

การจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีฮิวริสติกแบบผสม

กรณีศึกษา: โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ

Production Scheduling using Hybrid Heuristics Method: A Case Study of Ready-Mixed Concrete Plant

ปวีธิดา พัฒน์อภิพงษ์* ปุณณมี สัจจกมล และ ไอลดา ตริรัตน์ตระกูล

Pawetida Phatapipong*, Punnamee Sachakamol and Ailada Treerattrakoon

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร แขวงลาดยาว จังหวัดกรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10900

Faculty of Engineering, Kasetsart University, Chatuchuk, Bangkok, 10900

Kasetsart University, 10900, Thailand

*E-mail: pawetida@gmail.com, Telephone number: 086-3826876

บทคัดย่อ

บทความนี้ศึกษาการจัดตารางการผลิตแผ่นพื้นสำเร็จรูป ซึ่งมีขนาดความยาวแผ่น ขนาดเส้นลวด และจำนวนเส้นลวดแตกต่างกัน เนื่องจากกระบวนการผลิตแผ่นพื้นสำเร็จรูป ต้องผลิตภายในแม่แบบเดียวกัน ซึ่งแม่แบบมีขนาดความยาวคงที่ ประกอบกับการผลิตต้องคำนึงถึงการใช้ประโยชน์ของทรัพยากร ผู้ผลิตจำเป็นต้องผลิตสินค้าเกินความต้องการของลูกค้า ทำให้ประสบปัญหาพื้นที่จัดเก็บไม่เพียงพอ ผู้วิจัยจึงเสนอวิธีการจัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติก ได้แก่ Earliest Due Date (EDD), First Come First Serve (FCFS), Shortest Processing Time (SPT), Minimum Slack Time (MST), Critical Ratio (CR) และกำหนดรายการสินค้าคงคลังเพื่อควบคุมปริมาณสินค้าคงคลัง ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการศึกษานี้ ได้แก่ จำนวนงานล่าช้า, เวลาล่าช้ารวม, เวลาล่าช้าสูงสุด, ปริมาณสินค้าคงคลัง, ต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลัง, พื้นที่ที่ใช้ในการจัดเก็บสินค้าคงคลัง, ร้อยละการใช้ประโยชน์ของแม่แบบ และมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้น จากนั้นเปรียบเทียบผลการจัดตารางผลิตวิธีฮิวริสติกแต่ละวิธีกับวิธีเดิม และพัฒนาการจัดตารางการผลิตวิธีใหม่คือ Shortest Processing Time (SPT) + Slack Time1 (Slack1) จากการศึกษาพบว่าวิธี SPT+Slack1 สามารถลดจำนวนงานล่าช้าได้มากที่สุดจาก 170 งาน เหลือ 95 งาน (ลดได้ร้อยละ 44.12) และลดปริมาณสินค้าคงคลังได้มากที่สุดจาก 5,085 แผ่น/วัน เหลือ 4,164 แผ่น/วัน (ลดได้ร้อยละ 21.32) ซึ่งทำให้สามารถใช้พื้นที่จัดเก็บสินค้าคงคลังภายใต้ขีดจำกัดที่โรงงานมีโดยใช้พื้นที่ร้อยละ 52.96 และประหยัดต้นทุนรวมได้ 1,278,938 บาท/ปี (ลดได้ร้อยละ 8.34)

ABSTRACT

This paper investigates production schedule of precast slab with different lengths of slab, size of wires and number of wires. Every precast slabs with various parameters need to be produced in a same mold with fixed length, which commonly caused the factory needs to produce over-demand and over-stock in the warehouse. This paper presents the heuristic approach such as Earliest Due Date (EDD), First Come First Serve (FCFS), Shortest Processing Time (SPT), Minimum Slack Time (MST), Critical Ratio (CR), and determines products list for finished goods inventory. The results compared with the current method using Key Performance Indicator (KPI) such as number of tardy Jobs, total tardiness, maximum tardiness, finished goods inventory, holding cost, utilization of warehouse, utilization of machines and loss worth of material. From the results, we development new

method is Shortest Processing Time (SPT) + Slack Time1 (Slack1) and found out that SPT+Slack1 is number of tardy jobs decreased from 170 to 95 (decreased 44.12%) and finished goods inventory decreased from 5,085 to 4,164 sheets/day (decreased 21.32%) then utilization of warehouse 52.96% and save total cost 1,278,938 baht/year (decreased 8.34%)

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการก่อสร้างจัดเป็นอุตสาหกรรมที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจ และมีส่วนช่วยในการพัฒนาความยั่งยืนของประเทศไทย เช่น การสร้างที่พักอาศัย อาคาร โรงงาน และการสร้างถนน เป็นต้น [1] ได้รายงานว่ายเศรษฐกิจไทยตลอดปี 2559 ในด้านการผลิต สาขาการก่อสร้างมีการขยายตัวร้อยละ 6.1 เป็นผลจากการขยายตัวการก่อสร้างของภาครัฐร้อยละ 11.7 (โดยการก่อสร้างของภาครัฐขยายตัวร้อยละ 2.7 และการก่อสร้างของรัฐวิสาหกิจขยายตัวร้อยละ 44.0) ประกอบกับ [2] ได้สำรวจอุตสาหกรรมการก่อสร้าง พ.ศ. 2557 พบว่ามีสถานประกอบการก่อสร้างรวมทั้งสิ้น 33,057 แห่ง โดยการก่อสร้างอาคารคิดเป็นร้อยละ 53.4 ซึ่งปัจจุบันผู้ก่อสร้างมีการนำแผ่นพื้นสำเร็จรูป หรือแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป มาใช้ในการก่อสร้างอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นคอนกรีตผสมเสร็จที่ทำการหล่อมาจากโรงงาน ทำให้มีความสะดวกในการใช้งาน เป็นการประหยัดเวลาในการเตรียมแบบสำหรับเทคอนกรีต และการประหยัดแรงงานเมื่อขนย้ายแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากโรงงานผลิตถึงหน้างานสามารถติดตั้งใช้งานได้ทันที ทำให้ผู้ผลิตแผ่นพื้นสำเร็จรูปต้องมุ่งพัฒนาเพิ่มขีดความสามารถ และประสิทธิภาพในการผลิต ซึ่งมีส่วนช่วยให้ความสามารถในการแข่งขันให้สูงขึ้น และทำกำไรให้แก่องค์กร

การผลิตสินค้าในโรงงานอุตสาหกรรม มักมีปัญหาก่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ทั้งปัญหาที่เกิดจากผู้ผลิต และปัญหาที่เกิดจากลูกค้า กระบวนการผลิตจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงประสิทธิภาพอยู่ตลอดเวลา การจัดการการผลิตของโรงงานการศึกษาในปัจจุบัน ไม่มีขั้นตอนการจัดการการผลิตที่เป็นหลักเกณฑ์แน่นอน ผู้จัดการการผลิตใช้เพียงประสบการณ์ ทำให้มีการส่งมอบงานล่าช้าส่งผลให้ลูกค้าขาดความเชื่อมั่นต่อองค์กร และเนื่องจากกระบวนการผลิตของแผ่นพื้นสำเร็จรูป ต้องผลิตบน

แม่แบบที่มีขนาดคงที่ การผลิตต้องคำนึงถึงการใช้ประโยชน์ของทรัพยากร จึงจำเป็นต้องผลิตสินค้าเกินความต้องการของลูกค้า ประกอบกับโรงงานการศึกษา ไม่มีการจัดการด้านสินค้าคงคลัง ส่งผลให้พื้นที่จัดเก็บสินค้าคงคลังไม่เพียงพอ ปัญหาดังกล่าวเราสามารถนำเทคนิคการจัดการการผลิตมาช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการจัดการการผลิตแผ่นพื้นสำเร็จรูปให้มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยมีการกำหนดขั้นตอนการจัดการการผลิตขึ้นมาใหม่ให้เป็นขั้นตอนที่ชัดเจน ใช้กฎฮิวริสติกในการจัดลำดับความสำคัญคำสั่งซื้อของลูกค้า รวมถึงกำหนดรายการสินค้าคงคลังเพื่อควบคุมปริมาณสินค้าคงคลังให้เพียงพอต่อพื้นที่จัดเก็บ จากนั้นพัฒนาเครื่องมือช่วยในการจัดการการผลิต โดยชุดคำสั่ง Visual Basic for Application (VBA) บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล และพัฒนาวิธีการจัดการการผลิตวิธีใหม่จากผลฮิวริสติกที่ศึกษา

2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แผ่นพื้นสำเร็จรูป (Precast Slab) แสดงดังรูปที่ 1 ผลิตจากคอนกรีตเสริมด้วยลวดอัดแรง ติดตั้งโดยการวางบนคาน เสริมเหล็กด้านบนแล้วเทคอนกรีตทับหน้า ทำให้สามารถประหยัดเวลาในการก่อสร้างเนื่องจากไม่ต้องทำไม้แบบ และไม่ต้องรอการเซ็ทตัวของคอนกรีต [3]



รูปที่ 1 ผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นสำเร็จรูป

การจัดเก็บแผ่นพื้นสำเร็จรูปโดยทั่วไปจะทำการวางเรียงซ้อนกันสูงขึ้น หลักการจัดเก็บคือ ต้องหาไม่รองแผ่นพื้นสำเร็จรูปตำแหน่งบริเวณที่มีหูหิ้ว เนื่องจากเป็นจุดรองรับแรง หากหน้างานวางซ้อนกันโดยไม่มีไม่รองจุดรองรับ หรือรองรับไม่ถูกจุด จะทำให้แผ่นพื้นสำเร็จรูปเสียหายก่อนนำมาใช้งาน [4]

การจัดตาราง (Scheduling) เป็นกระบวนการในการกำหนดลำดับความสำคัญให้กับกิจกรรม หรือการจัดเรียงกิจกรรม เพื่อให้ทำให้กิจกรรมเหล่านั้นเป็นไปตามข้อกำหนด เงื่อนไขบังคับ หรือวัตถุประสงค์ที่กำหนด [5] และงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติก (Heuristic) มาแก้ไขปัญหาการจัดตารางการผลิต โดย [6] กล่าวว่า ฮิวริสติกเป็นการค้นหาคำตอบที่มีตัวชี้แนะหรือมีแนวทางหรือมีการคาดเดาอย่างมีเหตุผลว่า กระบวนการค้นหาควรที่จะเลือกเส้นทางใดหรือสถานะใดเพื่อทำการค้นหาต่อไปให้ได้คำตอบอย่างมีประสิทธิภาพ แต่คำตอบที่ได้จากฮิวริสติกนั้น ไม่สามารถยืนยันได้ว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุด

ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีฮิวริสติกที่นักวิจัยหลายท่านได้ให้ความหมายของการจัดลำดับงาน ดังต่อไปนี้ [7, 8]

- 1) First Come First Serve: FCFS หมายถึง การจัดลำดับงานให้กับงานที่เข้ามายังหน่วยผลิตก่อน
- 2) Earliest Due Date: EDD หมายถึง การจัดลำดับงานให้กับใบสั่งงานที่มีวันกำหนดส่งเร็วที่สุดก่อน
- 3) Shortest Processing Time: SPT หมายถึง การจัดลำดับงานที่มีเวลาปฏิบัติงานน้อยที่สุดก่อน
- 4) Minimum Slack Time: MST หมายถึง การจัดลำดับงานให้กับงานที่มีเวลาเหลือน้อยที่สุดก่อน และจัดลำดับงานต่อเนื่องกันไปตามลำดับของค่าเวลาเหลือน้อยไปมาก ซึ่งเวลาเหลือเขียนแทนด้วยสมการที่ (1)
- 5) Critical Ratio: CR หมายถึง การจัดลำดับงานให้กับงานที่มีอัตราวิกฤตน้อยที่สุดก่อน โดยค่าอัตราวิกฤตสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$S_j = (d_j - i) - p_j \quad (1)$$

$$CR_j = \frac{(d_j - i)}{p_j} \quad (2)$$

โดยที่ d_j คือ เวลาส่งมอบของงาน j
 i คือ วันที่ผลิตปัจจุบัน
 p_j คือ เวลาผลิตของงาน j

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยพัฒนาวิธีการจัดตารางการผลิตขึ้นมาใหม่คือ Slack Time1 (Slack1) หมายถึง การจัดลำดับงานให้กับงานที่มีเวลาเหลือน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 เท่านั้น หากงานใดมีค่า Slack มากกว่า 1 จะไม่พิจารณาในการจัดลำดับ และเก็บไว้พิจารณาในวันถัดไป

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า [9] ใช้วิธีฮิวริสติก ได้แก่ EDD และ SPT ร่วมกับแนวคิดการจัดกลุ่มงาน มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับงานผลที่ได้คือ สามารถลดเวลาการผลิตรวมทั้งมากที่สุด และจำนวนงานล่าช้าได้ ต่อมา [10] ใช้วิธีฮิวริสติก FCFS, EDD, SPT, Longest Processing Time (LPT), MST, EDD+LPT, EDD+MST และ [8] นำวิธีฮิวริสติก EDD, LPT, SPT, Smallest Ratio of Slack Time to Total Processing Time (Slack/TP), MST, Average Processing Time/Operation (AVPRO) และฮิวริสติกแบบผสมผสาน (Hybrid Heuristic) ในการแก้ปัญหาวิธีการจัดตารางการผลิตสำหรับการผลิตแบบตามสั่ง จากงานวิจัยของทั้งสองพบว่าการจัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติกแบบผสมผสาน เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุด [11] เสนอวิธีฮิวริสติก และวิธีโปรแกรมเลขจำนวนเต็มแบบผสมในการหาคำตอบที่ดีที่สุด สำหรับปัญหากระบวนการผลิตคอนกรีตสำเร็จรูปซึ่งเป็นปัญหาที่ซับซ้อน พบว่าวิธีฮิวริสติกสามารถแก้ไขปัญหาคำตอบที่เป็นไปได้

3. วิธีการศึกษา

3.1 ศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงาน และเก็บข้อมูล

ศึกษากระบวนการทำงานขององค์กร และทำการเก็บข้อมูลซึ่งมีข้อมูลดังนี้

3.1.1 ผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นสำเร็จรูป

กระบวนการผลิตแผ่นพื้นสำเร็จรูป จะทำการผลิตบนรางแม่แบบ แสดงดังรูปที่ 2 ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนหลักดังนี้

- 1) การทำความสะอาดราง และเตรียมวัสดุอุปกรณ์
- 2) เข้าแบบรางเพื่อเตรียมเทคอนกรีตแผ่นสำเร็จ
- 3) เทคอนกรีตใส่รางที่เตรียมไว้
- 4) จัดเก็บผลิตภัณฑ์



รูปที่ 2 รางแม่แบบสำหรับผลิตแผ่นพื้นสำเร็จรูป

3.1.2 ข้อจำกัด และปัญหาของกระบวนการผลิต

สายการผลิตสำหรับผลิตแผ่นพื้นสำเร็จรูปมีทั้งหมด 2 สายการผลิต ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 1 แต่ละแม่แบบแบ่งออกเป็น 6 ร่อง แต่ละร่องต้องผลิตแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีขนาดลวด และจำนวนเส้นลวดเท่ากัน แต่ละสายการผลิตจะผลิตได้มากที่สุดวันละ 2 แม่แบบ ใช้เวลาผลิต 2 วัน พื้นที่จัดเก็บแผ่นพื้นสำเร็จรูปมีพื้นที่ทั้งหมด 380 ตารางเมตร แต่ละกองวางแผ่นพื้นสำเร็จรูปได้ 6 แผ่น ซ้อนทับได้สูงสุด 50 แผ่น โดยการจัดเก็บแต่ละกองต้องเป็นแผ่นพื้นสำเร็จรูปชนิดเดียวกัน

ปัญหาของกระบวนการคือ มีจำนวนงานส่งมอบล่าช้า และไม่มีการจัดการสินค้าคงคลังทำให้พื้นที่จัดเก็บสินค้าไม่เพียงพอ

ตารางที่ 1 ข้อมูลแต่ละสายการผลิต

สายการผลิต	ความยาวที่ผลิต (เมตร)	ความยาวแม่แบบ	จำนวนแม่แบบ
1	น้อยกว่า 3.15	40 เมตร	4
2	3.15 เมตร ขึ้นไป	60 เมตร	4

3.2 วางแผนออกแบบขั้นตอนการจัดการจัดการการผลิต

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาขั้นตอนการจัดการจัดการการผลิต ข้อจำกัดในกระบวนการผลิต และสภาพปัญหาของโรงงาน ผู้วิจัยจึงเสนอขั้นตอนการจัดการจัดการการผลิตเป็นขั้นตอนที่ชัดเจนดังนี้

- 1.) ผลิตสินค้าตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งมีการจัดลำดับความสำคัญด้วยกฎฮิวริสติก
- 2.) หากแม่แบบที่ผลิตมีพื้นที่เหลือ จะพิจารณาผลิตสินค้าคงคลังสำรองดังตารางที่ โดยพิจารณาตามลำดับ
- 3.) ผลิตสินค้าให้เต็มพื้นที่แม่แบบมากที่สุด

ตารางที่ 2 รายการสินค้าคงคลังสำรอง

สายการผลิต	ชนิดสินค้า		จำนวนลวด (เส้น)
	ความยาว (เมตร)	ขนาดลวด (มิลลิเมตร)	
1	3.00	4	4
	2.00	4	4
	2.50	4	4
	2.95	4	4
	1.50	4	4
	2.45	4	4
	1.00	4	4
	2.20	4	4
	2.90	4	4
	2.15	4	4
2	4.00	4	4
	3.95	4	4
	3.50	4	4
	3.95	5	5
	3.45	4	4
	3.60	4	4
	5.00	4	4
	3.30	4	4
	4.95	4	4
	4.50	4	4

3.3 พัฒนาเครื่องมือช่วยในการจัดตารางการผลิต

ผู้วิจัยพัฒนาเครื่องมือช่วยในการจัดตารางการผลิต โดยเลือกใช้ชุดคำสั่ง VBA บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล ซึ่งชุดคำสั่ง VBA ที่พัฒนาขึ้นนี้ จะมีการทำงานในส่วนของการจัดตารางการผลิต รวมถึงข้อจำกัดต่าง ๆ ในการผลิตเหมือนโรงงานกรณีศึกษา โดยผู้ใช้งานต้องจัดลำดับงานมาก่อนแล้ว

หลักการการทำงานของชุดคำสั่ง VBA คือ มีการรับค่าตัวแปรต่างๆเข้ามา เช่น ลำดับงานที่มาจากการใช้กฎฮิวริสติกวิธีต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษา, รายละเอียดคำสั่งซื้อของลูกค้า, จำนวนสินค้าคงคลังที่เหลืออยู่, กำลังการผลิต เป็นต้น เพื่อนำไปประมวลผลการจัดตารางการผลิต และส่งข้อมูลกลับมาแสดงบนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล ได้แก่ ตารางการผลิตในแต่ละวันว่าสินค้าใดบ้างที่ต้องผลิตผลิตที่เครื่องจักรใด และผลิตเท่าไร รวมถึงรายงานจำนวนสินค้าคงคลังที่เหลืออยู่ในแต่ละวัน ทรัพยากรที่ใช้ไป เป็นต้น

3.4 ทดลองจัดตารางการผลิตแผนพื้นสำเร็จรูป วิเคราะห์และเปรียบเทียบผล

การทดลองจัดตารางการผลิตเริ่มจากใช้กฎฮิวริสติกเพื่อจัดลำดับคำสั่งซื้อของลูกค้า ได้แก่ EDD+FCFS, SPT, MST และ CR จากนั้นเตรียมข้อมูลนำเข้าโดยกรอกรายละเอียดลงใน spread sheet บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล ได้แก่ ลำดับคำสั่งซื้อ, รายละเอียดคำสั่งซื้อ, ทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่, จำนวนสินค้าคงคลัง และใช้ชุดคำสั่ง VBA ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อประมวลผลการจัดตารางการผลิต

นำผลจากการจัดตารางการผลิตมาวิเคราะห์โดยใช้ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิต ได้แก่ จำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Jobs), เวลาล่าช้ารวม (Total Tardiness), เวลาล่าช้าสูงสุด (Maximum Tardiness), ปริมาณสินค้าคงคลัง (Inventory), พื้นที่จัดเก็บสินค้าคงคลังที่ใช้, ร้อยละการใช้ประโยชน์ของแม่แบบ (Utilization of Machines) และต้นทุนรวม

(Total Cost) หลังจากนั้นเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ในแต่ละวิธี รวมถึงเปรียบเทียบกับวิธีเดิมของโรงงาน

3.5 พัฒนาวิธีการจัดตารางการผลิตวิธีใหม่

จากผลการวิเคราะห์การจัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติกทั้ง 4 วิธี พบว่าวิธี SPT สามารถลดจำนวนงานล่าช้าได้มากที่สุด นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่าการใช้วิธี MST มีแนวทางในการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยวิธี MST จะพิจารณาจัดลำดับคำสั่งซื้อไปตามลำดับของเวลาเหลือจากน้อยไปมาก ซึ่งผู้วิจัยพบว่าหากวันไหนที่มีคำสั่งซื้อน้อย วิธี MST จะพิจารณาผลิตคำสั่งซื้อทั้งหมดที่เหลืออยู่และทำให้คำสั่งซื้อที่มีวันรับสินค้าไปเกิดการผลิต ส่งผลให้มีสินค้าอยู่ในคลังนานเกินไป ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงทดลองจัดตารางการผลิตเพิ่มเติมเพื่อหาค่า Slack ที่เหมาะสมสำหรับการจัดลำดับคำสั่งซื้อที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ผลที่ได้คือ Slack Time เท่ากับ 1

หลังจากนั้นผู้วิจัยเลือกใช้วิธี SPT ร่วมกับฮิวริสติกวิธีอื่น ๆ รวมถึงวิธี Slack1 ที่ผู้วิจัยปรับปรุงขึ้นมาใหม่ พร้อมทั้งวิเคราะห์ และเปรียบเทียบผล พบว่าวิธี SPT+Slack1 มีประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิตมากที่สุด

4. ผลการศึกษา

จากการทดลองจัดตารางการผลิตและทำการเปรียบเทียบผลค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิตแต่ละวิธี ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบการใช้กฎฮิวริสติกแต่ละวิธีกับวิธีโรงงานจากคำสั่งซื้อของลูกค้าทั้งหมด 857 งานวิธีที่ลดงานล่าช้าได้มากที่สุด ได้แก่ SPT ลดได้ 67 งาน (ร้อยละ 39.41) รองลงมาคือ EDD+FCFS, MST และ CR ซึ่งลดได้เท่ากันคือ 65 งาน (ร้อยละ 38.24)

เมื่อวิเคราะห์เวลาล่าช้ารวมพบว่า EDD+FCFS มีเวลาล่าช้ารวมต่ำที่สุดเท่ากับ 204 วัน รองลงมาคือ MST เท่ากับ 206 วัน, CR เท่ากับ 207 วัน และ SPT เท่ากับ 210 วัน ตามลำดับ ซึ่งทุกวิธีมีเวลาล่าช้ารวมที่น้อยกว่าวิธีโรงงานคือ 363 วัน แต่เมื่อวิเคราะห์เวลาล่าช้าสูงสุดพบว่า

วิธีโรงงานและวิธี EDD+FCFS, MST และ CR มีเวลา
ช้าสูงสุดเท่ากันคือ 4 วัน ส่วน SPT มีเวลาล่าช้าสูงสุดถึง
8 วัน

ต่อมาวิเคราะห์ปริมาณสินค้าคงคลังพบว่า ขั้นตอน
การจัดตารางการผลิตวิธีเดิมของโรงงาน มีปริมาณสินค้า
คงคลังเฉลี่ย 5,085 แผ่น/วัน คิดเป็นต้นทุนการจัดเก็บ
เท่ากับ 167,358 บาท/ปี ซึ่งหากเปรียบเทียบกับการจัด
ตารางการผลิตตามขั้นตอนที่ผู้วิจัยกำหนดและมีการ
จัดลำดับความสำคัญของงานด้วยวิธี EDD+FCFS, SPT,
MST และ CR พบว่าทุกวิธีมีปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ย
และต้นทุนการจัดเก็บลดลง โดยวิธี EDD+FCFS มี
ปริมาณสินค้าคงคลังน้อยที่สุดเท่ากับ 4,609 แผ่น/วัน
คิดเป็นต้นทุนการจัดเก็บเท่ากับ 147,027 บาท/ปี
รองลงมาคือวิธี MST มีปริมาณสินค้าคงคลังเท่ากับ
4,612 แผ่น/วัน คิดเป็นต้นทุนการจัดเก็บเท่ากับ 146,505
บาท/ปี วิธี CR มีปริมาณสินค้าคงคลังเท่ากับ 4,613 แผ่น/
วัน คิดเป็นต้นทุนการจัดเก็บเท่ากับ 146,555 บาท/ปี และ
วิธี SPT มีปริมาณสินค้าคงคลังเท่ากับ 4,616 แผ่น/วัน
คิดเป็นต้นทุนการจัดเก็บเท่ากับ 146,751 บาท/ปี
ตามลำดับ

เนื่องจากโรงงานมีพื้นที่จัดเก็บสินค้าคงคลังที่จำกัด
คือ 380 ตารางเมตร เมื่อนำปริมาณสินค้าคงคลัง มาคิดเป็น
พื้นที่ที่ใช้ในการจัดเก็บ โรงงานจำเป็นต้องใช้พื้นที่จัดเก็บ
สินค้าคงคลังเฉลี่ย 648.03 ตารางเมตร (คิดเป็นร้อยละ
170.54) ซึ่งถือว่าเกินขีดจำกัดของโรงงาน ทำให้การ
จัดเก็บผลิตภัณฑ์ต้องซ้อนทับกันระหว่างผลิตภัณฑ์ที่มี
ความยาวต่างกันซึ่งเป็นวิธีการจัดเก็บที่ไม่ถูกวิธี ก่อให้เกิด
ความสูญเสียจากสินค้าที่ชำรุด เมื่อเปรียบเทียบกับการจัด
ตารางการผลิตตามขั้นตอนที่ผู้วิจัยกำหนด และมีการ
จัดลำดับความสำคัญของงานด้วยวิธี EDD+FCFS, SPT,
MST และ CR พบว่าใช้พื้นที่จัดเก็บสินค้าคงคลังเฉลี่ย
ภายใต้ขีดจำกัดที่โรงงานมีอยู่ โดยวิธี EDD+FCFS ใช้
พื้นที่จัดเก็บน้อยที่สุดเท่ากับ 240.33 ตารางเมตร (คิดเป็น
ร้อยละ 63.24) รองลงมาคือวิธี CR ใช้พื้นที่จัดเก็บเท่ากับ
241.67 ตารางเมตร (คิดเป็นร้อยละ 63.60) วิธี MST

ใช้พื้นที่จัดเก็บเท่ากับ 241.70 ตารางเมตร (คิดเป็นร้อยละ
63.61) และวิธี SPT ใช้พื้นที่จัดเก็บเท่ากับ 242.82
ตารางเมตร (คิดเป็นร้อยละ 63.90)

กระบวนการผลิตแผ่นพื้นสำเร็จรูป เป็นกระบวนการ
ที่ต้องผลิตบนแม่แบบเดียวกันซึ่งแม่แบบมีขนาดคงที่ การ
ผลิตในแต่ละครั้งจึงต้องผลิตให้เต็มความยาวของแม่แบบ
ให้มากที่สุดเพื่อไม่ให้เกิดความสูญเสียจากเส้นลวดที่ติดตั้ง
ลงแม่แบบแล้วไม่ได้ใช้งาน และเนื่องจากขั้นตอนจัดตาราง
ผลิตที่ผู้วิจัยกำหนด ต้องพิจารณาผลิตไล่ไปที่ละแม่แบบ
อาจทำให้แม่แบบใช้งานไม่ได้เต็มประสิทธิภาพ จึงมีการ
คำนวณร้อยละการใช้ประโยชน์ของแม่แบบ โดยวิธี
EDD+FCFS, SPT, MST และ CR มีร้อยละเท่ากับ
99.4599 (คิดเป็นมูลค่าสูญเสีย 18,659 บาท/ปี),
99.4619 (คิดเป็นมูลค่าสูญเสีย 18,556 บาท/ปี),
99.4606 (คิดเป็นมูลค่าสูญเสีย 18,619 บาท/ปี) และ
99.4599 (คิดเป็นมูลค่าสูญเสีย 18,643 บาท/ปี)
ตามลำดับ ส่วนวิธีของโรงงานดังที่กล่าวไว้ข้างต้นว่ามีการ
จัดเก็บสินค้าคงคลังที่ไม่ถูกวิธี ก่อให้เกิดความสูญเสีย
สินค้าชำรุดซึ่งคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 200,829 บาท/ปี
ดังนั้น ต้นทุนรวมของโรงงาน จะมีค่าเท่ากับ
15,334,826.02 บาท/ปี และต้นทุนรวมของวิธี
EDD+FCFS, SPT, MST และ CR จะมีค่าเท่ากับ
14,034,905.60, 14,026,944.37, 14,036,684.29,
14,037,914.75 บาท/ปี ตามลำดับ โดยทุกวิธีสามารถทำ
ให้ต้นทุนรวมลดลง ซึ่งวิธี SPT ลดได้มากที่สุด
1,307,881.65 บาท/ปี คิดเป็นร้อยละ 8.53 รองลงมาคือ
วิธี EDD+FCFS ลดได้ 1,299,920.42 บาท/ปี คิดเป็น
ร้อยละ 8.48 วิธี MST ลดได้ 1,298,141.73 บาท/ปี คิด
เป็นร้อยละ 8.47 และวิธี CR ลดได้ 1,296,911.27
บาท/ปี คิดเป็นร้อยละ 8.46 ตามลำดับ

ผู้วิจัยพัฒนาวิธีการจัดตารางผลิต SPT+Slack1 ขึ้น
ใหม่โดยอาศัยผลจากการจัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติก
4 วิธีข้างต้น พบว่าวิธี SPT+Slack1 มีจำนวนงานล่าช้า
เท่ากับ 95 งาน เวลาล่าช้ารวมเท่ากับ 193 วัน สินค้าคง
คลังเท่ากับ 4,161 แผ่น/วัน และต้นทุนการจัดเก็บสินค้า

คงคลังเท่ากับ 131,674 บาท/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดตารางการผลิต โดยวิธีฮิวริสติกทุกวิธีพบว่า วิธี SPT+Slack1 มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด และหากเปรียบเทียบกับการจัดตารางการผลิตวิธีเดิมของโรงงาน

จะเห็นว่าวิธี SPT+Slack1 สามารถลดจำนวนงานล่าช้าได้ถึงร้อยละ 44.12 และต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลังลดลงร้อยละ 21.32

ตารางที่ 3 ผลการจัดตารางการผลิตแต่ละวิธี

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ	วิธีที่ใช้จัดตารางการผลิต					
	วิธีโรงงาน	EDD+FCFS	SPT	MST	CR	SPT+Slack1
จำนวนงานล่าช้า (งาน)	170	105	103	105	105	95
เวลาล่าช้ารวม (วัน)	363	204	210	206	207	193
เวลาล่าช้าสูงสุด (วัน)	4	4	8	4	4	7
ปริมาณสินค้าคงคลัง (แผ่น/วัน)	5,085	4,609	4,616	4,612	4,613	4,164
พื้นที่จัดเก็บสินค้าคงคลังที่ใช้ (ตารางเมตร/วัน)	648	240	243	242	242	201
ร้อยละการใช้พื้นที่จัดเก็บสินค้าคงคลัง	170.54	63.24	63.90	63.61	63.60	52.96
ร้อยละการใช้ประโยชน์ของแม่แบบ	100	99.46	99.46	99.46	99.46	99.44
ต้นทุนรวม (บาท/ปี)	15,334,826	14,034,906	14,026,944	14,036,684	14,037,915	14,055,888
ประหยัดได้ (บาท/ปี)	-	1,299,920	1,307,882	1,298,142	1,296,911	1,278,938

5. สรุปการศึกษา

การดำเนินการจัดตารางผลิตตามขั้นตอนที่ผู้วิจัยกำหนด ทำให้สามารถใช้พื้นที่จัดเก็บสินค้าคงคลังภายใต้ขีดจำกัดที่โรงงานมีอยู่โดยไม่ต้องซ้อนทับกันระหว่างผลิตภัณฑ์ต่างชนิดกัน ในการจัดตารางผลิตมีการใช้กฎการจัดลำดับงานฮิวริสติก 4 วิธี ได้แก่ EDD+FCFS, SPT, MST และ CR ซึ่งทั้ง 4 วิธียังไม่มีวิธีใดที่สามารถจัดตารางการผลิตได้มีประสิทธิภาพในด้านจำนวนงานล่าช้าและปริมาณสินค้าคงคลังควบคู่กัน ผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีการ

จัดตารางการผลิตวิธีใหม่คือ SPT+Slack1 ซึ่งสามารถทำให้จำนวนงานล่าช้า และสินค้าคงคลังลดลงได้มากที่สุด

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณผู้บริหาร รวมถึงพนักงานโรงงานกรณีศึกษาทุก ๆ ท่าน ที่อำนวยความสะดวกในสถานที่ และการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษา งานวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักยุทธศาสตร์และการวางแผนเศรษฐกิจมหภาค. รายงานภาวะเศรษฐกิจไทยไตรมาสที่สอง ปี 2559 และแนวโน้มปี 2559. 2559; 36.
- [2] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. การสำรวจอุตสาหกรรมก่อสร้าง พ.ศ. 2557. สำนักงานสถิติแห่งชาติ, กรุงเทพฯ, 2559.
- [3] ศุภวิศวรรี ปัญญาสกุลวงศ์ และ กฤษณ์ เข้มสระโส. มารู้จักส่วนประกอบของอาคารกันเถอะ. แหล่งที่มา [ระบบออนไลน์]: <http://www.thaihomemaster.com/showinformation.php?ID=374>, 27 มีนาคม 2560.
- [4] นิพนธ์ ลักษณะอดิศร. รู้ก่อนใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูป. แหล่งที่มา [ระบบออนไลน์]: http://www.tpa.or.th/tpanews/upload/mag_content/50/ContentFile864.pdf, 27 มีนาคม 2560.
- [5] ประเมศ ชูติมา. การประยุกต์เทคนิคการจัดตารางในอุตสาหกรรม. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2551.
- [6] Silver, E.A. An overview of heuristic solution methods. *Journal of the Operational Research Society*, 2002; 55(9): 936-956.
- [7] วชิรพงษ์ สาลีสิงห์. การจัดลำดับงานโดยกฎความสำคัญ. *Productivity World*, 2546; 8 (44): 42-48.
- [8] สุเทพ บุตรดี, ชัยวัฒน์ นุ่มทอง และปัญญาพร แพใหญ่. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกแบบผสมเพื่อประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม, 24-26 ตุลาคม 2550, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 2550; 1421-1426.
- [9] วัศพล ชารณา, จิตติมา ชูกิจรุ่งโรจน์, มธรรดา วิริยะพงษ์, เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์, ช่อแก้ว จตุรานนท์ และ เจริญชัย โขมพัฒนารักษ์. การจัดตารางการผลิตของเครื่องพิมพ์บรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษลูกฟูก. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม, 17-19 ตุลาคม 2555, มหาวิทยาลัยศรีปทุม, เพชรบุรี, 2555; 339-345.
- [10] ยอดดวงใจ นาคปฐม. การจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง สำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ. *วิทยานิพนธ์*, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2555.
- [11] Tharmmaphornphilas, W. and N, Sareinpithak. Formula selection and scheduling for precast concrete production. *International Journal of Production Research*, 2013; 51(17): 5195-5209.