

การกำหนดตารางงานและเส้นทางวิ่งของพาหนะลำเลียงงานอัตโนมัติ: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมการผลิต

Approach to Scheduling and Routing for Automated Guided Vehicles: A Case Study in the Manufacturing Industry

โพธิ์งาม สมกุล*, จิรัฏฐิภรณ์ ลอยลม และ อนุวัต หม่องเขียว
Po-ngarm Somkun*, Jirattiphorn Loylom and Anuwat Mhongkiew

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Department of Industrial Engineering, Naresuan University
*Corresponding author e-mail: pongarmr@nu.ac.th

(Received: May 31, 2020, Revised: November 5, 2020, Accepted: November 30, 2020)

บทคัดย่อ

การกำหนดตารางงานและเส้นทางของพาหนะลำเลียงงานอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle - AGV) โดยพิจารณาปัญหาของโรงงานซึ่งฝ่ายผลิตมีระบบการผลิตทั้งแบบเดิมและแบบใหม่ร่วมกัน ทั้งนี้ 2 ระบบนี้มีความต้องการด้านการลำเลียงวัสดุที่ต่างกัน และมีความต้องการขนย้ายอุปกรณ์ขนถ่ายหลายครั้งในแต่ละกะการทำงาน หากการขนย้ายล่าช้าจะทำให้สายการผลิตต้องหยุดการทำงานชั่วคราว วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้เพื่อหาจำนวน AGV ที่เหมาะสมที่สุด ที่ทำให้เวลารอรวมของสถานีงาน และ AGV ต่ำที่สุด

กฎการกำหนดงานถูกออกแบบเพื่อใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการกำหนดตารางงานของ AGV และใช้แผนภูมิคนกับเครื่องจักรเพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของการทำงานระหว่างสถานีงาน และ AGV ปัญหาวิธีสิ้นสุดกำหนดเส้นทางวิ่งของ AGV จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยใช้เวลาน้อยที่สุด ทั้งนี้พิจารณาทั้งเวลาการวิ่ง เวลาการนำของลงและยกของขึ้นของ AGV ตลอดจนการกีดขวางของรถคันอื่นบนเส้นทางวิ่ง

ข้อมูลจากกรณีศึกษาในอุตสาหกรรมการผลิตถูกนำมาทำการวิเคราะห์เส้นทางวิ่งของ AGV โดยพิจารณาทั้งแบบทิศทางวิ่งรถทิศทางเดียวและสองทิศทาง สำหรับจำนวน AGV ที่ต่างกัน และกฎการกำหนดงานทั้งเชิงรับและเชิงรุก ผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าควรใช้กฎการกำหนดงานเชิงรุก และกำหนดเส้นทางวิ่งของ AGV แบบสองทิศทาง โดยใช้ AGV เพียงคันเดียว จะทำให้เกิดอัตราการใช้งานโดยรวมของทั้งสถานีงาน และ AGV น้อยที่สุดที่ร้อยละ 2.98

คำสำคัญ: การกำหนดตารางการทำงาน, การกำหนดเส้นทางวิ่งของพาหนะ, พาหนะลำเลียงงานอัตโนมัติ, เวลารอรวม, จำนวนพาหนะ

Abstract

The focus of this article is a proposed scheduling and routing approach for automated guided vehicles (AGVs). This approach could be applied in a factory that has both old and new production systems in action. Both systems require different material handling processes. High frequency transportation is required to avoid idling the production line due

to required handling equipment being unavailable. The purpose of this study was to calculate the optimum number of the AGVs required to ensure the lowest total idle time at production line work stations and of the AGVs.

Several dispatching rules were analyzed to achieve the best AGV scheduling rule. Man-machine charts were used to check the working relationships between work stations and AGVs. The shortest path model was applied to find the best route for an AGV to transport handling equipment from one point to another in the shortest time. Constraints on the model included velocity and load/unloading-time of the AGV and the conflict-free routing.

Actual data from a manufacturing plant were analyzed for the AGV routes in both unidirectional and bidirectional flow paths. The effect of different numbers of AGVs and proactive and reactive types of dispatching rules were analyzed and modelled. The lowest work station idle time, calculated for a single AGV operated in bidirectional flow paths applying the proactive dispatching rule that could achieve, was 2.98%.

Keywords: Scheduling, Routing, Automated Guided Vehicle (AGV), Idle time, Number of vehicles

1. ศัพท์เฉพาะ

AGV – Automated Guided Vehicle คือ พาหนะลำเลียงงานอัตโนมัติ

IR – Idle Rate คือ อัตราการว่างงานของสถานีงาน และ AGV

PDR – Proactive Dispatching Rule คือ กฎการกำหนดงานเชิงรุก

RDR – Reactive Dispatching Rule คือ กฎการกำหนดงานเชิงรับ

SPP – Shortest Path Problem คือ ปัญหาวิถีสั้นสุด

TIT – Total Idle Time คือ เวลารวมของการว่างงานทั้งของสถานีงาน และ AGV

2. บทนำ

การคาดการณ์ทางเศรษฐกิจของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2561 (Office of Industrial Economics, 2018) ชี้ว่าแนวโน้มดัชนีความเชื่อมั่นภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยจะปรับตัวดีขึ้น เนื่องด้วยการลงทุนในโครงการขนาดใหญ่ของภาครัฐ อาทิ โครงการพัฒนาเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออกและการลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานได้ขยายตัวอย่างต่อเนื่อง เช่น รถไฟความเร็วสูง และรถไฟรางคู่ จึงส่งผลให้โรงงาน

อุตสาหกรรมต่างๆ เริ่มมีการวางแผนพัฒนาและขยายการผลิตเพื่อให้สามารถแข่งขันกับคู่แข่งในภาคอุตสาหกรรมได้และเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพเพียงพอต่อการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ปัจจุบันนี้เป็นยุคของเทคโนโลยีในการผลิตสมัยใหม่ภาคอุตสาหกรรมต่างๆ เริ่มมีการเล็งเห็นถึงแนวโน้มของการนำเทคโนโลยีหรือระบบอัตโนมัติเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในระบบอุตสาหกรรม โดยเฉพาะบทบาทในส่วนของระบบโลจิสติกส์ภาคอุตสาหกรรมและในหลายบริษัทได้เริ่มให้ความสนใจและนำเทคโนโลยีพาหนะลำเลียงงานอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle - AGV) มาเพื่อสนับสนุนการทำงานภายในสายการผลิตและพื้นที่คลังสินค้า เพื่อลดข้อผิดพลาดหรือปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้แรงงานมนุษย์ ทั้งในด้านความปลอดภัยจากอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นจากความประมาท ความเมื่อยล้า และการหยุดพักหรือลางาน นอกจากนี้ AGV ช่วยให้เกิดความแม่นยำในการขนส่งและสามารถควบคุมตารางการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Fazlollahtabar & Saidi-Mehrabad, 2015; Xiao et al., 2020)

งานวิจัยนี้ได้นำความต้องการของโรงงานในอุตสาหกรรมการผลิตที่กำลังขยายตัวเพื่อให้สามารถแข่งขันในได้ภาวะเศรษฐกิจปัจจุบัน โดยพิจารณากรณีที่โรงงานต้องการปรับปรุงแผนการผลิตที่มีกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง โดยการขยายพื้นที่การผลิต เพิ่มจำนวนเครื่องจักรและนำเครื่องจักรที่ทันสมัยกว่าเดิมเข้ามาใช้

ร่วมกับเครื่องจักรที่มีอยู่แล้ว ทั้งนี้ระบบการผลิตแบบเดิมและแบบใหม่มีความต้องการลำเลียงอุปกรณ์ขนถ่ายที่ไม่เหมือนกัน และมีความถี่มากกว่า 230 ครั้งในแต่ละกะการทำงาน AGV ถูกนำเข้ามาใช้ในงานขนย้ายแทนแรงงานคน เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมตารางการผลิต หากขนย้ายล่าช้ากว่าเวลาที่กำหนดจะทำให้สถานีนางานนั้นต้องหยุดการผลิตชั่วคราวจนกว่าการขนย้ายที่จัดตั้งกล่าวสำเร็จ จากจำนวนสถานีนางานและความต้องการการขนย้ายดังกล่าวทำให้มีทางเลือกมากมายในการจัดตารางการทำงานของ AGV ในแต่ละกะการทำงาน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการทำงานและเส้นทางการวิ่งของ AGV ที่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตนั้นมีจำนวนไม่น้อย Fazlollahabadi and Saidi-Mehrabadi (2015) ได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางและการจัดเส้นทางวิ่งของ AGV และพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ศึกษาสองเรื่องนี้แยกจากกัน มีงานวิจัยจำนวนน้อยมากที่พิจารณาทั้งการจัดตารางและเส้นทางวิ่งของ AGV พร้อมกัน เนื่องด้วยความซับซ้อนของโจทย์และคำตอบที่มีจำนวนมาก โดยเฉพาะเมื่อขนาดของปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น ดังเช่นในงานวิจัยของ Smolic-Rocak et al. (2010) ซึ่งพิจารณาเส้นทางวิ่งโดยใช้ทฤษฎีเส้นทางวิ่งที่สั้นที่สุด (Shortest path problem: SPP) เพื่อไม่ให้เกิดการทับเส้นทางวิ่งกันของรถ AGV มากกว่าหนึ่งคัน โดยกำหนดให้การตัดสินใจในแต่ละครั้งเปลี่ยนไปเป็นไปตามข้อมูลนำเข้าของเวลานั้น ส่วนในงานวิจัยของ Lacomme et al. (2013) พิจารณาการจัดตารางการทำงานของทั้ง AGV หลายคัน และเครื่องจักรในกระบวนการผลิตแบบแบบไม่ต่อเนื่อง โดยไม่ได้พิจารณาเส้นทางวิ่งเช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Bocewicz et al. (2014) ซึ่งพิจารณาการจัดตารางการทำงานของ AGV ให้ประสานกับวงจรการทำงานของเครื่องจักรในสายการผลิตให้มากที่สุด

เครื่องมือที่ใช้ในการหาคำตอบถูกแบ่งเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ (Fazlollahabadi & Saidi-Mehrabadi, 2015) คือ การหาค่าเหมาะที่สุดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical optimization) เมตาฮิวริสติก (Meta-heuristic) ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligence) และ การจำลอง (Simulation) ในส่วนของการจัด

ตารางงาน งานวิจัยส่วนใหญ่มีการกำหนดตัวชี้วัดความสำเร็จของผลการทดลองไว้ 5 ลักษณะ (Fazlollahabadi & Saidi-Mehrabadi, 2015) ได้แก่ ช่วงกว้างของเวลาทั้งหมด (Makespan) เวลาเสร็จงานทั้งหมดที่ถูกถ่วงน้ำหนัก (Total weighted completion time) เวลาไหลเฉลี่ยของงานที่ถูกถ่วงน้ำหนัก (Weighted Mean Flow Time) เวลารอคอยเฉลี่ย (Mean waiting time) เวลาสายเฉลี่ย (Mean Lateness) การส่งงานไม่ทันกำหนด (Tardiness)

งานวิจัยที่มีลักษณะใกล้เคียงกับโจทย์ปัญหาในงานวิจัยฉบับนี้ซึ่งพิจารณาทั้งสองเรื่องควบคู่กัน ได้แก่ Xiao et al. (2020) นำเสนอวิธีจัดตารางการทำงานสำหรับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible manufacturing system) พร้อมทั้งจัดตารางการทำงานของ AGV ในเวลาเดียวกัน เพื่อให้ทำให้ช่วงกว้างของเวลาทั้งหมดน้อยที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดของเงื่อนไขลำดับงาน ทิศทางการวิ่งของ AGV กำหนดให้วิ่งได้ทิศทางเดียว และจำนวน AGV คงที่ตามที่กำหนด ส่วน Lyu et al. (2019) ศึกษาการจัดตารางการทำงานของเครื่องจักร และ AGV ในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ตลอดจนเส้นทางวิ่งที่สั้นที่สุดของ AGV ทั้งนี้ต้องไม่ให้เกิดการชนกันของ AGV โดยมีเป้าหมายเพื่อหาจำนวน AGV ที่เหมาะสม ผู้วิจัยใช้วิธีเมตาฮิวริสติกโดยเลียนแบบขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic algorithm) ในการหาคำตอบ ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มจำนวน AGV มากขึ้นทำให้ช่วงกว้างของเวลาทั้งหมดลดลงอย่างมากในช่วงแรก แต่เมื่อเพิ่มจำนวน AGV มากขึ้นเรื่อย ๆ อัตราการลดลงของช่วงกว้างของเวลาทั้งหมดก็จะน้อยลง ในงานวิจัยดังกล่าวจึงเลือกที่จะเพิ่มจำนวน AGV ก็ต่อเมื่ออัตราการลดลงของเวลาเสร็จงานไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 งานวิจัยของ Lee et al. (2020) พิจารณาการกำหนดตารางการทำงานและเส้นทางการวิ่งของ AGV หลายคัน โดยหาคำตอบของโจทย์โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหามิติเล็ก และใช้วิธีเมตาฮิวริสติกโดยเลียนแบบขั้นตอนทางพันธุกรรมเช่นเดียวกัน แต่วัตถุประสงค์แตกต่างออกไป คือ ค่าใช้จ่ายของและความยืดหยุ่นของเส้นทางวิ่ง Umar et al. (2015) ประยุกต์ใช้วิธีเมตาฮิวริสติกโดยเลียนแบบขั้นตอนทางพันธุกรรม โดยมีวัตถุประสงค์หลาย

อย่าง ได้แก่ ช่วงกว้างของเวลาทั้งหมด เวลาวิ่งของ AGV และ ค่าปรับจากการเสร็จงานล่าช้า

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบกระบวนการในการ กำหนดจำนวน AGV ที่เหมาะสมสำหรับการขนย้ายอุปกรณ์ขน ถ่ายในอุตสาหกรรมการผลิต โดยระบบการผลิตประกอบด้วย ระบบแบบเดิมร่วมกับระบบการผลิตแบบใหม่ที่มีความต้องการ ต่างกันในการขนย้ายวัสดุเพื่อป้อนเข้าสู่กระบวนการ และจาก สถานการณ์ที่อาจมีสถานการณ์ต้องหยุดการผลิตชั่วคราวหากไม่ สามารถทำการขนย้ายได้ทันเวลา วัตถุประสงค์ของงานวิจัยฉบับนี้ ต่างจากงานที่ผ่านมา โดยพิจารณาการลดเวลารวมของการ วางงานของทั้งพนักงานที่สถานีงานและของ AGV (Total Idle Time - TIT) ทั้งนี้เวลาการวางงานของสถานีงานกับ AGV นั้นมี ความสัมพันธ์กัน หากฝ่ายหนึ่งลด อีกฝ่ายหนึ่งก็จะเพิ่ม วัตถุประสงค์นี้จึงเหมาะสมสำหรับการหาจำนวน AGV ที่ดีที่สุด โดยการออกแบบกฎการกำหนดงาน (Dispatching rule) ที่เข้าใจ ได้ง่ายและสามารถนำมาประยุกต์ใช้บนโปรแกรมตารางทำการ เช่น ไมโครซอฟท์เอกเซล เพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถนำไป ประยุกต์ใช้ได้จริงได้ นอกจากนี้ในส่วนของการหาเส้นทางวิ่งของ AGV งานวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์จาก SPP สำหรับการเคลื่อนที่ในแต่ละครั้งของ AGV มาหาคำตอบบน โปรแกรมตารางทำการเช่นเดียวกัน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยมีองค์ประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ การ ออกแบบกฎการกำหนดงานเพื่อใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการกำหนด ตารางงานของ AGV และการกำหนดเส้นทางวิ่งของรถ AGV ทั้งนี้ แผนภูมิคนกับเครื่องจักร (Man-machine chart) ซึ่งสร้างบน โปรแกรมตารางทำการได้ถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบ ความสัมพันธ์ในการทำงานระหว่างสถานีงาน และ AGV ที่เกิดขึ้น บนแกนเวลา โดยทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกฎการกำหนดงาน ทั้งเชิงรับ (Reactive Dispatching Rule - RDR) และ กฎการ กำหนดงานเชิงรุก (Proactive Dispatching Rule - PDR) ตลอดจนการวิเคราะห์เส้นทางวิ่งของ AGV

โดยลำดับการทดลองเริ่มต้นจากการพิจารณาทิศทางการวิ่งรถ อย่างง่ายก่อน โดยกำหนดให้วิ่งรถทางเดียว (Unidirectional flow path) จากนั้นจึงพิจารณาเส้นทางวิ่งที่มีความซับซ้อน มากขึ้น คือ การวิ่งรถแบบสองทิศทาง (Bidirectional flow path) โดยในแต่ละแบบจะทดลองที่จำนวน AGV ที่ต่างกัน ทั้งนี้ตั้ง สมมุติฐานไว้ว่าจำนวน AGV ควรจะน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้เพราะ AGV แต่ละตัวมีราคาสูง จึงเริ่มจากจำนวน AGV ที่น้อยที่สุดคือ 1 คัน แล้วทำการเก็บค่า TIT จากนั้นทดลองเพิ่มจำนวน AGV ทีละ 1 คัน โดยทำการทดลองจนกว่าจะพบว่าการเพิ่มจำนวน AGV ทำให้ค่า TIT เพิ่มขึ้น จึงยุติการทดลอง ดังแสดงรายละเอียดวิธีและ ผลการทดลองไว้ในหัวข้อ 4.2 และ 4.3

3.1 คำนิยามของเวลาวางงานและอัตราการวางงาน

เวลาวางงานของสถานีงาน คือ เวลาที่พนักงานว่างจากการ ทำงานในสถานีงานของตนเอง ซึ่งเป็นเวลาที่ไม่ก่อให้เกิดงานหรือ ผลิตภัณฑ์ ซึ่งในที่นี้เวลาวางงานของพนักงานที่แต่ละสถานีงานจะ เกิดขึ้นเมื่อพนักงานต้องรอการเปลี่ยนรถขึ้นโดย AGV

เวลาวางงานของ AGV คือ เวลาที่ AGV ว่างจากการทำงาน โดยจะเกิดขึ้นเมื่อ AGV จอดรอที่ศูนย์รวมเพื่อรอเวลาไปเปลี่ยน รถขึ้นให้กับสถานีงาน หรือกรณีที่มี AGV หลายคัน AGV อาจ จำเป็นต้องหยุดอยู่ที่สถานีงานใดๆ เพื่อรอให้ AGV คันอื่นสามารถใช้เส้นทางได้ เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการชนกัน

เวลารวมของการวางงานทั้งของสถานีงานและ AGV (TIT) คือ ผลรวมของเวลาวางงานของสถานีงาน และ AGV

เวลาทำงานในหนึ่งกะของสถานีทุกสถานีงาน และ AGV ทั้งหมด (Total Time - TT)

อัตราการวางงานของสถานีงาน และ AGV (IR) คือ สัดส่วน ระหว่างเวลาวางจากการทำงานของสถานีงาน และ AGV กับเวลา ทำงานทั้งหมด สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$IR = TIT \div TT \quad (1)$$

3.2 การออกแบบกฎการกำหนดงาน

กฎการกำหนดงาน คือ กระบวนการหาคำตอบของลำดับการทำงานและตารางเวลาการทำงานของ AGV ในงานวิจัยนี้กฎการกำหนดงานถูกกำหนดโดยทฤษฎีการจัดตารางงานและลำดับงาน (Scheduling and sequencing) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่มีการนำเสนอในตำราและงานวิจัยจำนวนมาก (Baker & Trietsch, 2009; Leung, 2004; Pinedo, 2009) ในที่นี้การออกแบบกฎการกำหนดงานต้องสามารถรองรับระบบการผลิต 2 แบบ คือ แบบเดิมที่ยังต้องป้อนวัสดุเข้ากระบวนการโดยการขนย้ายมาเติม และแบบใหม่ที่มีวัสดุป้อนเข้าอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการขนย้ายของสถานีงานเดิม ซึ่งอาจมีการออกแบบระบบไว้นานแล้ว ทำให้สถานีเดิมเหล่านี้ต้องถูกป้อนวัสดุที่ขนถ่ายจากจุดศูนย์รวม หากไม่ได้รับวัสดุก็ไม่สามารถเริ่มงานได้ จึงใช้หลักการ “ให้ความสำคัญก่อน” (Priority) สำหรับสถานีเดิม นอกจากนี้เมื่อนำรถเข็นป้อนวัสดุมาส่งแล้ว จะได้รถเข็นเปล่าไปส่งในสถานีปลายทางที่คู่กัน ซึ่งส่วนของการ “ให้ความสำคัญก่อน” นั้นจะเหมือนกันทั้งกฎการกำหนดงาน RDR และ PDR

สำหรับสถานีงานใหม่ทั้งหมด ได้ถูกออกแบบระบบโดยไม่ต้องมีการป้อนวัสดุ สำหรับวิธีเชิงรับ RDR จะใช้หลักการ First-come-first-served (FCFS) หรือ “รถเข็นที่เต็มก่อนได้รับบริการก่อน” และหากมีรถเข็นในหลายสถานีงานที่เต็มพร้อมกันก็ใช้หลักการ “ระยะทางที่ไกลที่สุดก่อน”

ในกรณีของวิธีเชิงรุก PDR ก็จะใช้หลักการ FCFS หรือ “รถเข็นที่เต็มก่อนได้รับบริการก่อน” เช่นเดียวกัน แต่ส่วนแตกต่างหลักคือ หากไม่มีรถเข็นที่เต็มเลย จะกำหนดให้ AGV เริ่มนำรถเข็นเปล่าไปเปลี่ยนให้กับสถานีที่ “ระยะทางที่ไกลที่สุด” แม้ว่ารถเข็นจะยังไม่เต็ม เหตุผลเพื่อลดเวลาว่างงานของ AGV นั้นเอง กฎการกำหนดงานในแต่ละกรณีจะแสดงโดยผังงาน (Flow chart) ดังนำเสนอต่อไปในหัวข้อ 4.2 และ 4.3

3.3 แผนภูมิสถานีงาน และ AGV บนตารางทำการ

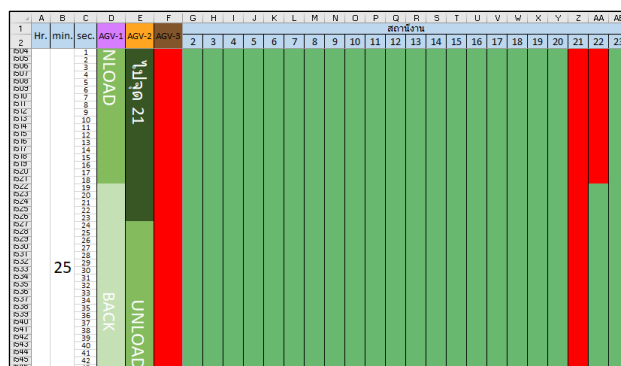
เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์บนแกนเวลาของพนักงานที่สถานีงาน และ AGV ให้ถูกต้อง และแสดงเป็นภาพที่ชัดเจน โปรแกรม

ตารางทำการได้ถูกนำมาใช้เพื่อสร้างแผนภูมิคนและเครื่องจักร (โดยในที่นี้เป็นแผนภูมิระหว่างสถานีงาน กับ AGV) เพราะโปรแกรมลักษณะนี้มีการเก็บข้อมูลในรูปแบบตาราง สามารถใช้ประโยชน์จากสีและการจัดรูปแบบเซลล์เพื่อให้เห็นภาพความสัมพันธ์ของการทำงานและเวลาระหว่างองค์ประกอบต่างๆของระบบได้สะดวก นอกจากนี้ยังสามารถเขียนคำสั่งเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และสามารถคำนวณค่าของตัววัดประสิทธิภาพของระบบ (ซึ่งในที่นี้คือ TIT) ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างของแผนภูมิสถานีงานและ AGV ซึ่งแต่ละบรรทัด (Row) จะแทนช่วงเวลา 1 วินาที โดยจะพิจารณาช่วงเวลาการทำงาน 1 กะ คือ 8 ชั่วโมง แต่ละหลัก (Column) แสดงการทำงานของ AGV ทุกคัน และทุกสถานีงาน โดยใช้สีที่ต่างกันของเซลล์แสดงถึง “กำลังทำงาน” กับ “กำลังว่างงาน”

3.4 การหาเส้นทางวิ่งที่ใช้เวลาสั้นที่สุดของ AGV

กำหนดให้

1. AGV ที่นำมาใช้ในการออกแบบการเคลื่อนที่ สามารถลำเลียงสิ่งของได้สูงสุด 300 กิโลกรัม มีความเร็วในการเคลื่อนที่ 52.2 เมตรต่อนาที และสามารถหมุนได้รอบคัน
2. เวลาในการบรรจุสิ่งของ (Load) และเวลาในการถ่ายสิ่งของ (Unload) โดย AGV มีค่าเท่ากัน คือ 30 วินาที
3. การเคลื่อนที่ของ AGV แต่ละคัน ต้องมีระยะห่างกันอย่างน้อย 30 วินาที



รูปที่ 1 ตัวอย่างของแผนภูมิสถานีงาน และ AGV บนโปรแกรมตารางทำการ

การกำหนดเส้นทางวิ่งของ AGV ที่จะเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ต้องพิจารณาข้อมูล ณ.ช่วงเวลาขณะนั้น โดยหาเส้นทางวิ่งรถที่ใช้เวลาสั้นที่สุด โดยมองผังโรงงานเป็นโครงข่าย (Network) ซึ่งประกอบไปด้วยโหนด (Node) คือ จุดสถานีงานและจุดสำคัญอื่นๆ และ เส้นเชื่อม (Arc) ซึ่งเชื่อมโยงโหนด และด้วยข้อจำกัดของพื้นที่ทำให้เส้นทางวิ่งกว้างพอสำหรับ AGV เพียงหนึ่งคัน ดังนั้นเมื่อพิจารณาเวลาในการวิ่งจะนับรวมเวลาหลบหลีกเพื่อรอให้รถอีกคันวิ่งไปก่อนด้วย ข้อมูลเวลาบนแต่ละเส้นเชื่อมโยงโหนดจะถูกนำไปหาเส้นทางวิ่งที่ใช้เวลาสั้นที่สุด

โดยในงานวิจัยนี้ใช้กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มทวิภาค (Binary Integer Linear Programming) ของปัญหาวิถีสั้นที่สุดดังนี้

$$\text{Minimize } z = \sum_i \sum_j W_{ij} X_{ij} \quad (2)$$

s. t.

$$\sum_j X_{ij} - \sum_j X_{ji} = \begin{cases} 1, & \text{ถ้า } i = \text{ต้นทาง} \\ -1, & \text{ถ้า } i = \text{ปลายทาง} \\ 0, & \text{อื่นๆ} \end{cases} \quad (3)$$

$$X_{ij}, X_{ji} \in \{0,1\} \quad (4)$$

เมื่อ W_{ij} คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ระหว่างโหนด i และโหนด j ณ.ช่วงเวลาขณะนั้น

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{เมื่อใช้เส้นเชื่อมระหว่างโหนด } i \text{ กับโหนด } j \\ 0, & \text{เมื่อไม่ใช้เส้นที่เชื่อมระหว่างโหนด } i \text{ กับโหนด } j \end{cases}$$

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ดังสมการที่ (2) ถึง (4) มีตัวแปรตัดสินใจคือ X_{ij} ซึ่งตัดสินใจว่าจะเลือกใช้เส้นที่เชื่อมระหว่างโหนด i กับ j หรือไม่ ถ้าเลือกจะมีค่าเท่ากับ 1 แต่ถ้าไม่เลือกจะมีค่าเท่ากับ 0 สำหรับทุกคู่ของ i กับ j บนโครงข่าย ดังสมการที่ (4) เมื่อเลือกเส้นทางวิ่งผ่าน i กับ j ใดใด เวลาที่ใช้วิ่งบน i กับ j นั้น จะถูกนำมาบวกรวมกันในฟังก์ชันเป้าหมาย ดังฟังก์ชันที่ (2) ภายใต้เงื่อนไขว่าสามารถเลือกเส้นที่เชื่อมระหว่างโหนดที่เข้าและออกจากโหนดใดๆได้เพียงเส้นเดียวเท่านั้น ดังสมการที่ (3)

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาวิถีสั้นที่สุดได้ถูกนำไปหาคำตอบที่ดีที่สุดบนโปรแกรมตารางทำการ MS Excel โดยใช้เครื่องมือ Solver ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งข้อมูลเวลาที่ใช้นบนแต่ละ Arc จะต้องอัปเดตทุกครั้งที่ต้องการหาเส้นทางวิ่งของ AGV ในขณะหนึ่ง

4. ผลการดำเนินการวิจัย

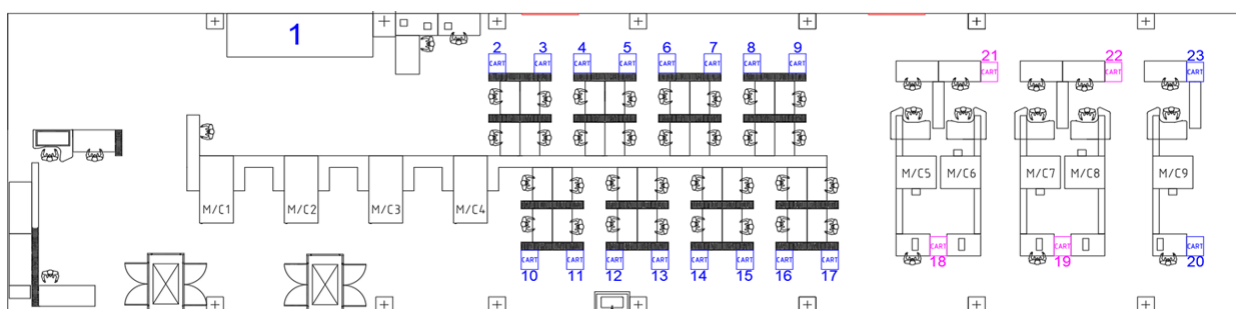
4.1 กรณีศึกษาจากอุตสาหกรรมการผลิต

โรงงานกรณีศึกษาต้องการเพิ่มกำลังการผลิตโดยการขยายพื้นที่แผนกผลิตภายในโรงงานจากขนาดกว้าง 11.5 เมตร ยาว 16 เมตร เป็น กว้าง 11.5 เมตร ยาว 44 เมตร และเพิ่มเครื่องจักรจำนวน 4 เครื่อง จากเดิมมีเพียง 5 เครื่อง จึงรวมเป็น 9 เครื่อง ส่งผลให้มีสถานีงานที่ต้องการลำเลียงอุปกรณ์ขนถ่ายถึง 23 จุด ดังรูปที่ 3 จุดดังกล่าวประกอบไปด้วยจุดศูนย์รวม (Hub) (ตำแหน่งหมายเลข 1 ในรูปที่ 3) สถานีจึงมี 2 ประเภท คือ สถานีงานที่เพิ่มขึ้นจากการขยายการผลิต (จุดที่ 2 ถึง 17) และสถานีงานเดิม (จุดที่ 18 ถึง 23)

อุปกรณ์ขนถ่ายคือ ถาด (Tray) ที่มีขนาดกว้าง 23 เซนติเมตร ยาว 26 เซนติเมตร และสูง 5.5 เซนติเมตร ซึ่งในการขนย้ายถาดจะใช้รถเข็น (Cart) ขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 75 เซนติเมตร และสูง 75 เซนติเมตร พนักงานจะนำถาดที่บรรจุงานระหว่างทำ

=SUMPRODUCT(C2:C55,D2:D55)												
	A	B	C	D	E	G	H	I	J	K	L	M
1	From	To	On route	Distance	Node	Net flow			Supply/Demand	Total		36239
2	1	2	1	7051	1	1	=	1				
3	1	10	0	28094	2	0	=	0				
4	2	1	0	7051	3	0	=	0				
5	2	3	1	1610	4	0	=	0				
6	3	2										
7	3	4										
8	4	3										
9	4	5										
10	5	4										
11	5	6										
12	6	5										
13	6	7										
14	7	6										
15	7	8										
16	8	7										

รูปที่ 2 การใช้ Solver หาคำตอบของปัญหาวิถีสั้นที่สุดบน MS Excel



รูปที่ 3 ผังโรงงาน สถานีนงานเดิม และสถานีนงานใหม่

แล้ววางไว้ที่รถเข็น โดยรถเข็นแต่ละคันสามารถรับได้สูงสุดจำนวน 60 ถาด ในแต่ละกะของการทำงานเวลา 8 ชั่วโมง จะมีการขนย้ายระหว่างจุดศูนย์รวมกับสถานีนงานต่างๆไม่ต่ำกว่า 230 ครั้ง ทางบริษัทนำ AGV เข้ามาใช้ในงานขนย้ายดังกล่าวแทนการใช้แรงงานคน เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมตารางการผลิต

ทั้งนี้จากการวางระบบเดิมและอัตราการทำงานของเครื่องจักรเดิมจะทำให้สถานีนงานเดิมจุดที่ 18 และ 19 ต้องถูกต้องป้อนวัสดุที่ขนถ่ายจากจุดศูนย์รวมและสลับกับรถเข็นเดิมทุก 22 นาที และจุดที่ 20 ต้องถูกต้องป้อนวัสดุที่ขนถ่ายจากจุดศูนย์รวมทุก 44 นาที ส่วนสถานีนงานจุดที่ 21 และ 22 ต้องมีการนำรถเข็นเปล่ามาแทนที่รถเข็นเดิมทุกๆ 22 นาที ในขณะที่เครื่องจักรใหม่ที่สถานีนงานใหม่จุดที่ 2 ถึง 17 ไม่ต้องมีการป้อนวัสดุ เพียงแต่ต้องนำรถเข็นเปล่ามาสลับกับรถเข็นเดิม ภายในระยะเวลา 44 นาที เช่นเดียวกับจุดที่ 23

การขนย้ายสามารถเกิดขึ้นก่อนเวลาที่กำหนด ซึ่งหมายความว่ารถเข็นยังไม่เต็ม แต่หากการขนย้ายล่าช้ากว่าเวลาที่กำหนดจะทำให้สถานีนงานนั้นต้องหยุดการผลิตชั่วคราวจนกว่าจะมีการขนย้ายที่จุดดังกล่าวสำเร็จ

4.2 กรณีวิธีรถทางเดียว (Unidirectional flow path)

ด้วยข้อจำกัดของความกว้างของทางวิ่งของรถ AGV ทำให้มีเลนวิ่งเพียงเลนเดียว ในกรณีแรกนี้กำหนดให้ AGV วิ่งรถทิศทางเดียว ทิศทางแสดงโดยลูกศร ดังรูปที่ 4

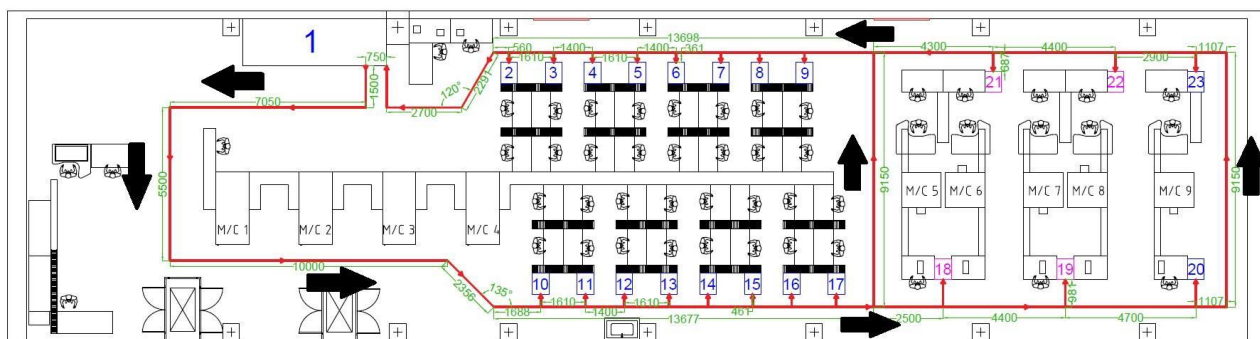
4.2.1 AGV จำนวน 1 คัน

4.2.1.1 กฎการกำหนดงานเชิงรับ (RDR)

กำหนดให้มีความสำคัญกับสถานีนงานเดิม ได้แก่ สถานีนงานที่ 18, 19 และ 20 ก่อนสถานีนงานอื่นๆ โดยตรวจสอบว่ามีการดำเนินงานอยู่หรือไม่ ถ้าหากไม่มีการดำเนินงาน ให้ AGV นำรถเข็นที่บรรจุงานไปให้สถานีนงานนั้น แล้วนำรถเข็นเปล่าที่ได้จากสถานีนงานนั้นไปเปลี่ยนกับรถเข็นที่บรรจุถาดของสถานีนตรงข้าม ดังนี้ เช่น ส่งรถเข็นวัสดุให้สถานีนจุดที่ 18 จะได้รับรถเข็นเปล่าจากสถานีนที่ 18 ไปสลับกับรถเข็นที่เต็ม (หรืออาจจะไม่เต็ม) ที่สถานีนจุดที่ 21 อีกสองคู่คือ สถานีนจุดที่ 19 กับ 22 และสถานีนจุดที่ 20 กับ 23 กรณีที่สถานีนงานยังไม่มีกรดำเนินงานพร้อมกันหลายสถานีน ให้พิจารณาเลือกสถานีนงานที่อยู่ไกลสุดก่อน

ถ้าพิจารณาสถานีนงานเดิมแล้ว พบว่าทั้ง 3 สถานีนงานมีการดำเนินงานอยู่แล้ว ให้พิจารณาสถานีนงานใหม่ ได้แก่ สถานีนงานที่ 2-17 ว่า รถเข็นของแต่ละสถานีนงานมีการบรรจุถาดจนเต็มความสามารถของรถเข็นแล้วหรือไม่ หากมีรถเข็นของสถานีนงานใดสถานีนงานหนึ่งบรรจุถาดจนเต็มความสามารถของรถเข็นแล้ว ให้ AGV นำรถเข็นเปล่าไปเปลี่ยนให้สถานีนงานนั้น กรณีที่มีรถเข็นบรรจุถาดจนเต็มความสามารถอยู่หลายสถานีนงาน ให้พิจารณาเลือกไปสถานีนงานที่มีรถเข็นเต็มก่อน เมื่อเสร็จสิ้นทุกการพิจารณาและปฏิบัติงาน เป็นการจบกระบวนการ แล้วเริ่มต้นพิจารณาใหม่ต่อไป โดยสามารถเขียนผังงานของกระบวนการได้ดังรูปที่ 5 ซึ่งผังงานนี้สามารถใช้ได้ในกรณี RDR สำหรับ AVG มากกว่าหนึ่งคันในกรณีวิธีรถทางเดียวได้เช่นกัน

ทั้งนี้ในแต่ละครั้งของการตัดสินใจเลือกเส้นทางวิ่งของ AGV จะใช้ Solver หาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาวิถีสั้นที่สุด ที่ใช้เวลา



รูปที่ 4 เส้นทางและทิศทางวิ่งรถทางเดียวของ AGV

ในการวิ่งสั้นที่สุดเป็นสมการเป่าประสงค์ ดังที่ได้แสดงรายละเอียดในหัวข้อ 3.4

ผลการทดลองพบว่า เวลาว่างงานของ AGV คือ 0.47 ชั่วโมง เวลาว่างงานของพนักงานที่สถานีงาน คือ 36.91 ชั่วโมง ดังนั้น TIT คือ 37.38 ชั่วโมง จะเห็นว่าเวลาว่างงานของสถานีงานมากถึง 98.7% ของเวลาว่างงานโดยรวม

4.2.1.2 กฎการกำหนดงานเชิงรุก (PDR)

กฎแบบ PDR นี้จะต่างจาก RDR ตรงที่ เมื่อพิจารณาสถานีงานใหม่ ได้แก่ สถานีงานที่ 2-17 แล้วพบว่ารถเข็นของทุกสถานีงานแม้จะยังบรรจุได้ไม่เต็มความสามารถของรถเข็น ให้ AGV นำรถเข็นเปล่าไปเปลี่ยนกับรถเข็นที่สถานีงานที่อยู่ไกลสุดก่อนตามลำดับ โดยสามารถเขียนผังงานของกระบวนการ ดังรูปที่ 6 ซึ่งผังงานนี้สามารถใช้ได้ในกรณี PDR สำหรับ AVG มากกว่าหนึ่งคันเช่นกัน

ผลการทดลองพบว่า เวลาว่างงานของ AGV คือ 0 ชั่วโมง เวลาว่างงานของพนักงานที่สถานีงาน คือ 31.25 ชั่วโมง ดังนั้น TIT คือ 31.25 ชั่วโมง ซึ่งดีกว่ากรณี RDR 6.13 ชั่วโมง โดยในกรณีนี้ทั้ง RDR และ PDR จะเกิดเวลาว่างเกือบทั้งหมดที่สถานีงาน จึงควรมีการทดลองเพิ่มจำนวน AGV ต่อไป

4.2.2 AGV จำนวน 2 คัน

4.2.2.1 กฎการกำหนดงานเชิงรับ (RDR)

เมื่อมี AGV จำนวน 2 คัน (หรือมากกว่า) ยังคงสามารถใช้ผังงานตามรูปที่ 5 แต่เนื่องจาก AGV มีจำนวนเพิ่มขึ้น ดังนั้นกำหนดให้ AGV คันใดก็ได้ที่ว่างอยู่ที่จุดที่ 1 ออกปฏิบัติงาน

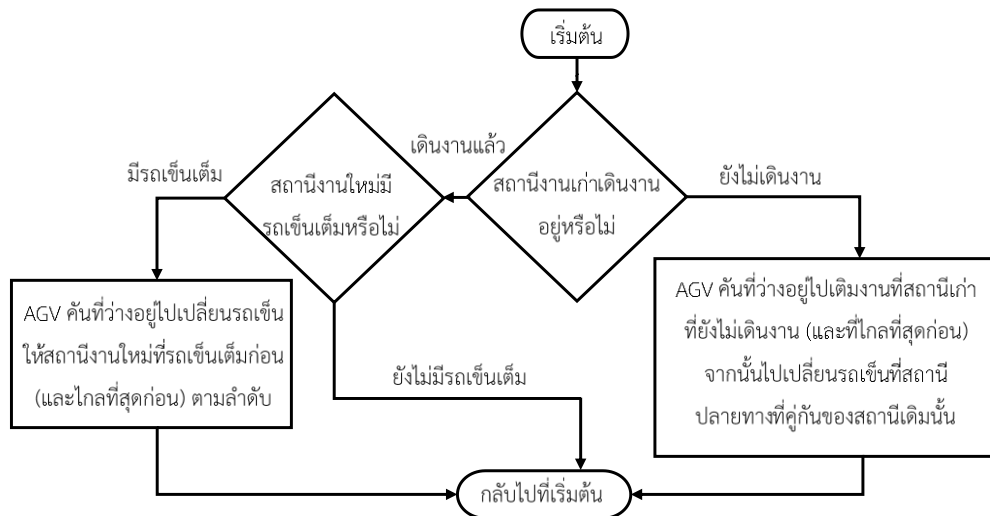
ผลการทดลองพบว่า เวลาว่างงานของ AGV คือ 7.08 ชั่วโมง เวลาว่างงานของพนักงานที่สถานีงาน คือ 12.48 ชั่วโมง ดังนั้น TIT คือ 19.56 ชั่วโมง ซึ่งเวลาลดลงจากกรณีที่มี AGV คันเดียว 11.69 ถึง 17.82 ชั่วโมง โดยเวลาว่างส่วนใหญ่ยังคงเกิดที่สถานีงาน ในขณะเดียวกันเวลาว่างของ AGV เพิ่มขึ้นจากเดิมเพราะจำนวน AGV ที่เพิ่มขึ้น

4.2.2.2 กฎการกำหนดงานเชิงรุก (PDR)

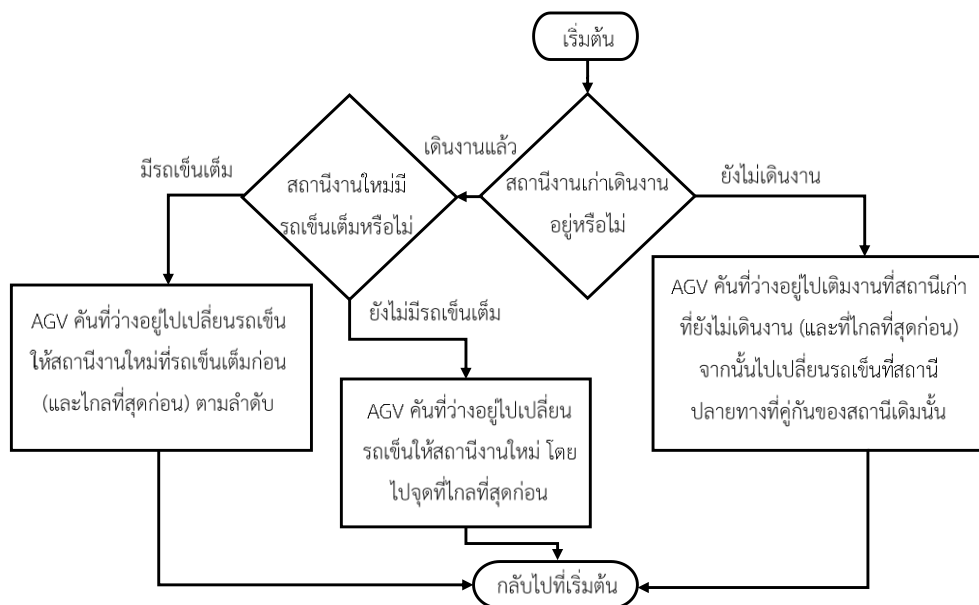
เมื่อมี AGV จำนวน 2 คัน (หรือมากกว่า) ยังสามารถใช้ผังงานตามรูปที่ 6 โดยกำหนดให้ AGV คันใดก็ได้ที่ว่างอยู่ที่จุดที่ 1 ออกปฏิบัติงาน

ผลการทดลองพบว่า เวลาว่างงานของ AGV คือ 6.77 ชั่วโมง เวลาว่างงานของพนักงานที่สถานีงาน คือ 6.60 ชั่วโมง ดังนั้น TIT คือ 13.37 ชั่วโมง ซึ่งลดเวลาลงจากกรณี RDR 6.19 ชั่วโมง

PDR กำหนดให้ AGV ทำงานเชิงรุก โดยเริ่มทำการสลับรถเข็นเลยแม้ว่ารถเข็นจะยังไม่เต็ม จึงทำให้ลดเวลาว่างงานโดยรวมได้มากกว่า RDR อย่างชัดเจน และเมื่อเพิ่ม AGV จาก 1 คัน เป็น 2 คัน ก็สามารถลด TIT ลงได้มากกว่า 24 ชั่วโมง จากแนวโน้มการลดลงของ TIT เมื่อจำนวน AGV เพิ่มขึ้น ผู้วิจัยจึงทำการทดลองโดยเพิ่มจำนวน AGV เป็น 3 คันต่อไป เพื่อหาจำนวน AGV ที่เหมาะสมที่ทำให้ TIT ต่ำที่สุด



รูปที่ 5 RDR สำหรับการจัดการงานของ AGV



รูปที่ 6 PDR สำหรับการจัดการงานของ AGV

4.2.3 AGV จำนวน 3 คัน

4.2.3.1 กฎการกำหนดงานเชิงรับ (RDR)

ผลการทดลองพบว่า เมื่อจำนวน AGV เท่ากับ 3 คัน เวลาว่างงานของ AGV คือ 14.76 ชั่วโมง เวลาว่างงานของพนักงานที่สถานีงาน คือ 8.63 ชั่วโมง ดังนั้น TIT คือ 23.39 ชั่วโมง เพิ่มขึ้น

จากกรณีที่มี AGV 2 คัน โดยเวลาว่างงานของ AGV มากกว่าของสถานีงาน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของ AGV ทำให้เวลาว่างงานของสถานีงานลดลงและเวลาว่างของ AGV เพิ่มขึ้น แต่อัตราการลดลงของเวลาว่างของสถานีงานมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 49% ในขณะที่อัตราการเพิ่มขึ้นของเวลาว่างงานของ AGV มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 757% ทำให้โดยภาพรวมแล้วการเพิ่มขึ้นของจำนวน

AGV ที่มากกว่า 2 คัน ทำให้เวลาว่างงานโดยรวมเพิ่มขึ้นสำหรับกรณีของ RDR และเดินรถทิศทางเดียว ดังแสดงในรูปที่ 7

4.2.3.2 กฎการกำหนดงานเชิงรุก (PDR)

ผลการทดลองพบว่า เวลาว่างงานของ AGV คือ 14.27 ชั่วโมง เวลาว่างงานของพนักงานที่สถานีงาน คือ 0.29 ชั่วโมง ดังนั้น TIT คือ 14.56 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นจากกรณีที่มี AGV 2 คัน โดยเวลาว่างของ AGV มากกว่าของสถานีงาน เช่นเดียวกับกรณีของ RDR การเพิ่มขึ้นของ AGV ทำให้เวลาว่างงานของสถานีงานลดลงและเวลาว่างของ AGV เพิ่มขึ้น แต่อัตราการลดลงของเวลาว่างของสถานีงานมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 87% ในขณะที่อัตราการเพิ่มขึ้นของเวลาว่างงานของ AGV มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 3 พันกว่าเปอร์เซ็นต์ ทำให้โดยรวมแล้วการเพิ่มขึ้นของจำนวน AGV ที่มากกว่า 2 คัน ทำให้เวลาว่างงานโดยรวมเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันสำหรับกรณีของ RDR และเดินรถทิศทางเดียว ดังแสดงในรูปที่ 8

เมื่อพิจารณา อัตราการว่างงานของสถานีงานและ AGV (IR) ของ PDR เปรียบเทียบกันระหว่างกรณี AGV 1 ถึง 3 คัน จะเห็นได้ว่า IR ลดลงจากร้อยละ 16.98 เป็นร้อยละ 6.96 เมื่อเพิ่มจำนวน AGV จาก 1 คันเป็น 2 คัน แต่เมื่อเพิ่มจำนวน AGV เป็น 3 คัน IR กลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เป็นร้อยละ 7.28

ดังนั้นสามารถสรุปเบื้องต้นได้ว่าสำหรับกรณีวิ่งรถทางเดียว PDR เป็นกฎที่ดีกว่า และจำนวน AGV 2 คันเป็นจำนวนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกฎการกำหนดงานทั้งสองแบบ

4.3 กรณีวิ่งรถสองทิศทาง (Bidirectional flow path)

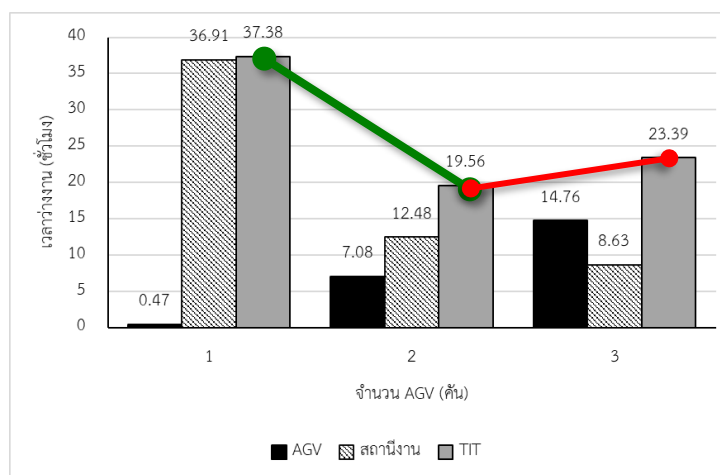
เพื่อให้ได้การจัดตารางงานและเส้นทางวิ่งรถที่เหมาะสมที่สุดของ AGV ผู้วิจัยทำการทดลองกรณีวิ่งรถสองทิศทาง ซึ่งทำให้การกำหนดเส้นทางวิ่งมีความซับซ้อนมากกว่ากรณีวิ่งรถทางเดียว กำหนดให้เส้นทางวิ่งที่เป็นไปได้ของ AGV เส้นทางที่วิ่งได้เหมือนดังเช่นในกรณีวิ่งทิศทางเดียว แต่ทิศทางการวิ่งจะสามารถวิ่งได้ 2 ทิศทาง ดังแสดงในรูปที่ 9 ลำดับการทดลองจะเป็นเช่นเดียวกับในหัวข้อ 4.2 โดยเริ่มจาก AGV 1 คัน และเพิ่มทีละ 1 คัน เพื่อทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงค่า TIT ว่ามีแนวโน้มเป็นอย่างไร

ทั้งนี้ในกรณีของการวิ่งรถสองทิศทาง กฎการกำหนดงานทั้ง RDR และ PDR ยังคงเหมือนเดิม ดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6 ดังนั้นจะไม่อธิบายซ้ำในหัวข้อนี้

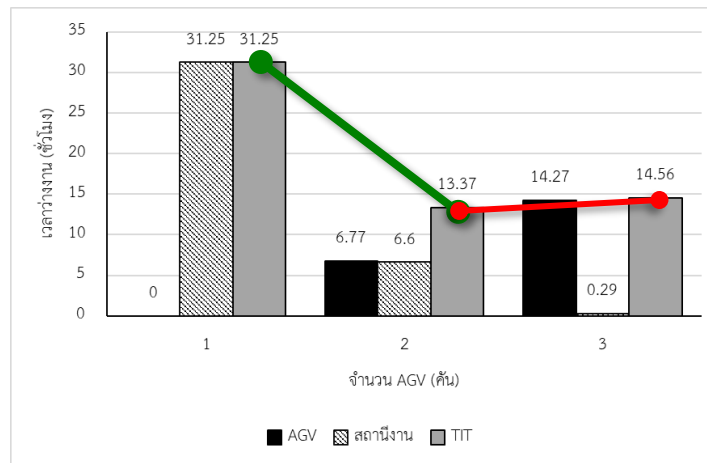
4.3.1 AGV จำนวน 1 คัน

4.3.1.1 กฎการกำหนดงานเชิงรับ (RDR)

ผลการทดลองพบว่า เวลาว่างงานของ AGV คือ 0.89 ชั่วโมง เวลาว่างงานของพนักงานที่สถานีงาน คือ 17.26 ชั่วโมง ดังนั้น TIT คือ 18.15 ชั่วโมง



รูปที่ 7 เปรียบเทียบเวลาการว่างงาน กรณี RDR สำหรับ AGV



รูปที่ 8 เปรียบเทียบเวลาการว่างงาน กรณี PDR สำหรับ AGV จำนวน 1 ถึง 3 คัน วิ่งรถทางเดียว

4.3.1.2 กฎการกำหนดงานเชิงรุก (PDR)

ผลการทดลองพบว่า เวลาว่างงานของ AGV คือ 0 ชั่วโมง เวลาว่างงานของพนักงานที่สถานีงาน คือ 5.48 ชั่วโมง ดังนั้น TIT คือ 5.48 ชั่วโมง ซึ่งในภาพรวมดีกว่าทุกกรณีที่ได้นำมาวิเคราะห์

4.3.2 AGV จำนวน 2 คัน

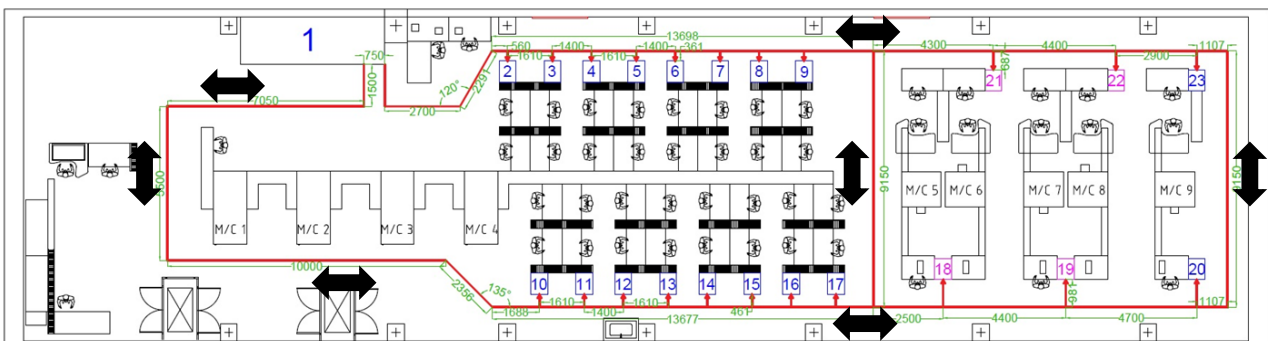
4.3.2.1 กฎการกำหนดงานเชิงรับ (RDR)

ผลการทดลองพบว่า เวลาว่างงานของ AGV คือ 8.47 ชั่วโมง เวลาว่างงานของพนักงานที่สถานีงาน คือ 10.71 ชั่วโมง ดังนั้น TIT คือ 19.18 ชั่วโมง ซึ่งมีเวลาว่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากกรณี RDR

ที่มี AGV คันเดียว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของ AGV ทำให้เวลาว่างงานของสถานีงานลดลงและเวลาว่างของ AGV เพิ่มขึ้น แต่อัตราการลดลงของเวลาว่างของสถานีงานอยู่ที่ 38% ในขณะที่อัตราการเพิ่มขึ้นของเวลาว่างงานของ AGV อยู่ที่ 852% ทำให้โดยภาพรวมแล้วการเพิ่มขึ้นของจำนวน AGV ส่งผลให้เวลาว่างงานโดยรวมเพิ่มขึ้นสำหรับกรณีของ RDR และเดินรถสองทิศทาง ดังแสดงในรูปที่ 10

4.3.2.2 กฎการกำหนดงานเชิงรุก (PDR)

ผลการทดลองพบว่า เวลาว่างงานของ AGV คือ 7.92 ชั่วโมง เวลาว่างงานของพนักงานที่สถานีงาน คือ 0.33 ชั่วโมง ดังนั้น TIT คือ 8.25 ชั่วโมง เช่นเดียวกับกรณีของ RDR การเพิ่มขึ้นของ AGV



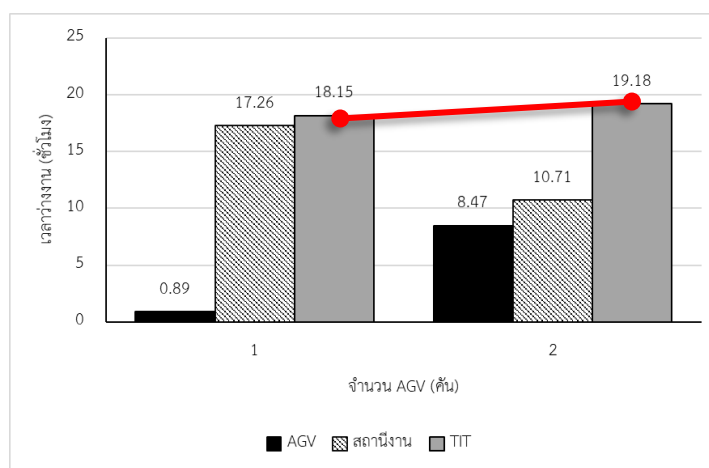
รูปที่ 9 เส้นทางและทิศทางของ AGV กรณีวิ่งรถสองทิศทาง

ทำให้เวลาว่างงานของสถานีงานลดลงและเวลาว่างของ AGV เพิ่มขึ้น แต่อัตราการลดลงของเวลาว่างของสถานีอยู่ที่ 94% ในขณะที่อัตราการเพิ่มขึ้นของเวลาว่างงานของ AGV สูงถึงประมาณ 7 พันกว่าเปอร์เซ็นต์ ทำให้โดยภาพรวมแล้วการเพิ่มขึ้นของจำนวน AGV ทำให้เวลาว่างงานโดยรวมเพิ่มขึ้นเหมือนในกรณีของ RDR และเดินรถสองทิศทาง ดังแสดงในรูปที่ 11

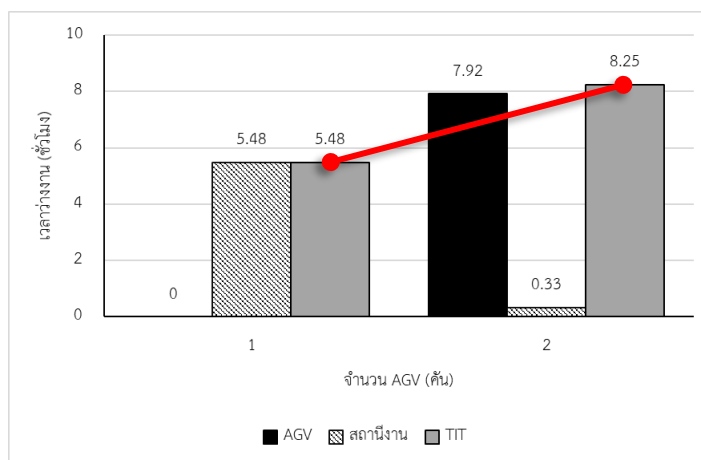
โดยสรุปแล้วในกรณีทิศทางการเดินรถสองทิศทาง เมื่อเพิ่ม AGV จาก 1 คัน เป็น 2 คัน ค่า IR มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งในกรณีของ RDR และ PDR ดังนั้นจึงยุติการทดลอง เพราะการเพิ่มจำนวน AGV ทำให้ค่า TIT และ IR มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

5. อภิปรายผล

โดยภาพรวมแล้วกฎการจัดตารางงานของ AGV แบบเชิงรุก ทำให้การทำงานของทั้ง AGV และพนักงานที่สถานีงานมีประสิทธิภาพมากกว่าเมื่อวัดจาก TIT หากเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างกฎเชิงรับกับเชิงรุก กฎเชิงรุกทำให้ TIT ลดเฉลี่ย 42.52% เช่นเดียวกัน การวิ่งรถสองทิศทางที่ทำให้การทำงานของทั้ง AGV และพนักงานที่สถานีงานมีประสิทธิภาพมากกว่าการวิ่งรถทางเดียว เมื่อวัดจาก TIT หากเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างการกำหนดทิศทางวิ่งรถ AGV แบบทางเดียวกับสองทิศทาง การวิ่งรถสองทิศทางทำให้ TIT ลด 43.54% โดยเฉลี่ย



รูปที่ 10 เปรียบเทียบเวลาการว่างงาน กรณี RDR สำหรับ AGV จำนวน 1 และ 2 คัน วิ่งรถสองทิศทาง



รูปที่ 11 เปรียบเทียบเวลาการว่างงาน กรณี PDR สำหรับ AGV จำนวน 1 และ 2 คัน วิ่งรถสองทิศทาง

จากผลการทดลองในกรณีวิ่งรถทางเดียว พบว่า AGV จำนวน 2 คัน ใช้กฎการจัดตารางงานของ AGV แบบเชิงรุก จะทำให้อัตราการว่างงานของพนักงานที่สถานีงาน และ AGV (IR) ต่ำที่สุดที่ 6.96% ส่วนในกรณีวิ่งรถสองทิศทาง การใช้รถ AGV เพียง 1 คัน และใช้กฎการจัดตารางงานของ AGV แบบเชิงรุก จะทำให้ IR ต่ำที่สุด โดยมีค่า IR เพียง 2.98%

ผลสรุปจากการทดลองในตารางที่ 1 และ 2 แสดงให้เห็นทางเลือกของการนำกฎการจัดตารางงานของรถ AGV และทิศทางการวิ่งรถ เพื่อเลือกจำนวนรถ AGV ให้เหมาะสม ตามความต้องการของแต่ละบริษัท หากบริษัทต้องการประสิทธิภาพสูงสุดของการทำงานของ AGV สามารถประยุกต์ใช้ทางเลือกที่เวลาว่างงานของ AGV ต่ำ ได้แก่ ทางเลือกลำดับที่ 2 ในตารางที่ 1 และ ลำดับที่ 2 ในตารางที่ 2 ซึ่งเป็นการใช้กฎการจัดตารางงานเชิงรุก และใช้ AGV จำนวน 1 คัน โดยทิศทางการวิ่งรถอาจเป็นแบบทิศทางเดียวหรือสองทิศทางก็ได้ จะให้ผลในเรื่องของเวลาว่างของ AGV เหมือนกัน คือ AGV ไม่มีเวลาว่างงานเลย อัตราการใช้ประโยชน์ (Utilization rate) 100% ทั้งนี้ในเชิงปฏิบัติต้องเลือกใช้ AGV ที่ไม่ต้องการพักเครื่องหรือชาร์จพลังงานตลอดเวลา 8 ชั่วโมงของกะการทำงาน

หากบริษัทต้องการประสิทธิภาพสูงสุดของสายการผลิต ไม่ต้องการให้สายการผลิตหยุดรอ สามารถใช้ทางเลือกที่ลำดับที่ 6 ในตารางที่ 1 ซึ่งทำให้สถานีงานหยุดรอานเพียง 0.29 ชั่วโมง หรือ 17.4 นาที โดยกำหนดให้มีการวิ่งรถทางเดียว และใช้กฎการจัดตารางงานของ AGV แบบเชิงรุก แต่ใช้จำนวน AGV ถึง 3 คัน ถ้าหากต้องการใช้จำนวน AGV ที่น้อยกว่านี้สามารถใช้ทางเลือกลำดับที่ 4 ในตารางที่ 2 ที่มีเวลาหยุดรอของสถานีใกล้เคียงกันคือ 0.33 ชั่วโมง หรือ 19.8 นาที แต่ใช้จำนวนรถ AGV 2 คัน และกำหนดให้วิ่งรถสองทิศทาง

ท้ายที่สุด หากบริษัทให้ความสำคัญของการลดเวลาว่างงานของทั้ง AGV และสายการผลิต ควรพิจารณาเวลาว่างงานของทั้งสองส่วนพร้อมกัน ดังเช่นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ นั่นคือ

พิจารณาจาก TIT ที่น้อยที่สุด สามารถประยุกต์ใช้ทางเลือกลำดับที่ 2 ในตารางที่ 2 ซึ่งใช้รถ AGV 1 คัน โดยกำหนดตารางงานเชิงรุก และวิ่งรถสองทิศทาง จะทำให้ TIT ต่ำที่สุดที่ 5.48 ชั่วโมง และเมื่อเทียบกับเวลาการทำงานทั้งหมดใน 1 กะการทำงานของทั้ง AGV และสถานีงาน จะมี IR 2.98%

6. บทสรุป

งานวิจัยนี้ตอบสนองความต้องการของโรงงานในอุตสาหกรรมการผลิต ที่มีระบบการผลิตทั้งแบบเก่าและแบบใหม่อยู่ภายใต้โรงงานเดียวกันและนำเทคโนโลยีพาหนะลำเลียงงานอัตโนมัติเข้ามาใช้ในการลำเลียงอุปกรณ์ขนถ่ายในสายการผลิต วัตถุประสงค์หลักคือการหาจำนวน AGV ที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้เวลาว่างงานโดยรวมของทั้ง AGV และสถานีงาน (TIT) ต่ำที่สุด ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการหาคำตอบที่สะดวกต่อการประยุกต์ใช้โดยผู้ประกอบการ โดยการออกแบบกฎการกำหนดงานสำหรับการกำหนดตารางงานของ AGV ทั้งนี้ได้ทดสอบกฎการกำหนดงาน 2 แบบ คือ เชิงรับและเชิงรุก ผลการทดสอบพบว่ากฎการจัดตารางงานเชิงรุกทำให้เกิด TIT น้อยกว่าถึง 42.52% โดยเฉลี่ย

เครื่องมือหลักที่ใช้งานวิจัยนี้คือ โปรแกรมตารางทำการซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้งานอย่างแพร่หลายในองค์กรต่างๆ จึงจะเพิ่มความสะดวกต่อผู้ประกอบการหากต้องการประยุกต์ใช้วิธีการที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ โดยผู้วิจัยใช้โปรแกรมตารางทำการในการสร้างตารางงานของ AGV และสถานีงาน และใช้คำนวณตัววัดประสิทธิภาพของระบบ ตลอดจนคำนวณเส้นทางวิ่งรถที่ใช้เวลาน้อยที่สุดในแต่ละครั้งของการวิ่งรถ และใช้ตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์อีกด้วย

ซึ่งในการกำหนดเส้นทางวิ่งรถนั้นอ้างอิงจากปัญหาวิถีสั้นสุด โดยได้ทำการเปรียบเทียบการกำหนดทิศทางวิ่งของ AGV แบบทิศทางเดียวกับสองทิศทาง พบว่าการวิ่งสองทิศทางทำให้เกิด TIT น้อยกว่าถึง 43.54% โดยเฉลี่ย

ตารางที่ 1 สรุปผลการทดลองสำหรับกรณีวิ่งรถทิศทางเดียว

ลำดับ	กฎการจัดตารางงาน ของ AGV	จำนวน AGV (คัน)	เวลาว่างงาน (ชั่วโมง) ของ			IR
			AGV	สถานีงาน	TIT	
1	เชิงรับ	1	0.47	36.91	37.38	20.32
2	เชิงรุก	1	0.00	31.25	31.25	16.98
3	เชิงรับ	2	7.08	12.48	19.56	10.19
4	เชิงรุก	2	6.77	6.60	13.37	6.96
5	เชิงรับ	3	14.76	8.63	23.39	11.70
6	เชิงรุก	3	14.27	0.29	14.56	7.28

ตารางที่ 2 สรุปผลการทดลองสำหรับกรณีวิ่งรถสองทิศทาง

ลำดับ	กฎการจัดตารางงาน ของ AGV	จำนวน AGV (คัน)	เวลาว่างงาน (ชั่วโมง) ของ			IR
			AGV	สถานีงาน	TIT	
1	เชิงรับ	1	0.89	17.26	18.15	9.86
2	เชิงรุก	1	0.00	5.48	5.48	2.98
3	เชิงรับ	2	8.47	10.71	19.18	9.99
4	เชิงรุก	2	7.92	0.33	8.25	4.30

การทดลองเปรียบเทียบจำนวน AGV ที่เหมาะสม แสดงให้เห็นว่าจำนวน AGV ที่มากขึ้น ไม่ได้ส่งผลให้ TIT น้อยลงเสมอไป เพราะขึ้นอยู่กับการกำหนดทิศทางการวิ่ง และกฎของการจัดตารางงานด้วย ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเกิดขึ้นเมื่อกำหนดทิศทางการวิ่งสองทิศทาง และกฎการจัดตารางงานเชิงรุก โดยใช้ AGV เพียงคันเดียวแต่ทำให้เกิด TIT เพียง 5.48 ชั่วโมง และมีอัตราการใช้งานทั้งหมดเพียง 2.98%

อย่างไรก็ตามผลการทดลองเปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานเลือกประยุกต์ใช้แนวทางที่เหมาะสมกับสถานประกอบการมากที่สุด ไม่ว่าจะเน้นการใช้ประโยชน์ของ AGV ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดหรือให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพของสายการผลิตมากกว่า

ผลลัพธ์จากกรณีศึกษาจากงานวิจัยนี้แม้จะเฉพาะเจาะจงสำหรับข้อมูลของสถานประกอบการแห่งหนึ่ง แต่กระบวนการและวิธีการในการหาคำตอบสามารถประยุกต์ใช้กับสถานประกอบการแห่งอื่นได้ ถ้ามีการปรับใช้อย่างเหมาะสม

7. กิตติกรรมประกาศ

Many thanks to Mr. Roy Morien of the Naresuan University Graduate School for his editing assistance and advice on English expression in this document.

8. เอกสารอ้างอิง

- Baker, K. R., & Trietsch, D. (2009). *Principles of sequencing and scheduling*. John Wiley.
- Bocewicz, G., Nielsen, I., & Banaszak, Z. (2014). Iterative multimodal processes scheduling. *Annual Reviews in Control*, 38, 113–122.
- Fazlollahtabar, H., & Saidi-Mehrabad, M. (2015). Methodologies to optimize automated guided vehicle scheduling and routing problems: A review study. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 77, 525–545.
- Lacomme, P., Larabi, M., & Tchernev, N. (2013). Job-shop based framework for simultaneous scheduling of machines and automated guided vehicles. *International Journal of Production Economics*, 143, 24–34.
- Lee, C. W., Wong, W. P., Ignatius, J., Rahmana, A., & Tseng, M.-L. (2020). Winner determination problem in multiple automated guided vehicle considering cost and flexibility. *Computers & Industrial Engineering*, 142, 106337.
- Leung, J. Y-T. (2004). *Handbook of scheduling: algorithms, models, and performance analysis*. Chapman & Hall/CRC.
- Lyu, X., Song, Y., He, C., Lei, Q., & Guo, W. (2019). Approach to integrated scheduling problems considering optimal number of automated guided vehicles and conflict-free routing in flexible manufacturing systems. *IEEE Access*, 7, 74909–74924. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2919109>.
- Office of Industrial Economics. (2018). *Report on industrial economics 2018 and trends for 2019*. Ministry of Industry Thailand.
- Pinedo, M. L. (2009). *Planning and scheduling in manufacturing and services*. Springer.
- Smolic-Rocak, N., Bogdan, S., Kovacic, Z., & Petrovic, T. (2010). Time windows based dynamic routing in multi-AGV Systems. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 7(1), 151–155.
- Umar, U. A., Ariffin, M. K. A., Ismail, N., & Tang, S. H. (2015). Hybrid multiobjective genetic algorithms for integrated dynamic scheduling and routing of jobs and automated-guided vehicle (AGV) in flexible manufacturing systems (FMS) environment.

International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 81, 2123–2141.

- Xiao, H., Wu, X., Zeng, Y., & Zhai, J. (2020). A CEGA-Based optimization approach for integrated designing of a unidirectional guide-path network and scheduling of AGVs. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2020/3961409>.

9. ประวัติผู้แต่ง



นางสาว จิรัชฎิกรณ์ ลอยยม
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำเร็จการศึกษาปี พ.ศ. 2563



นาย อนุวัต ห่มองเขียว
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำเร็จการศึกษาปี พ.ศ. 2563



ผศ.ดร. โพธิ์งาม สมกุล
อาจารย์ประจำที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร งานวิจัยที่สนใจเป็นพิเศษ คือ การประยุกต์ใช้การจำลองบนตารางทำการสำหรับแก้ปัญหาต่างๆในโซ่อุปทาน เช่น การลดอาหารที่ถูกทิ้ง โลจิสติกส์ในกระบวนการผลิต การถ่ายเทด้านข้าง โครงการกระจายสินค้า และปรากฏการณ์แล้มา เป็นต้น