บทความวิจัย

แบบจำลองสถานการณ์ลอจิสติกส์ภายในของระบบเอจีวีในแผนกประกอบโรงงานผลิตรถยนต์

บุษบา พฤกษาพันธุ์รัตน์* อินทิชา วิภูเสรี และ พนิตพร เบญจผ่องวัฒนา
หน่วยวิจัยทางด้านการวิจัยดำเนินงานและสถิติอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 9896 2200 อีเมล: lbusaba@engr.tu.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.02.004
รับเมื่อ 9 มิถุนายน 2563 แก้ไขเมื่อ 29 กรกฎาคม 2563 ตอบรับเมื่อ 31 สิงหาคม 2563 เผยแพร่ออนไลน์ 23 กุมภาพันธ์ 2564
© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิเคราะห์ลอจิสติกส์ภายในของระบบเอจีวีในแผนกประกอบโรงงานผลิตรถยนต์ด้วยแบบจำลองสถานการณ์ ปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษาใช้แรงงานคนและรถขนของลากจูง (Trucky) ในการขนส่งวัตถุดิบ แต่ทางโรงงานกำลังพิจารณาปรับระบบการขนถ่ายวัสดุเป็นพาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติหรือเอจีวี อีกทั้งยังมีแผนที่จะเพิ่มกำลังการผลิตโดยเพิ่มจากเดิม 12% ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์เส้นทางการเดินรถเอจีวีในการขนถ่ายวัตถุดิบเข้าสายการประกอบเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าที่สูงขึ้นได้ นอกจากนั้นยังหาจำนวนเอจีวีที่เหมาะสม จากการศึกษากำลังการผลิตในปัจจุบัน แผนผัง ระยะทางภายในผัง และคุณสมบัติของเอจีวี เส้นทางเอจีวีจึงได้ถูกออกแบบขึ้นโดยยึดหลักการของเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยมีจุดตัดที่ต่ำและมีการเปลี่ยนแปลงผังให้น้อยที่สุด ได้เป็น 3 รูปแบบ หลังจากนั้นการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ถูกนำมาช่วยวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบแทนการทดลองในระบบจริง จากผลการจำลองสถานการณ์พบว่าผังแบบที่ 3 เป็นทางเลือกที่ดีที่สุดที่ไม่มีจุดตัด สามารถตอบสนองความต้องการที่ระดับการผลิตเดิมได้ด้วยเอจีวีเพียง 2 คัน และสามารถรองรับการขยายกำลังการผลิตได้ถึง 21%

คำสำคัญ: การวิเคราะห์เส้นทางการลำเลียง พาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติหรือเอจีวี การจำลองสถานการณ์

การอ้างอิงบทความ: บุษบา พฤกษาพันธุ์รัตน์, อินทิชา วิภูเสรี และ พนิตพร เบญจผ่องวัฒนา, "แบบจำลองสถานการณ์ลอจิสติกส์ภายในของระบบเอจีวีในแผนกประกอบโรงงานผลิตรถยนต์," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 32, ฉบับที่ 2, หน้า 355–365, เม.ย.–มิ.ย. 2565.

Research Article

Internal Logistics Simulation Based on AGV System in Assembly Section of an Automotive Manufacturer

Busaba Phruksaphanrat*, Inticha Wipusaree and Panitporn Benjaphongwattana
ISO-RU, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University, Pathum Thani, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 9896 2200, E–mail: lbusaba@engr.tu.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.02.004
Received 9 June 2020; Revised 29 July 2020; Accepted 31 August 2020; Published online: 23 February 2021
© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

This research aims to analyze the internal logistics in the assembly section of an automotive manufacturer by computer simulation. Currently, the case study factory uses human labor and truckies for the transport of raw materials or specific items. However, the Automated Guided Vehicle System (AGV) is currently under review to replace the material handling system and the productivity has also been planned to increase by 12%. Therefore, the objective of this research is to analyze the AGVs routing in the assembly section to serve increasing customer demand and to find the appropriate number of AGVs. According to the study of capacity, plant layout, plant spatial distance and the specification of an AGV, AGV routes were designed based on the shortest path with the minimum intersection points and the minimum layout changes. There were three patterns of AGV routes. Then, a computer simulation was used to compare these three patterns in preference to actual testing in the plant. The results from the simulation showed that the third route, with no intersection point is deemed the best option. This route can meet the requirements of the existing production capability with the use of only two AGVs. Overall it can support the manufacturing capacity expansion by 21%.

Keywords: Routing Analysis, Automated Guided Vehicle Systems, Simulation

Please cite this article as: B. Phruksaphanrat, I. Wipusaree, and P. Benjaphongwattana, "Internal logistics simulation based on AGV system in assembly section of an automotive manufacturer," *The Journal of KMUTNB*, vol. 32, no. 2, pp. 355–365, Apr.–Jun. 2022 (in Thai).

1. บทนำ

โดยทั่วไปแล้วภายในโรงงานอุตสาหกรรมมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ การเคลื่อนย้ายวัสดุต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตในทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ ปัจจัยนำเข้า (Input) กระบวนการแปลงสภาพ (Conversion Input Process) และผลผลิต (Output) โดยการเคลื่อนย้ายดังกล่าวเรียกกันว่า การขนถ่ายวัสดุ (Material Handling) ที่จะลำเลียงวัตถุดิบไปยังส่วนต่างๆ ตั้งแต่การนำวัตถุดิบมาถึงโรงงาน ผ่านกระบวนการผลิตจนได้เป็นผลิตภัณฑ์ หรืออาจเรียกเป็น ลอจิสติกส์ภายใน (Internal Logistics) ที่มีการรวมการจัดการ การจัดสรร วางแผน และเคลื่อนย้ายวัตถุดิบภายในองค์กร [1] ซึ่งจะช่วยให้การไหลของวัตถุดิบเป็นไปอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วทันต่อความต้องการของลูกค้า ลอจิสติกส์ภายในจึงเป็นเรื่องสำคัญที่องค์กรจะต้องให้ความสำคัญและดำเนินการอย่างจริงจัง เพื่อการบริหารโซ่อุปทานในการผลิตของโรงงานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ในอดีตการลำเลียงวัสดุภายในโรงงานอุตสาหกรรม มักใช้คนหรืออุปกรณ์ขนถ่ายโดยใช้เครื่องยนต์ในการขนส่งไปยังจุดต่างๆ ซึ่งนอกจากจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการจ้างคนและเครื่องยนต์แล้ว อาจทำให้วัสดุเกิดความเสียหายเนื่องจากการขนส่งและเกิดมลพิษภายในโรงงานได้ โรงงานอุตสาหกรรมจึงหันมาใช้พาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle Systems; AGV) สายพานลำเลียง และระบบอัตโนมัติเพิ่มมากขึ้น [2] ซึ่งสามารถกำหนดเส้นทางการเดินทางที่ชัดเจน โดยไม่ต้องใช้คนงาน [3] สามารถลดต้นทุนค่าแรงงานลง และทำให้การทำงานมีเวลาที่แน่นอนในการขนส่งวัสดุมากขึ้น โดยประสิทธิภาพของระบบจะขึ้นอยู่กับผังของโรงงาน กลยุทธ์ในการจัดเส้นทางการขนส่ง การกระจายงาน จำนวนของอุปกรณ์ขนถ่าย และกลยุทธ์ในการจัดลำดับงาน [2]–[4]

พาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติหรือเอจีวีคือ อุปกรณ์ขนถ่ายที่ช่วยในการขนวัสดุในกระบวนการผลิตโดยมีการวิ่งตามเส้นทางที่ได้กำหนด ปัญหาหลักในการจัดเส้นทางของ AGV มีด้วยกัน 2 ลักษณะ คือ การชนกัน (Collision) ซึ่งมักเกิดจากความเร็วที่แตกต่างและจุดตัด ซึ่งจะต้องมีการติดตั้งเครื่องมือป้องกันการชน อีกลักษณะหนึ่งคือการหยุดชะงัก (Deadlock) ไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อได้ทำให้ทั้งระบบหยุด [3] ซึ่งจะต้องมีการกำหนดวิธีการควบคุมการวิ่งรถและเส้นทางการวิ่งอย่างเหมาะสม จากการวิจัยที่ผ่านมา Chen และคณะ ได้นำเสนอวิธีการพิจารณาผังที่เหมาะสมสำหรับ AGV ในระบบการเตรียมกระบวนการผลิตขึ้นรูป โดยใช้การจำลองสถานการณ์ [4] เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ความไม่สมดุลของทรัพยากรซึ่งส่งผลให้เกิดคิวที่ยาวและสร้างปัญหาให้ระบบ ทั้งนี้ ได้นำเสนอการออกแบบผังโรงงานที่ลดเวลาของกระบวนการให้ต่ำที่สุดและเพิ่มอรรถประโยชน์ของการใช้สถานีงานให้มากที่สุด โดยใช้หลักการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) และฮิวริสติก (Heuristics) นอกจากนั้นยังมีงานวิจัยที่ใช้การกำหนดโซนในการวิ่งเพื่อลดการชนซึ่งเป็นแนวทางที่สามารถช่วยควบคุมการวิ่งของรถในระบบให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นได้ [5] โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณการไหลของงาน สร้างสมดุลของภาระ และได้มีผู้นำเสนอให้มีการควบคุมแบบไม่รวมศูนย์กลางแทนการควบคุมแบบรวมศูนย์กลางเพื่อลดความซับซ้อนของระบบอีกด้วย [6] Rocha และคณะ [2] ได้เสนอการประเมินผลระบบลอจิสติกส์ภายในที่นำระบบ AGV เข้ามาช่วยปรับปรุงจากอัตราผลผลิต (Throughput) ที่ได้ โดยใช้การจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ด้วยเช่นกัน

สำหรับโรงงานกรณีศึกษาก็เช่นกันประสบปัญหาการลำเลียงวัตถุดิบภายในสายการประกอบที่ปัจจุบันใช้คนและรถขนของลากจูง (Trucky) ซึ่งมีขนาดใหญ่ในการดำเนินการมีความไม่แน่นอนของกระบวนการ เนื่องจากเวลาการขนส่งวัตถุดิบของรถขนของลากจูงและพนักงานลากชั้นวางของมีล้อ (Dolly) มีการทำงานที่ผันผวน ทางโรงงานจึงมีแนวคิดที่จะนำ AGV เข้ามาใช้ทดแทนเพื่อให้การขนถ่ายภายในมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสามารถตอบสนองต่อการผลิตที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคตได้ แต่เนื่องจากการผลิตยังคงต้องดำเนินการอยู่ตลอดเวลาไม่สามารถหยุดเพื่อทำการทดลองรูปแบบการวิ่งของ AGV ได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำการจำลองสถานการณ์มาพิจารณาจัดเส้นทางการเดินรถ AGV ภายใต้ข้อจำกัดของทางโรงงานเพื่อวิเคราะห์หาเส้นทางและจำนวน AGV ที่เหมาะสม

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูลขนส่งในปัจจุบัน

2.1.1 กระบวนการประกอบ

กระบวนการในส่วนที่ทำการศึกษา ณ โรงงานประกอบรถยนต์แบ่งส่วนการประกอบเป็น 4 ส่วน ดังรูปที่ 1 Trim A คือ ส่วนของการติดตั้งไฟ Trim B คือ ส่วนการตกแต่งภายใน Under Floor คือ ส่วนติดตั้งเครื่องยนต์ และ On Ground คือ ส่วนติดตั้งประตู เติมน้ำยาแอร์ น้ำมันเบรก น้ำยาเช็ดกระจก และน้ำมันรถยนต์

รูปที่ 1 กระบวนการดำเนินงานในส่วนประกอบ

2.1.2 อุปกรณ์ขนถ่ายที่ใช้ในระบบ

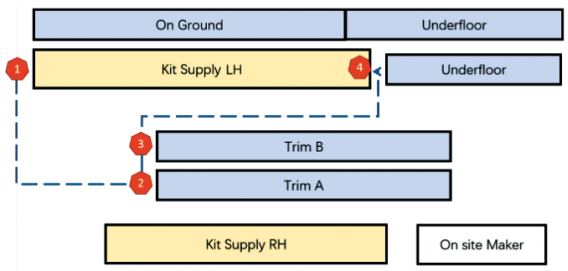
อุปกรณ์ขนถ่ายในปัจจุบันประกอบด้วยรถขนของลากจูง 2 คัน ในการขนส่ง Kit ชั้นวางของมีล้อ รถขนของลากจูง 1 คัน ขนวัสดุได้ครั้งละ 6 ชุด พนักงานลาก Kit ชั้นวางของมีล้อ 1 คน ลาก Kit ชั้นวางของมีล้อต่อรอบได้ 4 ชุด Kit ชั้นวางของมีล้อ 4 ชุด ใช้สำหรับผลิตรถยนต์ 1 คัน ภาพอุปกรณ์ขนถ่ายแสดงดังรูปที่ 2

(ก) รถขนของลากจูง (ข) Kit ชั้นวางของมีล้อ

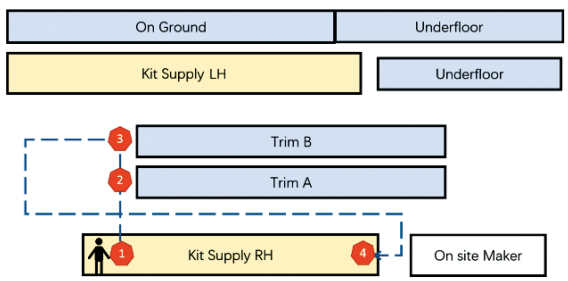
รูปที่ 2 อุปกรณ์ขนถ่าย

2.1.3 เส้นทางการขนส่งในปัจจุบันที่ทำการศึกษา

เส้นทางการขนส่งที่ทำการศึกษาจะเป็นส่วนของการส่งวัตถุดิบเข้าสายการผลิต Trim A และ B จาก Kit Supply ทั้งด้านซ้ายและขวาแสดงดังรูปที่ 3 และ 4 ที่มีการทำงานขนานกันระหว่างด้านซ้ายและขวา โดยแต่ละด้านทำงานตามลำดับ 1 ถึง 4 ด้านซ้ายจาก 1 ไป 2 ขนวัตถุดิบโดยรถขนของลากจูงไปยัง Trim A และไปรับชั้นวางของมีล้อเปล่าที่ Trim B จุดที่ 3 เพื่อนำไปส่งที่จุดที่ 4 ส่วนด้านขวาพนักงานขนวัตถุดิบลากชั้นวางของมีล้อจากจุดที่ 1 มาส่งที่ Trim A จุดที่ 2 ที่จุดที่ 3 รถขนของลากจูงไปรับชั้นวางของมีล้อเปล่าที่ Trim B เพื่อไปส่งที่ Kit Supply จุดที่ 4 การศึกษาจะทำการศึกษาเฉพาะส่วนระบบการขนส่งป้อนวัตถุดิบ ส่วนของกระบวนการผลิตจะกำหนดให้มีอัตราการผลิตตามกำลังการผลิตปัจจุบัน และกำลังการผลิตที่ทางโรงงานต้องการในส่วนผลิต Trim A และ B ระยะทางได้จากการวัดเส้นทางในสายการผลิต เวลาได้จากการจับเวลา และความเร็วได้จากระยะทางระหว่างจุดแต่ละจุดหารด้วยเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ข้อมูลทั้งหมดได้ถูกนำมาคำนวณหาจำนวนข้อมูลที่เหมาะสมตามหลักการการศึกษางาน [7] และนำมาทดสอบการแจกแจงด้วยโปรแกรม Stat::Fit [8] เพื่อใช้ในการจำลองสถานการณ์ต่อไป เส้นทางการขนส่งทางด้านซ้ายและขวา ระยะทาง และความเร็วดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 3 เส้นทางการขนส่งด้านซ้าย



รูปที่ 4 เส้นทางการขนส่งด้านขวา

ตารางที่ 1 ความเร็วในการเคลื่อนที่ด้านซ้าย (เมตร/วินาที)

เริ่มต้น	ปลายทาง	ระยะทาง (เมตร)	การแจกแจงและพารามิเตอร์	*p*-value
Kit Supply LH	Trim A	36	Weibull (0,7.68,1.33)	0.631
Trim A	Trim B	0	-	-
Trim B	Kit Supply LH	98	Weibull (1,6.96,0.767)	0.987

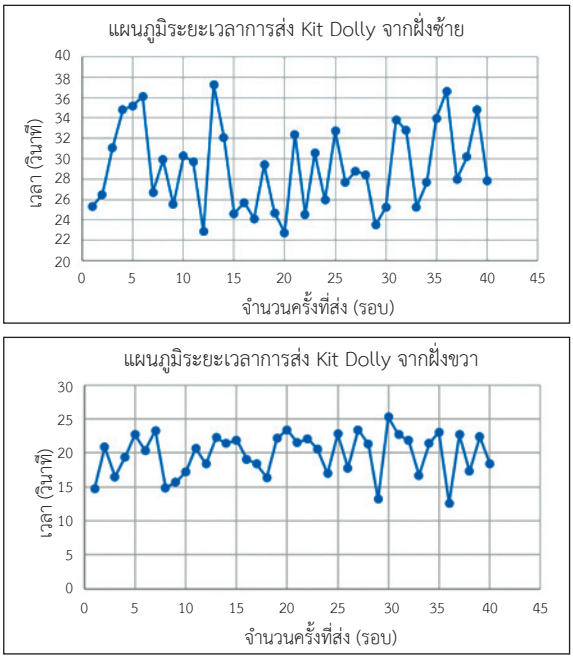
ตารางที่ 2 ความเร็วในการเคลื่อนที่ด้านขวา (เมตร/วินาที)

เริ่มต้น	ปลายทาง	ระยะทาง (เมตร)	การแจกแจงและพารามิเตอร์	*p*-value
Kit Supply RH	Trim A	7.5	Inverse Weibull (0,8.35,2.83)	0.408
Trim A	Trim B	0	-	-
Trim B	Kit Supply RH	107.5	Pearson 6 (1,1.27,127,173)	0.981

ความสามารถของการผลิตรถในปัจจุบันคือ 2.3 นาทีต่อคัน หรือกำลังการผลิต 26 JPH (Job per Hour) ทำงาน 2 กะ เวลาการทำงานต่อกะคือ 7.75 ชั่วโมง หรือ 465 นาที หรือผลิตได้ 202.17 คันต่อกะการทำงานปกติ การผลิตรถ 1 คัน ต้องใช้ Kit Box 4 ชุด จากด้านซ้าย 2 ชุด ด้านขวา 2 ชุด เวลาที่ใช้ในการจัด Kit ชั้นวางของมีล้อใน Kit Supply ได้ค่าการแจกแจงเป็น Power Function P(1, 2.19, 2.86) เวลาในกระบวนการ Trim A และ B เป็น P(1, 2.36, 3.25) และ P(1, 2.44, 4.06) ตามลำดับในหน่วยวินาที พารามิเตอร์ Power Function คือ P(min, max, alpha) การแจกแจงเวลาการเคลื่อนที่ของ Kit ชั้นวางของมีล้อแสดงดังตารางที่ 3 [8]

ปัญหาที่พบในปัจจุบันคือ พื้นที่ที่จำกัด และการขนส่งด้วยรถขนของลากจูงซึ่งมีขนาดใหญ่เกิดปัญหาด้านการสัญจรภายในทางด้านซ้าย ส่วนในด้านขวาเกิดจากการรอคอยพนักงานในการดำเนินงานซึ่งมีความไม่แน่นอน เวลาในการขน Kit ชั้นวางของมีล้อไปยัง Trim A ทั้งด้านซ้ายและขวามีความผันผวนดังแสดงในรูปที่ 5

ทางโรงงานมีความต้องการที่จะทดแทนการขนย้ายโดยพนักงานและรถขนของลากจูงเป็นระบบ AGV เนื่องจากพื้นที่



รูปที่ 5 เวลาในการขนส่ง Kit ชั้นวางของมีล้อ จากสถานี Kit Supply ไปยัง Trim A

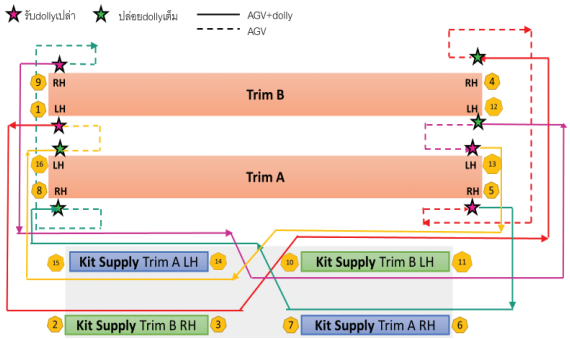
ตารางที่ 3 การแจกแจงของเวลาการเคลื่อนที่ของ Kit Dolly ในหน่วยวินาที

เริ่มต้น	ปลายทาง	โดย (เวลาเฉลี่ย)	การแจกแจงและพารามิเตอร์	*p*-value
Kit Supply LH	Trim A	Trucky (29.46)	Johnson SB (22,16.1,0.202,0.75)	0.991
Kit Supply RH	Trim A	คน (24.02)	Triangular (15, 31.1,27.1)	0.750
Trim B	Kit Supply LH	Trucky (57.39)	Weibull (50,1.75, 8.3)	0.989
Trim B	Kit Supply RH	Trucky (55.59)	Beta (49, 61.4,2.19,1.85)	0.961

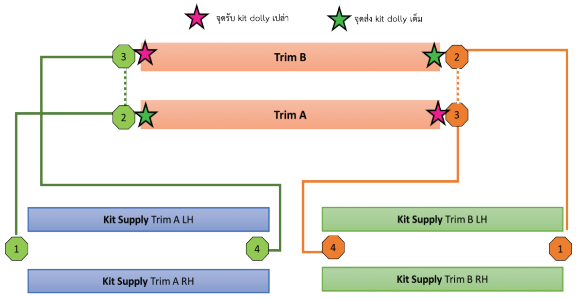
พารามิเตอร์ Weibull คือ (min, alpha, beta), Inverse Weibull คือ (min, alpha, beta), Pearson6 คือ (min, beta, p, q) Johnson คือ (min,lambda, gamma, delta), Triangular คือ (min, max, mode), Beta คือ (min, max, p, q) [8]

ที่จำกัด AGV มีขนาดเล็กเหมาะสมกับพื้นที่ ควบคุมความเร็วสามารถขยายกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นได้ โดยมีแผนจะเพิ่มกำลังการผลิตอีก 12% ทั้งนี้ ทางโรงงานได้มีการใช้ AGV ใน

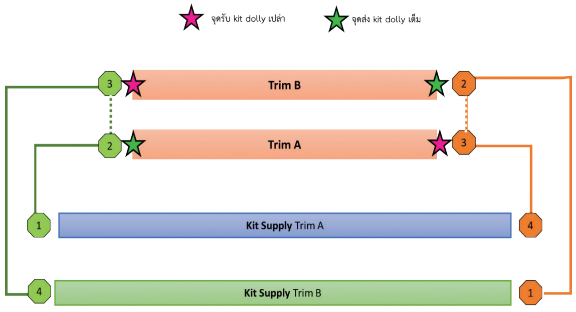
Plant อื่นก่อนหน้า จึงต้องการนำ AGV ที่มีอยู่มาปรับใช้กับกระบวนการที่ทำการศึกษา ทางโรงงานยังมีการปรับผังคลังสินค้าใหม่ เพื่อลดระยะทางการขนส่งชิ้นส่วนจากคลังสินค้าส่วน Under Floor และ On Ground ซึ่งเดิมทั้ง 2 ส่วนนี้อยู่ใน Plant ที่ห่างออกไป จึงทำให้ต้องใช้รถขนของลากจูงที่มีขนาดใหญ่ในการขนส่ง และเกิดปัญหาการสัญจร ดังนั้นจึงพิจารณาย้ายสถานี Kit Supply ที่มีการแบ่งเป็นด้านซ้ายและขวามาอยู่จุดเดียว และปรับพื้นที่ที่เหลือสำหรับเป็นส่วนคลังสินค้า Under Floor และ On Ground ให้อยู่ในพื้นในผังเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การผลิตสามารถทำงานได้ต่อเนื่องขึ้นและเพิ่มกำลังการผลิตได้ แต่การป้อนชิ้นงานในปัจจุบันยังไม่สามารถรองรับกับกำลังการผลิตที่จะเพิ่มขึ้นได้ จึงต้องมีการปรับเปลี่ยนโดยนำ AGV เข้ามาช่วยในการป้อนชิ้นส่วนแทน โดยต้องมีการวิเคราะห์เส้นทางการวิ่งและจำนวน AGV ที่เหมาะสม การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์จึงถูกนำมาใช้วิเคราะห์ในงานวิจัยนี้เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการ



รูปที่ 6 เส้นทางการเดินรถ AGV แบบที่ 1



รูปที่ 7 เส้นทางการเดินรถ AGV แบบที่ 2



รูปที่ 8 เส้นทางการเดินรถ AGV แบบที่ 3

2.2 แนวทางการปรับปรุงที่นำเสนอ

2.2.1 เส้นทางการเดินรถ AGV ที่ออกแบบ

แนวทางการปรับปรุงมีด้วยกัน 3 แนวทาง คือ แนวทางที่ 1 เป็นแนวทางที่ทางโรงงานได้ออกแบบไว้แล้วแสดงในรูปที่ 6 แนวทางที่ 2 เป็นแนวทางที่ผู้วิจัยนำเสนอคือ คงรูปแบบผังโรงงานที่ทางโรงงานได้มีการปรับปรุงใหม่ แต่เปลี่ยนเส้นทางให้มีจุดตัดน้อยที่สุดและระยะทางสั้นสุด ดังรูปที่ 7 ใช้การแบ่ง Supply ตามการจัดการของทางโรงงาน แต่มีการย้าย Kit Supply ของ Trim A ไปไว้ด้านเดียวกัน ส่วน Kit Supply ของ Trim B ไว้อีกด้านหนึ่งเพื่อลดระยะทาง แนวทางที่ 3 เป็นแนวทางที่ผู้วิจัยนำเสนอเพื่อไม่ให้เกิดจุดตัดของเส้นทางและมีระยะทางสั้นที่สุดโดยทางโรงงานต้องมีการปรับผังใหม่เล็กน้อยดังรูปที่ 8 ซึ่งอาจมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม แนวทางนี้มีการรวม Kit Supply Trim A ที่แบ่งเป็น 2 ส่วน และ Kit Supply Trim B ที่แบ่งเป็น 2 ส่วน

ผังปัจจุบันและผังใหม่ทั้ง 3 แนวทาง มีระยะทาง และเวลา ดังแสดงในตารางที่ 4 เป็นระยะทางจากที่ได้ออกแบบไว้และเวลาที่ได้จากการคำนวณในสูตรที่ (1)

เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ = ระยะทางทั้งหมด/ความเร็วเฉลี่ยของ AGV (1)

อัตราความเร็วทางโรงงานได้กำหนดให้ ระยะทางตั้งแต่ 0–50 เมตร จะใช้อัตราเร็วเฉลี่ย 0.33 เมตร/วินาที ระยะทาง

มากกว่า 50 เมตร จะใช้อัตราเร็วเฉลี่ย 0.50 เมตร/วินาที

ตารางที่ 4 ตารางแสดงระยะทาง เวลา และจุดตัดของผังที่นำเสนอ

	ผังปัจจุบัน	ผังแบบที่ 1	ผังแบบที่ 2	ผังแบบที่ 3
ระยะทางรวมการขนส่ง	43.5 เมตร	167.12 เมตร	26.06 เมตร	26.06 เมตร
เวลารวมการขนส่ง	53.48 วินาที*	334.24 วินาที	78.97 วินาที	78.97 วินาที
ระยะทางรวมการขนชั้นวางของมีล้อเปล่า	205.5 เมตร	116.06 เมตร	130 เมตร	26.06 เมตร
เวลารวมการขนชั้นวางของมีล้อเปล่า	112.98 วินาที*	232.12 วินาที	320 วินาที	78.97 วินาที
ระยะทางทั้งหมดต่อรอบ	249 เมตร	613.18 เมตร	326.06 เมตร	82.12 เมตร
จำนวนจุดตัด/รอบ	1	20	1	-

*เป็นเวลาจริงเฉลี่ยของรถขนของลากจูงและคน

2.2.2 คุณลักษณะและการคำนวณปริมาณ AGV ในระบบ

AGV ที่นำมาใช้ในระบบคือ Compact Heavy Duty AGV ดังรูปที่ 9 ซึ่งเป็นรุ่นที่ทางโรงงานใช้ใน Plant อื่น และต้องการมาปรับใช้กับกระบวนการขนส่งที่พิจารณา สามารถลำเลียงชิ้นงานได้ในปริมาณมากมีขนาดเล็ก ปรับความเร็วได้ โดยคุณสมบัติของ AGV แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 รายละเอียดของคุณสมบัติ AGV [9]

ทิศทางในการเคลื่อนที่ (ทิศทาง)	1
ความสามารถในการลากจูง (Kg)	800
ความสูง (mm)	292
ความกว้าง (mm)	415
ความยาว (mm)	1508
Turning Radius (mm)	600
ความเร็ว (m/s)	0.083–0.5
ระดับความเร็ว (ระดับ)	5
ความแม่นยำในการหยุด (mm)	+– 20

จำนวน AGV ที่ใช้ในแต่ละเส้นทาง = เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่/Takt Time (2)

รูปที่ 9 AGV ที่นำมาใช้ในระบบ

เมื่อนำจำนวน AGV ที่ได้ในแต่ละเส้นทางมารวมกัน จะได้จำนวน AGV ทั้งหมดที่ควรใช้ที่ Takt Time 2.3 นาที หรือ 138 วินาที คำนวณได้คือ

แบบที่ 1 ระยะทาง 613.18 เมตร ความเร็ว 0.5 เมตร/วินาที เวลาที่ใช้ 1,226.36 วินาที ได้จำนวนรถ 8.89 คัน หรือคือ 9 คัน

แบบที่ 2 สำหรับ Trim A ระยะทาง 70 เมตร ความเร็ว 0.5 เมตร/วินาที ในช่วงที่ยาวกว่า 50 เมตร เวลาที่ใช้ 140 วินาที และ 70 เมตร ความเร็ว 0.33 เมตร/วินาที ในช่วงที่สั้นกว่า 50 เมตร เวลาที่ใช้ 212.12 วินาที ได้จำนวนรถ 2.55 คัน หรือคือ 3 คัน

สำหรับ Trim B ระยะทาง 157.5 เมตร ความเร็ว 0.5 เมตร/วินาที ในช่วงที่ยาวกว่า 50 เมตร เวลาที่ใช้ 315 วินาที และ 28.56 เมตร ความเร็ว 0.33 เมตร/วินาที ในช่วงที่สั้นกว่า 50 เมตร เวลาที่ใช้ 86.55 วินาที ได้จำนวนรถ 2.91 คัน หรือคือ 3 คัน

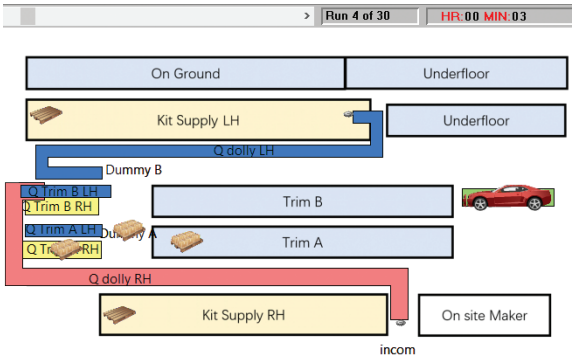
ดังนั้นแบบที่ 2 ใช้รถ AGV ทั้งสิ้น 6 คัน

แบบที่ 3 สำหรับ Trim A และ Trim B ระยะทาง 41.06 เมตร ความเร็ว 0.33 เมตร/วินาที เวลาที่ใช้ 124.42 วินาที ได้จำนวนรถ 0.90 คัน หรือคือ 1 คัน ในแต่ละส่วนรวม 2 คัน

อย่างไรก็ตาม การคำนวณข้างต้นเป็นการประมาณการที่คำนวณจากข้อมูลระยะทางซึ่งไม่ใช่การดำเนินการจริงที่มีความแปรปรวนของระบบเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำการจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ว่าผลที่ได้จะสามารถนำไปใช้กับระบบจริงได้หรือไม่

3. ผลการทดลอง

ในการทดลองจะใช้การจำลองสถานการณ์ [10] มี



รูปที่ 10 โมเดลการจำลองสถานการณ์ของผังปัจจุบัน

ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้คือ ทำความเข้าใจระบบและกำหนดวัตถุประสงค์ของการจำลองสถานการณ์ วิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าทางสถิติ จำลองสถานการณ์ ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมและแบบจำลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง และนำเสนอผลลัพธ์ [11], [12]

แบบจำลองสถานการณ์ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ปัญหาการสัญจรภายใน โดยใช้วิเคราะห์เส้นทางและจำนวน AGV ที่เหมาะสม การจำลองจะดำเนินการทั้งหมด 4 โมเดล คือ โมเดลในปัจจุบันและโมเดลที่ปรับปรุงอีก 3 โมเดล โดยใช้โปรแกรมโปรโมเดล [10] กำหนดให้อัตราการผลิตมีค่าคงที่ การทำงานของ AGV ทำงานได้สม่ำเสมอไม่มีปัญหาติดขัด ในการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าใช้โปรแกรม Stat::fit [8] ช่วยในการหาการแจกแจงที่เหมาะสมเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ แสดงในตารางที่ 1–3 รูปขณะจำลองสถานการณ์ของผังปัจจุบันแสดงได้ดังรูปที่ 10

การจำลองในปัจจุบันใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมและแบบจำลอง การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมดำเนินการโดยการตรวจสอบ Code โปรแกรม ดูภาพเคลื่อนไหว และการทดสอบจำนวนรถที่ออกจากระบบ โดยทดสอบที่ 1 ถึง 10 ชั่วโมง เทียบกับปริมาณที่คำนวณได้ตามรอบเวลาการผลิตได้ค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ของผลต่างจากการคำนวณและการจำลองระบบร้อยละ 1.63 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าระดับนัยสำคัญที่ 5% และเมื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วย t-test [10] ทำการจำลองสถานการณ์ 30 รอบ (n) ค่าเฉลี่ยการผลิตจริงในเดือนพฤศจิกายน 2561 (มีการเพิ่มเวลาการผลิต ทำงานล่วงเวลาเพิ่ม 2.5 ชั่วโมง) ใช้เวลาการผลิตต่อกะ 615 นาที หรือ 10.25 ชั่วโมง อยู่ที่ 268.23 คัน (μ) หรือ 2.29 นาทีต่อคัน เปรียบเทียบกับผลจากการจำลองสถานการณ์ได้จำนวนรถที่ทำการผลิต 267.33 คัน ($\bar{x}$) ด้วยค่าความเบี่ยงเบนที่ 3.29 (s) ผลการทดสอบ t-test แสดงได้ดังนี้

สมมุติฐานหลัก H_0 : $\mu = 268.23$
สมมุติฐานรอง H_1 : $\mu \neq 268.23$
จากสูตรของ t-test

$$t_0 = \frac{\bar{x} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$$

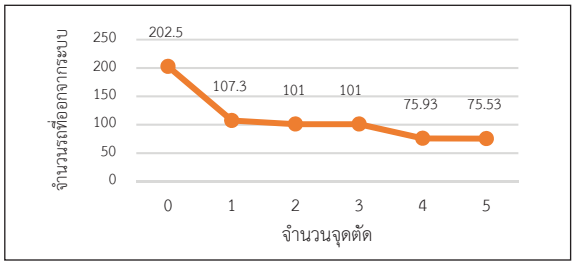
$$t_0 = \frac{267.33 - 268.23}{3.29/\sqrt{30}} \qquad t_0 = -1.498$$

จาก $-t_{crit} < t_0 < t_{crit}$ หรือ $-2.045 < -1.498 < 2.045$

ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าผลจากแบบจำลองไม่แตกต่างกับค่าเฉลี่ยของจำนวนการผลิตจริง โมเดลปัจจุบันหากทำการผลิตที่เวลาการทำงานต่อกะปกติจะได้จำนวนรถที่ผลิตทั้งสิ้น 202.20 คัน โดยด้านซ้ายใช้รถขนของลากจูงและด้านขวาใช้คนลากชั้นวางของมีล้อ และรถขนของลากจูง

3.1 การวิเคราะห์แบบจำลองปรับปรุงแบบที่ 1

เป็นผังเส้นทางขนส่งด้วย AGV ที่ทางบริษัทได้ออกแบบขึ้น มีจำนวนจุดตัด 20 จุด จำนวน AGV ที่ต้องใช้ 9 คัน จากการคำนวณ แต่เมื่อทำการจำลองสถานการณ์พบว่า จำนวนรถยนต์ที่ผลิตได้ที่ระดับ AGV 9 คัน อยู่ที่ 20.13 คันต่อวัน เท่านั้น จึงทำการวิเคราะห์จำนวน AGV ที่เหมาะสมพบว่าได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 6 คือสามารถผลิตได้มากที่สุดเพียง 20 คันต่อวัน โดยใช้ AGV 6 คัน ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ปัญหาของผังปรับปรุงแบบที่ 1 โดยพิจารณาจำนวนจุดตัดหากไม่มีจุดตัด AGV 6 คัน สามารถตอบสนองความต้องการที่ 202.5 คันต่อกะ ได้ตาม Takt Time ที่ 2.3 นาทีต่อคัน แต่เมื่อมีจำนวนจุดตัดที่เพิ่มขึ้นพบว่า ส่งผลให้จำนวนที่ผลิตลดลงดังรูปที่ 11 เมื่อตรวจสอบข้อมูลจากการจำลองสถานการณ์พบบริเวณจุดตัดเกิดการรอคอยเพื่อเข้าบริเวณจุดตัด จึงสรุปได้ว่า



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดตัดและปริมาณรถที่ออกจากระบบ

จุดตัดส่งผลให้เกิดการล่าช้าทำให้ไม่สามารถผลิตได้ตามจำนวนที่ต้องการ

ตารางที่ 6 การหาจำนวน AGV ที่เหมาะสมสำหรับผังที่ 1

จำนวน AGV	4	5	6	7
จำนวนรถที่ออกจากระบบต่อกะ	16.97	18.80	20.57	20.50

3.2 การวิเคราะห์แบบจำลองปรับปรุงแบบที่ 2

เป็นผังที่ได้ปรับปรุงโดยยึดหลักการที่จะใช้การจัดพื้นที่ตามความต้องการของทางโรงงานและลดระยะทาง จากการคำนวณใช้ AGV 6 คัน จึงทำการวิเคราะห์จำนวน AGV ที่เหมาะสมพบว่า AGV 4 คัน เพียงพอสำหรับผังปรับปรุงแบบที่ 2 ดังตารางที่ 7 สามารถผลิตรถยนต์ได้ 202.23 คัน

ตารางที่ 7 การหาจำนวน AGV ที่เหมาะสมของผังที่ 2

จำนวน AGV	จำนวนรถยนต์ต่อกะ		
2	LH	1	116
	RH	1	
4	LH	2	202.23
	RH	2	
6	LH	3	203.33
	RH	3	

3.3 การวิเคราะห์แบบจำลองปรับปรุงแบบที่ 3

เป็นแผนผังที่ได้ปรับปรุงโดยยึดหลักการที่จะใช้การจัดพื้นที่ตามหลักการลดจำนวนจุดตัดและลดระยะทางให้สั้นที่สุด ซึ่งจะต้องมีการปรับเปลี่ยนการใช้พื้นที่ส่วน Kit Supply A และ B เล็กน้อยจากที่ทางโรงงานกำหนด จากการจำลองสถานการณ์พบว่า AGV 2 คัน เพียงพอสำหรับการผลิตที่ระดับ 203.48 คันต่อกะ ดังแสดงในตารางที่ 8 ซึ่งน้อยกว่าแผนผังที่ 2 ดังนั้นจึงนำแผนผังที่ 3 มาพิจารณาเพื่อหาจำนวน AGV ที่เหมาะสมสำหรับอัตราการผลิตที่เพิ่มขึ้นตามความต้องการของโรงงานที่จะเพิ่มอัตราการผลิตอีก 12% จากเดิม 26 JPH เป็น 33 JPH ซึ่งจะทำให้ Takt Time เปลี่ยนจาก 2.3 นาทีต่อคัน เป็น 1.82 นาทีต่อคัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 9 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า AGV 2 คัน ที่ใช้สำหรับการป้อนวัตถุดิบเพียงพอกับกำลังการผลิตที่ต้องการจะเพิ่มขึ้น และสามารถรองรับกับกำลังการผลิตที่เพิ่มได้ถึง 21% ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 8 การหาจำนวน AGV ที่เหมาะสมของผังที่ 3

จำนวน AGV (คัน)	จำนวนรถยนต์ต่อกะ		
2	LH	1	203.48
	RH	1	
4	LH	2	201.77
	RH	2	

ตารางที่ 9 การหาจำนวน AGV ที่เหมาะสมของกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น 12%

จำนวน AGV (คัน)			%Utilization	จำนวนรถยนต์ต่อกะ
2	LH	1	85.87	259.70
	RH	1	86.97	
4	LH	2	42.63	258.70
	RH	2	43.16	

จากการจำลองสถานการณ์สรุปได้ว่าที่ระดับกำลังการผลิตในปัจจุบัน (Takt Time 2.3 นาทีต่อคัน) ผังใหม่แบบที่ 1 ไม่สามารถป้อนวัตถุดิบให้ได้การผลิตตามที่ต้องการ แต่ผังแบบที่ 2 และ 3 สามารถทำได้ที่ AGV 4 และ 2 คัน ตามลำดับ ดังนั้นควรเลือกปรับใช้ผังแบบที่ 3 สำหรับที่ระดับกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 12% ผังแบบที่ 3 ด้วย AGV 2 คัน ยังสามารถตอบสนอง

กับอัตราการผลิตที่เพิ่มขึ้นได้ และสามารถรองรับการผลิตที่เพิ่มขึ้นได้ถึง 21%

ตารางที่ 10 กำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นสำหรับ AGV 2 คัน

เพิ่มกำลังการผลิต	กำลังการผลิต/ชม.	Takt Time	ค่าเฉลี่ย % Utilization	จำนวนรถต่อกะ
13%	33.80	1.78	87.47	262.33
14%	34.40	1.74	89.31	267.43
15%	35.00	1.71	90.87	271.67
16%	35.60	1.69	91.35	276.30
17%	36.20	1.66	93.02	281.17
18%	36.80	1.63	94.70	284.13
19%	37.40	1.60	95.04	286.77
20%	38.00	1.58	96.96	287.70
21%	38.60	1.55	98.11	288.00
22%	39.20	1.53	99.01	288.00

4. อภิปรายผลและสรุป

งานวิจัยนี้ได้นำการจำลองสถานการณ์มาช่วยในการวิเคราะห์เส้นทางการเดินรถ AGV และหาจำนวน AGV ที่เหมาะสมในแผนกประกอบของโรงงานผลิตรถยนต์ ซึ่งประสบปัญหากับความไม่แน่นอนของเวลาในการป้อนชิ้นส่วนเข้าสู่สายการผลิตโดยใช้คนและรถขนของลากจูงในปัจจุบัน อีกทั้งความต้องการสินค้ามีปริมาณที่สูงขึ้น ทางโรงงานจึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับผังโรงงานและปรับระบบการสัญจรภายในให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ ทางโรงงานได้พิจารณาปรับเปลี่ยนมาใช้ระบบ AGV เนื่องจากมีขนาดพอเหมาะและควบคุมความเร็วได้ แต่จะต้องมีการออกแบบการสัญจรและหาจำนวน AGV ที่เหมาะสม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอรูปแบบการเดินรถเป็น 3 รูปแบบตามผังโรงงานใหม่ของโรงงาน จากการจำลองสถานการณ์พบว่า ผังรูปแบบที่ 3 มีเส้นทางที่สั้นที่สุดและไม่มีจุดตัด เป็นผังที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้ AGV เพียง 2 คัน ในการขนส่งวัตถุดิบสำหรับกำลังการผลิตในปัจจุบันที่ 202 คันต่อวัน และยังสามารถรองรับการขยายกำลังการผลิตได้ถึง 21% หรือ 288 คันต่อวัน ซึ่งเกินกว่ากำลังการผลิตที่ทางโรงงานต้องการที่ระดับ 12% หรือ 259 คันต่อวัน

งานวิจัยต่อไปอาจทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมในส่วนของกระบวนการประกอบที่มีความไม่แน่นอนในการผลิตเพื่อให้การพิจารณาครอบคลุมทุกกระบวนการ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

[1] T. Ran, “Internal logistics as a part of supply chain case: Nokia-China, dongguang branch,” M.S. thesis, Lahti University of Applied Science, Faculty of Business Studies, 2009.

[2] L. F. Rocha, A. P. Moreira, and A. Azevedo, “Flexible internal logistics based on AGV system’s: A case study,” in *Proceedings 2010 Management and Control of Production Logistics, Portugal*, 2010.

[3] M. Qi, X. Li, X. Yan, and C. Zhang, “On the evaluation of AGVS-based warehouse operation performance,” *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 87, pp. 379–394, 2018.

[4] C. Chen, D. T. Huy, L. K. Tiong, I.-M. Chen, and C. Yiyu, “Optimal facility layout planning for AGV-based modular prefabricated manufacturing system,” *Automation in Construction*, vol. 98, pp. 310–321, 2019.

[5] X. Fan, Q. He, and Y. Zhang, “Zone design of tamdem loop AGVs path with hybrid algorithm,” *IFAC Papers Online*, vol. 48, no. 3, pp. 869–874, 2015.

[6] M. P. Fanti, A. M. Mangini, G. Pedroncelli, and W. Ukovich, “A decentralization control strategy for the coordination of AGV systems,” *Control Engineering Practice*, vol. 70, pp. 86–97, 2018.

[7] R. Russell and T. Bernard, *Operations Management*. Asia: John Wiley & Sons, Inc., 2009.

[8] C. Harrell, B. K. Ghosh, and R. O. Bowden, *Simulation Using ProModel*. Singapore: McGraw Hill, 2012.

[9] Aichikikai techno system. (2018). Aichikikai techno system co.,Ltd. Nagoya, Japan. [Online]. Available: http://www.aiki-tcs.co.jp/

[10] B. Phruksaphanrat, *Computer Simulation by ProModel*. Pathum Tani: Thammasat Press, 2019 (in Thai).

[11] A. B. Viharos and I. Nemeth, "Simulation and scheduling of AGV based robotic assembly systems," *IFAC Paper On Line*, vol. 51–11, pp. 1415–1420, 2018.

[12] V. Vavrik, M. Gregor, and P. Grznar, "Computer simulation as a tool for the optimization of logistics using automated guided vehicles," *Precedia Engineering*, vol. 192, pp. 923–928, 2017.