



การวางแผนการผลิตสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีความต้องการสินค้าไม่แน่นอน
**PRODUCTION PLANNING FOR AUTOMOTIVE PARTS MANUFACTURER UNDER
UNCERTAIN DEMAND**

เพ็ญภัทร์ อารี¹ และนระเกณท์ พุ่มชูศรี²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีวางแผนการผลิตของสายการประกอบชิ้นส่วนยานยนต์ ซึ่งมีลักษณะความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าที่ไม่แน่นอน ซึ่งจะต้องตัดสินใจสั่งผลิตสินค้าเพื่อให้มีปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสมกับปริมาณความต้องการสินค้าที่กำลังเกิดขึ้นในอนาคต งานวิจัยนี้ได้พัฒนาฮิวริสติกสำหรับการวางแผนผลิตเพื่อให้ต้นทุนรวมซึ่งประกอบด้วยต้นทุนการเก็บสินค้าและการขาดส่งสินค้าต่ำ จากการทดสอบฮิวริสติกโดยเปรียบเทียบกับการวางแผนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา โดยการใช้ข้อมูลการเรียกสินค้าของลูกค้าจริงในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงกรกฎาคม 2557 พบว่าวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอสามารถลดต้นทุนรวมโดยเฉลี่ย 70.09% และสามารถลดจำนวนการขาดส่งสินค้าโดยเฉลี่ย 47.54% ดังนั้นวิธีการนี้สามารถนำไปใช้ปรับปรุงการวางแผนการผลิตสำหรับโรงงานกรณีศึกษาได้

คำสำคัญ: การวางแผนการผลิต, ความต้องการสินค้าไม่แน่นอน, ชิ้นส่วนยานยนต์

ABSTRACT

This research presents an approach for production planning of automotive parts assembly line under uncertain demand. In the production planning, it is necessary to determine production order for appropriate inventory levels to serve uncertain demand in the future. This research develops a heuristic for such production planning in order to minimize the total cost, composing of inventory and shortage costs. From computational experiments using actual demand data during May to July 2014, the proposed heuristic can reduce the total cost by 70.09% and can reduce the number of backlog by 47.54% on average, as compared to the current practice. It showed that the proposed method can be used to effectively improve the production planning in our case-study factory.

KEYWORDS: Production planning, uncertain demand, Automobile industry

1. บทนำ

อุตสาหกรรมยานยนต์นับเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมหลักของประเทศไทย โดยประเทศไทยถือเป็นฐานการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่สำคัญของภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก [1] ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่เป็นผู้ประกอบการคนไทย มักเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนในลำดับที่ 2 และ 3 (Tier 2, 3) [2] ที่ทำหน้าที่เป็นผู้จัดหาวัตถุดิบหรือผลิตชิ้นส่วนพื้นฐาน ให้กับผู้ผลิตชิ้นส่วนลำดับที่ 1 (Tier 1) ซึ่งมีลักษณะธุรกิจเป็นวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) [3] ที่มีเงินลงทุนค่อนข้างจำกัด

ผู้ผลิตชิ้นส่วนในลำดับที่ 2 และ 3 ส่วนใหญ่ยังไม่มีการจัดการวางแผนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ ในปัจจุบันการวางแผนการผลิตยังใช้ประสบการณ์ของพนักงานเป็นหลัก [4] ซึ่งไม่สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าและทรัพยากรที่มีอยู่ ทำให้ไม่สามารถส่งมอบสินค้าได้ทันตรงตามกำหนด โดยผู้ผลิตชิ้นส่วนจะต้องรับผิดชอบต่อค่าปรับเนื่องจากส่งสินค้าล่าช้ากว่ากำหนด ซึ่งมีมูลค่าสูง ดังนั้นการจัดการและการวางแผนการผลิตที่ดีเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากที่จะช่วยลดต้นทุนรวม และสามารถเพิ่มสภาพคล่องทางการเงินให้แก่บริษัท

ดังเช่นกรณีศึกษาโรงงานผลิตที่รัดแหวนสปริง (Clip for Leaf Spring) แห่งหนึ่ง ที่มีลักษณะการผลิตเป็นแบบ Make to Stock (MTS) ซึ่งทางโรงงานจะต้องวางแผนการผลิตเพื่อรองรับความต้องการสินค้าที่ไม่แน่นอน ลูกค้าจะแจ้งข้อมูลความต้องการสินค้าในแต่ละเดือนเป็นค่าประมาณการเรียกสินค้าแต่ละชนิด โดยความต้องการสินค้ารายวันจะแจ้งภายในวันนั้นโดยไม่มีการแจ้งให้ทราบล่วงหน้า ซึ่งผู้ผลิตชิ้นส่วนจะต้องส่งมอบสินค้าภายในเวลาที่กำหนด แต่ในปัจจุบันทางโรงงานยังพบปัญหา เนื่องจากจำนวนและชนิดของสินค้าที่จัดเตรียมไม่สอดคล้องกับความต้องการสินค้าของลูกค้า ทำให้ไม่สามารถส่งมอบสินค้าแก่ลูกค้าได้ตามกำหนดเวลา

งานวิจัยส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์ มักเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการวางแผนการผลิตที่ทราบความต้องการสินค้าของลูกค้าล่วงหน้า และเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับลักษณะการผลิตแบบ Make to Order (MTO) อาทิเช่น งานวิจัยของวิมลพรรณ [5] และ Thomas Volling, Thomas S. Spengler [6] เป็นต้น แต่รูปแบบปัญหางานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาการวางแผนการผลิตที่มีลักษณะความต้องการสินค้าที่ไม่แน่นอน และมีลักษณะการผลิตแบบ Make to Stock (MTS) ซึ่งสามารถพบได้ในอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าอุปโภค บริโภค ที่มีคุณลักษณะที่สำคัญคือการตอบสนองความต้องการสินค้าที่มีเวลานำสั้น ดังเช่นงานวิจัยของ E. Teimoury, M. Modarres [7] ที่เสนอตัวแบบนโยบายคงคลังสินค้า (s, Q) ในการสั่งผลิตสินค้า ซึ่งมีเวลานำในการเรียกสินค้าที่มีลักษณะการแจกแจงของข้อมูลแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution) และงานวิจัยของภาคภูมิ [8] ซึ่งปรับปรุงการวางแผนการผลิตเครื่องจักรเดียว ที่มีความต้องการสินค้าที่ไม่แน่นอน โดยมีรูปแบบการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ (Normal Distribution) ถึงแม้จะมีงานวิจัยหลายงานให้ความสนใจปัญหาการวางแผนการผลิตที่มีความต้องการไม่แน่นอน ความต้องการสินค้าในงานวิจัยเหล่านั้นมักสามารถกำหนดรูปแบบให้เป็นการแจกแจงแบบใดแบบหนึ่งได้ เช่น แบบเอ็กซ์โพเนนเชียล หรือแบบปกติ แต่งานวิจัยนี้สนใจปัญหาการวางแผนการผลิตที่มีความต้องการสินค้าซึ่งมีการแจกแจงที่ไม่สามารถกำหนดรูปแบบงานวิจัยนี้เสนอวิธีสถิติสำหรับการวางแผนการผลิตสินค้าหลายชนิด (Multi - item) มีความต้องการที่ไม่แน่นอน และไม่ทราบรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลความต้องการสินค้าบนเครื่องจักรเดียว (Single Machine) โดยมีเป้าหมายคือการทำให้ต้นทุนรวมต่ำและลดจำนวนการขาดส่งสินค้า

2. ลักษณะทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

2.1 ลักษณะรูปแบบการผลิตของโรงงาน

ที่รัดแหวนสปริงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีหลายรูปแบบ กระบวนการผลิตเริ่มจากการนำเหล็กแผ่นมาผ่านการตัด บี้ขึ้นรูป ชุบเคลือบผิวกันสนิมและประกอบ ซึ่งสามารถเตรียมชิ้นงานเพื่อส่งให้แก่กระบวนการประกอบซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายได้ตลอดเวลา การประกอบจะนำ Clip Sheet จากคลังสินค้ามาประกอบเข้ากับที่รัดแหวนสปริง ด้วยเครื่องจักรซึ่งมีเครื่องเดียวในโรงงาน ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนชนิดชิ้นงานจะต้องปรับตั้งเครื่องจักรใหม่ทุกครั้ง เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการผลิต ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์จะนำไปเก็บในสินค้าคงคลัง เพื่อรอการเรียกสินค้าจากลูกค้า โดยลักษณะการเรียกสินค้าจะเรียกเต็มจำนวนตามจำนวนบรรจุภัณฑ์ เช่น 1 กล่อง บรรจุภัณฑ์ บรรจุชิ้นงาน 50 ชิ้น ลูกค้าจะเรียกสินค้าเป็น 50, 100, 150, 200 ชิ้น เป็นต้น

2.2 ลักษณะการวางแผนการผลิตของโรงงาน

เมื่อโรงงานได้รับข้อมูลประมาณการความต้องการสินค้ารายเดือนจากลูกค้า พนักงานวางแผนจะใช้ประสบการณ์ในการประเมินจำนวนยอดเรียกสินค้ารายเดือนของสินค้าแต่ละรายการ เพื่อกำหนดจำนวนเป้าหมายในการผลิตชิ้นส่วนภายในเดือนและ จากนั้นจะกำหนดระดับปริมาณการเก็บสินค้าคงคลังของสินค้าสำเร็จรูป (Finished good) แต่ละรายการ โดยกำหนดเป็นจุดสั่งผลิตและจำนวนสั่งผลิต ซึ่งระดับปริมาณการเก็บสินค้าคงคลังจะมีการปรับเปลี่ยนในทุก ๆ เดือน

การกำหนดจุดสั่งผลิต จะกำหนดเป็นจำนวนเท่าของขนาดขั้นต่ำการผลิตที่ครอบคลุมค่าเฉลี่ยของจำนวนการเรียกสินค้าแต่ละชนิดในแต่ละครั้ง โดยที่ค่าเฉลี่ยของจำนวนการเรียกสินค้า เท่ากับผลรวมจำนวนการเรียกสินค้าของแต่ละรายการหารด้วยจำนวนครั้งที่มีการเรียกสินค้า จำนวนสูงสุดของสินค้าคงคลังแต่ละรายการ จะมีค่าเท่ากับสองเท่าของจำนวนที่จุดสั่งผลิต

สำหรับการวางแผนการผลิตรายวัน เมื่อสิ้นวันพนักงานจะสั่งผลิตสินค้าเฉพาะรายการสินค้าที่จำนวนคงคลิกล้นกว่าจุดสั่งผลิต และจะต้องเป็นสินค้าที่มียอดเรียกสะสมไม่เกินจำนวนเป้าหมายในการผลิตชิ้นส่วน ในเดือนนั้นจำนวนสั่งผลิตจะเท่ากับจำนวนที่จุดสั่งผลิต ส่วนลำดับการผลิตจะจัดเรียงตามเปอร์เซ็นต์ของจำนวนสินค้าที่ถูกค้าเรียกไปแล้วเทียบกับจำนวนเป้าหมายในการผลิตชิ้นส่วนรายเดือนของแต่ละรายการสินค้าจากน้อยไปมาก นอกจากนี้ผู้วางแผนจะตรวจสอบระยะเวลาการผลิตรวมของทุกสินค้าที่ผ่านเครื่องจักรต่อวันว่ามากกว่าระยะเวลาทำงานของเครื่องจักรต่อวันหรือไม่ ในกรณีที่มากกว่า งานส่วนที่เหลือจะถูกผลิตในวันถัดไป โดยในสิ้นวันจะไม่อนุญาตให้มีงานค้างในสายการประกอบ

2.3 วิเคราะห์สภาพปัญหาของโรงงาน

ปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานดังกล่าว ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จำนวนยอดเรียกสินค้ารายเดือนของสินค้าแต่ละรายการซึ่งพนักงานเป็นผู้ประเมิน ข้อมูลดังกล่าวนี้เป็นส่วนสำคัญต่อการตัดสินใจสั่งผลิต เพราะเมื่อไหร่ที่สินค้ามียอดเรียกสินค้าจริงเท่ากับค่าพยากรณ์แล้ว สินค้ารายการนั้นจะไม่มีคำสั่งผลิต ซึ่งเป็นไปได้ว่าลูกค้าเรียกสินค้าเพิ่มในภายหลัง ส่งผลให้ไม่สามารถส่งมอบสินค้าได้ตรงตามกำหนดเวลา

สาเหตุของปัญหาอีกส่วนหนึ่งเกิดจากนโยบายการวางแผนการผลิตของโรงงานไม่เหมาะสมกับลักษณะการเรียกสินค้าของลูกค้าในแต่ละวัน ที่มีความหลากหลายสูง อีกทั้งลักษณะการผลิตต้องใช้เครื่องจักรร่วมกันในการผลิตสินค้า การกำหนดขนาดการผลิตคงที่และมีขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นผลมาจากการนำจำนวนเท่าของขนาดขั้นต่ำการผลิตมาใช้ ทำให้ผลิตสินค้าได้น้อยรายการ ภายใต้ระยะเวลาทำงานของเครื่องจักรต่อวันที่มีจำกัด ในกรณีที่ระยะเวลาผลิตรวมของทุกสินค้าที่ผ่านเครื่องจักรมากกว่าระยะเวลาทำงานของเครื่องจักรในวันนั้น สินค้าที่สำคัญบางรายการอาจถูกเลื่อนไปผลิตในวันถัดไป และถ้าสินค้ารายการนั้นมีแนวโน้มจะถูกเรียกในวันรุ่งขึ้น โรงงานจะไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า ได้

นอกจากนี้ในประเด็นของการกำหนดปริมาณการเก็บสินค้าคงคลังสูงสุดของแต่ละรายการสินค้า โรงงานกำหนดให้มีค่าเท่ากับสองเท่าของจำนวนที่จุดสั่งผลิต เนื่องจากโรงงานมีความเข้าใจว่าการเก็บสินค้าคงคลังด้วยปริมาณน้อยที่สุด จะให้ต้นทุนรวมต่ำ ซึ่งยังขาดการนำไปพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าปรับในกรณีขาดส่งสินค้า ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายสำคัญที่มีผลต่อต้นทุนรวมเช่นกัน ทำให้โรงงานมีสินค้าไม่เพียงพอความต้องการของลูกค้าและไม่สามารถส่งมอบสินค้าได้ตรงตามเวลาที่กำหนด

3. ฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิตสำหรับโรงงานกรณีศึกษา

ระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาเป็นการผลิตสินค้าหลายชนิดบนเครื่องจักรเดียว โดยมีความต้องการที่ไม่แน่นอนและไม่ทราบรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลความต้องการสินค้า งานวิจัยนี้ได้พัฒนาฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิตสินค้าของระบบการผลิตดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ต้นทุนรวมต่ำ และลดจำนวนการขาดส่งสินค้า

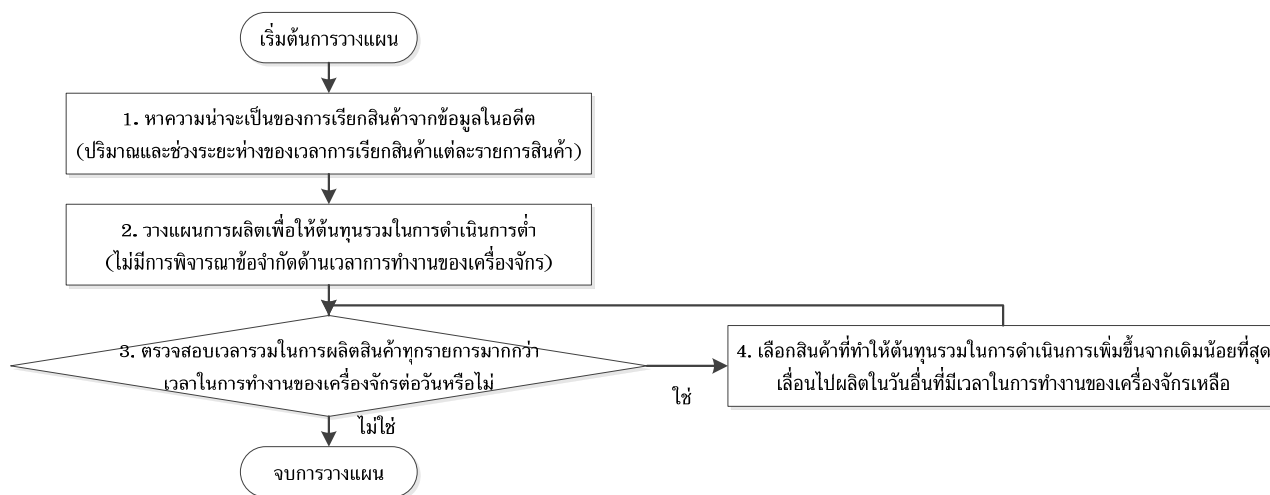
3.1 แนวคิดในการออกแบบฮิวริสติกสำหรับวางแผนการผลิต

เนื่องจากค่าประมาณการจำนวนการเรียกสินค้ารายเดือนของโรงงานมีความคลาดเคลื่อนสูง (คลาดเคลื่อนมากกว่า 33.52% โดยคิดจากข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่เดือนมกราคม 2557 ถึงเมษายน 2557) ผู้วิจัยจึงมีการปรับเปลี่ยนข้อมูลนำเข้าในการวางแผนการ

ผลิต โดยการนำข้อมูลปริมาณการเรียกและช่วงระยะห่างของเวลาเรียกสินค้าที่เกิดขึ้นจริงในอดีตมาใช้หาความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้นของการเรียกสินค้าของลูกค้าแทนค่าประมาณการจำนวนการเรียกสินค้ารายเดือนของโรงงาน ซึ่งวิธีดังกล่าวจะทำให้ได้ข้อมูลการเรียกสินค้าที่สะท้อนพฤติกรรมของลูกค้าได้ดี เมื่อได้ข้อมูลการเรียกสินค้าแล้ว ผู้วิจัยจะนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้กำหนดจำนวนผลิตและวันผลิตที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความไม่แน่นอนของการเรียกสินค้าที่จะเกิดขึ้น และข้อจำกัดด้านเวลาการทำงานของเครื่องจักรเพื่อให้ได้ต้นทุนรวมที่เกิดจากต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลังและค่าปรับจากการขาดส่งสินค้าต่ำ นอกจากนี้แนวคิดดังกล่าวยังส่งผลให้ปริมาณสั่งผลิตสินค้าแต่ละรายการในแต่ละครั้งไม่เท่ากัน ซึ่งทำให้การผลิตสินค้ามีความยืดหยุ่นและปรับเปลี่ยนไปตามความต้องการของลูกค้าได้มากกว่าวิธีการวางแผนผลิตของโรงงานในปัจจุบันที่กำหนดให้ขนาดการผลิตคงที่

3.2 ฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิต

รายละเอียดขั้นตอนของฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิตสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการวางแผนการผลิต

1. เตรียมข้อมูลนำเข้าในการวางแผนการผลิต โดยนำข้อมูลการเรียกสินค้าของลูกค้าในอดีต ทั้งจำนวนสินค้าที่ลูกค้าเรียกและระยะห่างของเวลาการเรียกสินค้าในครั้งถัดไป (ตัวอย่างเช่น ลูกค้าเรียกสินค้าครั้งล่าสุดวันจันทร์ ถ้าระยะห่างของเวลาการเรียกครั้งถัดไปเท่ากับ 1 วัน หมายความว่าลูกค้าจะเรียกสินค้าอีกครั้งในวันอังคาร) แต่ละรายการสินค้า มาหาความน่าจะเป็นของจำนวนสินค้าที่ลูกค้าเรียกและระยะห่างของเวลาการเรียกสินค้าครั้งถัดไป สามารถหาได้จาก [9] โดยที่ $P(A)$ คือความน่าจะเป็นที่เกิดเหตุการณ์ A และ nA คือ จำนวนสมาชิกของเหตุการณ์ A ตามตัวอย่างที่แสดงให้เห็นดังตารางที่ 1, 2

ตารางที่ 1 ความน่าจะเป็นของจำนวนสินค้าที่ลูกค้าเรียกของรายการสินค้า XYZ

จำนวนสินค้าที่ลูกค้าเรียก (ชิ้น)	10	20	30
ความน่าจะเป็นของปริมาณสินค้าที่จะเรียก	0.3	0.5	0.2

ตารางที่ 2 ความน่าจะเป็นของระยะห่างของเวลาการเรียกสินค้าในครั้งถัดไปของรายการสินค้า XYZ

ระยะห่างเวลาในการเรียกครั้งถัดไป (วัน)	1	2	3
ความน่าจะเป็นของระยะห่างเวลาการเรียกครั้งถัดไป	0.1	0.1	0.8

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นความน่าจะเป็นของจำนวนสินค้าที่เรียกแต่ละกรณีของรายการสินค้า XYZ ตัวอย่างเช่น ที่จำนวนการเรียกสินค้าที่ 10 ขึ้น จะมีความน่าจะเป็นของการเรียกเท่ากับ 0.3 ส่วนตารางที่ 2 แสดงให้เห็นความน่าจะเป็นของระยะห่างของเวลาการเรียกสินค้าครั้งถัดไปในแต่ละกรณีของรายการสินค้า XYZ เช่น ที่ระยะห่างของเวลาการเรียกครั้งถัดไป 1 วัน จะมีความน่าจะเป็นของการเรียกเท่ากับ 0.1

ข้อมูลนำเข้าที่จะนำไปใช้ในอิวิริสติกจะพิจารณาเหตุการณ์ทั้งในส่วนของจำนวนสินค้าที่เรียกและระยะห่างของเวลาเรียกสินค้าครั้งถัดไปของแต่ละรายการสินค้า ดังนั้นความน่าจะเป็นที่นำไปใช้ในอิวิริสติกจะเป็นความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มของสองเหตุการณ์ร่วมกัน (Joint Probability Distribution) ซึ่งตัวแปรสุ่มทั้งสองเหตุการณ์มีลักษณะเป็นตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Random Variable) และมีอิสระต่อกัน สามารถหาความน่าจะเป็นร่วมของตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง สามารถหาได้จาก [9] โดยที่ a เป็นตัวแปรสุ่มของเหตุการณ์ A (จำนวนสินค้าที่ลูกค้าเรียก) และ b เป็นตัวแปรสุ่มของเหตุการณ์ B (ระยะห่างของเวลาการเรียกครั้งถัดไป) ตามตัวอย่างที่แสดงให้เห็นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การแจกแจงความน่าจะเป็นร่วมของจำนวนสินค้าที่เรียกและระยะห่างของเวลาการเรียกสินค้าครั้งถัดไปของรายการสินค้า XYZ

จำนวนสินค้าที่ลูกค้าเรียก (ชิ้น)	ระยะห่างของเวลาการเรียกครั้งถัดไป (วัน)		
	1	2	3
10	0.03	0.03	0.24
20	0.05	0.05	0.40
30	0.02	0.02	0.16

จากตารางที่ 3 แสดงการแจกแจงความน่าจะเป็นร่วมของจำนวนสินค้าที่เรียกและระยะห่างของเวลาการเรียกสินค้าครั้งถัดไปของรายการสินค้า XYZ โดยมีความหมายดังนี้ ตัวอย่างเช่น สินค้า XYZ มีความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะเรียกสินค้าชนิดนี้ที่จำนวน 10 ชิ้น โดยมีระยะห่างการเรียกสินค้าในครั้งถัดไป 1 วัน เท่ากับ 0.03

2. คำนวณหาปริมาณสั่งผลิตและวันสั่งผลิตที่เหมาะสมของสินค้าแต่ละรายการ โดยตัวเลือกเพื่อใช้ในการคำนวณหาวันสั่งผลิต จะพิจารณาทุกวันตั้งแต่วันที่ตัดสินใจวางแผนไปจนถึงวันที่ $\max B - 1$ โดยที่ $\max B$ คือ ระยะห่างของเวลาสูงสุดในการเรียกสินค้าครั้งถัดไป ดังนั้นวันสั่งผลิต (T) จะมีค่าเท่ากับ 0, 1, 2,..., $\max B - 1$ และตัวเลือกเพื่อใช้ในการคำนวณหาการคำนวณหาปริมาณสั่งผลิตสินค้าแต่ละรายการสินค้า หาได้จากสมการที่ 1

$$Q = a - \text{amount}_{inv} \quad (1)$$

โดยที่

Q	=	ปริมาณสั่งผลิตสินค้า (ชิ้น)
a	=	จำนวนสินค้าที่ลูกค้าเรียก
amount_{inv}	=	จำนวนสินค้าคงคลังคงเหลือ (ชิ้น)

ดังนั้น ตัวเลือกสั่งผลิตสินค้าแต่ละรายการ จะอยู่ในรูปของคู่อันดับ (Q,T) ตัวอย่างเช่น ถ้าจำนวนสินค้าคงคลังคงเหลือของ

สินค้า XYZ เท่ากับ 2 ชิ้น ดังนั้นคำตอบตัวเลือกสิ่งผลิตสินค้า XYZ จะเท่ากับ (8,0), (8,1), (8,2), (18,0), (18,1), (18,2), (28,0), (28,1), (28,2)

เมื่อได้ตัวเลือกสำหรับการสั่งผลิตสินค้าของแต่ละรายการแล้ว จะนำข้อมูลดังกล่าวไปคำนวณเพื่อหาปริมาณสั่งผลิตและวันสั่งผลิตที่เหมาะสมของสินค้าแต่ละรายการ ที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำ ซึ่งประกอบด้วยต้นทุน 2 ส่วน ได้แก่ ต้นทุนการเก็บสินค้าคงคลังและค่าปรับจากการขาดส่งสินค้าไม่ตรงตามเวลา โดยต้นทุนที่พิจารณาในงานวิจัยนี้จะใช้เป็นค่าคาดหวังของต้นทุน (Expected Cost) ภายใต้สมมติฐานที่ว่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสินค้ามีพร้อมแก่การผลิตตลอดเวลา และมีพื้นที่ในการเก็บสินค้าคงคลังมีไม่จำกัด โดยสามารถเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้ดังสมการที่ 2

$$\text{Min } E[\text{Total cost}_i] = CH \cdot E[\text{Holding}_i] + CS \cdot E[\text{Shortage}_i] \quad (2)$$

โดยที่ i = เซตของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อสั่งผลิตสินค้า Q และผลิตในวันที่ T
 CH = ค่าต้นทุนในการเก็บสินค้าคงคลัง (บาท/กล่อง/วัน)
 CS = ค่าปรับจากการขาดส่งสินค้า (บาท/กล่อง/วัน)
 Holding_i = จำนวนสินค้าคงคลังของเหตุการณ์ i
 Shortage_i = จำนวนขาดส่งสินค้าของเหตุการณ์ i
 Total cost_i = ต้นทุนรวมของเหตุการณ์ i

เนื่องจากค่าคาดหวังของจำนวนสินค้าคงคลังของเหตุการณ์ i เกิดจากผลรวมของจำนวนการเก็บสินค้าทุก ๆ กรณี j ภายใต้การสั่งผลิต i และค่าคาดหวังของจำนวนขาดส่งสินค้าของเหตุการณ์ i เกิดจากผลรวมของจำนวนขาดส่งสินค้าทุก ๆ กรณี j ภายใต้การสั่งผลิต i ดังนั้นการหาค่าคาดหวังของจำนวนสินค้าคงคลังและจำนวนขาดส่งสินค้าของเหตุการณ์ i สามารถหาได้จาก [9] เนื่องจากปริมาณการเรียกสินค้าและวันที่เรียกสินค้าของลูกค้ามีลักษณะตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Random Variable) ดังสมการที่ 3

$$E[\text{Total cost}_i] = [CH \cdot \sum_{j=1}^J (P_j \cdot \sum_{k=1}^K \text{Stock}_{ijk})] + [CS \cdot \sum_{j=1}^J (P_j \cdot \sum_{k=1}^K \text{Shortage}_{ijk})] \quad \forall i \quad (3)$$

โดยที่ j = {1, 2, 3,..., J} เป็นเซตของเหตุการณ์การเรียกสินค้าของลูกค้าที่เกิดขึ้นจริง โดยลูกค้าเรียกสินค้าเป็นจำนวน a ในวันที่ b
 k = {1, 2, 3,..., K} เป็นเซตของวันที่สนใจ
 P_j = ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ j
 Stock_{ijk} = จำนวนสินค้าคงคลังที่เกิดจากการสั่งผลิตสินค้าแบบ i ซึ่งมีความต้องการสินค้าเกิดขึ้นจริง j ในวันที่ k
 Shortage_{ijk} = จำนวนสินค้าขาดส่งที่เกิดจากการสั่งผลิตสินค้าแบบ i ซึ่งมีความต้องการสินค้าเกิดขึ้นจริง j ในวันที่ k

สมการที่ 4 เป็นการหาจำนวนการเก็บสินค้าคงคลังในแต่ละวันที่ k ซึ่งเกิดขึ้นจากการสั่งผลิตสินค้าเหตุการณ์แบบ i และเกิดการเรียกสินค้าของลูกค้าแบบ j และสมการที่ 5 เป็นการหาจำนวนสินค้าที่ขาดส่งในแต่ละวันที่ k ซึ่งเกิดขึ้นจากการสั่งผลิตสินค้าเหตุการณ์แบบ i และเกิดการเรียกสินค้าของลูกค้าแบบ j

$$\text{Stock}_{ijk} = \begin{cases} 0 & , \text{INV}_k + Q_{(k-1)} - D_k \leq 0 \\ \text{INV}_k + Q_{(k-1)} - D_k & , \text{INV}_k + Q_{(k-1)} - D_k > 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{Shortage}_{ijk} = \begin{cases} |\text{INV}_k + Q_{(k-1)} - D_k| & , \text{INV}_k + Q_{(k-1)} - D_k \leq 0 \\ 0 & , \text{INV}_k + Q_{(k-1)} - D_k > 0 \end{cases} \quad (5)$$

โดยที่ INV_k = จำนวนสินค้าคงคลังคงเหลือ ในวันที่ k
 $Q_{(k-1)}$ = จำนวนสั่งผลิตสินค้า ในวันที่ $k-1$ (หมายถึง สั่งผลิตค่าในวันนี้จะคิดเป็นสินค้าคงคลังเข้าในวันถัดไป)
 D_k = จำนวนสินค้าที่ลูกค้าเรียก ในวันที่ k

3. พิจารณาข้อจำกัดในด้านเวลาการทำงานของเครื่องจักรหนึ่งต่อวัน โดยการตรวจสอบระยะเวลาผลิตรวมของทุกรายการสินค้าที่ผ่านเครื่องจักรหนึ่งว่ามากกว่าระยะเวลาทำงานของเครื่องจักรหนึ่งต่อวันหรือไม่ ดังสมการที่ 6 ซึ่งเป็นสมการเงื่อนไขด้านเวลาในการทำงานของเครื่องจักรหนึ่งต่อวัน ซึ่งระยะเวลารวมในการผลิตของทุกรายการสินค้าจะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับระยะเวลาในการทำงานของเครื่องจักรหนึ่งต่อวัน ในกรณีที่ระยะเวลาผลิตรวมของทุกรายการสินค้าน้อยกว่าระยะเวลาทำงานของเครื่องจักรให้ตรวจสอบในวันถัดไปจนครบแต่ละวันวางแผนผลิต ยกเว้นกรณีที่ระยะเวลาผลิตรวมของทุกรายการสินค้าน้อยกว่าระยะเวลาในการทำงานของเครื่องจักรให้ดำเนินการตามข้อที่ 4 และจะต้องกลับมาตรวจสอบข้อจำกัดด้านเวลาในการทำงานของเครื่องจักรอีกครั้ง

$$\sum_{m=0}^M (ST + (PT \cdot Q_m)) \leq MT \quad (6)$$

โดยที่ m = { 1, 2, 3,..., M } เป็นเซตของรายการสินค้าที่สั่งผลิต
 ST = เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)
 PT = เวลาในการผลิตสินค้าต่อชิ้น (นาที)
 Q_m = จำนวนสินค้าที่สั่งผลิต ของรายการสินค้า m (ชิ้น)
 MT = เวลาในการทำงานของเครื่องจักร (ชิ้น)

4. กรณีระยะเวลาในการผลิตรวมของทุกสินค้าที่ผ่านเครื่องจักรหนึ่งมากกว่าระยะเวลาในการทำงานของเครื่องจักรหนึ่งต่อวัน จะพิจารณาเลือกรายการสินค้าที่มีส่วนต่างของต้นทุนรวมของวันอื่น เทียบกับต้นทุนรวมของกำหนดการผลิตเดิมน้อยที่สุด และจะต้องเป็นวันที่มีเวลาในการทำงานของเครื่องจักรเหลือเพียงพอที่จะผลิตสินค้ารายการนั้น โดยเลื่อนผลิตสินค้ารายการนั้นไปวันดังกล่าว

ในส่วนข้างต้นที่กล่าวมาเป็นวิธีการวางแผนการผลิตสินค้าล่วงหน้าในแต่ละวัน ซึ่งอาจจะต้องมีการปรับแผนการผลิตเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการสินค้าของลูกค้าที่เข้ามาตามสถานการณ์จริง กรณีที่จะต้องมีการปรับแผนการผลิต มีรายละเอียดดังนี้

1. ในกรณีที่สินค้าคงคลัง มีไม่เพียงพอกับการเรียกสินค้าของลูกค้า จะต้องปรับแผนการผลิตจากเดิมโดยสั่งผลิตรายการสินค้าที่ขาดก่อนเป็นอันดับแรก สั่งผลิตเท่ากับจำนวนที่ขาดส่งสินค้า ด้วยการแทรกแผนผลิตเดิมที่วางไว้
2. สินค้าที่ถูกเรียกในวันนั้น จะได้รับการพิจารณาในการวางแผนผลิตใหม่ ซึ่งจะคำนวณตามข้อที่ 2-4

4. การทดสอบประสิทธิภาพของฮิวริสติก

หัวข้อนี้เป็นส่วนของการทดสอบการวางแผนการผลิต ด้วยการจำลองสถานการณ์ของวิธีวางแผนการผลิตของโรงงานในปัจจุบัน เทียบกับฮิวริสติกที่นำเสนอ โดยการใช้โปรแกรม Visual Studio Express เพื่อประเมินผลตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ การทดสอบจะทดสอบกับข้อมูลจริงของโรงงาน ด้วยชิ้นงานทั้งหมด 20 รายการ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงกรกฎาคม 2557 เป็นระยะเวลา 3 เดือน ข้อมูลนำเข้าของระบบจะใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเมษายน 2557 และเมื่อทดสอบครบ 1 เดือน จะนำข้อมูลของเดือนใหม่มาปรับปรุงข้อมูลนำเข้าเพื่อที่จะทดสอบในเดือนถัดไป

ส่วนต้นทุนที่นำมาพิจารณาในระบบ ได้แก่ ต้นทุนในเก็บสินค้าคงคลัง ซึ่งพิจารณาจากดอกเบี้ยการให้สินเชื่อเงินกู้ธนาคาร (MLR) ประมาณ 6.75% ต่อปี [10] เทียบกับต้นทุนของวัตถุดิบ เป็นราคา 9.45 บาท/ชิ้น เนื่องจากโรงงานจะต้องกู้เงินธนาคารในการสั่งซื้อเหล็กซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักมาใช้ในการผลิต การถือครองสินค้าคงคลังเป็นเวลานาน จะกลายเป็นต้นทุนจม ทำให้เสีย

โอกาสในการผลิตชิ้นงานตัวอื่น ส่วนค่าปรับจากการส่งสินค้าไม่ตรงตามกำหนดเวลา ในอุตสาหกรรมยานยนต์ ถือว่ามีมูลค่าสูงมาก เทียบกับค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้า ประมาณ 5,000 บาท จากการประมาณการของมูลค่าใช้จ่ายของโรงงานกรณีศึกษา เนื่องจากลูกค้าต้องหยุดสายการผลิต ไม่มีวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งสร้างความเสียหายให้แก่ลูกค้า ซึ่งค่าใช้จ่ายกล่าวจะนำมาใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อประเมินผลการทดลองนี้

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮิวริสติกที่นำเสนอกับวิธีการวางแผนการผลิตของโรงงานในปัจจุบัน จะแบ่งการเปรียบเทียบออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ส่วนต่างของต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการทดสอบด้วยฮิวริสติกกับวิธีของโรงงานในปัจจุบัน ซึ่งสามารถคำนวณได้ตั้งสมการที่ 7 และเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ส่วนต่างของการขาดส่งสินค้าที่เกิดขึ้นจากการทดสอบด้วยฮิวริสติกกับวิธีของโรงงานในปัจจุบัน ซึ่งสามารถคำนวณได้ตั้งสมการที่ 8

$$\% \text{Different Cost} = \frac{(Cost_{heuristic} - Cost_{factory})}{Cost_{factory}} \cdot 100 \quad (7)$$

$$\% \text{Time/Volume of Shortage} = \frac{(Time/Volume_{heuristic} - Time/Volume_{factory})}{Time/Volume_{factory}} \cdot 100 \quad (8)$$

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4 สามแถวแรกเป็นการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ส่วนต่างของต้นทุนในแต่ละส่วนที่เกิดขึ้นระหว่างการวางแผนด้วยวิธีฮิวริสติกกับวิธีของโรงงานในปัจจุบัน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงกรกฎาคม 2557 ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ติดลบหมายความว่าฮิวริสติกที่นำเสนอสามารถลดต้นทุนจากวิธีการวางแผนการผลิตของโรงงานในปัจจุบัน และค่าเปอร์เซ็นต์ที่เป็นบวกหมายความว่าฮิวริสติกที่นำเสนอมีต้นทุนสูงกว่าวิธีการวางแผนการผลิตของโรงงานในปัจจุบัน สองแถวสุดท้ายของตารางที่ 4 เป็นการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ส่วนต่างของจำนวนครั้งที่ขาดส่งสินค้าและปริมาณสินค้าที่ขาดส่ง ระหว่างการทดสอบด้วยฮิวริสติกที่นำเสนอ กับวิธีการวางแผนของโรงงานในปัจจุบัน โดยค่าเปอร์เซ็นต์ที่เป็นค่าลบหมายความว่าฮิวริสติกที่นำเสนอสามารถลดจำนวนการขาดส่งสินค้าหรือปริมาณการส่งสินค้าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการวางแผนการผลิตของโรงงานในปัจจุบัน

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ต้นทุนต่าง ๆ และการขาดส่งสินค้า ระหว่างฮิวริสติกที่นำเสนอกับวิธีการวางแผนการผลิตในปัจจุบันของโรงงาน

ข้อมูล (%)	เดือน			
	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	เฉลี่ย
ต้นทุนรวม	-98.08	-61.18	-63.84	-70.09
ต้นทุนการเก็บสินค้าคงคลัง	23.86	6.65	-0.31	10.51
ต้นทุนกรณีขาดส่งสินค้า	-100.00	-64.15	-64.06	-70.76
จำนวนครั้งที่ขาดส่งสินค้า	-100.00	-37.50	-37.21	-47.54
ปริมาณสินค้าที่ขาดส่ง	-100.00	-64.15	-64.06	-70.76

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิตที่นำเสนอสามารถลดต้นทุนรวมเฉลี่ยประมาณ 70.09% เมื่อพิจารณาต้นทุนในแต่ละส่วน พบว่าต้นทุนในการเก็บสินค้าคงคลังของฮิวริสติกที่นำเสนอมีจำนวนสูงขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีการวางแผนการผลิตของโรงงานในปัจจุบันประมาณ 10.51% เนื่องจากค่าปรับกรณีขาดส่งสินค้ามีมูลค่าสูงมาก ทำให้ฮิวริสติกที่นำเสนอ พยายามที่จะเก็บสินค้าคงคลังสำเร็จรูปไว้มากขึ้น เพื่อรองรับความไม่แน่นอนในการเรียกสินค้าของลูกค้า ซึ่งเป็นผลให้ต้นทุนในการขาดส่งสินค้าเฉลี่ยมีปริมาณลดลง ซึ่งเป็นสัดส่วนเดียวกับปริมาณสินค้าที่ไม่สามารถส่งมอบได้ตามกำหนดเวลา 70.76% เมื่อเทียบเป็นจำนวนครั้งในการขาดส่งสินค้า สามารถลดจำนวนการขาดส่งประมาณ 47.54%

5. สรุปงานวิจัย

จากการวางแผนการผลิตในปัจจุบันของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ไม่สามารถส่งมอบสินค้าได้ตามกำหนดเวลา เนื่องจากวิธีการวางแผนในปัจจุบันไม่สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า ทำให้ต้นทุนรวมสูง งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีสถิติสำหรับการวางแผนการผลิตสินค้าที่มีหลายชนิด ที่มีลักษณะความต้องการสินค้าที่ไม่แน่นอน บนการผลิตเครื่องจักรเดี่ยว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนรวม และลดจำนวนการขาดส่งสินค้า จากการทดสอบวิธีสถิติสามารถลดต้นทุนรวมเฉลี่ย 70.09% และสามารถลดจำนวนการขาดส่งสินค้า 47.54% เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการวางแผนของโรงงาน ทั้งนี้งานวิจัยที่ศึกษาเป็นการวางแผนการผลิตเฉพาะภายใต้โครงสร้างต้นทุนที่มีสัดส่วนของค่าปรับจากการขาดส่งสินค้าไม่ตรงตามเวลาที่กำหนดมากกว่าต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลังเป็นจำนวนมาก โดยในอนาคตสามารถทำการศึกษาแนวคิดในการวางแผนการผลิตนี้ภายใต้โครงสร้างต้นทุนที่มีสัดส่วนหลายแบบ เพื่อวัดประสิทธิภาพของวิธีการวางแผนการผลิตนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Thailand Automotive Institute. Master plan for automotive industry 2012–2016. Ministry of Industry, Bangkok, 2012.
- [2] Department of Primary Industries and Mines. Best Practices & Lessons Learned. Ministry of Industry, Bangkok, 2012.
- [3] The Office of SMEs Promotion. Thailand's SME: Automotive and automotive parts. Ministry of Industry, Bangkok, 2009.
- [4] P.Neammanee, W.Atthirawong. Analysis of factors affecting supply chain risk in automotive industry. National Institute of Development Administration, Bangkok, 2013.
- [5] W.Kongsomboon. Reduction of Tardy jobs in the plastic injection molding factory. Master Thesis, Chulalongkorn University, 2011.
- [6] Thomas Volling , Thomas S. Spengler (2011). Modeling and simulation of order-driven planning policies in build-to-order automobile production. *International Journal Production Economics* **131**, 183 – 193.
- [7] E.Teimourya, M.Modarres (2010). A queueing approach to production-inventory planning for supply chain with uncertain demands: Case study of PAKSHOO Chemicals Company. *Journal of Manufacturing Systems* **29**, 55–62.
- [8] P.Rungchawalnon, P.Chaovalitwongse (2011). An Application of inventory model for production planning. *Engineering Journal* **13**, No.1, 35–46.
- [9] Douglas C.Montgomery, George C.Runger (ed) Applied Statistics and Probability for Engineers, 5th edn. Wiley, London, 2011.
- [10] Bank of Thailand. Daily Interest Rates of Commercial Bank. See http://www.bot.or.th/thai/statistics/financialmarkets/interestrate/_layouts/application/interest_rate/IN_Rate.aspx for further details. Accessed 16/01/2015.