียงศูนย์ ดังนั้นจึงอาจกำหนดให้จำนวนรอบทำซ้ำในการประมวลผลของแบบจำลอง เท่ากับ 32 รอบได้ แต่เพื่อความรอบคอบ (Conservativeness) จึงกำหนดให้จำนวนรอบทำซ้ำในการประมวลผลของแบบจำลอง เท่ากับ 40 รอบ

การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานจริงของแบบจำลองเป็นการตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องกันระหว่างแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นกับระบบการทำงานจริง หรือเป็นการนำผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลอง (Model Output) มาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือเก็บรวบรวมมาจากสถานการณ์จริง หากข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองรวมกับค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้อยู่ในช่วงของข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือเก็บรวบรวมมาจากสถานการณ์จริง แสดงว่า แบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นเป็นตัวแทนของการทำงานของระบบจริงหรือสถานการณ์จริงได้

การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานจริงของแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่สร้างขึ้นทำการสอบถามผู้เชี่ยวชาญระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา (Face Validation) คือ ผู้จัดการโรงงาน และใช้วิธีการทางสถิติในการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทำงานของระบบจริงกับผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05

ตารางที่ 6 อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานที่ทำงานในขั้นตอนการคั่วจากการทำงานของระบบจริงและจากการประมวลผลของแบบจำลอง

อัตราการทำงานเฉลี่ย (ร้อยละ)	ข้อมูลชุดที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ผลจากการทำงานของระบบจริง	27.71	24.44	24.25	20.08	23.97	23.90	23.63	23.44	23.32	25.60
ผลจากการประมวลผลของแบบจำลอง	24.69	27.26	24.69	27.06	27.24	25.24	21.63	23.35	27.37	26.32

การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทำงานของระบบจริงกับผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองในงานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานที่ทำงานในขั้นตอนการคั่ว ซึ่งมีผลดังแสดงในตารางที่ 6 โดยวิธีการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่ใช้ คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่มด้วยวิธี Independent t-Test และมีการกำหนดข้อสมมติและสมมติฐานในการทดสอบทางสถิติ ดังนี้

ข้อสมมติ ประชากรทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติและตัวอย่างทั้งสองชุดเป็นอิสระต่อกัน

สมมติฐาน H_0 : อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานที่ทำงานในขั้นตอนการคั่วที่ได้จากการทำงานของระบบจริงกับผลที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากัน
 H_a : อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานที่ทำงานในขั้นตอนการคั่วที่ได้จากการทำงานของระบบจริงกับผลที่ได้จากแบบจำลองมีค่าไม่เท่ากัน

ก่อนทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ต้องทดสอบก่อนว่า ตัวอย่างทั้ง 2 ชุดที่สุ่มมา มีลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Kolmogorov-Smirnov Test ที่ระดับนัยสำคัญ เท่ากับ 0.05 และสร้าง Normal Probability Plot โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 12.0

จากผลการทดสอบสมมติฐานของชุดตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการทำงานของระบบจริง และชุดตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองโดยวิธี Kolmogorov-Smirnov Test จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 12.0 สามารถสรุปได้ว่า ชุดตัวอย่างข้อมูลทั้งสองมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ($P\text{-Value} = 0.066$ และ 0.200 ดังแสดงในภาพผนวกที่ ค1 และ ค2 ตามลำดับ)

หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบสมมติฐานในการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทำงานของระบบจริงกับผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลอง โดยวิธี Independent t-Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 12.0 ในการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ พบว่า $P\text{-Value} = 0.109$ (ดังแสดงในภาพผนวกที่ ค3) จึงสามารถสรุปได้ว่า อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานที่ทำงานในขั้นตอนการคั่วที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองกับผลที่ได้จากการทำงานของระบบจริงมีค่าเท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั้นแสดงว่า แบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่สร้างขึ้นมีความน่าเชื่อถือ และสามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบการผลิตจริงได้

3. การทดลองปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตและการวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุน

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตและการวิเคราะห์สายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา โดยผังงานสายธารแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping, VSM) โดย ทีปพิพัฒน์ (2550) พบว่า ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วของสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T และผลิตภัณฑ์ชนิด Z เป็นจุดคอขวดของสายการผลิต ทำให้เกิดการรอคอย ส่งผลกระทบต่อการไหลของงานในสายการผลิตและเกิดการทำงานล่วงเวลาเป็นระยะเวลานานและต่อเนื่องกัน จุดคอขวดที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในขั้นตอนนี้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ โดยปัจจุบันมีพนักงานทำงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมของสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T จำนวน 10 คน และสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z จำนวน 6 คน ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาและเปรียบเทียบแนวทางการปรับปรุงสายการผลิตเพื่อแก้ไขปัญหาจุดคอขวด และเพื่อให้สายการผลิต

สามารถรองรับต่อปริมาณอุปสงค์ที่มีในปัจจุบันและการขยายตัวในระยะเวลา 5 ปีข้างหน้าจาก

- 1) การเพิ่มจำนวนพนักงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอม
- 2) การเพิ่มจำนวนพนักงาน

ร่วมกับการปรับเปลี่ยนตาราง/ลำดับการทำงานของพนักงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอม และขั้นตอนการบรรจุ ตามที่ ทีปพิพัฒน์ (2550) ได้ทำการวิจัยไว้ และ 3) การนำเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนพนักงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอม โดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์และวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุนเพื่อเปรียบเทียบหาแนวทางการเพิ่มกำลังการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานกรณีศึกษา

3.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตผ่านแบบจำลองสถานการณ์

3.1.1 แนวทางที่ 1 การเพิ่มจำนวนพนักงานที่ทำงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนคั่ว

เนื่องจากความไม่เพียงพอของพนักงานส่งผลให้เกิดจุดคอขวดขึ้นในสายการผลิตจึงทดลองเพิ่มจำนวนพนักงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมของสายการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดเพื่อให้เหมาะสมต่อปริมาณอุปสงค์ผ่านแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้น (ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข2) โดยจำนวนพนักงานที่เหมาะสมต้องทำให้ค่าจ้างพนักงานในขั้นตอนนี้มีค่าน้อยที่สุด ทั้งนี้ค่าจ้างของพนักงานประกอบด้วยค่าจ้างขั้นต่ำต่อวัน เท่ากับ 191 บาทต่อคนต่อวัน และค่าจ้างการทำงานล่วงเวลา ซึ่งมีค่า 1.5 เท่าของค่าจ้างขั้นต่ำต่อวัน และสอดคล้องกับนโยบายของโรงงานกรณีศึกษาที่ให้มีการทำงานล่วงเวลาได้ไม่เกินวันละ 2 ชั่วโมงหรือเวลาในการทำงานเฉลี่ย (Average Throughput Time) ไม่เกิน 10 ชั่วโมงต่อวัน แต่เนื่องจากอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีความแปรปรวนสูง การกำหนดให้เวลาในการทำงานเฉลี่ยไม่เกิน 10 ชั่วโมงต่อวันจะทำให้เกิดการจ้างพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมของสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z เป็นจำนวนมากและส่งผลให้อัตราการทำงานเฉลี่ย (Average Utilization) มีค่าต่ำมากเมื่อนำมาเฉลี่ยรวมกับวันที่ไม่มีการทำงานล่วงเวลา ดังนั้นจึงกำหนดให้เวลาในการทำงานเฉลี่ยของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z ไม่เกิน 12 ชั่วโมงต่อวันหรือมีการทำงานล่วงเวลาได้ไม่เกิน 4 ชั่วโมงต่อวัน ดังแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นแบบจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming Model) ต่อไปนี้

ให้	x_T	เป็นจำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T
	x_Z	เป็นจำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z
	h_T	เป็นเวลาในการทำงานเฉลี่ยของการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T เมื่อมีการทำงานล่วงเวลา (ชั่วโมง)
	h_Z	เป็นเวลาในการทำงานเฉลี่ยของการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z เมื่อมีการทำงานล่วงเวลา (ชั่วโมง)
	d_T	เป็นจำนวนวันโดยเฉลี่ย เมื่อมีการทำงานล่วงเวลาเพื่อคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T
	d_Z	เป็นจำนวนวันโดยเฉลี่ย เมื่อมีการทำงานล่วงเวลาเพื่อคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z
	w	เป็นจำนวนวันทำงานทั้งหมด

สมการวัตถุประสงค์ (Objective function):

$$\begin{aligned}
 & \text{ค่าแรงพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมทั้งหมดมีค่าน้อยที่สุด} \\
 & = (191 \times x_T \times w) + (191 \times x_Z \times w) + \left[1.5 \times \frac{191}{8} \times (h_T - 8) \times x_T \times d_T \right] \\
 & \quad + \left[1.5 \times \frac{191}{8} \times (h_Z - 8) \times x_Z \times d_Z \right]
 \end{aligned} \tag{4}$$

ข้อจำกัด (Subjected to):

$$\begin{aligned}
 h_T & \leq 10 \\
 h_Z & \leq 12 \\
 x_T, x_Z & > 0
 \end{aligned}$$

โดยการหาจำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดที่เหมาะสมทำได้โดยใช้โปรแกรม OptQuest ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมในโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0 (ดังในภาพผนวกที่ ข3)

3.1.2 แนวทางที่ 2 การเพิ่มจำนวนพนักงานร่วมกับการปรับเปลี่ยนตาราง/ลำดับการทำงาน
 งานของพนักงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนคั่วและขั้นตอนการบรรจุ

ทดลองปรับเปลี่ยนตาราง/ลำดับการทำงานของพนักงานในขั้นตอนการคัดแยก
 สิ่งแปลกปลอมและขั้นตอนการบรรจุผ่านแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้น ตามการศึกษาของ
 ทิปพิพัฒน์ (2550) โดยการปรับปรุงสายการผลิตกาแฟคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษา ประกอบด้วย

ก. การเพิ่มจำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์
 ชนิด Z จาก 6 คนเป็น 9 คน

ข. เมื่อพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z
 ทำงานเสร็จจะถูกโยกย้ายไปช่วยคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ทันที

ค. การให้พนักงานในส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์ชนิด T มีเวลาการเริ่มปฏิบัติงานใน
 ขั้นตอนการบรรจุไม่พร้อมกัน กล่าวคือ

1) ให้พนักงานที่ทำหน้าที่ปิดผนึกกระป๋องและบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่องย้าย
 ไปทำงานในส่วนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมของสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ก่อนเป็นเวลา 3
 ชั่วโมงในช่วงเช้า หลังจากนั้นจึงกลับมาทำงานในหน้าที่ของตนเองตั้งแต่ชั่วโมงที่ 4 เป็นต้นไป

2) ให้พนักงานที่ทำหน้าที่บรรจุและชั่งน้ำหนักกาแฟที่ผ่านการบดแล้วเริ่ม
 งานในขั้นตอนการบรรจุก่อน และเมื่อทำงานเสร็จจะถูกโยกย้ายมาทำการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมใน
 สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T

3.1.3 แนวทางที่ 3 การนำเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติหรือเครื่องยิงสี
 (Color Sorting Machine) เข้ามาใช้แทนพนักงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนคั่ว

จากสาเหตุของจุดคอขวดที่เกิดจากกำลังการผลิตในขั้นตอนการคัดแยกสิ่ง
 แปลกปลอมไม่เพียงพอ การทดลองนำเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติ (Color Sorting
 Machine) ซึ่งมีกำลังการผลิตสูงและเพียงพอต่อความต้องการมาใช้นั้นพนักงานผ่านแบบจำลอง

สถานการณ์ที่สร้างขึ้น (ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข4) เป็นแนวทางหนึ่งที่จะแก้ปัญหาจุดคอขวดที่เกิดขึ้นได้

เครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติ หรือ เครื่องยิงสี เป็นเครื่องจักรที่ทำงานโดยอาศัยกล้อง Charge Coupled Device หรือ CCD ที่มีความละเอียดสูงในการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมหรือของเสียขนาดเล็กถึง 0.14 มิลลิเมตร เช่น เศษแก้ว พลาสติก กรวด เศษไม้ ฯลฯ ที่ปะปนมากับรั้วพืชมะลัดดี และอาศัยลมเป่าแยกสิ่งแปลกปลอมหรือของเสียเหล่านั้นออกจากรั้วพืชมะลัดดี เครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมขนาดเล็ก มีกำลังการผลิต 1.5-3.0 ตันต่อชั่วโมง และใช้พนักงานควบคุมการทำงานของเครื่องจำนวน 2 คน

เนื่องจากเครื่องจักรมีกำลังการผลิตสูงมาก ดังนั้นในการวางแผนการคัดแยกแปลกปลอมออกจากเมล็ดกาแฟจึงกำหนดให้มีการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออกจากเมล็ดกาแฟสัปดาห์ละ 1 ครั้งเพื่อใช้ในการผลิตในแต่ละสัปดาห์ ซึ่งจะแตกต่างจากการดำเนินงานในปัจจุบัน และการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2 ซึ่งพนักงานจะทำการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออกจากเมล็ดกาแฟเพื่อใช้ในวันถัดไป

ทำการพิจารณาและเปรียบเทียบผลของแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยการเพิ่มกำลังการผลิตทั้งสามแนวทางผ่านแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นในโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0 โดยตัววัดประสิทธิภาพที่ทำการศึกษา ได้แก่ ชั่วโมงในการทำงานล่วงเวลาเฉลี่ย (Average Overtime Hours) โอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลาเฉลี่ย และเวลาในการทำงานเฉลี่ย (Average Throughput Time) โดยการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ของแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพทั้งสามแนวทางจะกำหนดให้ความยาวในการประมวลผล เท่ากับ 5 ปี ระยะเวลาที่จะเข้าสู่สภาวะคงตัว เท่ากับ 1,100 ชั่วโมง และจำนวนรอบทำซ้ำ เท่ากับ 40 รอบ

3.2 การวิเคราะห์และประเมินผลตอบแทนจากการลงทุนของแนวทางการเพิ่มกำลังการผลิต

เนื่องจากการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตโดยการเพิ่มกำลังการผลิตทั้งสามแนวทาง โดยเฉพาะแนวทางที่ 3 ซึ่งมีการลงทุนจะกระทบต่อผลทางการเงินของโรงงานกรณีศึกษา ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการวิเคราะห์และประเมินผลตอบแทนจากการลงทุนของแต่ละแนวทาง เพื่อให้สามารถระบุแนวทางที่มีความคุ้มค่าและเหมาะสมต่อการลงทุนมากที่สุด จากการคำนวณ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ของโครงการ พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) โดยมีปัจจัยผันแปร คือ อุปสงค์รายปีของผลิตภัณฑ์ชนิด Z และอัตราคิดลด (Discounted Rate, i) ซึ่งเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในช่วง 6%-10% ต่อปี ส่วนอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด T จะมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลา 5 ปี เนื่องจากการทำสัญญาระยะยาว

สาเหตุของการกำหนดให้อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z และอัตราคิดลดของโครงการเป็นปัจจัยผันแปรในการวิเคราะห์ความไว นั้น เนื่องจากอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีความแปรปรวนค่อนข้างมาก การปรับเปลี่ยนระดับอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z จะส่งผลโดยตรงต่อค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ค่าจ้างพนักงาน ค่าทำงานล่วงเวลา ค่าสวัสดิการพนักงาน ดังนั้นการกำหนดให้อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เป็นปัจจัยผันแปรจะทำให้การประเมินโครงการลงทุนมีความครอบคลุมมากขึ้น

ส่วนการกำหนดให้อัตราคิดลดของโครงการเป็นปัจจัยผันแปรนั้น อัตราดอกเบี้ยซึ่งนำมาใช้เป็นอัตราคิดลดของโครงการมักมีการผันแปรอยู่เสมอ เนื่องจากได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของภาวะเศรษฐกิจโลกและภายในประเทศ ความเชื่อมั่นของนักลงทุน ความผันผวนของค่าเงินบาท รวมถึงสภาพทางการเมืองและสภาพสังคม ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์และประเมินโครงการโดยใช้อัตราคิดลดค่าต่าง ๆ กัน เพื่อให้ครอบคลุมและสามารถใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการดำเนินงานที่เหมาะสมในอนาคต

การวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุนของโครงการจะทำการคำนวณงบกระแสเงินสดของโครงการที่อายุโครงการ เท่ากับ 5 ปี และพิจารณาเฉพาะเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายเท่านั้น เนื่องจากรายรับที่เกิดขึ้นในแต่ละโครงการมีค่าเท่ากัน จากนั้นประเมินโครงการลงทุนจากการหาระยะเวลาคืนทุนและมูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่ายดังที่กล่าวข้างต้น

งบกระแสเงินสดของโครงการลงทุนแต่ละโครงการมีรายละเอียด ดังนี้

3.2.1 เงินลงทุน ได้แก่ การลงทุนซื้อเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติ

จากการสำรวจข้อมูล พบว่า เครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติหรือเครื่องยีสขนาดเล็กซึ่งเหมาะสมกับโรงงานกรณีศึกษา ราคาเครื่องละ 3,100,000 บาท มีกำลังการผลิต 1.5 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 2 กิโลวัตต์และปั๊มลมขนาด 7.5 แรงม้า

3.2.2 ค่าใช้จ่าย ได้แก่

ก. ค่าจ้างขั้นต่ำของพนักงาน เป็นค่าจ้างพนักงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออกจากเมล็ดกาแฟของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด โดยมีค่าเท่ากับ 191 บาทต่อวัน อ้างอิงจากอัตราค่าแรงขั้นต่ำในท้องที่กรุงเทพมหานคร นครปฐม นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ และสมุทรสาคร ตามประกาศกระทรวงแรงงาน เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ ฉบับที่ 7 (กระทรวงแรงงาน, 2550) เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาดังอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว และอัตราค่าจ้างขั้นต่ำมีอัตราเพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้นคงที่ 2.4% ต่อปี โดยอ้างอิงจากอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าจ้างเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2541-พ.ศ. 2550 (กระทรวงแรงงาน, 2550) และกำหนดให้ไม่มีการเพิ่มค่าจ้างให้แก่พนักงานเดิม

ข. ค่าล่วงเวลาของพนักงานคำนวณตามเวลาที่พนักงานซึ่งทำงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมทำงานเกินมาจากเวลาการทำงานปกติ คือ 8 ชั่วโมง โดยมีค่าเท่ากับ 1.5 เท่าของค่าจ้างขั้นต่ำต่อวัน

ค. สวัสดิการพนักงาน ได้แก่ ประกันสังคม 5% ของเงินเดือน ชุดพนักงาน มูลค่า 500 บาทต่อคนต่อปี และเงินพิเศษประจำปี 2 เท่าของค่าจ้างต่อเดือน

ง. ค่าไฟฟ้า เป็นค่าไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติและปั๊มลม โดยมีค่าประมาณ 2,3876 บาทต่อหน่วย อ้างอิงตามค่าพลังงานไฟฟ้าของกิจการขนาดกลาง แบบอัตราปกติ (ฝ่ายเศรษฐกิจพลังไฟฟ้า, 2549) และค่าไฟฟ้าผันแปร (F_p) ในเดือนมิถุนายน-กันยายน พ.ศ. 2550 (ฝ่ายเศรษฐกิจพลังไฟฟ้า, 2550) โดยกำหนดให้ค่าไฟฟ้ามีอัตราการเพิ่มขึ้นคงที่ 5% ต่อปี

จ. ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร เป็นค่าบำรุงรักษาเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติรายปี โดยคิดเป็น 10% ของราคาเครื่องจักร

ในการทดลองปรับปรุงประสิทธิภาพผ่านแบบจำลองสถานการณ์ การวิเคราะห์และประเมินผลทางการเงิน แบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ที่ระดับปัจจุบัน เพื่อเปรียบเทียบผลจากการปรับปรุงประสิทธิภาพผ่านแบบจำลองสถานการณ์

กรณีที่ 2 อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการวิเคราะห์และประเมินผลตอบแทนจากการลงทุน ซึ่งเป็นกรณีที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด ตามข้อมูลที่ได้รับจากโรงงานกรณีศึกษา

กรณีที่ 3 อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลง 5%, 10%, 15% และ 20% ต่อปีต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 5 ปี และอัตราคิดลดของโครงการมีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วง 6%-10% ต่อปี

ผลและวิจารณ์

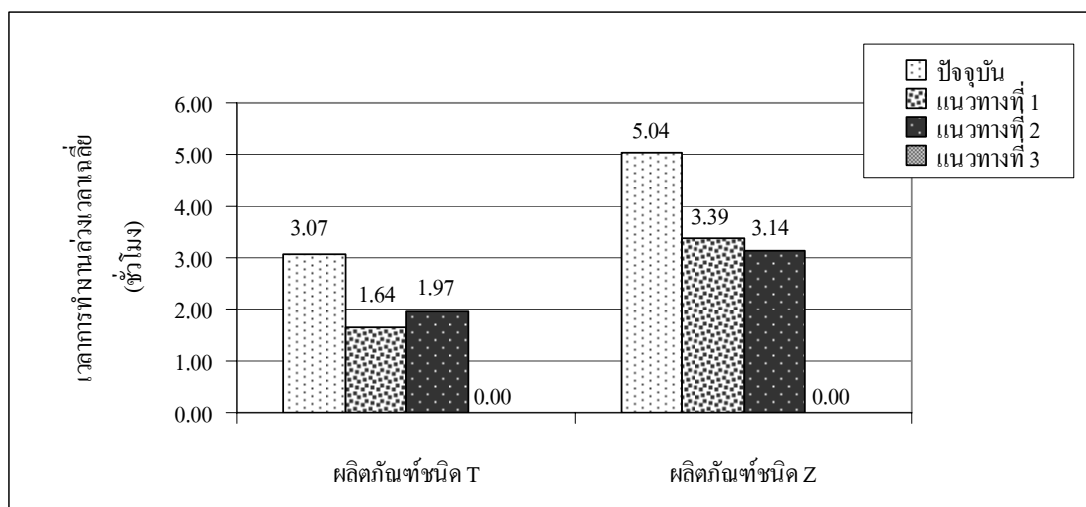
จากการจำลองสถานการณ์แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของสายการผลิตกาแฟแบบคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษาทั้งสามแนวทาง ผลจากการประมวลผลของแบบจำลองเป็นดังนี้

1. กรณีที่ 1 อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ที่ระดับปัจจุบัน

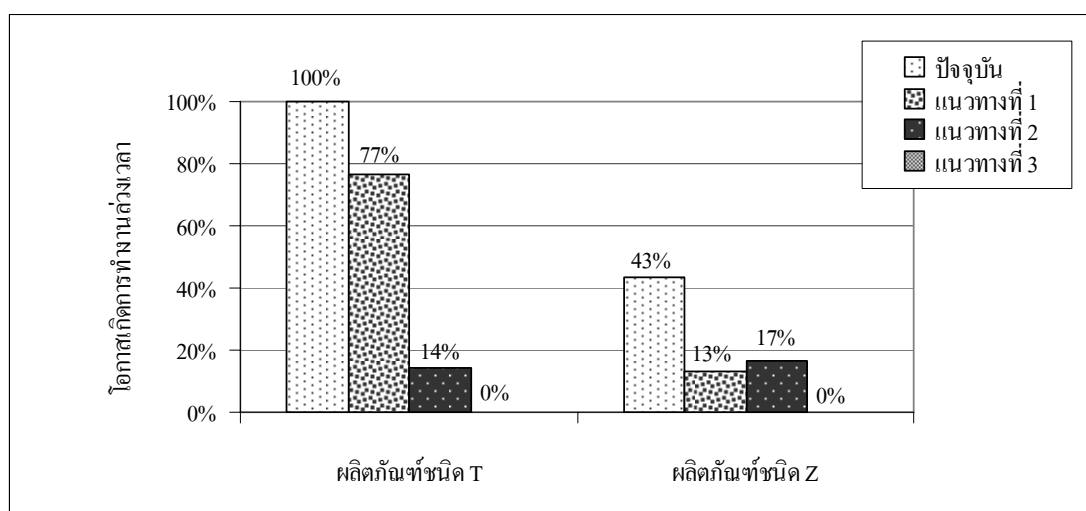
จากการประมวลผลของ OptQuest (ดังภาพผนวกที่ ข5) พบว่า จำนวนพนักงานซึ่งทำงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่เหมาะสมต่อปริมาณอุปสงค์ในปัจจุบันตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 เป็นดังนี้

- 1) จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T เพิ่มจาก 10 คน เป็น 12 คน
- 2) จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มจาก 6 คน เป็น 9 คน

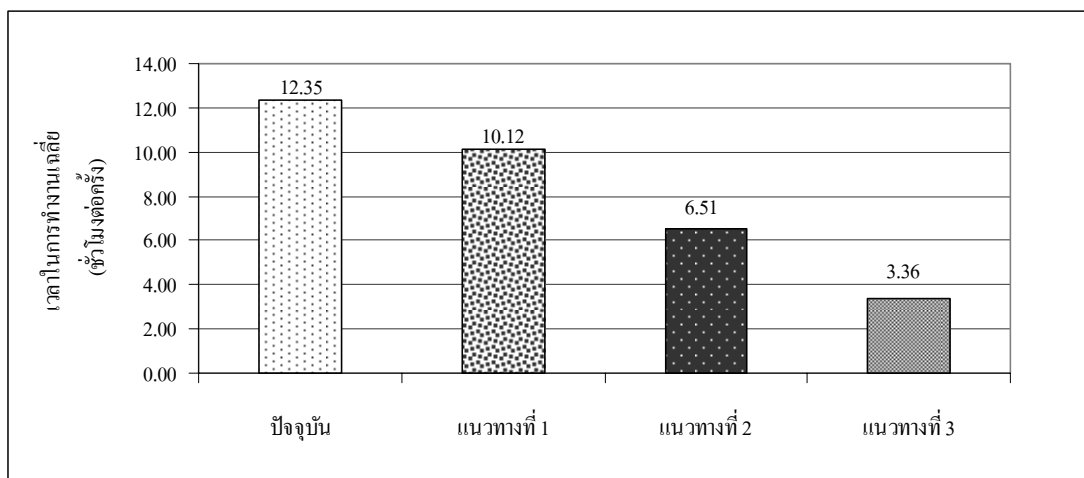
ผลของการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยแนวทางที่ 1 คือ การเพิ่มจำนวนพนักงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมของสายการผลิต แนวทางที่ 2 คือ การเพิ่มจำนวนพนักงานร่วมกับการปรับเปลี่ยนตารางลำดับการทำงานของพนักงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมและขั้นตอนการบรรจุ และแนวทางที่ 3 คือ การนำเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติมาใช้แทนพนักงาน จากการประมวลผลของแบบจำลองเป็นดังแสดงในภาพที่ 6-8 ตามลำดับ



ภาพที่ 6 ชั่วโมงของการทำงานล่วงเวลาเฉลี่ยของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิต ผลิตภัณฑ์ชนิด T และผลิตภัณฑ์ชนิด Z ของการดำเนินงานปัจจุบันและการปรับปรุง ประสิทธิภาพสายการผลิตแต่ละแนวทาง



ภาพที่ 7 โอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลาเฉลี่ยของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิต ผลิตภัณฑ์ชนิด T และผลิตภัณฑ์ชนิด Z ของการดำเนินงานปัจจุบันและการปรับปรุง ประสิทธิภาพสายการผลิตแต่ละแนวทาง



ภาพที่ 8 เวลาในการทำงานเฉลี่ยของการดำเนินงานในปัจจุบันและการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตแต่ละแนวทาง

จากการประมวลผลของแบบจำลอง (ดังแสดงในภาพที่ 6 และภาพที่ 7) พบว่า การปรับปรุงประสิทธิภาพทั้งสามแนวทางช่วยลดชั่วโมงในการทำงานล่วงเวลาเฉลี่ยลงจากการดำเนินงานในปัจจุบัน และสอดคล้องกับนโยบายของโรงงานกรณีศึกษาที่ให้มีการทำงานล่วงเวลาของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ไม่เกินวันละ 2 ชั่วโมงและในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z ไม่เกินวันละ 4 ชั่วโมง อีกทั้งยังช่วยลดโอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลาของพนักงานให้น้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานในปัจจุบัน โดยเฉพาะแนวทางที่ 3 สามารถกำจัดการทำงานล่วงเวลาของพนักงานให้เหลือศูนย์ เนื่องจากเครื่องจักรมีกำลังการผลิตสูงจึงสามารถคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออกจากเมล็ดกาแฟได้อย่างรวดเร็ว และใช้เวลาน้อยมาก

จากภาพที่ 6 และภาพที่ 7 หากพิจารณาเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2 แบ่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์ จะพบว่า ในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z การปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตทั้งสองแนวทาง สามารถลดชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาและโอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลาของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมได้ใกล้เคียงกัน เนื่องจากการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z ของทั้งสองแนวทางเป็นการเพิ่มจำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมจาก 6 คนเป็น 9 คนเช่นเดียวกัน

แต่หากพิจารณาในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T จะพบว่า ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาของพนักงานจากแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกัน แต่การปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 จะทำให้โอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลาของพนักงานต่ำกว่าแนวทางที่ 1 ค่อนข้างมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยแนวทางที่ 2 มีการเพิ่มจำนวนพนักงานรวมทั้งปรับเปลี่ยนตาราง/ลำดับการทำงานของพนักงานของขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมและขั้นตอนการบรรจุมาช่วยทำการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T จึงส่งผลให้โอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลาของพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ต่ำลงมาก ส่วนการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 นั้นเป็นการเพิ่มจำนวนพนักงานเพียงอย่างเดียว ไม่มีการย้าย/ปรับเปลี่ยนให้พนักงานในขั้นตอนอื่นมาช่วยทำการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมจึงยังคงทำให้โอกาสเกิดการทำงานล่วงเวลาของพนักงานสูงอยู่

เมื่อพิจารณาผลจากการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตในด้านเวลาในการทำงานเฉลี่ยเพื่อคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออกจากเมล็ดกาแฟในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด ดังแสดงในภาพที่ 8 โดยผลของเวลาในการทำงานเฉลี่ยของการดำเนินงานปัจจุบันและการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2 จะเป็นเวลาในการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออกจากเมล็ดกาแฟตามปริมาณที่จะใช้ผลิตในวันถัดไป แต่เวลาการทำงานเฉลี่ยของการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3 จะเป็นเวลาที่ใช้ในการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออกจากเมล็ดกาแฟตามปริมาณที่จะใช้ในแต่ละสัปดาห์ เนื่องจากเครื่องจักรมีกำลังการผลิตสูงถึง 1.5 ตันต่อชั่วโมง ในการเปรียบเทียบผลของเวลาในการทำงานจึงทำการเฉลี่ยเป็นเวลาของการทำงานต่อครั้ง

จากการประมวลผลของแบบจำลอง พบว่า การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตทั้งสามแนวทางช่วยลดเวลาในการทำงานเฉลี่ยให้ต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานในปัจจุบัน โดยแนวทางที่ 3 คือ การนำเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติเข้ามาใช้ในสายการผลิตแทนการใช้พนักงานจะช่วยให้เวลาในการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่วลดลงมากที่สุด โดยเวลาในการทำงานเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 3.36 ชั่วโมงต่อครั้งเท่านั้น เนื่องจากเครื่องจักรมีกำลังการผลิตสูงมากจึงสามารถคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออกจากเมล็ดกาแฟตามปริมาณที่ต้องใช้ในการผลิตได้อย่างรวดเร็ว และใช้เวลาในการทำงานน้อยมาก

2. กรณีที่ 2 อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปี

จากการประมวลผลของ OptQuest พบว่า เมื่อปริมาณอุปสงค์ผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีอย่างต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี จำนวนพนักงานซึ่งทำงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมของสายการผลิตทั้งสองชนิดที่เหมาะสมตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพ แนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2 จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 5 ปี ดังแสดงในตารางที่ 7 และตารางที่ 8 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่เหมาะสมตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปี ต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี

สายการผลิต	ปีที่				
	1	2	3	4	5
ผลิตภัณฑ์ชนิด T	12	12	12	12	12
ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	12	15	18	22	27
รวม	24	27	30	34	39

ตารางที่ 8 จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่เหมาะสมตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปี ต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี

สายการผลิต	ปีที่				
	1	2	3	4	5
ผลิตภัณฑ์ชนิด T	10	10	10	10	10
ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	11	14	17	20	25
รวม	21	24	27	30	35

เมื่อวิเคราะห์การลงทุนโดยคำนวณกระแสเงินสดของโครงการเป็นระยะเวลา 5 ปี โดยกำหนดให้อัตราคิดลดของโครงการ เท่ากับ 8% ต่อปีตามอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ลูกค้ารายย่อย (Minimum Retail Rate, MRR) ของธนาคารพาณิชย์ที่จดทะเบียนในประเทศไทยเฉลี่ยในเดือน พฤษภาคม-เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2550 ตามประกาศของธนาคารแห่งประเทศไทย (ธนาคารแห่ง

ประเทศไทย, 2550) พบว่า งบกระแสเงินสดของโครงการและมูลค่าปัจจุบันสุทธิของแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพทั้งสามแนวทาง จากการคำนวณโดยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel 2003 เป็นดังตารางที่ 9-11 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 เมื่อ
อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี ที่อัตรา
คิดลด เท่ากับ 8% ต่อปี

ค่าใช้จ่าย (บาท)	ปีที่					
	0	1	2	3	4	5
ค่าจ้างพนักงาน						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T		732,266	749,429	766,591	783,754	800,916
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z		732,266	936,786	1,149,887	1,436,882	1,802,062
ค่าล่วงเวลา						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T		174,768	169,113	187,680	194,625	119,716
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z		145,254	187,032	261,863	333,977	420,355
ค่าสวัสดิการพนักงาน						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T						
- ประกันสังคม		36,613	37,471	38,330	39,188	40,046
- ชดพนักงน		6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
- เงินพิเศษประจำปี		122,044	124,905	127,765	130,626	133,486
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z						
- ประกันสังคม		36,613	46,839	57,494	71,844	90,103
- ชดพนักงน		6,000	7,500	9,000	11,000	13,500
- เงินพิเศษประจำปี		122,044	156,131	191,648	239,480	300,344
กระแสเงินสดรวม		2,113,870	2,421,207	2,796,259	3,247,376	3,726,528
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	11,175,972					

ตารางที่ 10 กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 เมื่อ
อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี ที่อัตรา
คิดลด เท่ากับ 8% ต่อปี

ค่าใช้จ่าย (บาท)	ปีที่					
	0	1	2	3	4	5
ค่าจ้างพนักงาน						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T		610,222	624,524	638,826	653,128	667,430
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z		671,244	874,334	1,086,005	1,306,257	1,668,576
ค่าล่วงเวลา						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T		33,644	31,409	34,447	34,009	35,208
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z		71,181	96,471	123,214	146,879	179,341
ค่าสวัสดิการพนักงาน						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T						
- ประกันสังคม		30,511	31,226	31,941	32,656	33,372
- ชดพนักงน		5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
- เงินพิเศษประจำปี		101,704	104,087	106,471	108,855	111,238
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z						
- ประกันสังคม		33,562	43,717	54,300	65,313	83,429
- ชดพนักงน		5,500	7,000	8,500	10,000	12,500
- เงินพิเศษประจำปี		111,874	145,722	181,001	217,709	278,096
กระแสเงินสดรวม		1,674,443	1,963,490	2,269,705	2,579,807	3,074,190
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	9,024,029					

ตารางที่ 11 กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3 เมื่อ
อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี ที่อัตรา
คิดลด เท่ากับ 8% ต่อปี

ค่าใช้จ่าย (บาท)	ปีที่					
	0	1	2	3	4	5
การลงทุน						
เครื่องจักรแยกสิ่งแปลกปลอม	3,100,000					
อัตโนมัติ						
ค่าจ้าง						
พนักงานควบคุมเครื่องจักร		122,044	124,905	127,765	130,626	133,486
ค่าสวัสดิการพนักงาน						
- ประกันสังคม		6,102	6,245	6,388	6,531	6,674
- ชดพนักงาน		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
- เงินพิเศษประจำปี		20,341	20,817	21,294	21,771	22,248
ค่าไฟฟ้า		2,683	2,844	3,021	3,215	3,431
ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร		310,000	310,000	310,000	310,000	310,000
กระแสเงินสดรวม	3,100,000	462,170	465,812	469,469	473,143	476,839
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	4,603,960					

จากงบกระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายและการลงทุนของโครงการปรับปรุงประสิทธิภาพ
สายการผลิตทั้งสามแนวทางจะทำการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิและระยะเวลาคืนทุน เนื่องจาก
การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนเป็นวิธีที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจและบ่งบอกถึงความเสี่ยงในการ
ลงทุน โดยโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นจะมีความเสี่ยงต่ำ เพราะได้เงินที่ลงทุนไปกลับมาเร็ว
(พรรรณูภา, 2459) แต่เนื่องจากระยะเวลาคืนทุนมีข้อด้อยในเรื่องของมูลค่าของเงินตามเวลา ดังนั้น
จึงทำการพิจารณามูลค่าของเงินตามเวลาในการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนด้วย

การคำนวณระยะเวลาคืนทุนโดยคิดมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสด (Discounted Payback
Period) มีวิธีการคิดพื้นฐานเช่นเดียวกับวิธีการคิดระยะเวลาคืนทุนปกติ แต่จะมีการปรับกระแสเงินสด
ที่เกิดขึ้นในแต่ละปีให้เป็นมูลค่าปัจจุบันก่อนแล้วจึงนำมาคำนวณเปรียบเทียบเพื่อหาระยะเวลา
คืนทุน โดยระยะเวลาคืนทุนที่มีการคิดมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจะยาวนานกว่าระยะเวลาคืนทุน
ปกติ เนื่องจากมูลค่าเงินในอนาคตมีค่าลดลง (พรรรณูภา, 2549)

ในงานวิจัยนี้ทำการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการเมื่อคิดมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงิน โดยเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (Savings) หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลต่างของค่าใช้จ่าย (Difference in Cashflow) ระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิต 2 แนวทาง คือ แนวทางที่ 1 กับแนวทางที่ 3 และแนวทางที่ 2 กับแนวทางที่ 3 โดยช่วงเวลาที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลต่างของค่าใช้จ่ายมีค่าเท่ากับเงินลงทุนในการซื้อเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติ หรือ 3,100,000 บาท จะเป็นระยะเวลาคืนทุนของโครงการ

จากการเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่าย พบว่า การปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่ายมากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 11,175,972 บาท รองลงมาคือ แนวทางที่ 2 เท่ากับ 9,024,029 บาท และแนวทางที่ 3 เท่ากับ 4,603,960 บาท

เมื่อเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลต่างของค่าใช้จ่ายระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 กับการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3 พบว่า การปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3 มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 และในเดือนที่ 23 ผลต่างของค่าใช้จ่ายระหว่าง 2 แนวทางจะเท่ากับเงินลงทุนซื้อเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติ คือ 3,100,000 บาท หรือกล่าวได้ว่า หากโรงงานกรณีศึกษาลงทุนซื้อเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนพนักงานจะมีระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เท่ากับ 23 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 กับแนวทางที่ 3 เพื่อหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี

เดือนที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)		ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (บาท)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (บาท)
	แนวทางที่ 1	แนวทางที่ 3		
1	176,156	38,514	137,642	136,730
2	176,156	38,514	137,642	272,555
⋮				
12	176,156	38,514	137,642	1,582,298
13	201,767	38,818	162,950	1,731,763

ตารางที่ 12 (ต่อ)

เดือนที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)		ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (บาท)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิของ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (บาท)
14	201,767	38,818	162,950	1,880,238
⋮				
22	201,767	38,818	162,950	3,033,182
23*	201,767	38,818	162,950	3,173,039
24	201,767	38,818	162,950	3,311,969
25	233,022	39,122	193,899	3,476,192
26	233,022	39,122	193,899	3,639,327
⋮				
36	233,022	39,122	193,899	5,212,425
37	270,615	39,429	231,186	5,393,222
38	270,615	39,429	231,186	5,572,822
⋮				
48	270,615	39,429	231,186	7,304,684
49	310,544	39,737	270,807	7,500,236
50	310,544	39,737	270,807	7,694,493
⋮				
60	310,544	39,737	270,807	9,567,692

เมื่อเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลต่างของค่าใช้จ่ายระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 กับการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3 พบว่า การปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3 มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 และในเดือนที่ 29 ผลต่างของค่าใช้จ่ายระหว่าง 2 แนวทางจะเท่ากับเงินลงทุนซื้อเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติ นั่นคือ การลงทุนซื้อเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนพนักงานจะมีระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เท่ากับ 29 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 กับแนวทางที่ 3 เพื่อหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี

เดือนที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)		ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (บาท)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (บาท)
	แนวทางที่ 2	แนวทางที่ 3		
1	139,537	38,514	101,023	100,354
2	139,537	38,514	101,023	200,043
⋮				
12	139,537	38,514	101,023	1,161,335
13	163,624	38,818	124,807	1,275,813
14	163,624	38,818	124,807	1,389,533
⋮				
24	163,624	38,818	124,807	2,486,127
25	189,142	39,122	150,020	2,613,186
26	189,142	39,122	150,020	2,739,403
27	189,142	39,122	150,020	2,864,785
28	189,142	39,122	150,020	2,989,337
29*	189,142	39,122	150,020	3,113,064
30	189,142	39,122	150,020	3,235,971
⋮				
36	189,142	39,122	150,020	3,956,509
37	214,984	39,429	175,555	4,093,800
38	214,984	39,429	175,555	4,230,183
⋮				
48	214,984	39,429	175,555	5,545,303
49	256,183	39,737	216,446	5,701,600
50	256,183	39,737	216,446	5,856,862
⋮				
60	256,183	39,737	216,446	7,354,038

จากตารางที่ 12 และตารางที่ 13 พบว่า การปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3 มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากกว่าการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2 เนื่องจากมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่ายต่ำ และมีระยะคืนทุนของโครงการที่สั้นเพียง 2.0-2.5 ปี

3. กรณีที่ 3 อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เปลี่ยนแปลง เพิ่มขึ้นและลดลง 5%, 10%, 15% และ 20% ต่อปีต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 5 ปี และอัตราคิดลดของโครงการมีการเปลี่ยนแปลงในช่วง 6%-10% ต่อปี

กรณีที่ 3 เป็นการวิเคราะห์ความไวของปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุนของการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตแต่ละแนวทาง โดยมีปัจจัยผันแปร คือ อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 5%, 10%, 15%, 20% ต่อปี และลดลง 5%, 10%, 15%, 20% ต่อปีอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการวิเคราะห์โครงการ และอัตราคิดลดของโครงการเปลี่ยนแปลงในช่วง 6%, 7%, 8%, 9% และ 10% ต่อปี โดยมีการประมวลผลของแบบจำลองและวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุนเช่นเดียวกับในกรณีที่ 2

จากผลการประมวลผลของ OptQuest พบว่า จำนวนพนักงานซึ่งทำงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่เหมาะสมตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2 เมื่อปริมาณอุปสงค์ผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงในช่วง 5%-20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี เป็นดังแสดงในตารางที่ 14 และตารางที่ 15 ตามลำดับ

ตารางที่ 14 จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่เหมาะสมตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงในช่วง 5%-20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี

อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ ชนิด Z	สายการผลิต	ปีที่				
		1	2	3	4	5
ลดลง 20% ต่อปี	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	12	12	12	12	12
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	7	5	3	2	2
	รวม	19	17	15	14	14
ลดลง 15% ต่อปี	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	12	12	12	12	12
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	7	6	4	3	2
	รวม	19	18	16	15	14
ลดลง 10% ต่อปี	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	12	12	12	12	12
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	8	7	6	5	4
	รวม	20	19	18	17	16

ตารางที่ 14 (ต่อ)

อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ ชนิด Z	สายการผลิต	ปีที่				
		1	2	3	4	5
ลดลง 5% ต่อปี	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	12	12	12	12	12
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	9	8	7	7	6
	รวม	21	20	19	19	18
คงที่	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	12	12	12	12	12
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	9	9	9	9	9
	รวม	21	21	21	21	21
เพิ่มขึ้น 5% ต่อปี	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	12	12	12	12	12
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	10	11	11	12	13
	รวม	22	23	23	24	25
เพิ่มขึ้น 10% ต่อปี	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	12	12	12	12	12
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	11	12	15	15	17
	รวม	23	24	27	27	29
เพิ่มขึ้น 15% ต่อปี	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	12	12	12	12	12
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	11	13	16	18	22
	รวม	23	25	28	30	34
เพิ่มขึ้น 20% ต่อปี	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	12	12	12	12	12
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	12	15	18	22	27
	รวม	24	27	30	34	39

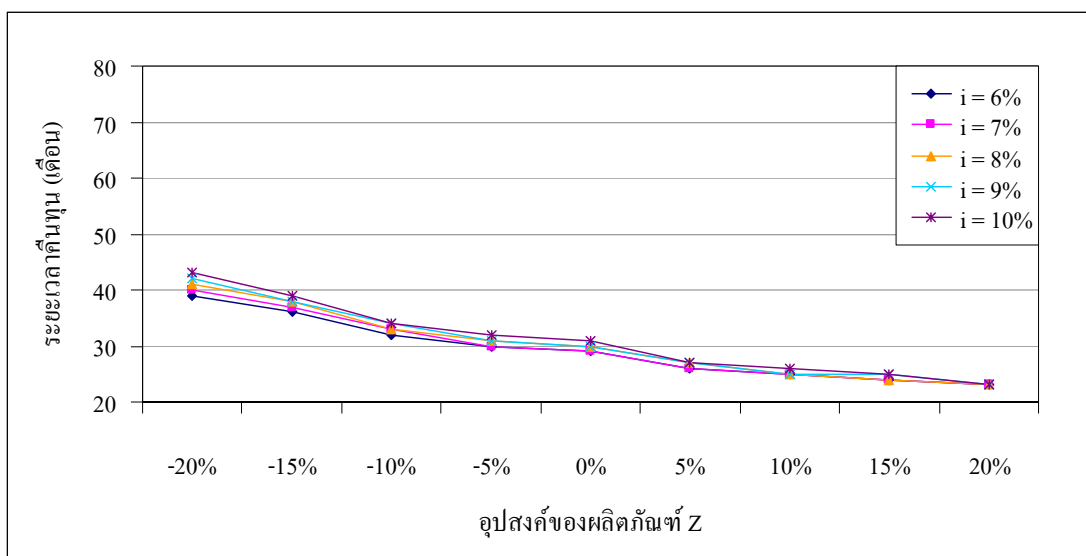
ตารางที่ 15 จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่เหมาะสมตามแนวทางการปรับปรุง
ประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น
และลดลงในช่วง 5%-20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี

อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ ชนิด Z	สายการผลิต	ปีที่				
		1	2	3	4	5
ลดลง 20% ต่อปี	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	10	10	10	10	10
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	7	5	4	3	2
	รวม	17	15	14	13	12
ลดลง 15% ต่อปี	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	10	10	10	10	10
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	8	6	5	4	3
	รวม	18	16	15	14	13
ลดลง 10% ต่อปี	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	10	10	10	10	10
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	8	7	6	6	5
	รวม	18	17	16	16	15
ลดลง 5% ต่อปี	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	10	10	10	10	10
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	9	8	8	7	7
	รวม	19	18	18	17	17
คงที่	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	12	12	12	12	12
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	9	9	9	9	9
	รวม	21	21	21	21	21
เพิ่มขึ้น 5% ต่อปี	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	10	10	10	10	10
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	10	10	11	11	12
	รวม	20	20	21	21	22
เพิ่มขึ้น 10% ต่อปี	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	10	10	10	10	10
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	10	11	12	14	15
	รวม	20	21	22	24	25
เพิ่มขึ้น 15% ต่อปี	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	10	10	10	10	10
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	11	12	14	17	20
	รวม	21	22	24	27	30

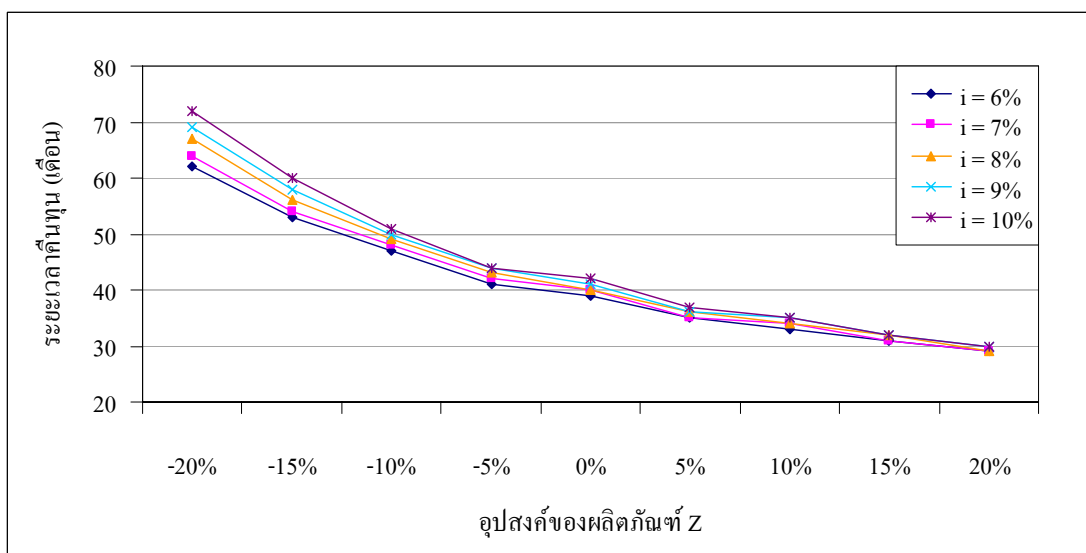
ตารางที่ 15 (ต่อ)

อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ ชนิด Z	สายการผลิต	ปีที่				
		1	2	3	4	5
เพิ่มขึ้น 20% ต่อปี	ผลิตภัณฑ์ชนิด T	10	10	10	10	10
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	11	14	17	20	25
	รวม	21	24	27	30	35

เมื่อวิเคราะห์การลงทุนโดยคำนวณกระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายของการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตแต่ละแนวทางเป็นระยะเวลา 5 ปีที่อัตราคิดลดค่าต่าง ๆ ในช่วง 6%-10% ต่อปี และอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงในช่วง 5%-20% ต่อปี ต่อเนื่องกัน (ดังแสดงในภาคผนวก ง) และเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลต่างของค่าใช้จ่ายระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 กับการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3 และการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 กับการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3 พบว่า ระยะเวลาคืนทุนเมื่อคิดมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินของโครงการเป็นดังแสดงในภาพที่ 10 และภาพที่ 11 ทั้งนี้ เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ลดลงสูงถึง 20% ต่อปีจะทำให้ระยะเวลาคืนทุนของโครงการเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 กับแนวทางที่ 3 มากกว่า 60 เดือนหรือ 5 ปีซึ่งมากกว่าระยะเวลาของการพิจารณาการลงทุนที่กำหนดไว้ จึงสมมติให้ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือนที่ 61 เป็นต้นไป มีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในเดือนที่ 60



ภาพที่ 9 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 กับแนวทางที่ 3 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปีและอัตราคิดลดของโครงการมีการเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 10 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 กับแนวทางที่ 3 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปีและอัตราคิดลดของโครงการมีการเปลี่ยนแปลง

จากภาพที่ 9 และภาพที่ 10 พบว่า การเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z และ อัตราคิดลดของโครงการส่งผลต่อระยะเวลาคืนทุนของโครงการ โดยหากเปรียบเทียบผลของ อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ที่มีต่อระยะเวลาคืนทุนของโครงการที่อัตราคิดลดค่าเดียวกัน จะ พบว่า การเพิ่มขึ้นของอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ทำให้ระยะเวลาคืนทุนของโครงการลดลง เล็กน้อย ในขณะที่การลดลงของอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ทำให้ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เพิ่มขึ้นมาก ดังจะเห็นได้จากเส้นกราฟที่มีความชันค่อนข้างมาก และหากเปรียบเทียบผลของอัตรา คิดลดของโครงการที่มีต่อระยะเวลาคืนทุนที่ระดับอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ระดับเดียวกัน จะ พบว่า ระยะเวลาคืนทุนผันแปร โดยตรงกับอัตราคิดลดของโครงการ

เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษากำหนดระยะเวลาคืนทุนที่สามารถยอมรับได้ หากมีการลงทุน เท่ากับ 3 ปี จากการวิเคราะห์ความไวของการลงทุนซื้อเครื่องจักรเมื่อเปรียบเทียบกับ การปรับปรุง ประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 พบว่า หากอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ลดลงจากปัจจุบันมากกว่าหรือ เท่ากับ 10% ต่อปีอย่างต่อเนื่อง จะส่งผลให้การตัดสินใจลงทุนในโครงการของโรงงานกรณีศึกษา เปลี่ยนไป เนื่องจากการลดลงของอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนของ โครงการมากกว่า 3 ปี

และจากการวิเคราะห์ความไวของการลงทุนซื้อเครื่องจักรเมื่อเปรียบเทียบกับ การปรับปรุง ประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 พบว่า หากอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ไม่ขยายตัวเพิ่มขึ้นจากปัจจุบัน หรือมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น 5% ต่อปีแต่อัตราคิดลดมีค่าสูงถึง 10% ต่อปี ทางโรงงานกรณีศึกษาอาจ ไม่ตัดสินใจซื้อเครื่องจักรเข้ามาใช้ในสายการผลิต เนื่องจากระยะเวลาคืนทุนของโครงการยาวนาน มากกว่า 3 ปีตามเกณฑ์ที่โรงงานกรณีศึกษากำหนด

จากผลของการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลจากการประมวลผลของแบบจำลอง สถานการณ์และการวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุนในแต่ละกรณีข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างแนวทางการดำเนินงานในปัจจุบันกับการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตของโรงงาน กรณีศึกษาทั้งสามแนวทาง ได้แก่ แนวทางที่ 1 การเพิ่มจำนวนพนักงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่ง แปรกลบตอม แนวทางที่ 2 การเพิ่มจำนวนพนักงานร่วมกับการปรับเปลี่ยนตาราง/ลำดับการทำงาน ของพนักงานในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปรกลบตอมและขั้นตอนการบรรจุ และแนวทางที่ 3 การนำ เครื่องคัดแยกสิ่งแปรกลบตอมอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนพนักงาน พบว่า การปรับปรุงประสิทธิภาพ สายการผลิตแนวทางที่ 3 เป็นแนวทางที่ดีที่สุด เนื่องจากการนำเครื่องคัดแยกสิ่งแปรกลบตอม อัตโนมัติเข้ามาใช้ในสายการผลิตแทนพนักงานช่วยกำจัดแถวคอยของงานระหว่างการผลิตก่อนเข้า

สู่ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนการคั่ว ช่วยให้ไม่เกิดการทำงานล่วงเวลาของพนักงาน และลดเวลาที่ใช้ในการทำงานต่อครั้งลงซึ่งจะส่งผลให้การไหลของงานในสายการผลิตดีขึ้น

การลงทุนนำเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติเข้ามาใช้ในสายการผลิตมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากกว่าการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตแนวทางอื่น เนื่องจากเป็นแนวทางที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด มีระยะเวลาคืนทุนสั้นและเป็นช่วงเวลาที่โรงงานกรณีศึกษาสามารถยอมรับได้ โดยเฉพาะในกรณีที่อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนของการซื้อเครื่องจักรเข้ามาใช้ในสายการผลิตสั้นลง

การนำเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติเข้ามาใช้ในสายการผลิตแทนพนักงานยังทำให้เกิดประโยชน์ด้านต่าง ๆ ต่อโรงงานกรณีศึกษาอีก ได้แก่

1. เครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติขนาดเล็กที่เหมาะสมกับโรงงานกรณีศึกษาเป็นเครื่องจักรมีกำลังการผลิตสูงถึง 1.5 ตันต่อชั่วโมงจึงสามารถจัดการกับอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ในปัจจุบัน โดยเฉพาะอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ซึ่งมีความแปรปรวนสูงได้เป็นอย่างดี และยังสามารถรองรับต่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคตได้ด้วย อีกทั้งยังช่วยให้โรงงานกรณีศึกษาไม่ต้องจ้างพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมมากเกินไปจนเกิดความจำเป็นเพื่อทำการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออกจากเมล็ดกาแฟเก็บไว้เป็นคลังสำรองในกรณีที่อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์สูงขึ้นในช่วงของปีซึ่งมักจะเกิดขึ้นปีละไม่กี่ครั้ง เช่น ในเดือนพฤศจิกายน-เดือนธันวาคม

2. ในการลงทุนซื้อเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติ ทางโรงงานจะได้รับประโยชน์ในแง่ของการลดหย่อนภาษีในแต่ละปีด้วย เนื่องจากการคำนวณงบกำไรขาดทุน (Income Statement) จะต้องนำค่าเสื่อมราคา (Depreciation) ของเครื่องจักรมาคำนวณในส่วน of ค่าใช้จ่ายด้วย

3. การนำเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติเข้ามาใช้ในสายการผลิตแทนการใช้แรงงานของพนักงานช่วยลดความผิดพลาดที่อาจเกิดจากการทำงานของพนักงาน (Human Error) ลงได้ ซึ่งจะสามารถเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น และจัดว่าเป็นประโยชน์ทางอ้อมที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการแข่งขันทางธุรกิจ

4. จากกำลังการผลิตของเครื่องจักรที่มีสูงมากเกินความต้องการในปัจจุบัน ทางโรงงาน ภูมิศึกษาสามารถใช้ประโยชน์กำลังการผลิตที่มีเหลืออยู่นี้ได้ โดยการขยายตลาดจากการผลิตและ จัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปซึ่งเป็นธุรกิจหลักมาเพิ่มในส่วนของการผลิตและจัดจำหน่ายเมล็ด กาแฟที่ผ่านการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมแล้วซึ่งมีคุณภาพสูงให้แก่โรงงานผลิตกาแฟอื่น ๆ เพื่อเพิ่ม รายได้ให้กับโรงงาน และลดความสูญเสียที่เกิดจากการไม่ได้ใช้ประโยชน์เครื่องจักรอย่างเต็มที่

ทั้งนี้ การนำเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติเข้ามาใช้เพื่อแก้ปัญหาจุดคอขวดที่ เกิดขึ้นในสายการผลิตปัจจุบันของโรงงานภูมิศึกษาจะทำให้กำลังการผลิตสูงสุดต่อวันและจุดคอ ขวดของสายการผลิตเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยเมื่อพิจารณาในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T พบว่า การดำเนินงานแบบเดิม คือ ใช้พนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอม จะสามารถผลิตกาแฟคั่วบด ได้สูงสุด 19 Batches ต่อวัน แต่เมื่อนำเครื่องจักรเข้ามาใช้ คาดว่า จุดคอขวดในสายการผลิต ผลิตภัณฑ์ชนิด T จะเปลี่ยนไปอยู่ในขั้นตอนการบด ทั้งนี้ปริมาณกาแฟคั่วบดที่สามารถผลิตได้ สูงสุดต่อวันจะเพิ่มขึ้นเป็น 26 Batches และเมื่อพิจารณาในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z พบว่า จุดคอขวดของสายการผลิตจะเปลี่ยนจากขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมก่อนคั่วไปเป็นขั้นตอน การบรรจุ เนื่องจากการทำงานในขั้นตอนนี้ใช้แรงงานคนเป็นหลัก แต่ปริมาณกาแฟที่สามารถผลิต ได้สูงสุดต่อวันยังคงเท่าเดิม คือ 11 Batches ทั้งนี้เนื่องจากพนักงานบรรจุผลิตภัณฑ์ชนิด Z มีหน้าที่ รับผิดชอบ 2 ส่วน คือ ส่วนการเตรียมบรรจุภัณฑ์ และส่วนการบรรจุผลิตภัณฑ์ โดยเวลาในการทำงานเฉลี่ยของแต่ละส่วน เท่ากับ 20 นาทีต่อ Batch และ 23 นาทีต่อ Batch ตามลำดับ ดังนั้น ปริมาณกาแฟที่สามารถผลิตได้สูงสุดจึงเท่ากับ 11 Batches ต่อวัน

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์และการวิเคราะห์การลงทุนแสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตโดยการนำเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติเข้ามาใช้ในสายการผลิตแทนพนักงานเพื่อแก้ปัญหาจุดคอขวดที่เกิดขึ้นในสายการผลิต และเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตเพียงพอให้ต่อปริมาณอุปสงค์ในปัจจุบันและการขยายตัวของปริมาณอุปสงค์ที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคตเป็นแนวทางที่มีความเหมาะสมและคุ้มค่าที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 แนวทาง การปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตโดยวิธีนี้สามารถกำจัดแฉกคอกที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอม กำจัดการทำงานล่วงเวลาของพนักงาน มีเวลาในการทำงานเฉลี่ยต่อครั้งต่ำ อีกทั้งยังมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการปรับปรุงประสิทธิภาพของการผลิตแนวทางอื่น ๆ รวมทั้งมีระยะเวลาคืนทุนสั้นและเป็นไปตามระยะเวลาคืนทุนที่โรงงานการศึกษาสามารถยอมรับได้

นอกจากนั้น การนำเครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติเข้ามาใช้ในสายการผลิตแทนพนักงานยังสามารถจัดการกับอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ที่มีความแปรปรวนสูงได้เป็นอย่างดี ช่วยลดความผิดพลาดที่อาจเกิดจากการทำงานของพนักงานลงได้ ซึ่งส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์สูงขึ้นและยังมีประโยชน์ในแง่ของการคำนวณภาษีอีกด้วย

จากการศึกษายังแสดงให้เห็นว่า การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจหาแนวทางเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานได้อย่างเหมาะสม สามารถใช้ในการทดสอบแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพได้โดยไม่รบกวนต่อระบบการทำงานจริง ไม่จำเป็นต้องลงทุนเป็นจำนวนมากเพื่อนำเครื่องจักรเข้ามาทดลองใช้ในระบบจริง อีกทั้งยังสามารถควบคุมเงื่อนไขต่าง ๆ ให้คงที่ได้ตลอดระยะเวลาของการทดลองได้

ข้อเสนอแนะ

1. จากการแก้ไขจุดคอขวดในสายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่มีสาเหตุมาจากกำลังการผลิตที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อความต้องการโดยการเพิ่มกำลังการผลิต ณ บริเวณจุดคอขวดให้เพิ่มขึ้น ผลจากการเพิ่มกำลังการผลิตนี้อาจส่งผลให้ขั้นตอนอื่นในกระบวนการผลิตเป็นจุดคอขวดของสายการผลิตต่อเนื่องไปอีก ดังนั้นการแก้ไขจุดคอขวดที่เกิดขึ้นในสายการผลิตของโรงงานควรทำการศึกษาทั้งสายการผลิตเพื่อให้สายการผลิตเกิดความสมดุล

2. การศึกษาผลของแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตด้านการเงินมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหลายปัจจัย เช่น อัตราดอกเบี้ย ค่าแรงขั้นต่ำ ปริมาณอุปสงค์ เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพเศรษฐกิจ สังคม การเมือง ฯลฯ ดังนั้นการวิเคราะห์และประเมินผลแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพที่น่าเสนอควรมีการปรับเปลี่ยนค่าของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องให้สอดคล้องกับสภาวะการณ์ปัจจุบันเพื่อให้ผลจากการคำนวณและวิเคราะห์ที่ได้รับสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจเลือกได้อย่างถูกต้อง

3. การศึกษาผลของแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงผลทางด้านตัววัดประสิทธิภาพการทำงานและการเงินเท่านั้น แต่การปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตตามแนวทางที่น่าเสนออาจส่งกระทบด้านอื่น ๆ อีก เช่น ความพึงพอใจของพนักงาน ในอนาคตจึงอาจศึกษาผลกระทบด้านอื่น ๆ เพิ่มเติมเพื่อให้ผลของการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2549. กาแฟ. แหล่งที่มา:

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

กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2549. กาแฟ. แหล่งที่มา:

<http://www.doae.go.th/library/html/putsetakit/coffee.pdf>, 4 มิถุนายน 2549.

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

จันทนา จันทโร และ ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. 2532. การศึกษาความเป็นไปได้โครงการด้านธุรกิจและอุตสาหกรรม. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ทีปพิพัฒน์ สุระพิพงษ์. 2550. การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์และผังงานสายธารแห่งคุณค่าสำหรับโรงงานผลิตกาแฟแบบคั่วบด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2550. อัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อ. อัตราดอกเบี้ย. แหล่งที่มา:

http://www.bot.or.th/bothomepage/databank/Financial_Institutions/interestrate/interest_t.asp, 3 มิถุนายน 2550.

ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์. 2548. การเพาะปลูกและแปรรูปกาแฟสายพันธุ์อาราบิก้า โรบัสต้า. บริษัทสำนักพิมพ์เพชรกระรัต จำกัด, กรุงเทพฯ.

ผู้จัดการออนไลน์. 2549. เจาะลึกธุรกิจร้านกาแฟ. SMEs. แหล่งที่มา:

<http://www.manager.co.th/SMEs/ViewNews.aspx?newsid=2000000031266>, 14 ธันวาคม 2549.

ฝ่ายเศรษฐกิจพลังไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวง. 2549. **ประเภทที่ 3: กิจการขนาดกลาง. ค่าไฟฟ้า**
ตามประเภทกิจการ. แหล่งที่มา:

<http://www.mea.or.th/internet/Elecvalue/tarifftype3.html>, 28 กุมภาพันธ์ 2550.

_____. 2550. **ค่า F, ค่าสุด.** การปรับค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ. แหล่งที่มา:

<http://www.mea.or.th/internet/Ft/main.html>, 22 สิงหาคม 2550.

พรรณภา ชูนิมิตรกุล. 2549. **การเงินธุรกิจ.** ครั้งที่ 2. ภาควิชาการเงิน คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มิตรมาณี ศรีวัฒนาวงศ์. 2548. การสร้างแบบจำลองการลำเลียงผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาของโรงงาน
เซรามิก, น. 323-326. ใน รายงานการประชุมวิชาการ การวิจัยดำเนินงาน ประจำปี 2548
ครั้งที่ 2. เครือข่ายร่วมด้านการวิจัยดำเนินงานในประเทศไทย, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหาร
ศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. 2544. **การจำลองแบบปัญหา.** สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
กรุงเทพฯ.

สายธาร กลิ่นลูกอิน และ ธนัญญา วสุศรี. 2548. การคัดเลือกวัตถุดิบที่เป็นกลยุทธ์ด้านการจัดซื้อ
ด้วยเทคนิคการสร้างสถานการณ์จำลอง กรณีศึกษาโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้า, น. 121-129. ใน
รายงานการประชุมวิชาการ การวิจัยดำเนินงาน ประจำปี 2548 ครั้งที่ 2. เครือข่ายร่วมด้าน
การวิจัยดำเนินงานในประเทศไทย, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โสภณ ฟองเพชร. 2545. **การเงินธุรกิจ.** บริษัทเพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า จำกัด, กรุงเทพฯ.
แปลจาก Arthur J. Keown et al. 1998. **Foundation of finance: The logic and practice
of financial management.** Upper Saddle River, N.J.

อริป เอื้อทรงธรรม, สุพัตรา พิทยาโรจนกุล และ ศิวิกา คุษฎีโหนด. 2548. การนำเทคนิคการ
จำลองมาใช้ในการสร้างสายการผลิตแบบลีน: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วน
อิเล็กทรอนิกส์, น. 110-120. ใน รายงานการประชุมวิชาการ การวิจัยดำเนินงาน ประจำปี

2548 ครั้งที่ 2. เครือข่ายร่วมด้านการวิจัยดำเนินงานในประเทศไทย, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Baessler, F. F., E. Araya, F. J. Ramis and J. A. Sepulveda. 2004. The use of simulation and design of experiments for productivity improvement in the sawmill industry, pp. 1218-1221. *In* R. G. Ingalls, M. D. Rossetti, J. S. Smith and B. A. Peters, eds. **Proceeding of the 2004 Winter Simulation Conference**. Washington D.C., USA.

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

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. Peter, eds. **Proceeding of the 2004 Winter Simulation Conference**. Washington D. C., USA.

Kelton, W. D., R. P. Sadowski and D. T. Sturrock. 2003. **Simulation with Arena**. 3rd. McGraw-Hill, Singapore.

Marvel, J. H., M. A. Schaub and G. Weckman. 2005. Validating the capacity planning process and flowline product sequencing through simulation analysis, pp. 2112-2118. *In* M. E. Kuhl, N. M. Steiger, F. B. Armstrong and J. A. Joines, eds. **Proceeding of the 2005 Winter Simulation Conference**. Orlando, Florida, USA.

Owens, S. F. and R. R. Levary. 2002. Evaluating design alternatives of an extruded food production line using simulation. **Simulation** 78 (10): 626-632.

Savsar, M. 1997. Simulation analysis of a pull-push system for an electronic assembly line. **International Journal of Production Economic** 51 (3): 205-214.

Savsar, M. and A. Al-Jawini. 1995. Simulation analysis of just-in-time production system.

International Journal of Production Economics 42 (1): 67-78.

Taylor III, L. J. 1999. A simulation study of WIP inventory drive systems and their effect on financial measurements. **Integrated Manufacturing Systems** 10 (5): 306-315.

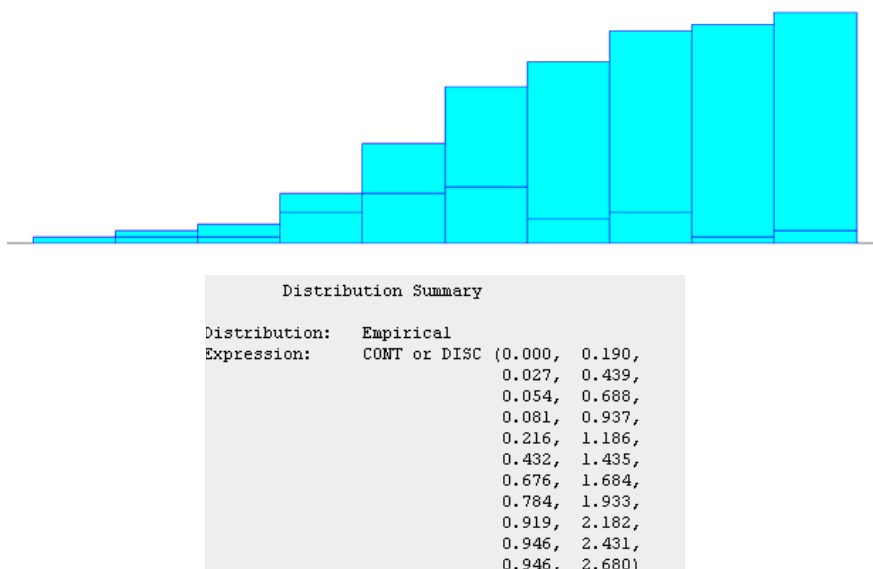
Vaidyanathan, B. S. and Y. H. Park. 1998. Application of discrete event simulation in production scheduling, pp. 965-971. *In* D. J. Medeiros, E. F. Watson, J. S. Carson and M. S. Manivannan, eds. **Proceeding of the 1998 Winter Simulation Conference**. Washington D. C., USA.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์

ตัวอย่างลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Empirical ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง
สถานการณ์สายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา



ภาพผนวกที่ ก1 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการบรรจุและชั่งน้ำหนัก
ผลิตภัณฑ์ชนิด Z แบบเมล็ด ขนาดบรรจุ 250 กรัม

จากลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการบรรจุและชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์
ชนิด Z แบบเมล็ด ขนาดบรรจุ 250 กรัม ที่ได้จาก Input Analyzer สามารถสร้างตารางแจกแจง
ความถี่ของข้อมูลได้ดังตารางผนวกที่ ก1

ตารางผนวกที่ ก1 การแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการบรรจุและชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์
ชนิด Z แบบเมล็ด ขนาดบรรจุ 250 กรัม

เวลาที่ใช้ในการบรรจุ (นาที่ต่อกิโลกรัม)	ร้อยละความถี่ Probability Distribution Function (PDF)	ร้อยละความถี่สะสม Cumulative Distribution Function (CDF)
$x \leq 0.190$	0.0	0.0
$0.190 < x \leq 0.439$	2.7	2.7
$0.439 < x \leq 0.688$	2.7	5.4
$0.688 < x \leq 0.937$	2.7	8.1
$0.937 < x \leq 1.186$	13.5	21.6

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการบรรจุ (นาที่ต่อกิโลกรัม)	ร้อยละความถี่ Probability Distribution Function (PDF)	ร้อยละความถี่สะสม Cumulative Distribution Function (CDF)
$1.186 < x \leq 1.435$	21.6	43.2
$1.435 < x \leq 1.684$	24.4	67.6
$1.684 < x \leq 1.933$	10.8	78.4
$1.933 < x \leq 2.182$	13.5	91.9
$2.182 < x \leq 2.431$	2.7	94.6
$2.431 < x \leq 2.680$	5.4	100.0

ตารางผนวกที่ ก2 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

ขั้นตอน	รายละเอียด	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น	หน่วย
การคัดขนาด	ปริมาณเมสส์คาแฟที่ใช้สำหรับผลิต		
	ผลิตภัณฑ์ชนิด Z		
	- พันธุ์ราบิกา	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
	- พันธุ์โรบัสต้า	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
	เวลาที่ใช้ในการคัดขนาด		
	- พันธุ์ราบิกา	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
	- พันธุ์โรบัสต้า	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

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ขั้นตอน	รายละเอียด	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น	หน่วย
การคัดแยกสิ่งแปลกปลอม ก่อนคั่ว	ปริมาณเมล็ดกาแฟที่ใช้สำหรับผลิต ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	161 + WEIB (460, 1.34)	กิโลกรัมต่อ สัปดาห์
การคั่ว	จำนวน Batch ในการคั่วผลิตภัณฑ์ ชนิด 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 ต่อ สัปดาห์

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ขั้นตอน	รายละเอียด	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น	หน่วย
การคัดแยกสิ่งแปลกปลอม โดยคร่าวก่อนบรรจุ	เวลาที่เครื่องคั่วเครื่องที่ 1 ใช้ในการ คั่วผลิตภัณฑ์	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)	นาทีต่อกิโลกรัม
	ปริมาณเมล็ดกาแฟสำหรับผลิต ผลิตภัณฑ์ชนิด Z หลังการคั่ว	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
	ร้อยละของน้ำหนักเมล็ดกาแฟ สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T ที่ได้	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 (%)
	หลังการคั่ว (% Yield)		
การบรรจุและชั่งน้ำหนัก	เวลาที่ใช้ในการคัดแยกสิ่ง แปลกปลอมโดยคร่าวก่อนบรรจุ	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
	เวลาที่ใช้ในการบรรจุและชั่งน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์ชนิด 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)	นาทีต่อกิโลกรัม
	เวลาที่ใช้ในการบรรจุและชั่งน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์ชนิด Z		
	- แบบเมล็ดขนาดบรรจุ 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

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ขั้นตอน	รายละเอียด	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น	หน่วย
	- แบบเมล็ดขนาดบรรจุ 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)	นาฬิกาโลกกรัม
	- แบบเมล็ดขนาดบรรจุ 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
	- แบบขนาดบรรจุ 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
	- แบบขนาดบรรจุ 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
	- แบบขนาดบรรจุ 100 กรัม	$1.47 + 2.53 * \text{BETA} (0.233, 0.0594)$	นาฬิกาโลกกรัม
	- แบบขนาดบรรจุ 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

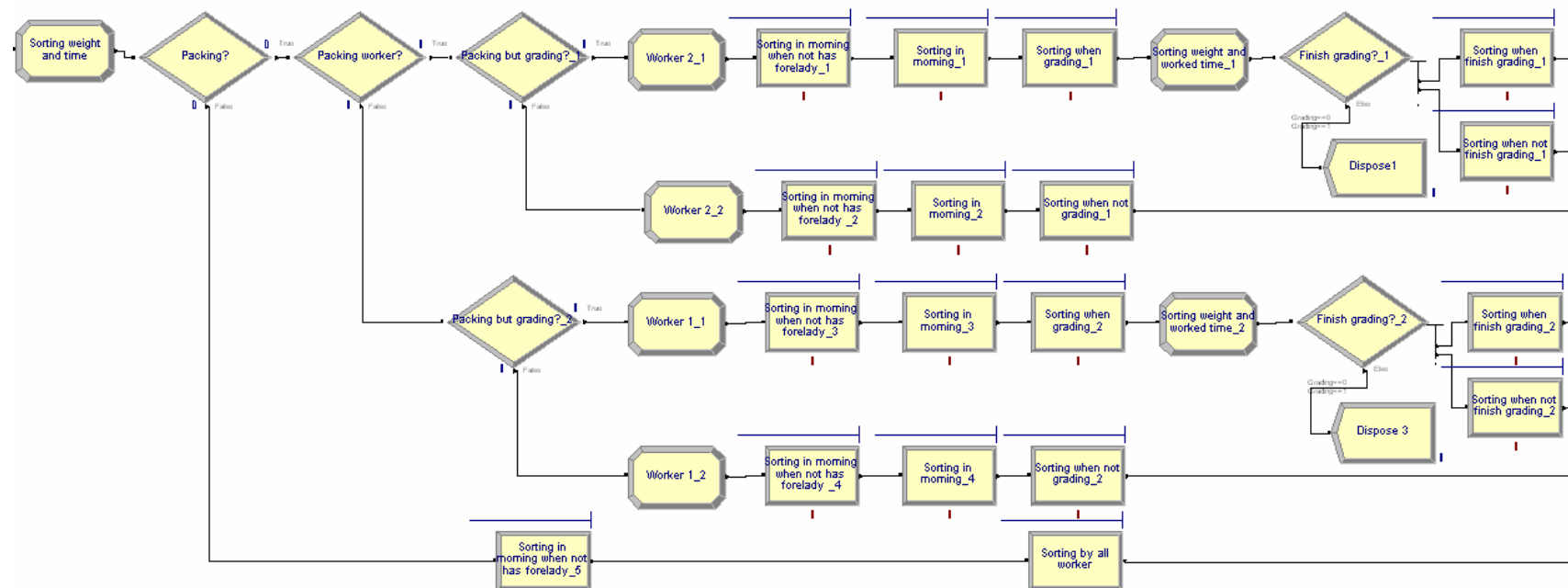
ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ขั้นตอน	รายละเอียด	ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น	หน่วย
การปิดผนึกบรรจุภัณฑ์	เวลาที่ใช้ในการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ 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
	- 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

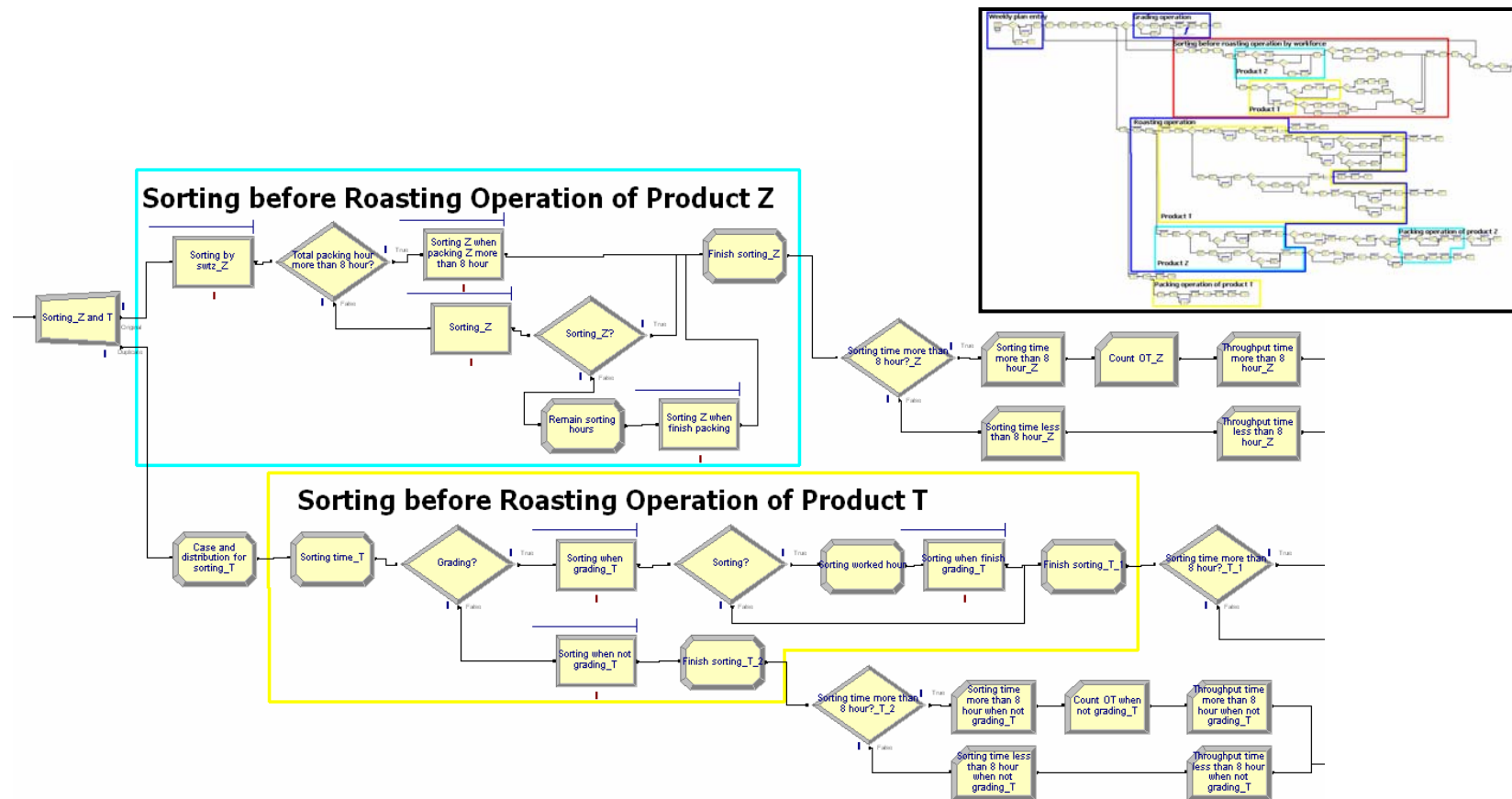
ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

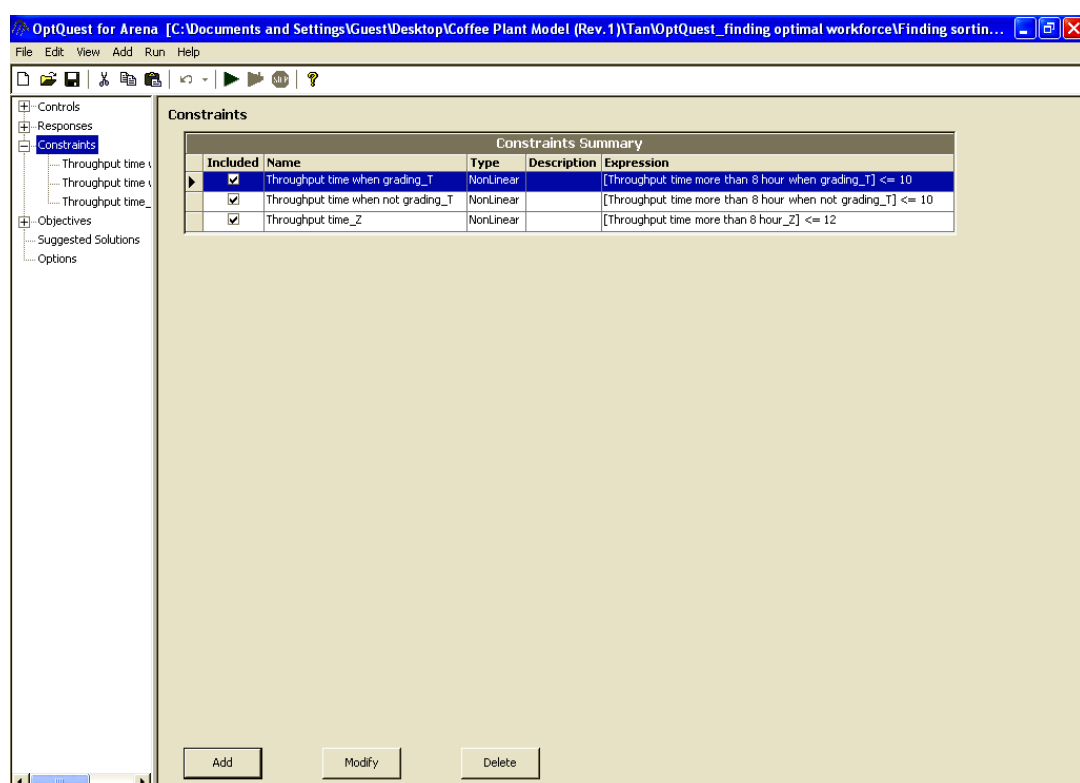
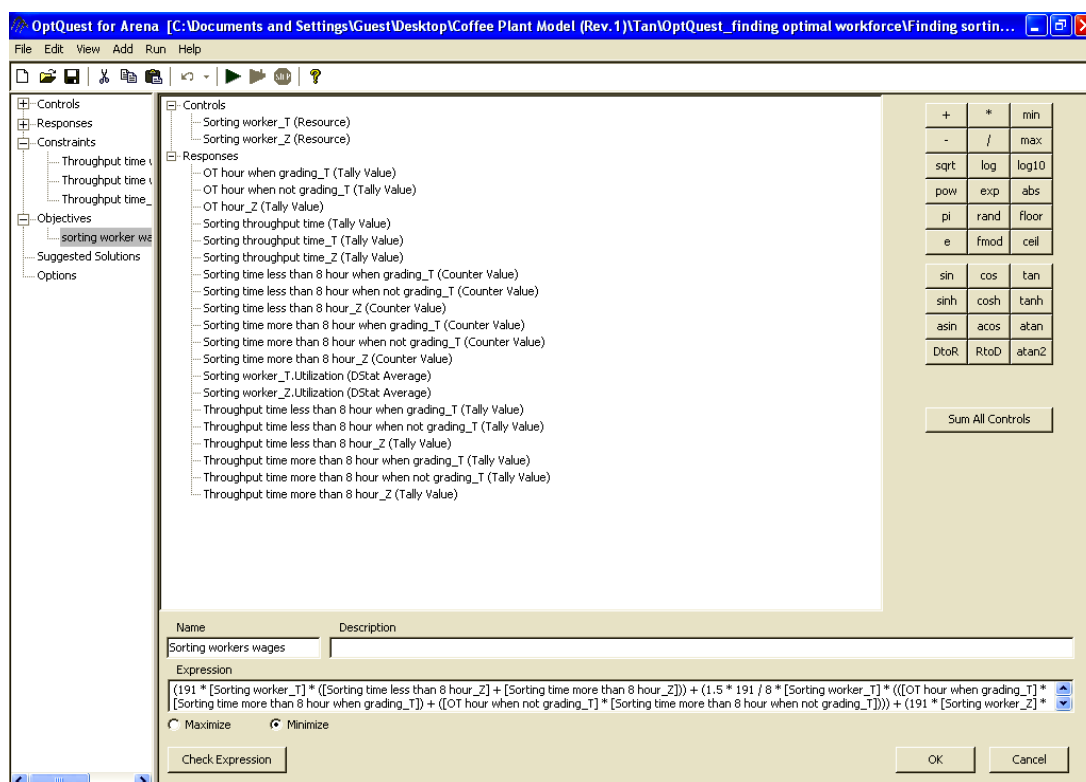
Sorting before Roasting Operation



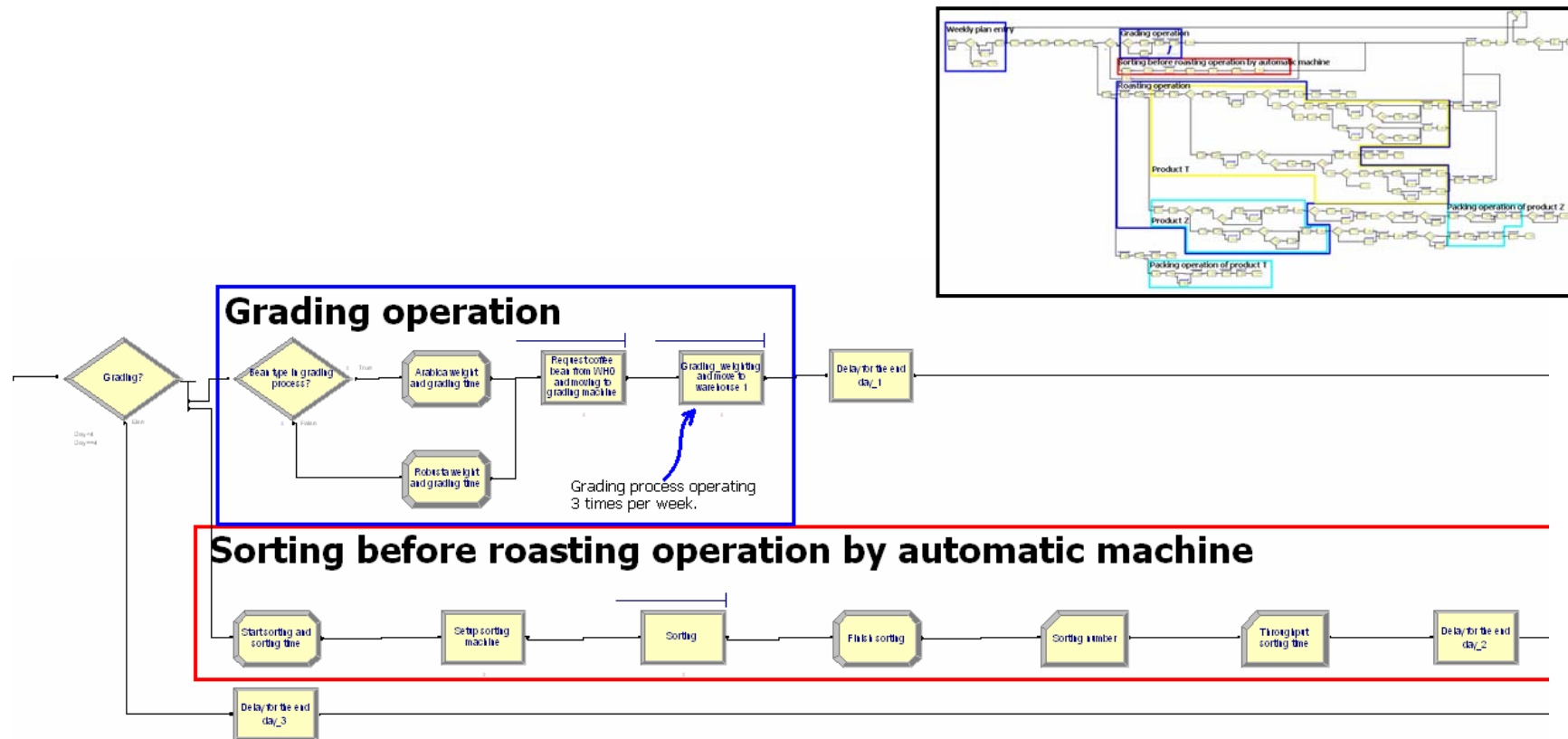
ภาพผนวกที่ ข1 แบบจำลองสถานการณ์ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมของสายการผลิตผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วบดของโรงงานกรณีศึกษาบนโปรแกรม
 จำลอง Arena 9.0



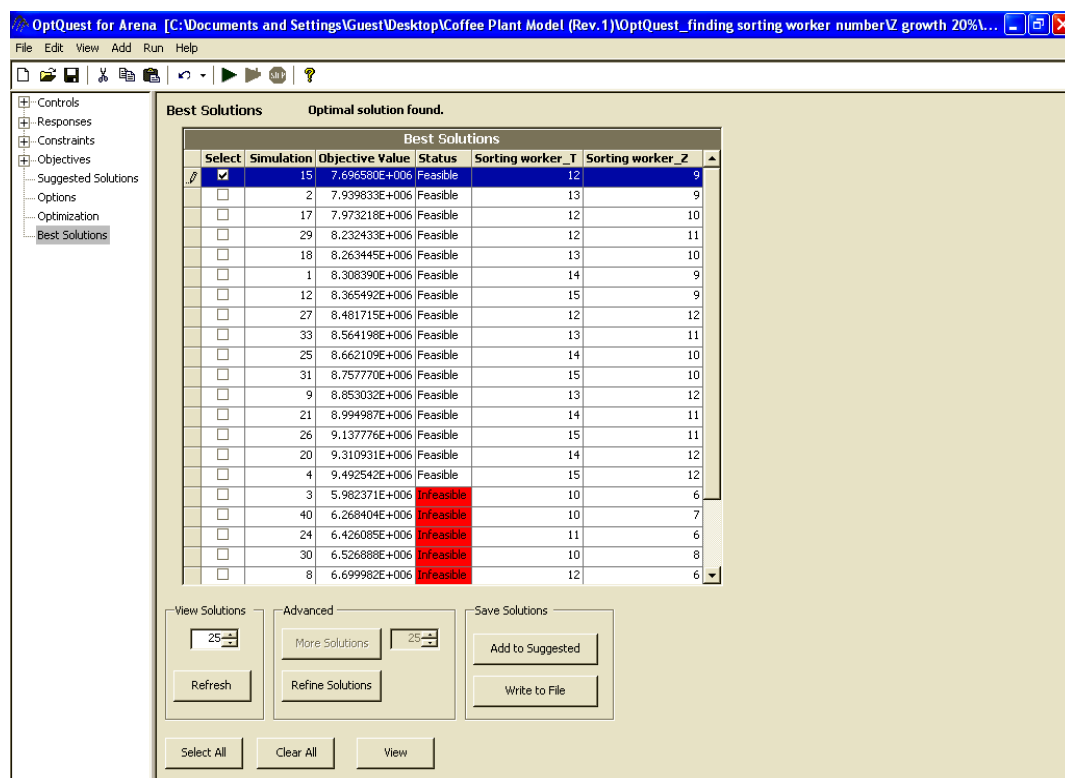
ภาพผนวกที่ ข2 แบบจำลองสถานการณ์ขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมของสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T และผลิตภัณฑ์ชนิด Z ของโรงงานกรณีศึกษา
บนโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0



ภาพผนวกที่ ข3 การกำหนดสมการวัตถุประสงค์และข้อจำกัดใน OptQuest บน โปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0



ภาพผนวกที่ ข4 แบบจำลองสถานการณ์ขั้นตอนการคัดขนาดและขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมโดยใช้เครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมอัตโนมัติของ
 สาขาการผลิตกาแฟถ้วยคั่วของโรงงานกรณีศึกษาบนโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0



ภาพผนวกที่ ข5 จำนวนพนักงานคัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่เหมาะสมต่อปริมาณอุปสงค์ในปัจจุบัน
สำหรับสายการผลิตผลิตภัณฑ์สองชนิดจากการประมวลผลของ OptQuest ใน
โปรแกรมสำเร็จรูป Arena 9.0

ภาคผนวก ค

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติของชุดข้อมูล

การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม

การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานจริงของแบบจำลองที่สร้างขึ้นทำโดยการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทำงานของระบบจริงกับผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลอง ในงานวิจัยนี้อาศัยการเปรียบเทียบอัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานที่ทำงานในขั้นตอนการคั่ว ดังแสดงในตารางที่ 7 โดยวิธีการทางสถิติที่ใช้ คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม กรณีที่ตัวอย่างมีขนาดเล็ก ($n < 40$) และไม่สามารถสมมติหรือพิสูจน์ได้ว่า ความแปรปรวนของประชากรทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเท่ากัน ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$) หรือไม่คํานึงว่า ความแปรปรวนของประชากรทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเท่ากันหรือไม่ โดยมีตัวทดสอบทางสถิติ คือ t หรือวิธี Independent t-Test และมีการกำหนดข้อสมมติและสมมติฐานในการทดสอบทางสถิติ ดังนี้

ข้อสมมติ	ประชากรทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติและตัวอย่างทั้งสองชุดเป็นอิสระต่อกัน
สมมติฐาน	H_0: อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานที่ทำงานในขั้นตอนการคั่วที่ได้จากการทำงานของระบบจริงกับผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองมีค่าเท่ากัน H_a: อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานที่ทำงานในขั้นตอนการคั่วที่ได้จากการทำงานของระบบจริงกับผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองมีค่าไม่เท่ากัน

เนื่องจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่มมีการกำหนดข้อสมมติว่า ประชากรทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นก่อนการทดสอบสมมติฐานที่กำหนดขึ้นต้องทำการทดสอบก่อนว่า ตัวอย่างทั้งสองชุดที่สุ่มมาที่มีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติ โดยการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Kolmogorov-Smirnov Test ที่ระดับนัยสำคัญ เท่ากับ 0.05 และการสร้าง Normal Probability Plot โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 12.0

1.1 การทดสอบการลักษณะการแจกแจงแบบปกติของชุดตัวอย่างที่ได้จากการทำงานของระบบจริง

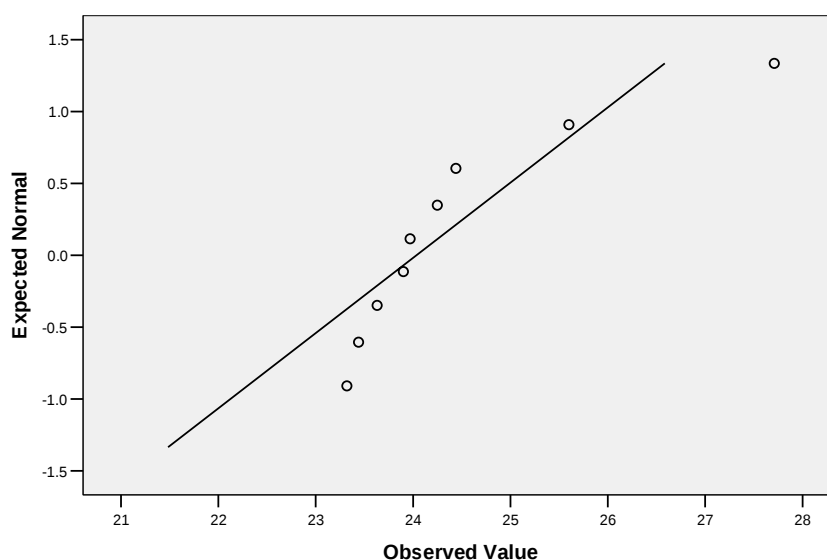
สมมติฐาน H_0 : ตัวอย่างมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ
 H_a : ตัวอย่างไม่ได้มาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

ผลจากการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Kolmogorov-Smirnov Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 12.0 ดังภาพผนวกที่ ค1 สามารถสรุปได้ว่า ชุดตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการทำงานของระบบจริงมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ (P-Value = 0.066)

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Result from real system	.254	10	.066	.894	10	.189

a. Lilliefors Significance Correction

Normal Q-Q Plot of Result from real system



ภาพผนวกที่ ค1 ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้จากการทำงานของระบบจริง โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 12.0

1.2 การทดสอบการลักษณะการแจกแจงแบบปกติของชุดตัวอย่างที่ได้จากประมวลผลของแบบจำลอง

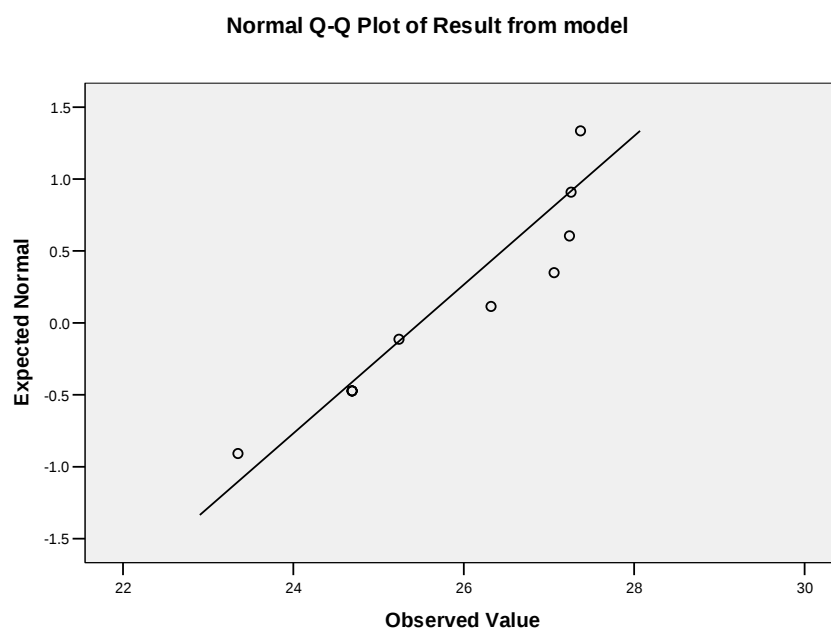
สมมติฐาน H_0 : ตัวอย่างมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ
 H_a : ตัวอย่างไม่ได้มาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

ผลจากการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Kolmogorov-Smirnov Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 12.0 ดังภาพผนวกที่ ค2 สามารถสรุปได้ว่า ชุดตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ (P-Value = 0.200)

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Result from model	.192	10	.200*	.885	10	.147

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction



ภาพผนวกที่ ค2 ผลการทดสอบลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติของชุดข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลอง โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 12.0

จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม จากการทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Independent t-Test ในโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 12.0 ดังภาพผนวกที่ ค3 สามารถสรุปได้ว่า อัตราการทำงานเฉลี่ยของพนักงานที่ทำงานในขั้นตอนการคั่วที่ได้จากการทำงานของระบบจริงกับผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองมีค่าเท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P-Value = 0.109)

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 ผลการทดสอบความแตกต่างของอัตราการทำงานเฉลี่ยระหว่างชุดข้อมูลที่ได้จากการทำงานของระบบจริงกับชุดข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลอง โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 12.0

ภาคผนวก ง

งบกระแสเงินสดของโครงการลงทุน (กรณีที่ 3)

ตารางผนวกที่ 1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่าย (NPV) ของการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทาง
ที่ 1 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เปลี่ยนแปลงในช่วง 5%-20% ต่อปี
ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี และอัตราคิดลดของโครงการมีการเปลี่ยนแปลง
ในช่วง 6%-10% ต่อปี

อุปสงค์ของ ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	มูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่าย (บาท)				
	i = 6%	i = 7%	i = 8%	i = 9%	i = 10%
ลดลง 20%	6,152,951	5,996,262	5,845,984	5,701,778	5,563,325
ลดลง 15%	6,424,125	6,259,998	6,102,573	5,951,496	5,806,436
ลดลง 10%	7,035,485	6,852,477	6,677,009	6,508,681	6,347,119
ลดลง 5%	7,593,494	7,393,000	7,200,837	7,016,560	6,839,753
คงที่	8,029,134	7,813,012	7,605,963	7,407,500	7,217,166
เพิ่มขึ้น 5%	9,100,810	8,849,793	8,609,438	8,379,169	8,158,446
เพิ่มขึ้น 10%	10,057,405	9,774,648	9,504,006	9,244,819	8,996,473
เพิ่มขึ้น 15%	10,869,783	10,556,878	10,257,549	9,971,054	9,696,696
เพิ่มขึ้น 20%	11,853,779	11,507,306	11,175,972	10,858,947	10,555,450

ตารางผนวกที่ 2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่าย (NPV) ของการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทาง
ที่ 2 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เปลี่ยนแปลงในช่วง 5%-20% ต่อปี
ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี และอัตราคิดลดของโครงการมีการเปลี่ยนแปลง
ในช่วง 6%-10% ต่อปี

อุปสงค์ของ ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	มูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่าย (บาท)				
	i = 6%	i = 7%	i = 8%	i = 9%	i = 10%
ลดลง 20%	4,947,690	4,821,849	4,701,141	4,585,296	4,474,058
ลดลง 15%	5,300,438	5,164,964	5,035,030	4,910,344	4,790,690
ลดลง 10%	5,714,415	5,564,552	5,420,898	5,283,120	5,150,909
ลดลง 5%	6,215,219	6,050,537	5,892,712	5,741,377	5,596,189
คงที่	6,574,062	6,396,612	6,226,619	6,063,681	5,907,422
เพิ่มขึ้น 5%	7,293,036	7,092,483	6,900,438	6,716,441	6,540,061
เพิ่มขึ้น 10%	7,834,578	7,614,218	7,403,310	7,201,339	7,007,823
เพิ่มขึ้น 15%	8,666,267	8,417,091	8,178,734	7,950,603	7,732,144
เพิ่มขึ้น 20%	9,573,513	9,292,621	9,024,029	8,767,058	8,521,076

ตารางผนวกที่ 3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่าย (NPV) ของการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทาง
ที่ 3 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เปลี่ยนแปลงในช่วง 5%-20% ต่อปี
ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี และอัตราคิดลดของโครงการมีการเปลี่ยนแปลง
ในช่วง 6%-10% ต่อปี

อุปสงค์ของ ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	มูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่าย (บาท)				
	i = 6%	i = 7%	i = 8%	i = 9%	i = 10%
ลดลง 20%	4,787,952	4,693,791	4,603,422	4,516,631	4,433,220
ลดลง 15%	4,787,996	4,693,833	4,603,462	4,516,670	4,433,257
ลดลง 10%	4,788,046	4,693,882	4,603,509	4,516,714	4,433,300
ลดลง 5%	4,788,104	4,693,937	4,603,562	4,516,765	4,433,348
คงที่	4,788,170	4,694,000	4,603,622	4,516,823	4,433,404
เพิ่มขึ้น 5%	4,788,245	4,694,072	4,603,691	4,516,889	4,433,468
เพิ่มขึ้น 10%	4,788,331	4,694,154	4,603,770	4,516,964	4,433,540
เพิ่มขึ้น 15%	4,788,429	4,694,248	4,603,859	4,517,050	4,433,621
เพิ่มขึ้น 20%	4,788,539	4,694,353	4,603,960	4,517,146	4,433,713

ตารางผนวกที่ 4 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เมื่อเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลต่างของ
 ค่าใช้จ่ายระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1 กับการปรับปรุง
 ประสิทธิภาพแนวทางที่ 3 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เปลี่ยนแปลงในช่วง
 5%-20% ต่อปีต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี และอัตราคิดลดของโครงการมีการ
 เปลี่ยนแปลงในช่วง 6%-10% ต่อปี

อุปสงค์ของ ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)				
	i = 6%	i = 7%	i = 8%	i = 9%	i = 10%
ลดลง 20%	39	40	41	42	43
ลดลง 15%	36	37	38	38	39
ลดลง 10%	32	33	33	34	34
ลดลง 5%	30	30	31	31	32
คงที่	29	29	30	30	31
เพิ่มขึ้น 5%	26	26	27	27	27
เพิ่มขึ้น 10%	25	25	25	25	26
เพิ่มขึ้น 15%	24	24	24	25	25
เพิ่มขึ้น 20%	23	23	23	23	23

ตารางผนวกที่ 5 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เมื่อเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลต่างของ
 ค่าใช้จ่ายระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2 กับการปรับปรุง
 ประสิทธิภาพแนวทางที่ 3 เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เปลี่ยนแปลงในช่วง
 5%-20% ต่อปีต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี และอัตราคิดลดของโครงการมีการ
 เปลี่ยนแปลงในช่วง 6%-10% ต่อปี

อุปสงค์ของ ผลิตภัณฑ์ชนิด Z	ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)				
	i = 6%	i = 7%	i = 8%	i = 9%	i = 10%
ลดลง 20%	62	64	67	69	72
ลดลง 15%	53	54	56	58	60
ลดลง 10%	47	48	49	50	51
ลดลง 5%	41	42	43	44	44
คงที่	39	40	40	41	42
เพิ่มขึ้น 5%	35	35	36	36	37
เพิ่มขึ้น 10%	33	34	34	35	35
เพิ่มขึ้น 15%	31	31	32	32	32
เพิ่มขึ้น 20%	29	29	29	30	30

ตัวอย่างการคำนวณกระแสเงินสดของโครงการลงทุน

ตารางผนวกที่ ๖ กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1
เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ลดลง 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี

ค่าใช้จ่าย (บาท)	ปีที่					
	0	1	2	3	4	5
ค่าจ้างพนักงาน						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T		732,266	749,429	766,591	783,754	800,916
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z		427,155	312,262	191,648	130,626	133,486
ค่าล่วงเวลา						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T		170,984	173,288	175,852	178,479	181,363
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z		88,407	61,093	36,295	16,910	10,190
ค่าสวัสดิการพนักงาน						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T						
- ประกันสังคม		36,613	37,471	38,330	39,188	40,046
- ชดพนักงาน		6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
- เงินพิเศษประจำปี		122,044	124,905	127,765	130,626	133,486
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z						
- ประกันสังคม		21,358	15,613	9,582	6,531	6,674
- ชดพนักงาน		3,500	2,500	1,500	1,000	1,000
- เงินพิเศษประจำปี		71,193	52,044	31,941	21,771	22,248
กระแสเงินสดรวม		1,679,521	1,534,606	1,385,505	1,314,885	1,335,409

ตารางผนวกที่ 7 กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1
เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z คงที่ตลอดระยะเวลา 5 ปี

ค่าใช้จ่าย (บาท)	ปีที่					
	0	1	2	3	4	5
ค่าจ้างพนักงาน						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T		732,266	749,429	766,591	783,754	800,916
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z		549,200	562,072	574,944	587,815	600,687
ค่าล่วงเวลา						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T		172,911	119,549	122,286	125,024	127,762
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z		127,479	130,467	133,454	136,442	139,430
ค่าสวัสดิการพนักงาน						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T						
- ประกันสังคม		36,613	37,471	38,330	39,188	40,046
- ชดพนักงน		6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
- เงินพิเศษประจำปี		122,044	124,905	127,765	130,626	133,486
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z						
- ประกันสังคม		27,460	28,104	28,747	29,391	30,034
- ชดพนักงน		4,500	4,500	4,500	4,500	4,500
- เงินพิเศษประจำปี		91,533	93,679	95,824	97,969	100,115
กระแสเงินสดรวม		1,870,008	1,856,175	1,898,442	1,940,709	1,982,977

ตารางผนวกที่ 8 กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 1
เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5
ปี

ค่าใช้จ่าย (บาท)	ปีที่					
	0	1	2	3	4	5
ค่าจ้างพนักงาน						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T		732,266	749,429	766,591	783,754	800,916
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z		732,266	936,786	1,149,887	1,436,882	1,802,062
ค่าล่วงเวลา						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T		174,768	169,113	187,680	194,625	119,716
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z		145,254	187,032	261,863	333,977	420,355
ค่าสวัสดิการพนักงาน						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T						
- ประกันสังคม		36,613	37,471	38,330	39,188	40,046
- ชดพนักงน		6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
- เงินพิเศษประจำปี		122,044	124,905	127,765	130,626	133,486
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z						
- ประกันสังคม		36,613	46,839	57,494	71,844	90,103
- ชดพนักงน		6,000	7,500	9,000	11,000	13,500
- เงินพิเศษประจำปี		122,044	156,131	191,648	239,480	300,344
กระแสเงินสดรวม		2,113,870	2,421,207	2,796,259	3,247,376	3,726,528

ตารางผนวกที่ 9 กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2
เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ลดลง 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี

ค่าใช้จ่าย (บาท)	ปีที่					
	0	1	2	3	4	5
ค่าจ้างพนักงาน						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T		610,222	624,524	638,826	653,128	667,430
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z		427,155	312,262	255,530	195,938	133,486
ค่าล่วงเวลา						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T		29,818	32,334	32,315	31,033	32,016
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z		46,322	31,604	26,229	19,983	13,575
ค่าสวัสดิการพนักงาน						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T						
- ประกันสังคม		30,511	31,226	31,941	32,656	33,372
- ชดพนักงาน		5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
- เงินพิเศษประจำปี		101,704	104,087	106,471	108,855	111,238
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z						
- ประกันสังคม		21,358	15,613	12,777	9,797	6,674
- ชดพนักงาน		3,500	2,500	2,000	1,500	1,000
- เงินพิเศษประจำปี		71,193	52,044	42,588	32,656	22,248
กระแสเงินสดรวม		1,346,783	1,211,195	1,153,678	1,090,547	1,026,039

ตารางผนวกที่ 10 กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2
เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z คงที่ตลอดระยะเวลา 5 ปี

ค่าใช้จ่าย (บาท)	ปีที่					
	0	1	2	3	4	5
ค่าจ้างพนักงาน						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T		610,222	624,524	638,826	653,128	667,430
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z		549,200	562,072	574,944	587,815	600,687
ค่าล่วงเวลา						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T		33,044	17,167	17,560	17,953	18,346
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z		54,681	55,962	57,244	58,525	59,807
ค่าสวัสดิการพนักงาน						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T						
- ประกันสังคม		30,511	31,226	31,941	32,656	33,372
- ชดพนักงน		5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
- เงินพิเศษประจำปี		101,704	104,087	106,471	108,855	111,238
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z						
- ประกันสังคม		27,460	28,104	28,747	29,391	30,034
- ชดพนักงน		4,500	4,500	4,500	4,500	4,500
- เงินพิเศษประจำปี		91,533	93,679	95,824	97,969	100,115
กระแสเงินสดรวม		1,507,854	1,526,320	1,561,057	1,595,793	1,630,530

ตารางผนวกที่ 11 กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 2
เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี

ค่าใช้จ่าย (บาท)	ปีที่					
	0	1	2	3	4	5
ค่าจ้างพนักงาน						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T		610,222	624,524	638,826	653,128	667,430
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z		671,244	874,334	1,086,005	1,306,257	1,668,576
ค่าล่วงเวลา						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T		33,644	31,409	34,447	34,009	35,208
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z		71,181	96,471	123,214	146,879	179,341
ค่าสวัสดิการพนักงาน						
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด T						
- ประกันสังคม		30,511	31,226	31,941	32,656	33,372
- ชดพนักงน		5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
- เงินพิเศษประจำปี		101,704	104,087	106,471	108,855	111,238
สายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด Z						
- ประกันสังคม		33,562	43,717	54,300	65,313	83,429
- ชดพนักงน		5,500	7,000	8,500	10,000	12,500
- เงินพิเศษประจำปี		111,874	145,722	181,001	217,709	278,096
กระแสเงินสดรวม		1,674,443	1,963,490	2,269,705	2,579,807	3,074,190

ตารางผนวกที่ 12 กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3
เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z ลดลง 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5
ปี

ค่าใช้จ่าย (บาท)	ปีที่					
	0	1	2	3	4	5
การลงทุน						
เครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอม	3,100,000					
อัตโนมัติ						
ค่าจ้าง						
พนักงานควบคุมเครื่องจักร		122,044	124,905	127,765	130,626	133,486
ค่าสวัสดิการพนักงาน						
- ประกันสังคม		6,102	6,245	6,388	6,531	6,674
- ชดพนักงาน		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
- เงินพิเศษประจำปี		20,341	20,817	21,294	21,771	22,248
ค่าไฟฟ้า		2,640	2,753	2,876	3,007	3,146
ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร		310,000	310,000	310,000	310,000	310,000
กระแสเงินสดรวม	3,100,000	462,127	465,721	469,323	472,935	476,554

ตารางผนวกที่ 13 กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3
เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z คงที่ตลอดระยะเวลา 5 ปี

ค่าใช้จ่าย (บาท)	ปีที่					
	0	1	2	3	4	5
การลงทุน						
เครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอม	3,100,000					
อัตโนมัติ						
ค่าจ้าง						
พนักงานควบคุมเครื่องจักร		122,044	124,905	127,765	130,626	133,486
ค่าสวัสดิการพนักงาน						
- ประกันสังคม		1,017	1,041	1,065	1,089	1,112
- ชดพนักงาน		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
- เงินพิเศษประจำปี		20,341	20,817	21,294	21,771	22,248
ค่าไฟฟ้า		2,661	2,794	2,934	3,081	3,235
ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร		310,000	310,000	310,000	310,000	310,000
กระแสเงินสดรวม	3,100,000	462,149	465,762	469,382	473,009	476,643

ตารางผนวกที่ 14 กระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพแนวทางที่ 3
เมื่ออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ชนิด Z เพิ่มขึ้น 20% ต่อปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5
ปี

ค่าใช้จ่าย (บาท)	ปีที่					
	0	1	2	3	4	5
การลงทุน						
เครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอม	3,100,000					
อัตโนมัติ						
ค่าจ้าง						
พนักงานควบคุมเครื่องจักร		122,044	124,905	127,765	130,626	133,486
ค่าสวัสดิการพนักงาน						
- ประกันสังคม		6,102	6,245	6,388	6,531	6,674
- ชดพนักงาน		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
- เงินพิเศษประจำปี		20,341	20,817	21,294	21,771	22,248
ค่าไฟฟ้า		2,683	2,844	3,021	3,215	3,431
ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร		310,000	310,000	310,000	310,000	310,000
กระแสเงินสดรวม	3,100,000	462,170	465,812	469,469	473,143	476,839

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาววรรณวิภา เสรณีวิชัยกิจการ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 6 ธันวาคม 2524
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) เกียรตินิยมอันดับ 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ผลงานทางวิชาการ	Seraneevijaikitkhan, W., P. Parthanadee and J. Buddhakulsomsiri. 2007. Production efficiency improvement: a case study in roasted and ground coffee industry, p. 20. <i>In Food Innovation Asia 2007 The 9th Agro-Industry Conference</i> . Food Science and Technology Association of Thailand, Bangkok, Thailand. [CD-ROM] Seraneevijaikitkhan, 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. <i>In RGJ Seminar Series: Advanced Researches in Food Value Chain</i> . Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (Poster)
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-