



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การจัดลำดับการผลิตด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษาโรงงานอาหารสัตว์สำหรับโคนม

Production sequence using simulation technique: a case study of feed factory for dairy cows

นรา สมัตถภาพงค์¹ ปราโมทย์ ทองมัน¹ จิตติ หมอรักษา^{2*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000

² สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ โครงการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์บูรณาการและเทคโนโลยี วิทยาเขตจันทบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดจันทบุรี 22210

Nara Samattapapong¹ Pramote Thongman¹ Thiti Mhoraksa^{2*}

¹ School of Industrial Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000

² Department of Industrial Engineering, Establishment Project Faculty of Integrated Engineering and Technology, Chanthaburi Campus, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok, Chanthaburi, 22210

* Corresponding author.

E-mail: thiti_mh@rmutto.ac.th; Telephone: 08 3154 8929

วันที่รับบทความ 30 กรกฎาคม 2564; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 24 กันยายน 2564; วันที่ตอบรับบทความ 22 ตุลาคม 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim[®] ในการหาวิธีจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโรงงานกรณีศึกษา ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อทดลองหาวิธีจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสม โดยการป้อนคำสั่งซื้อ 25 งาน จำนวนการผลิตรวม 520 ตัน เข้าไปในแบบจำลองสถานการณ์ จากนั้นทดลองจัดลำดับการผลิตแบบ Earliest Due Date (EDD), Least Work Remaining (LWKR) และ Most Work Remaining (MWKR) โดยดำเนินการทดลองซ้ำวิธีละ 30 ครั้ง การวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่า การจัดลำดับการผลิตแบบปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา ใช้เวลาทั้งหมดในการดำเนินงาน 200.71 ชั่วโมง และมีงานเสร็จล่าช้า 3 งาน การจัดลำดับการผลิตแบบ EDD ใช้เวลาทั้งหมดในการดำเนินงาน 170.58 ชั่วโมง และไม่มีการล่าช้า การจัดลำดับการผลิตแบบ LWKR ใช้เวลาทั้งหมดในการดำเนินงาน 167.54 ชั่วโมง และไม่มีการล่าช้า การจัดลำดับการผลิตแบบ MWKR ใช้เวลาทั้งหมดในการดำเนินงาน 171.73 ชั่วโมง และมีงานเสร็จล่าช้า 6 งาน เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองการจัดลำดับการผลิตแบบ LWKR มีความเหมาะสมที่สุดโดยใช้เวลาทั้งหมดในการดำเนินงาน 167.54 ชั่วโมง สามารถลดเวลาการดำเนินงานลงได้ 19.8 % และไม่มีการล่าช้า

คำสำคัญ

การจำลองสถานการณ์ การจัดลำดับ การผลิตแบบต่อเนื่อง จำนวนงานล่าช้า โรงงานอาหารสัตว์

Abstract

The objective of this research was to apply the Flexsim[®] simulation program to find the most suitable production sequence for the case study factory. The researchers experimented and found the most appropriate production sequence by entering 25 jobs with the total production amount of 520 tons into the simulation model and experimenting with the production order of Earliest Due Date (EDD), Least Work Remaining (LWKR) and Most Work Remaining (MWKR) by

experimenting with 30 replications in each format. Based on the analysis of the experimental results, it was found that the current production sequence of the factory has a makespan time of 200.71 hours and the number of tardy jobs is 3 jobs. The EDD production sequence has a makespan time of 170.58 hours without tardy jobs. The LWKR production sequence has a makespan time of 167.54 hours without tardy jobs. The MWKR production sequence has a makespan time of 171.73 hours and the number of tardy jobs is 6 jobs. From the experimental results, it was found that the LWKR production sequence is most suitable because the makespan time is 167.54 hours which is the smallest production time and can reduce operation time by 19.8 % without tardy jobs.

Keywords

simulation; sequence; continuous manufacturing; number of tardy jobs; feed factory

1. บทนำ

อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ มีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ ทำให้อุตสาหกรรมการผลิตวัตถุดิบสำหรับอาหารสัตว์มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วเพิ่มขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ ยังพบว่า ชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ทำให้ประชากรหันมาใส่ใจในเรื่องอาหารการกินมากขึ้น มีความต้องการในการบริโภคเนื้อสัตว์เพิ่มสูงขึ้น จึงส่งผลให้ความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์เพื่อการปศุสัตว์เพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งในประเทศไทยมีเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์กระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และจังหวัดที่มีเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์มากที่สุด คือ จังหวัดนครราชสีมา [1]

โรงงานการณศึกษานั้นเป็นโรงงานผลิตอาหารสัตว์ (แร่ธาตุสำหรับโคนม) ตั้งอยู่ในจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีกระบวนการผลิตแบบกลุ่ม (Batch Production) มีลักษณะการผลิตแบบตามคำสั่งซื้อ (Made-to-order) และการผลิตเพื่อรอจำหน่าย (Made-to-stock) โรงงานมีการผลิตสินค้าหลายสูตรโดยใช้กระบวนการผลิตเดียวกัน ซึ่งจากการศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานการณศึกษา พบว่า ฝ่ายผลิตวางแผนการผลิตโดยอาศัยประสบการณ์ในการทำงาน และไม่ได้มีการจัดลำดับการผลิตโดยอ้างอิงตามกฎเกณฑ์หรือทฤษฎีใด ๆ กล่าวคือ เมื่อรับคำสั่งซื้อของลูกค้ามาก็ทำการผลิตเลย โดยไม่ได้นำปัจจัยเรื่องปริมาณ และวันส่งมอบมาใช้ในการวางแผนการผลิต และการจัดลำดับการผลิต ทำให้มีจำนวนงานล่าช้าเกิดขึ้น การวางแผนการใช้ทรัพยากร และเตรียมการทำได้ยาก เนื่องจากไม่ทราบปริมาณการใช้ทรัพยากรที่แท้จริงในแต่ละวัน ซึ่งปัญหาเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตเป็นปัญหาหนึ่งที่มีความซับซ้อนเนื่องจากมีข้อจำกัดในการจัดตารางการผลิต และอาจจะทำให้

การผลิตไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ประกอบการที่ต้องการเพิ่มผลผลิตจากเดิมเพื่อรองรับคำสั่งซื้อที่มากขึ้นในอนาคต

การจัดตารางการผลิต (Production Scheduling) เป็นกิจกรรมที่ดำเนินการของผู้ผลิต เพื่อจัดการ และควบคุมกระบวนการผลิต ให้ดำเนินกิจกรรม และใช้ทรัพยากรที่มีให้เป็นไปตามแผน [2] ส่งผลให้ทำการผลิตเสร็จทันตามกำหนดเวลาส่งมอบตามคำสั่งซื้อของลูกค้า

จากปัญหาดังกล่าวคณะวิจัยจึงมีแนวคิดในการหาวิธีจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสมสำหรับบริษัทกรณีศึกษา ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์มาช่วยในการหาการจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมมาใช้ในการวิจัยทั้งใน และต่างประเทศอย่างกว้างขวางในการออกแบบระบบการผลิต การวิเคราะห์ระบบ และการปรับปรุงระบบ โดยการสร้างแบบจำลองนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ทำการทดลองกับแบบจำลอง และการทำความเข้าใจประสิทธิภาพของระบบภายใต้สภาวะการทำงานที่แตกต่างกัน ประเมินกลยุทธ์การจัดการทางเลือก และการตัดสินใจทางเลือก [3] นอกจากนี้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ยังถูกนำไปใช้ในหลากหลายด้าน เช่น งานวิจัยด้านการปรับปรุงการดำเนินงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต [4-7] งานวิจัยด้านการจัดการคลังสินค้า [8-10] งานวิจัยด้านการปรับปรุงการดำเนินงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการ [11-12] งานวิจัยด้านการวิเคราะห์ปัญหาการจราจร [13] งานวิจัยด้านความปลอดภัย [14] ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง คณะวิจัยจึงนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม (Simulation-optimization) มาใช้ เนื่องจากเป็นเทคนิคที่เหมาะสมกับ

ปัญหาของระบบของโรงงานกรณีศึกษาที่มีลักษณะที่ซับซ้อนและมีความไม่แน่นอนของข้อมูล (Stochastic) เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งการจำลองสถานการณ์สามารถนำมาวิเคราะห์ระบบที่มีลักษณะดังกล่าวได้ โดยผู้วิจัยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim® ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของระบบจริงและหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่ทำให้เวลาปฏิกิริยาของระบบ (Makespan) และเวลาล่าช้าของงาน (Tardiness) มีค่าน้อยที่สุด

2. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิธีฮิวริสติก (Heuristic Method)

วิธีฮิวริสติก เป็นแบบจำลองที่ใช้แก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อน โดยปัญหาที่ไม่มีโครงสร้าง และปัญหาที่โครงสร้างซึ่งมีตัวแปรที่มีค่าไม่แน่นอน เนื่องจากการแก้ไขปัญหามิใช่ฮิวริสติกโดยแท้จริงก็คือ การแก้ไขปัญหโดยอาศัยกฎเกณฑ์ง่าย ๆ ซึ่งเกิดจากประสบการณ์ในการแก้ปัญหาลักษณะเดียวกันในอดีต จึงทำให้การแก้ปัญหามีความรวดเร็วมากขึ้นนั่นเอง และการใช้ทฤษฎีฮิวริสติก เพื่อจะนำมาแก้ปัญหการจัดตารางการผลิต ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา และปัญหาดังกล่าวนี้อาจอธิบายได้ด้วยแบบจำลอง เพื่อแสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ไขปัญหามาจากการใช้ทฤษฎีฮิวริสติกอาจจะไม่ใช่ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเสมอไป แต่เป็นแนวทางที่ไม่ต้องอาศัยกำหนดฟังก์ชันหรือสมการใด ๆ มากมาย รวมทั้งเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาก็ไม่ต้องอาศัยสูตรคำนวณใด ๆ เลย ซึ่งเป็นการใช้หลักลำดับความสำคัญเป็นเกณฑ์ ในการใช้จัดตารางการผลิตซึ่งจะใช้ร่วมกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบต่าง ๆ โดยสามารถจำแนกแยกย่อยตามลักษณะของลำดับความสำคัญได้ดังนี้ เช่น

1) เลือกงานที่เวลาการทำงานน้อยสุดก่อน (Shortest Processing Time: SPT) กฎนี้จะให้ความสำคัญกับเวลาในการผลิต โดยงานที่มีเวลาในการผลิตสั้นกว่าจะถูกนำมาทำก่อน ส่วนงานที่ใช้เวลาในการผลิตยาวนานกว่าจะถูกนำมาทำเป็นลำดับถัดไป

2) เลือกงานที่มีจำนวนการทำงานที่เหลืออยู่น้อยสุด (Least Work Remaining: LWKR) กฎนี้เป็นการเลือกขั้นตอนการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับงานที่มีภาระงานน้อยที่สุดก่อน

3) เลือกงานที่สามารถทำงานได้ก่อนมาทำก่อน (First In First Out: FIFO) กฎนี้จะพิจารณางานที่สามารถทำงานได้ก่อนมาทำก่อนเป็นสำคัญ

4) เลือกงานที่เข้ามาก่อนทำก่อน (First Arrival at the Shop First Serve: FASFS) กฎนี้จะพิจารณางานที่เข้ามาสู่ระบบก่อนเป็นสำคัญ

5) เลือกงานที่มีกำหนดส่งมอบเร็วสุดทำก่อน (Early Due Date: EDD) กฎนี้จะพิจารณาเวลาส่งมอบงานเป็นสำคัญ โดยงานที่มีกำหนดส่งมอบที่เร็วกว่าจะถูกนำมาทำก่อนงานที่มีกำหนดส่งมอบที่ช้ากว่า

6) เลือกงานที่มีเวลาเหลือน้อยสุดทำก่อน (Minimum Slack Time: SLACK) พิจารณาจัดลำดับงานโดยใช้ค่าเวลายืดหยุ่นของงาน โดยงานที่มีเวลายืดหยุ่นน้อยกว่าจะถูกนำมาทำก่อนงานที่มีเวลายืดหยุ่นมากกว่า

7) เลือกงานที่เหลือก่อนทำงานมากที่สุดทำก่อน (Most Work Remaining: MWKR) กฎนี้เป็นการเลือกขั้นตอนการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับงานที่มีภาระงานที่เหลืออยู่มากที่สุดก่อน

8) เลือกงานแบบสุ่ม (Random: RAND) [15-17]

แนวคิดของการใช้ทฤษฎีฮิวริสติกจะมีประโยชน์ต่อผู้ตัดสินใจมากที่สุด สำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อน และมีขนาดใหญ่มาก ที่ต้องอาศัยการทำซ้ำเป็นจำนวนหลายรอบ

วิธีฮิวริสติกถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหการจัดตารางการผลิตในหลาย ๆ งาน หลายประเภทอุตสาหกรรม ตัวอย่าง เช่น การจัดตารางการผลิตโรงงานผลิตชิ้นส่วนงานปั๊มขึ้นรูป [18] การจัดตารางการผลิตด้วยวิธีฮิวริสติกเพื่อลดจำนวนงานล่าช้าในโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ [19] การจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแบบตามสั่งในโรงงานย้อมผ้า [20] การปรับปรุงการจัดตารางการผลิตเพื่อลดการส่งงานล่าช้าในโรงงานผลิตชิ้นส่วนทางอากาศยาน [21] ซึ่งงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นมีการแก้ไขปัญหามีความรวดเร็วมากขึ้น และได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม

2.2 การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์

การจำลองสถานการณ์ คือ การรวบรวมพฤติกรรมของระบบต่าง ๆ เพื่อที่จะศึกษาการไหลของกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีการเก็บข้อมูล และทำการวิเคราะห์หารูปแบบที่

ถูกต้องเพื่อปรับปรุงในอนาคต [22] ปัจจุบันการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์เป็นที่นิยมใช้ที่สุดของการใช้แบบจำลองแบบปัญหา เพราะสามารถใช้ได้กับปัญหาของระบบงานได้มากมายหลายประเภท จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ทราบว่าปัจจุบันเป็นเทคนิคที่ได้รับการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง โดยที่การจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์จะต้องมีข้อมูลทั้งที่เป็นข้อมูลนำเข้า และผลลัพธ์จากแบบจำลอง และโดยปกติข้อมูลต่าง ๆ ในระบบงานจะเป็นข้อมูลที่มีความผันแปรไม่แน่นอน และมีการแปรเปลี่ยนตามเวลา ดังนั้นการจัดเตรียม และการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ต้องอาศัยวิธีการทางสถิติเข้าช่วย [23] แต่เนื่องจากการปฏิบัติงานจริงไม่สามารถที่จะทำการทดลองหรือปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานได้จนกว่าจะมองเห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับ เช่น การขจัดปัญหาที่อยู่นอกเหนือความคาดหมายที่เกิดขึ้น ทำให้กระบวนการผลิตช้าลง ดังนั้นการจำลองสถานการณ์จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์สภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบันของระบบ และช่วยหาแนวทางหรือทางเลือก (Scenario) ที่เหมาะสม ก่อนนำไปใช้กับสถานการณ์หรือการปฏิบัติงานจริง ซึ่งจะช่วยให้ลดความเสี่ยงในการเกิดความผิดพลาด หรือความล้มเหลวได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้ประหยัดทั้งค่าใช้จ่าย และเวลาได้อีกทางด้วย สิ่งสำคัญหรือข้อดีของการจำลองสถานการณ์คือมีความสมเหตุสมผล และสามารถพิสูจน์ได้ภายใต้ปัจจัยการนำเข้า (Input) และนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ (Output) ที่ระบบประมวลออกมา [24]

ปัจจุบันเทคนิคการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดการตารางการผลิตในหลาย ๆ งานหลายประเภทอุตสาหกรรม ตัวอย่าง เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการตารางการผลิตในอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ [25] การแก้ปัญหาการผลิตไม่ทัน และการส่งมอบงานล่าช้าในโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป [26] การใช้แบบจำลองเพื่อลดต้นทุนการใช้พลังงาน [27] การแก้ปัญหาการลำดับเวลาในการขุดเหมืองเพื่อลดระยะเวลาการขุดให้เสร็จสมบูรณ์สูงสุด [28] การลดภาระงานเกินที่บางสถานียานของสายการประกอบเครื่องยนต์ดีเซล [29] ประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ของสายการผลิตผลิตภัณฑ์ยา [30] ซึ่งงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม

ภายใต้เวลาที่สั้น นอกจากนี้ยังสามารถช่วยให้มองเห็นปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ และภาพการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจน อีกทั้งไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานจริง ง่ายต่อการพิจารณาการนำไปปรับใช้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการสร้างแบบจำลองสถานการณ์คอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีฮิวริสติกสำหรับโรงงานกรณีศึกษา ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาสภาพปัจจุบันของทางโรงงานกรณีศึกษา

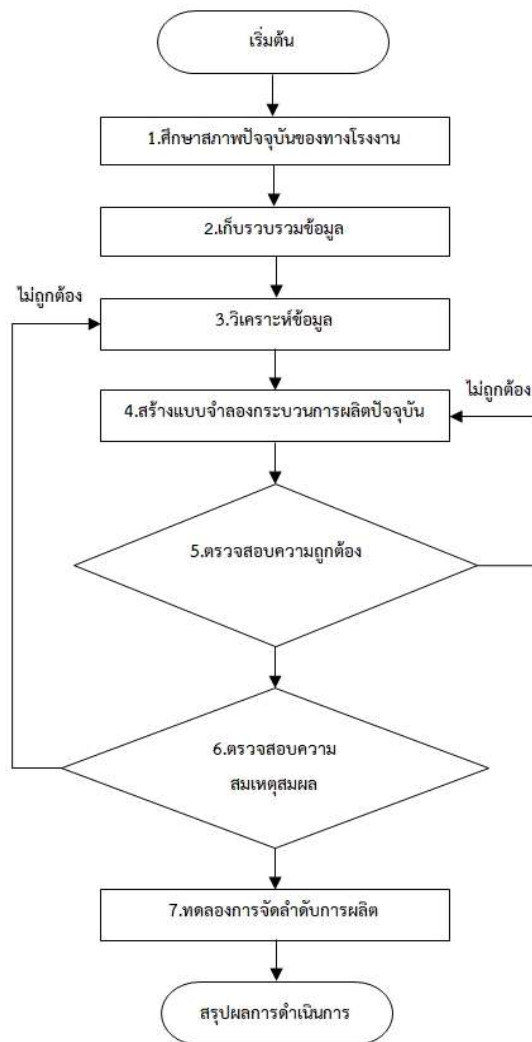
โรงงานกรณีศึกษาเป็นธุรกิจขนาดกลาง โดยดำเนินงานเกี่ยวกับการผลิตแร่ธาตุสำหรับโคเนียม สถานที่ตั้งอยู่ในจังหวัดนครราชสีมา โดยมีวันทำงานคือ วันจันทร์ถึงวันศุกร์ ตั้งแต่เวลา 08.00 – 17.00 น.

ผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา คือ แร่ธาตุเสริม สำหรับโคทุทุกขนาดอายุ สรรพคุณเสริมแร่ธาตุสำหรับโคเนียม ซึ่งโรงงานมีกระบวนการผลิตแบบกลุ่ม (Batch Production) โดยลักษณะการผลิตของโรงงานคือ ผลิตแบบตามคำสั่งซื้อ (Made-to-order) และการผลิตเพื่อรอจำหน่าย (Made-to-stock) โรงงานมีการผลิตสินค้าทั้งหมด 4 สูตร โดยใช้กระบวนการผลิตเดียวกัน สามารถแบ่งกระบวนการผลิตเป็นกระบวนการย่อยต่าง ๆ ได้ดังนี้

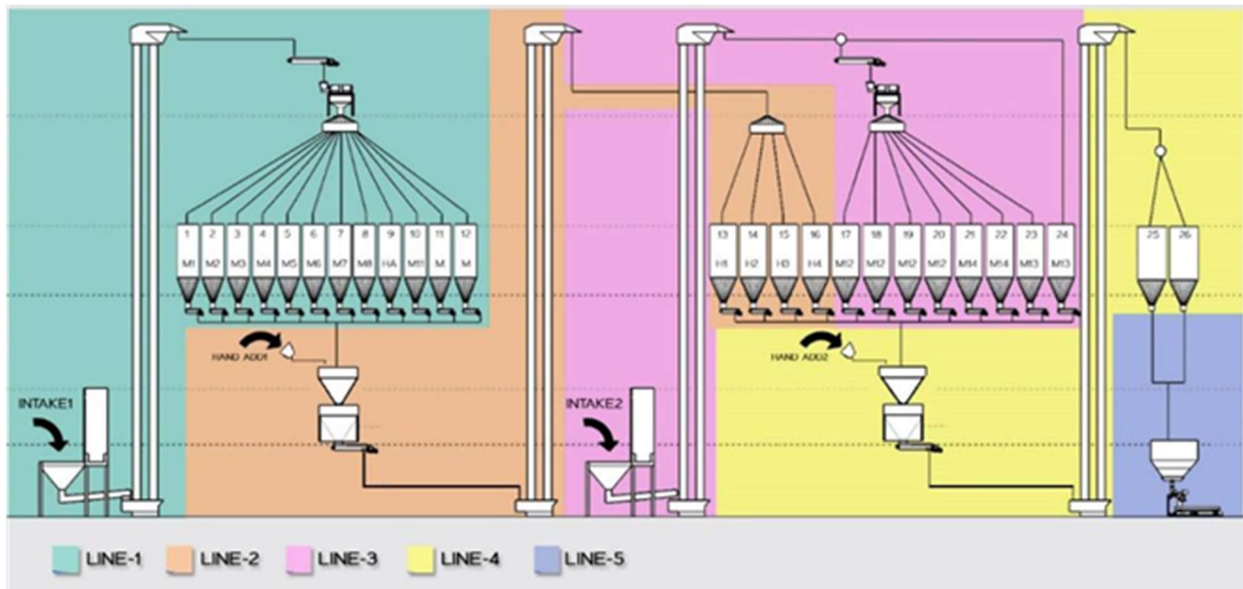
จากรูปที่ 2 การศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาสามารถแบ่งกระบวนการผลิตได้เป็นกระบวนการย่อยต่าง ๆ ได้ดังนี้

1) กระบวนการนำเข้าวัตถุดิบสำหรับผลิตหัวแร่ คือ กระบวนการลำเลียงวัตถุดิบสำหรับผลิตหัวแร่ มาเก็บในถังเก็บเพื่อรอผสม โดยวัตถุดิบสำหรับใช้ผลิตหัวแร่มี 12 ชนิด

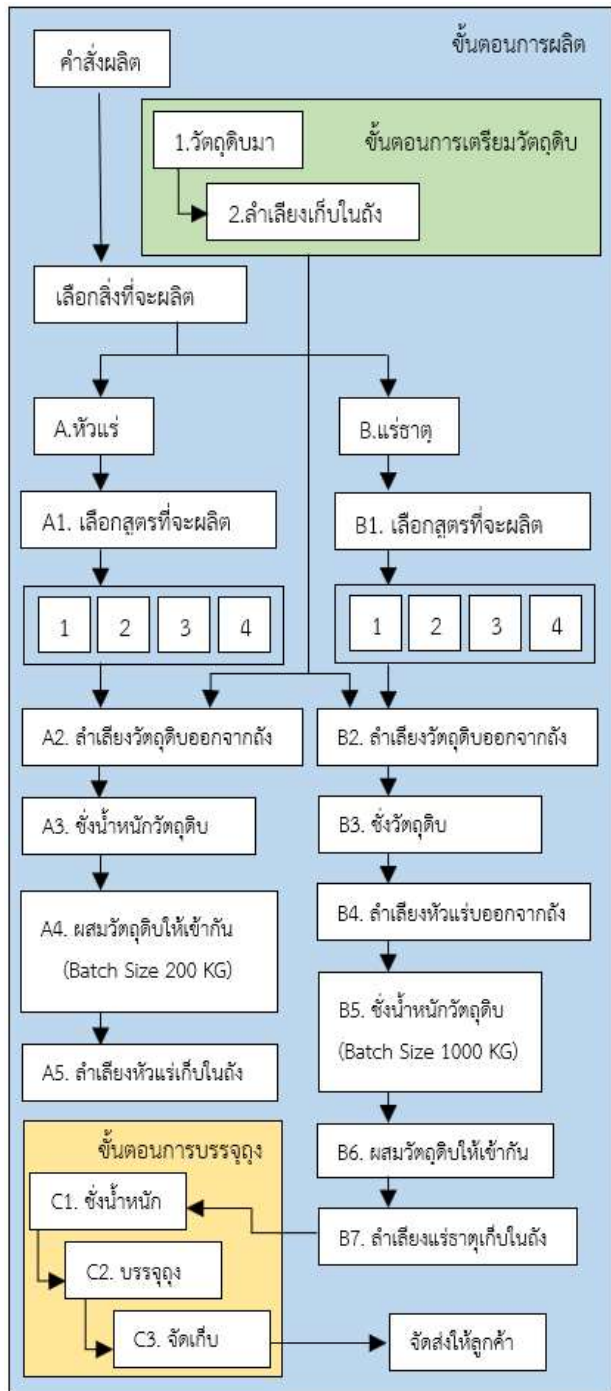
2) กระบวนการผลิตหัวแร่ คือ กระบวนการผลิตหัวแร่สำหรับนำไปเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตแร่ธาตุ โดยกระบวนการผลิตจะเริ่มจากการตั้งวัตถุดิบออกมาจากถังเก็บเพื่อมาผสมเป็นหัวแร่มี Batch Size 200 กิโลกรัม โดยตั้งวัตถุดิบครั้งละ 1 ชนิด จนปริมาณได้ครบตามสูตร (มีทั้งหมด 4 สูตร)



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



รูปที่ 2 ภาพรวมกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา



รูปที่ 3 ขั้นตอนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

3) กระบวนการนำเข้าวัตถุดิบสำหรับผลิตแร่ธาตุ คือ กระบวนการลำเลียงวัตถุดิบสำหรับผลิตแร่ธาตุมาเก็บในถังเก็บเพื่อรอผสม โดยวัตถุดิบสำหรับใช้ผลิตแร่ธาตุมี 4 ชนิด

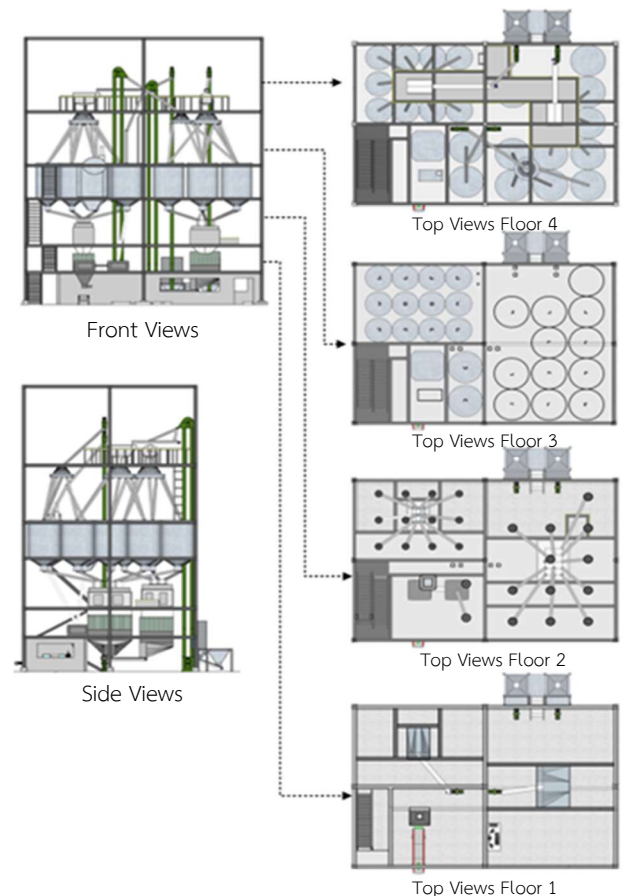
4) กระบวนการผลิตแร่ธาตุ คือ กระบวนการที่จะผสมส่วนผสมทุกอย่างตามสูตรเข้าด้วยกัน เริ่มจากการตั้งหัวแร่ออกมา 1 สูตร และวัตถุดิบอื่น ๆ ออกมาจากถังเก็บเพื่อมา

ผสมเป็นแร่ธาตุมี Batch Size 1,000 กิโลกรัม โดยตั้งวัตถุดิบครั้งละ 1 ชนิด จนปริมาณได้ครบตามสูตรที่กำหนดไว้ (มีทั้งหมด 4 สูตร)

5) กระบวนการบรรจุถุง คือ กระบวนการบรรจุแร่ธาตุลงถุง โดยมีขั้นตอนในการบรรจุ 3 ขั้นตอน คือ กรอกลงถุง เย็บปิดปากถุง และจัดเรียงลงพาเลทเพื่อทำการจัดส่งให้แก่ลูกค้าตามคำสั่งซื้อ

ขั้นตอนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา แบ่งออกเป็นออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ ขั้นตอนการผลิต ขั้นตอนการบรรจุ ดังแสดงในรูปที่ 3

จากการศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงาน กรณีศึกษา ลักษณะพื้นที่ในการผลิตของโรงงานแบ่งออกเป็น 4 ชั้น ในแต่ละชั้นจะมีพื้นที่ทำงานแบ่งแยกออกไปตามกระบวนการผลิต แสดงดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 4 ลักษณะพื้นที่ในการผลิต

3.2 การเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า

ขั้นตอนนี้มีความจำเป็นอย่างมากสำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โดยในงานวิจัยนี้มีการเก็บข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim Simulation ทั้งหมด 6 ส่วน คือ

- 1) ตัวอย่างคำสั่งซื้อ
- 2) เวลาที่ใช้ในการผลิต
- 3) อัตราการไหล (Flow Rate)
- 4) ความสามารถในการจุ (Content)
- 5) ขนาด และความยาวของท่อลำเลียง
- 6) พฤติกรรมของระบบการผลิต

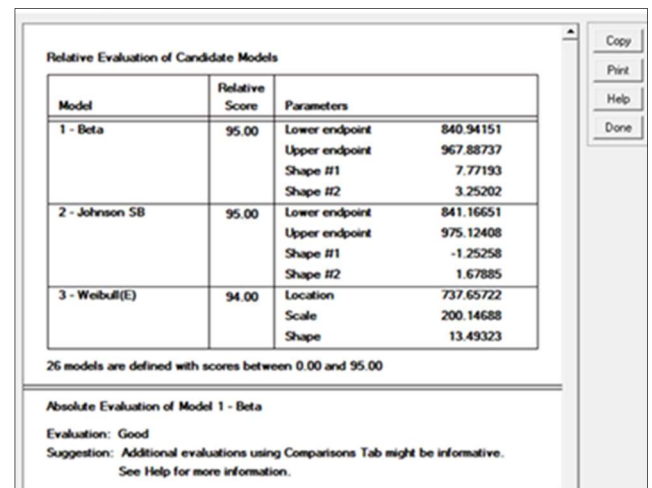
ตารางที่ 1 คำสั่งซื้อแร่ธาตุเดือนพฤศจิกายน 2562

ลูกค้า	สูตรแร่ธาตุ	จัดส่งภายใน (วัน)	ปริมาณที่สั่งผลิต (ตัน)
1	1	15	20
2	2	25	10
3	3	28	35
4	4	35	6
5	2	40	10
6	2	35	10
7	1	15	30
8	3	45	40
9	3	45	10
10	3	40	30
11	3	30	50
12	3	30	40
13	3	23	20
14	1	12	10
15	3	25	30
16	3	35	10
17	3	30	30
18	1	45	20
19	3	20	10
20	3	30	20
21	3	45	30
22	3	24	10
23	3	20	10
24	3	25	25
25	4	10	4
จำนวนการผลิตรวม (ตัน)			520

โดยในการเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าในการวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะการผลิตแร่ธาตุ สาเหตุเนื่องมาจากการเก็บข้อมูล พบว่า การผลิตหัวแร่แต่ละครั้งใช้ปริมาณน้อยมาก และมีส่วนผสม และขั้นตอนการผลิตที่สั้นมาก ซึ่งไม่ส่งผลต่อการวางแผนหรือการผลิตโดยรวม จึงไม่นำมาวิเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหาในการวิจัยนี้ด้วย

จากตารางที่ 1 การทดลองการจัดลำดับการผลิตด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตแร่ธาตุสำหรับคอนกรีต ใช้จำนวนคำสั่งซื้อที่นำมาทดลองคือ 25 คำสั่งซื้อ จำนวนการผลิตรวม 520 ตัน

โดยในส่วนของคุณสมบัติเวลาที่ใช้ในการผลิต หลังจากการเก็บข้อมูลเวลามา ได้นำมาวิเคราะห์หาแบบการกระจายตัวของข้อมูล ด้วยเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ โปรแกรม Expert Fit[®] ที่เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยเก็บข้อมูลเวลา และได้ข้อมูลไปวิเคราะห์การกระจายตัวทางสถิติในโปรแกรม เมื่อวิเคราะห์การกระจายตัวแล้วเลือกให้โปรแกรมเลือกรูปแบบการกระจายตัวที่ดีที่สุดสำหรับชุดข้อมูลแบบอัตโนมัติ จะได้ผลการวิเคราะห์แสดงดังนี้



Model	Relative Score	Parameters
1 - Beta	95.00	Lower endpoint: 840.94151 Upper endpoint: 967.88737 Shape #1: 7.77193 Shape #2: 3.25202
2 - Johnson SB	95.00	Lower endpoint: 841.16651 Upper endpoint: 975.12408 Shape #1: -1.25258 Shape #2: 1.67885
3 - Weibull(E)	94.00	Location: 737.65722 Scale: 200.14688 Shape: 13.49323

26 models are defined with scores between 0.00 and 95.00

Absolute Evaluation of Model 1 - Beta
Evaluation: Good
Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.
See Help for more information.

รูปที่ 5 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากโปรแกรม

จากรูปที่ 5 เมื่อโปรแกรมทำการเลือกรูปแบบการกระจายตัวที่ดีที่สุดแบบอัตโนมัติ จะได้ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางโดยผู้วิจัยเลือกใช้ผลการวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวของข้อมูลอันดับที่ 1 จาก 3 อันดับที่ดีที่สุด

ตารางที่ 2 รูปแบบการกระจายตัวของข้อมูล

ขั้นตอน	รูปแบบ	รายละเอียดการกระจายตัวเวลาการผลิต	
ผสมหัวแร่	Weibull	Location: 1200.35961	Scale: 89.93538
			Shape: 2.53353
ผสมแร่ธาตุ	Beta	Lower: 900.83120	Upper: 990.54915
		Shape1: 7.77193	Shape2: 3.25202
บรรจุลงถุง	Erlang	Location: 3.85910	Scale: 1.14711
			Shape: 32
เย็บปากถุง	Johnson	Lower: 9.91619	Upper: 19.16951
		Shape1: 0.35020	Shape2: 0.70885
จัดลงพาเลท	Johnson	Lower: 3.07983	Upper: 8.64569
		Shape1: -0.12756	Shape2: 0.51468

จากตารางที่ 2 อธิบายเพิ่มเติมเวลาที่เครื่องจักรใช้ในการผสมทั้งหัวแร่ และแร่ธาตุเป็นค่าคงที่ คือ ผสมหัวแร่ 1,200 วินาที ผสมแร่ธาตุ 900 วินาที แต่เวลาในขั้นตอนการผสมประกอบด้วย เวลาที่ใช้ผสม + เวลาที่วัตถุดิบไหลออกจนหมด (เวลาที่วัตถุดิบไหลออกแต่ละครั้ง มีความผันแปรของเวลาไม่เท่ากัน) ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ค่าคงที่ได้ ต้องมีการเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการผสมนำมาวิเคราะห์หารูปแบบการกระจายตัวของข้อมูล เมื่อทำการวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตแล้ว จากนั้นดำเนินการเก็บข้อมูลเวลาที่วัตถุดิบไหล และปริมาณที่วัตถุดิบไหลในแต่ละเครื่องสกรูลำเลียง เพื่อนำมาคำนวณหาอัตราการไหลของวัตถุดิบที่เครื่องสกรูลำเลียง (โดยลำเลียงจากภายในถึงจนถึงเครื่องผสม) ซึ่งอัตราการไหลแสดงดังนี้

จากตารางที่ 3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลจำนวน 20 ครั้งต่อเครื่องสกรูลำเลียง จากนั้นนำเวลาที่วัตถุดิบใช้ในการไหลผ่านมาหาค่าเฉลี่ย และนำปริมาณที่วัตถุดิบไหลผ่านมาคำนวณหาอัตราการไหล

ตารางที่ 3 อัตราการไหลของวัตถุดิบที่สกรูลำเลียง

สกรูหมายเลข	ปริมาณไหลผ่าน (กิโลกรัม)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	อัตราการไหล (กิโลกรัม/วินาที)
1	18.50	100.50	0.18
2	6.50	27.90	0.23
4	15.40	23.70	0.65
5	10.00	25.90	0.39
6	1.40	8.50	0.16
7	5.00	17.80	0.28
8	55.00	52.20	1.05
9	39.00	47.50	0.82
10	50.00	51.90	0.96
13	100.00	44.00	2.27
14	200.00	62.80	3.18
17	370.00	157.90	2.34
21	58.00	16.80	3.45
24	360.00	113.50	3.17

ตารางที่ 4 ตัวอย่างข้อมูลความจุ และขนาดของเครื่องจักร

ลำดับ	เครื่องจักร และอุปกรณ์	ระยะทาง (เมตร)	ความจุ (กิโลกรัม)
1	Hopper intake line 1	-	1000.00
2	Screw 1 intake line 1	2.50	79.00
3	Bucket Elevator line 1	17.00	45.00
4	Pipe intake line 1	2.00	64.00
5	Screw 2 intake line 1	2.00	63.00
6	Feed Clearer machine line 1	-	100.00
7	pipe Drum sieve mc line 1	1.00	100.00
8	Turn Heads intake line 1	-	100.00
9	Pipe 1 line 1	3.50	112.00
10	Pipe 2 line 1	3.00	96.00

จากตารางที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลพื้นฐานของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยเป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการสร้างแบบจำลองกระบวนการผลิต

3.3 สร้างแบบจำลองกระบวนการผลิตปัจจุบัน

เครื่องมือที่ใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยนี้คือ โปรแกรม Flexsim Simulation ซึ่งเป็นโปรแกรมสร้างแบบจำลอง 3 มิติการแสดงผลแบบ 3 มิติ แบบ Real Time สามารถจำลองระบบได้ครอบคลุมหลากหลาย

ภาคอุตสาหกรรม ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตแร่ธาตุสำหรับคอนกรีตใช้โปรแกรม Flexsim Simulation 2019 Version 19.0.0 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและใช้ในการทดลองมีรายละเอียดของเครื่องดังนี้ CPU Intel Core i5-6400 @2.70 GHz / Ram 8 GB / Graphics NVIDIA GeForce GTX 750 Ti 2 GB และใช้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 10 Pro X64 ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างแบบจำลองกระบวนการผลิตแร่ธาตุสำหรับคอนกรีต แสดงดังรูปที่ 6

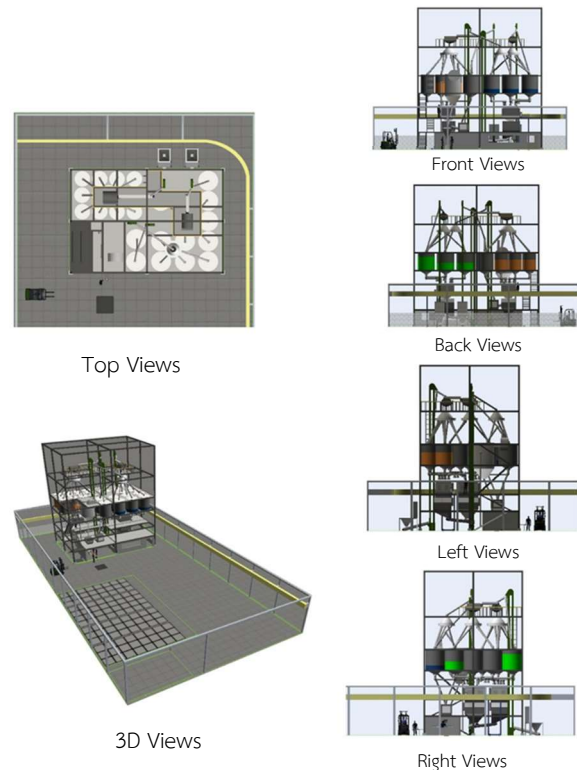


รูปที่ 6 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองกระบวนการผลิต

ลักษณะของแบบจำลองกระบวนการผลิต เมื่อดำเนินการสร้างแบบจำลองกระบวนการผลิตด้วยโปรแกรม Flexsim Simulation ครบทุกส่วนแล้วจะได้แบบจำลองกระบวนการผลิตที่มีพื้นที่การผลิตเป็นโครงสร้างสูง 4 ชั้น และในแต่ละชั้นจะมีเครื่องจักรติดตั้งตามแต่ละตำแหน่งเหมือนกระบวนการผลิตจริง แสดงดังรูปที่ 7

3.4 การตรวจสอบความถูกต้อง

เมื่อสร้างแบบจำลองสมบูรณ์แล้ว จากนั้นทำการทดสอบการทำงานของแบบจำลองกระบวนการผลิตแร่ธาตุสำหรับคอนกรีต แบบจำลองสามารถทำงานได้โดยไม่มีการแจ้งเตือนความผิดพลาดจากโปรแกรม และพฤติกรรมในแบบจำลองสามารถทำงานได้ถูกต้อง ตามสภาพแวดล้อมการทำงานจริงของโรงงานการศึกษา



รูปที่ 7 แบบจำลองกระบวนการผลิตแร่ธาตุสำหรับคอนกรีต

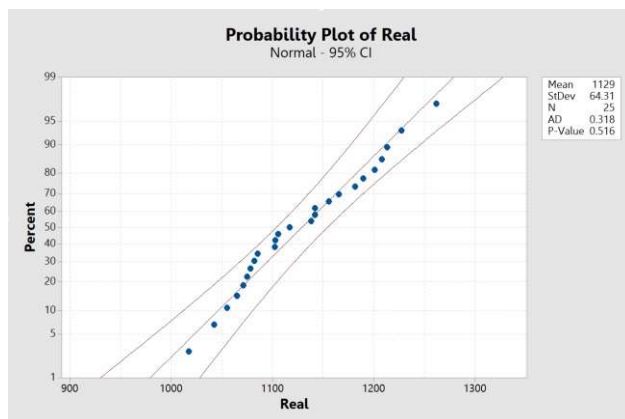
3.5 การตรวจสอบความสมเหตุสมผล

ในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองนี้ ใช้การตรวจสอบความสมเหตุสมผลด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล และประมวลผลทางสถิติ โดยในขั้นตอนนี้ได้เก็บเวลาที่ใช้ในการผลิตแร่ธาตุต่อ Batch ต่อเนื่อง 25 Batch ของกระบวนการผลิตจริงกับแบบจำลองกระบวนการผลิตนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ เพื่อพิสูจน์ว่าแบบจำลองกระบวนการผลิตที่สร้างขึ้นถูกต้อง และสามารถเป็นตัวแทนของระบบจริงได้ [31-32] เพื่อที่จะนำแบบจำลองนี้ไปใช้ทดลองจัดตารางการผลิตในรูปแบบต่าง ๆ

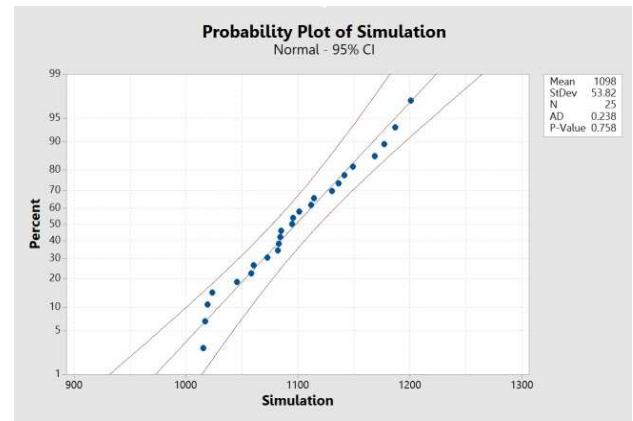
จากตารางที่ 5 ได้นำข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตแร่ธาตุ 1 ต้นของกระบวนการจริงและแบบจำลองไปทดสอบ Normality Test ใน Minitab จะทำการสร้างกราฟความน่าจะเป็น (Probability Plot) และทำการทดสอบสมมติฐานเพื่อดูว่าข้อมูลนั้นมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยสมมติฐานหลักคือ H_0 : ข้อมูลมีความเป็นปกติ (การแจกแจงแบบปกติ) และ H_1 : สมมติฐานทางเลือก คือ ข้อมูลมีความไม่เป็นปกติ (ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ)

ตารางที่ 5 เวลาที่ใช้ผลิตแร่ธาตุต่อ Batch (วินาที)

ลำดับ	กระบวนการผลิตจริง	แบบจำลอง
1	1165.93	1136.47
2	1138.52	1200.94
3	1261.92	1168.79
4	1071.42	1085.22
5	1189.67	1177.34
6	1042.46	1072.92
7	1227.56	1083.12
8	1078.33	1114.26
9	1103.16	1130.70
10	1085.45	1082.14
11	1105.66	1023.64
12	1075.28	1141.58
13	1141.98	1017.29
14	1065.15	1149.14
15	1155.93	1094.90
16	1213.21	1058.45
17	1017.69	1186.81
18	1082.16	1095.58
19	1208.25	1111.86
20	1117.14	1060.60
21	1201.12	1015.35
22	1102.36	1045.69
23	1142.37	1084.12
24	1181.64	1101.24
25	1055.17	1019.54



รูปที่ 8 ผลทดสอบการกระจายตัวแบบปกติของระบบผลิตจริง



รูปที่ 9 ผลทดสอบการกระจายตัวแบบปกติของแบบจำลอง

จากรูปที่ 8 และรูปที่ 9 ผลการทดสอบ Normality Test ด้วยวิธี Anderson Test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์พบว่า ลักษณะกราฟมีการกระจายตัวแบบปกติ จุดตัดเรียงตัวกันเป็นแนวเส้นตรง และลักษณะการเกิดจุดไม่กระจุกเป็นกลุ่มๆ และความห่างระหว่างจุดแต่ละจุดต้องใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ โดยมีค่า P-Value ของกระบวนการผลิตจริงมีค่าเท่ากับ 0.516 และค่า P-Value ของแบบจำลองกระบวนการผลิตมีค่าเท่ากับ 0.758 ซึ่งค่า P-Value ของข้อมูลทั้ง 2 ชุด มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 เราจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 ข้อมูลมีความเป็นปกติ (การแจกแจงแบบปกติ) สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลทั้ง 2 ชุดมีการกระจายตัวแบบปกติ จากนั้นเปรียบเทียบกระบวนการผลิตจริงกับแบบจำลองกระบวนการผลิต ว่าสามารถเป็นตัวแทนของกระบวนการผลิตปัจจุบันได้หรือไม่ โดยสถิติที่ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน ข้อมูลที่รวบรวมได้ อยู่ในระดับอันดับภาคหรืออัตราส่วน ใช้สถิติการทดสอบค่า t มีชื่อว่า t - test for Independent มีสมมติฐานดังนี้

H_0 = แบบจำลองเป็นตัวแทนกระบวนการผลิตได้

H_1 = แบบจำลองเป็นตัวแทนกระบวนการผลิตไม่ได้

Paired T-Test and CI: Real, Simulation

Paired T for C1 - C2

	N	Mean	StDev	SE Mean
Real	25	1129.2	64.3	12.9
Simulation	25	1098.3	53.8	10.8
Difference	25	30.9	83.0	16.6

95% CI for mean difference: (-3.4, 65.1)

T-Test of mean difference = 0 (vs ≠ 0): T-Value = 1.86 P-Value = 0.075

รูปที่ 10 ผลทดสอบ T-Test เปรียบเทียบกระบวนการผลิต

จากรูปที่ 10 พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.075 ซึ่งค่า P-Value มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงไม่ปฏิเสธ H_0 สามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองกระบวนการผลิตสามารถเป็นตัวแทนกระบวนการผลิตจริงได้

3.6 ประยุกต์ใช้แบบจำลองในลำดับการผลิตแบบปัจจุบัน

ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองให้มีการจำลองสถานการณ์การผลิตแบบปัจจุบัน และเมื่อเสร็จสิ้นการรันแบบจำลอง จะได้ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิต วันที่ผลิตเสร็จสิ้นแต่ละคำสั่งซื้อ โดยได้เวลาทั้งหมดในการดำเนินงานเฉลี่ย 200.71 ชั่วโมง และ มีงานเสร็จล่าช้า 3 งาน

3.7 ประยุกต์ใช้แบบจำลองในลำดับการผลิต

ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองให้มีการจำลองสถานการณ์การผลิตแบบ EDD, LWKR, MWKR โดยโปรแกรมจะลำดับงานโดยอาศัยข้อมูลจากใบคำสั่งซื้อมาจัดลำดับการผลิต และเมื่อเสร็จสิ้นการรันแบบจำลอง จะได้ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิต วันที่ผลิตเสร็จสิ้นแต่ละคำสั่งซื้อ

4. ผลการทดลอง

เมื่อเริ่มการทดลองด้วยการป้อนคำสั่งซื้อเข้าไปในแบบจำลองสถานการณ์ และทดลองจัดลำดับการผลิตแบบ EDD, LWKR, MWKR ทดลองวิธีการละ 30 Replications ได้ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

จากตารางที่ 6 นำเวลาปิดระบบที่ได้นำมาวิเคราะห์ผลการทดลองโดยทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ด้วย one-way ANOVA มีสมมุติฐานดังนี้

H_0 = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

H_1 = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

จากรูปที่ 11 ผลการผลทดสอบ one-way ANOVA พบว่ามีค่า P-Value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และจากนั้นได้การทดสอบ Multiple comparisons ด้วยวิธี Tukey Multiple Range Test เพื่อวิเคราะห์ผลการจัดลำดับการผลิต โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6 ผลการทดลอง

ซ้ำ	EDD (ชั่วโมง)	งาน ล่าช้า	LWKR (ชั่วโมง)	งาน ล่าช้า	MWKR (ชั่วโมง)	งาน ล่าช้า
1	170.82	0	167.73	0	172.00	6
2	170.73	0	167.20	0	172.28	6
3	170.17	0	167.46	0	172.12	6
4	170.48	0	167.77	0	171.89	6
5	170.71	0	167.57	0	171.52	6
6	170.14	0	167.02	0	171.77	6
7	170.33	0	168.03	0	172.14	6
8	170.73	0	167.25	0	171.22	6
9	170.23	0	167.91	0	171.55	6
10	170.73	0	167.63	0	171.90	6
11	170.81	0	166.94	0	171.70	6
12	170.34	0	167.42	0	171.74	6
13	170.80	0	167.51	0	172.20	6
14	170.93	0	167.77	0	172.20	6
15	170.13	0	167.94	0	170.74	6
16	170.88	0	167.06	0	171.75	6
17	170.75	0	167.96	0	171.77	6
18	170.96	0	167.19	0	171.51	6
19	170.23	0	168.06	0	171.16	6
20	170.49	0	168.03	0	171.42	6
21	170.77	0	167.05	0	171.88	6
22	170.20	0	167.67	0	171.84	6
23	170.25	0	167.62	0	171.86	6
24	170.95	0	167.63	0	171.35	6
25	170.86	0	167.82	0	171.75	6
26	170.47	0	167.91	0	172.19	6
27	170.45	0	167.54	0	171.01	6
28	170.89	0	167.63	0	171.26	6
29	170.38	0	166.95	0	171.93	6
30	170.86	0	167.01	0	172.09	6

จากตารางที่ 7 การวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่า การจัดลำดับแบบ EDD มีการพิจารณาเวลาส่งมอบงานที่เร็วกว่ามาทำก่อน มีเวลาปิดงานของระบบเฉลี่ย 170.58 ชั่วโมง ไม่มีงานล่าช้า ใช้เวลาน้อยเป็นลำดับ 2 จากทั้ง 3 แบบ การจัดลำดับแบบ LWKR มีการเลือกขั้นตอนการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับงานที่มีภาระงานน้อยที่สุดก่อน มีเวลาปิดงานของระบบเฉลี่ย 167.54 ชั่วโมงไม่มีงานล่าช้า ใช้เวลาน้อยที่สุดจากทั้ง 3 แบบ และการจัดลำดับแบบ MWKR มีการเลือกขั้นตอนการ

ดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับงานที่มีภาระงานที่เหลือน้อยมากที่สุด ก่อน มีเวลาปิดงานของระบบเฉลี่ย 171.73 ชั่วโมง มีงานล่าช้า 6 งาน ใช้เวลามากที่สุดจากทั้ง 3 แบบ และมีงานล่าช้าเกิดขึ้นในการผลิต

Factor Information					
Factor	Levels	Values			
Factor	3	EDD, LWKR, MWKR			

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	2	280.30	140.150	1178.76	0.000
Error	87	10.34	0.119		
Total	89	290.64			

Model Summary				
	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
	0.344813	96.44%	96.36%	96.19%

Means				
Factor	N	Mean	StDev	95% CI
EDD	30	170.587	0.282	(170.462, 170.713)
LWKR	30	167.548	0.358	(167.423, 167.673)
MWKR	30	171.730	0.386	(171.605, 171.855)

Pooled StDev = 0.344813

รูปที่ 11 ผลทดสอบ one-way ANOVA

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบ Tukey Multiple Range Test

Factor	N	Mean	Grouping		
MWKR	30	171.73	A		
EDD	30	170.58		B	
LWKR	30	167.54			C

5. อภิปรายผล และสรุป

งานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า ฝ่ายผลิตวางแผนการผลิตโดยอาศัยประสบการณ์ในการทำงาน และไม่ได้มีการจัดลำดับการผลิตโดยอ้างอิงตามกฎเกณฑ์หรือทฤษฎีใด ๆ กล่าวคือ เมื่อรับคำสั่งซื้อของลูกค้ามาก็ทำการผลิตเลย โดยไม่ได้นำปัจจัยเรื่องปริมาณ และวันส่งมอบมาใช้ในการวางแผนการผลิต และการ

จัดลำดับการผลิต ทำให้มีจำนวนงานล่าช้าเกิดขึ้น จากปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดในการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตสำหรับโรงงานกรณีศึกษา ด้วยการใช้กฎการจัดลำดับงานโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์มาช่วยในการจัดตารางการผลิต ผลจากการทดลอง พบว่า การจัดลำดับการผลิตทั้ง 3 แบบทำให้มีเวลาปิดงานของระบบเฉลี่ยดีขึ้น และการจัดลำดับแบบ LWKR เหมาะสมที่สุดโดยมีเวลาปิดงานของระบบเฉลี่ย 167.54 ชั่วโมง สามารถลดเวลาการดำเนินงานจากปัจจุบันลงได้ 19.8 % และไม่มีงานล่าช้า

จากการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์มาช่วยในการจัดตารางการผลิต ทำให้เราสามารถทดลองเงื่อนไขในการผลิตแบบต่าง ๆ ได้โดยไม่กระทบกับระบบการผลิตจริงมองเห็นภาพได้ชัดเจน และสามารถคาดการณ์ วัน เวลา ที่สินค้าจะดำเนินการผลิตเสร็จ ทำให้มีข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการวางแผนการผลิตมากขึ้น จะเห็นได้ว่าเทคนิคการจำลองสถานการณ์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบที่ซับซ้อน และต้องใช้เวลาในการหาคำตอบ การประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์ให้มีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ในแต่กรณีด้วย ซึ่งอาจมีข้อจำกัดในการหาคำตอบหากจำนวนสินค้าที่ผลิตมีมากจะต้องใช้เวลาในการประมวลผลเพื่อหาคำตอบยาวนานตามจำนวนของคำสั่งผลิตที่ส่งไปแบบจำลองสถานการณ์

สำหรับในการพัฒนางานวิจัยต่อไปอาจมีการพัฒนาวิธีการอื่น ๆ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับวิธีการการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ ประกอบการนำเสนอด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจของผู้บริหารในการปรับปรุงงานต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณโรงงานกรณีศึกษา และคุณวิภาณันท์ ภัควัฒน์ธีรกุล ที่ได้ให้ความร่วมมือให้ข้อมูลสำหรับการวิจัยนี้ รวมทั้งสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้อุปกรณ์เครื่องมือในการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ระดับจังหวัด ปี 2562. เข้าถึงได้จาก: <http://ict.dld.go.th/webnew/index.php/th/service-ict/report/323-report-thailand-livestock/reportservey2562/1372-2562-prov> [เข้าถึงเมื่อ 1 กันยายน 2563]
- [2] Marcello F, Fabio F, Alfredo L, Giada M, Maria EN. Production scheduling approaches for operations management. *Operations Management*. Hong Kong: The Open University of Hong Kong; 2013.
- [3] Robert ES. Introduction to simulation. *24th conference on Winter simulation*. Virginia, USA; 1992. p. 65–73.
- [4] สุทธิดา เอี่ยมสำอางค์, อธิวัฒน์ บุญมี. การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานของสายการผลิตสับปะรดบรรจุถุง: กรณีศึกษา. *วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.* 2563; 13(1): 114–126.
- [5] Stadnicka D, Antonelli D, Bruno G. Work sequence analysis and computer simulations of value flow and workers' relocations: A case study. *Procedia CIRP*. 2017; 62: 159–164.
- [6] อรรถกร เก่งพล, วุฒิชัย ยังสว่าง. การประยุกต์ใช้วิศวกรรมคอนเคอร์เร้นท์และการจำลองสถานการณ์ในการเพิ่มความสามารถในการผลิตของกระบวนการตัดท่อ: กรณีศึกษา บริษัทผลิตท่อน้ำมัน. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*. 2558; 25(2): 233–242.
- [7] Kusoncum C, Sethanan K, Putri EP, Neungmacha W. Simulation-based approaches for processes improvement of a sugar mill yard management system: A Case study of the sugar industry in the central region of Thailand. *Engineering and Applied Science Research*. 2017; 45(4): 320–331.
- [8] ชยุตม์ บรรเทงจิตร. การประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ในการออกแบบผังคลังสินค้าเพื่อลดเวลาในการขนถ่ายวัสดุ. *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*. 2561; 8(3): 1–14.
- [9] พัฒนพงศ์ น้อยนวล, ธัญญา วสุศรี. การปรับปรุงกระบวนการขนส่งภายในคลังสินค้า โดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษา อุตสาหกรรมน้ำตาล. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*. 2555; 35(3): 323–334.
- [10] Kluska K. Automatic simulation modelling of warehouses. *Log Forum*. 2021; 17(1): 59–69.
- [11] ศศิธรณ รัตนอุบล, ชานินทร์ ศรีสุวรรณภา. การจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของคลินิกกุมารเวชและอายุรกรรม ตึกผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลพัทลุง. *วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง*. 2556; 22(1): 107–116.
- [12] พรพิมล ชัยวุฒิศักดิ์, วริยา ยังไว, วีรชัย มีสัตย์, ศุภวิชญ์ สมเกียรติวิระ. การจำลองระบบแถวคอยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการแผนกผู้ป่วยนอก : กรณีศึกษา โรงพยาบาลเมืองปาน จังหวัดลำปาง. *วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง*. 2563; 29(1): 10–23.
- [13] กลสิน รังสิกรรพม. การวิเคราะห์การไหลของจราจรที่สี่แยกไฟจราจรด้วยเทคนิคแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน*. 2563; 8(2): 1–14.
- [14] Chanthakhhot W, Ransikarbum K. Integrated IEW-TOPSIS and fire dynamics simulation for agent-based evacuation modeling in industrial safety. *Safety*. 2021; 7(2): 47.
- [15] Simon F. *Sequencing and Scheduling: An Introduction to the Mathematics of the Job-Shop*. New York: Eellis Horwood Ltd.; 1982.
- [16] Kenneth RB. *Introduction to Sequencing and Scheduling*. New York: John Wiley & Sons; 1974.
- [17] ชีรเดช วุฒิพรพันธ์. *วิธีการจัดลำดับและการจัดตารางการผลิต*. กรุงเทพฯ: อมรินทร์; 2559.
- [18] พัชรพลย์ แสงอรุณ. *การจัดตารางการผลิต : กรณีศึกษาโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์ [วิทยานิพนธ์]*. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2545.
- [19] วิภาพร จินาวรรณ. *การจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตเพื่อลดปัญหาการส่งมอบล่าช้า: กรณีศึกษาโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเครื่อง SMT Machine [วิทยานิพนธ์]*. วิทยาศาสตร์

- มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโซ่อุปทานแบบบูรณาการ, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต; 2554.
- [20] ยอดดวงใจ นาคปทุม. *การจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ [วิทยานิพนธ์]*. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม, มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2555.
- [21] สมโภช น้อยปลอด, ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน. การปรับปรุงการจัดตารางการผลิตแบบมุ่งเน้นกระบวนการกรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนทางอากาศยาน. *วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น : วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี*. 2556; 1(1): 63–67
- [22] Ingolf S, Raymond RH, Joan MD, Henry H, Catherine MH, David K. Teaching the classics of simulation to beginners (panel). *35th Winter Simulation Conference*. Louisiana, USA; 2003. p. 1941–1951.
- [23] ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. *การจำลองแบบปัญหา*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2537.
- [24] Anu M. Introduction to modeling and simulation. *29th Winter Simulation Conference*. Georgia, USA; 1997. p. 7–13.
- [25] ศิวรักษ์ อินตะวงศ์, สันติชัย ชิวสุทธิศิลป์. การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติกและเทคนิคการจำลองแบบปัญหาในอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*. 2553; 17(2): 55–62.
- [26] สโรชา เกษแก้ว, อุดม จันทรจรัสสุข. การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้การจำลองสถานการณ์ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต กรณีศึกษา บริษัท ทีทีเอชเทรดดิ้ง จำกัด. *วารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย*. 2559; 2(3): 23–32.
- [27] Fadi S, Joaquin OM, Alvaro GS, Miguel OM. Optimizing the production scheduling of a single machine to minimize total energy consumption costs. *Journal of Cleaner Production*. 2014; 67: 197–207.
- [28] Marco S, Julia R, Cinna S, Jürgen Z. Machine scheduling in underground mining: an application in the potash industry. *OR Spectrum*. 2016; 38(2): 365–403.
- [29] Youlong L, Jie Z, Wei Q. Simulation- based production analysis of mixed-model assembly lines with uncertain processing times. *Journal of Simulation*. 2018; 13(1): 44–54.
- [30] Zineb IMH, Abdellah EB, Ikram EA, Abdelouahhab J, Abdel MD. Planning and scheduling of production system in conditioning line: industrial application, optimization and simulation approach. *Management & Production Engineering Review*. 2019; 10(4): 3–10.
- [31] Sargent RG. Verification and validation of simulation models: an advanced tutorial. *2020 Winter Simulation Conference*. Florida, USA; 2020. p. 16–29.
- [32] Ransikarbum K, Kim N, Ha S, Wysk RA, Rothrock L. A highway-driving system design viewpoint using an agent-based modeling of an affordance-Based finite state automata. *IEEE Access*. 2018; 6: 2193–2205.