

การออกแบบและจัดผังโรงประลองทางวิศวกรรมด้วยการวางผังอย่างมีระบบ และการวางผังตามกระบวนการผลิต

กฤต จันทรมัย¹ อรุมา ลาสุนนท์² วิโรช ทัศนะ^{3*}

^{1,3*}สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์,
สุรินทร์, ประเทศไทย

²สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม, ประเทศไทย

*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ อีเมล : wiroj.th@rmu.ac.th

รับต้นฉบับ : 11 มกราคม 2566; รับบทความฉบับแก้ไข : 26 กุมภาพันธ์ 2566; ตอบรับบทความ : 10 มีนาคม 2566

เผยแพร่ออนไลน์ : 29 มิถุนายน 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการออกแบบและวางผังโรงประลองทางวิศวกรรม ด้วยการประยุกต์ใช้การวางผังอย่างมีระบบ และการวางผังตามกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นกระบวนการวางผังโรงงานที่มุ่งเน้นไปที่ระดับความสัมพันธ์ระหว่างสถานงาน การไหลของกระบวนการผลิต และการจัดกลุ่มของเครื่องจักร โดยทำการออกแบบผังและทำการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลของระยะทางรวมของการปฏิบัติงาน และเวลารวมในการเคลื่อนที่ ผลการศึกษาพบว่า ผังโรงประลองทางวิศวกรรมที่ได้จากการวางผังอย่างมีระบบให้ระยะทางรวมของการเข้าปฏิบัติงาน 565.84 เมตร/คน และเวลารวมในการเคลื่อนที่ 609.64 นาที/คน ในขณะที่ผังโรงประลองตามกระบวนการผลิตให้ระยะทางรวมของการเข้าปฏิบัติงาน 609.31 เมตร/คน และเวลารวมในการเคลื่อนที่ 646.25 นาที/คน สรุปได้ว่า ผังที่ได้จากการวางผังอย่างมีระบบมีความเหมาะสมกว่าผังตามกระบวนการผลิต โดยผังโรงงานอย่างมีระบบมีระยะทางการเคลื่อนที่รวมที่สั้นกว่า คิดเป็นร้อยละ 7.13 และมีเวลารวมในการเคลื่อนที่น้อยกว่า คิดเป็นร้อยละ 5.66

คำสำคัญ : การวางผังตามกระบวนการผลิต การจำลองสถานการณ์ การวางผังอย่างมีระบบ

Plant Layout and Design of Fabrication Laboratory Using Systematic Layout Planning and Process Layout

Krit Chantarasamai¹ On-Uma Lasunon² Wiroj Tassana^{3*}

^{1,3*}*Department of Mechanical Engineering, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of
Technology Isan Surin Campus, Surin, Thailand*

²*Engineering Manufacturing, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Maha Sarakham, Thailand*

*Corresponding Author. E-mail address: wiroj.th@rmuti.ac.th

Received: 11 January 2023; Received: 26 February 2023; Accepted: 10 March 2023

Published online: 29 June 2023

Abstract

This research aimed to design the layout of the fabrication laboratory. The study applied the principles of Systematic Layout Planning (SLP) and Process Layout (PL), which focus on the relationship between work stations, flow processes, and groups of machines. The layouts were designed and simulated using the computer program. Criteria were used for minimizing the total moving distance and the total moving time to consider the suitable design. The results showed that the SLP gave a total moving distance of 565.84 meters per person and a total moving time of 609.64 minutes per person, while the PL provided a total moving distance of 609.31 meters per person and a total moving time of 646.25 minutes per person. In conclusion, the plant layout obtained from the SLP was better than the PL in terms of shorter total moving distance (7.13%) and less total moving time (5.66%).

Keywords: Process layout, Simulation, Systematic layout planning

1) บทนำ

ปัจจุบันโรงประลองทางวิศวกรรม (Fabrication Lab: FAB LAB) เป็นห้องปฏิบัติการสมัยใหม่ที่มหาวิทยาลัยต่าง ๆ ให้ความสนใจในการจัดตั้ง เนื่องจากเป็นแหล่งที่รวบรวมเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่มีความหลากหลายเพื่อรองรับการทดลอง การฝึกฝน และการสร้างสรรค์ผลงานของนิสิตและคณาจารย์อย่างเต็มที่ อันเป็นขบวนการพัฒนาองค์ความรู้ การพัฒนาการผลิต รวมถึงการสร้างต้นแบบของชิ้นงานต่าง ๆ ทางพื้นฐานด้านวิศวกรรมศาสตร์ ที่ทำให้เกิดทักษะเชี่ยวชาญนำไปสู่การแข่งขันนวัตกรรมในระดับชาติและนานาชาติ จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้สถานศึกษาต้นแบบ พยายามที่จะจัดตั้งโรงประลองทางวิศวกรรมขึ้นภายใน 2 อาคารเรียนที่เนื้อที่รวมกัน 1,152 ตารางเมตร แต่ยังคงขาดการออกแบบและจัดวางผังเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ ซึ่งจะส่งผลต่อการใช้พื้นที่ การไหลของผู้เข้าปฏิบัติงาน ตลอดจนเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานตามมาด้วย

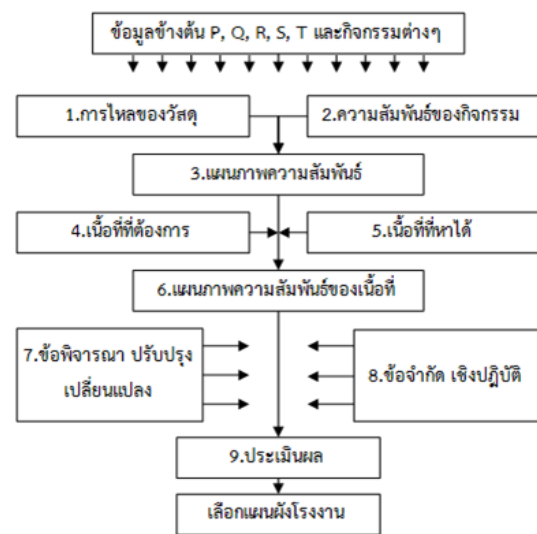
การวางผังโรงงาน (plant layout) เป็นการจัดระเบียบของเครื่องจักรและสถานที่ทำงานภายใต้ข้อจำกัดของพื้นที่ โดยมีวัตถุประสงค์ทำให้เกิดระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพที่มุ่งเน้นด้านการไหลของกระบวนการ ที่มีหลากหลายหลักการไม่ว่าจะเป็นการวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematics Layout Planning: SLP) เป็นการวางผังโรงงานที่มุ่งเน้นไปที่ระดับความสัมพันธ์ของกิจกรรมเป็นหลัก ว่ากิจกรรมใดควรอยู่ใกล้กันหรือกิจกรรมใดควรอยู่ไกลกันออกไป [1]–[6] และการวางผังโรงงานตามกระบวนการผลิต (Process Layout: PL) เป็นการวางผังโดยจัดกลุ่มของเครื่องจักรที่ทำงานเหมือนกันเข้าไว้ด้วยกัน [7], [8] แต่ในปัจจุบันการนำหลักการวางผังไปใช้ในการออกแบบผังโรงงานอย่างเดียวจะไม่เกิดประสิทธิภาพถ้าไม่มีการจำลองสถานการณ์ (simulation) เข้ามาวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองก่อนนำไปใช้แก้ไขกับปัญหาในสถานการณ์จริง [9]–[12]

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ให้ความสนใจในการวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning: SLP) และการวางผังโรงงานตามกระบวนการผลิต (Process Layout: PL) ร่วมกับการจำลองสถานการณ์ (simulation) มาใช้ในการออกแบบและจัดผังโรงประลองทางวิศวกรรม (Fabrication Lab: FABLAB) ของสถานศึกษาต้นแบบ ในจังหวัดมหาสารคามเพื่อจัดการพื้นที่และจัดวางเครื่องจักร/อุปกรณ์ให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม รวมถึงจะช่วยลดระยะทาง ลดเวลาในการเคลื่อนที่ ตลอดจนพัฒนาศักยภาพของนิสิตที่เข้ามาปฏิบัติงานได้

2) ทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1) การวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning: SLP)

การวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning: SLP) เป็นกระบวนการวางผังโรงงานที่มุ่งเน้นไปที่ระดับความสัมพันธ์ระหว่างสถานีหรือกิจกรรมและการไหลของกระบวนการที่จะสามารถช่วยลดระยะทางและเวลาในการเคลื่อนที่ลงได้ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 : การวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ

ซึ่งในอดีตจนถึงปัจจุบันมีผู้วิจัยหลายท่านได้นำหลักการวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (SLP) เข้ามาใช้ในการปรับปรุงผังหลากหลายวัตถุประสงค์และปัญหาไม่ว่าจะเป็น เพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตหลอดไฟแอลอีดีตัวอย่าง [1] เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการไหลของโรงงานผลิตชาลาเปา [2] ลดระยะทางในการเคลื่อนที่ระหว่างแผนกของบริษัท CV Oto Boga Java ในประเทศอินโดนีเซีย [3] ลดระยะทางของการแปรรูปผักและผลไม้ [4] ลดกระบวนการการไหลของวัตถุดิบและลดระยะเวลาในการให้บริการลูกค้าของธุรกิจซ่อมเครื่องยนต์ [5] เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเพื่อลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากระยะทางและเวลาในการขนย้ายวัสดุเป็นเวลานานและมีขั้นตอนที่เป็นคอขวดในกระบวนการโคไฟตาวนส์ [6]

2.2) การวางผังโรงงานตามกระบวนการผลิต (Process Layout)

การวางผังโรงงานตามกระบวนการผลิต (PL) เป็นการวางผังโดยจัดกลุ่มของเครื่องจักรที่ทำงานเหมือนกันเข้าไว้ด้วยกัน

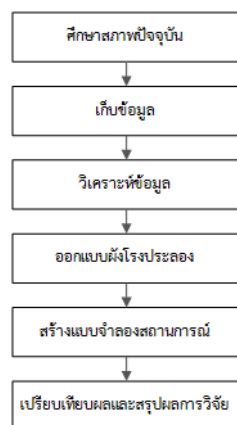
การจัดวางผังแบบนี้มีความยืดหยุ่นสูง เหมาะที่จะใช้ในกรณีที่โรงงานมีการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีขั้นตอนในการผลิตไม่เหมือนกัน และมีปริมาณการผลิตไม่สูงมากนัก เช่น การจัดผังการผลิตด้วยการจัดกลุ่มของเทคโนโลยีสำหรับโรงงานผลิตเครื่องมือแพทย์ เพื่อเพิ่มยอดการผลิตและความยืดหยุ่น [7] และการลดความสูญเสียที่เกิดจากการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นด้วยการวางผังของร้านค้าแฟสดในจังหวัดขอนแก่น [8]

2.3) การจำลองสถานการณ์ (Simulation)

การจำลองสถานการณ์เป็นกระบวนการออกแบบจำลอง (model) ของระบบจริง (real system) แล้วดำเนินการทดลองเพื่อให้เรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานจริง และวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองก่อนนำไปใช้แก้ไขกับปัญหาในสถานการณ์จริงหลากหลายปัญหา เช่น การจำลองสถานการณ์ในการออกแบบผังคลังสินค้าเพื่อลดเวลาในการขนถ่ายวัสดุ [9] การจำลองสถานการณ์เพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของคลินิกอายุรกรรมอาคารผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลมหาสารคาม [10] การจำลองสถานการณ์เพื่อลดเวลารอคอยของผู้ป่วย แผนกผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลชุมชน จังหวัดสุพรรณบุรี [11] และการจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตรถกึ่งพ่วง [12]

3) วิธีดำเนินการวิจัย

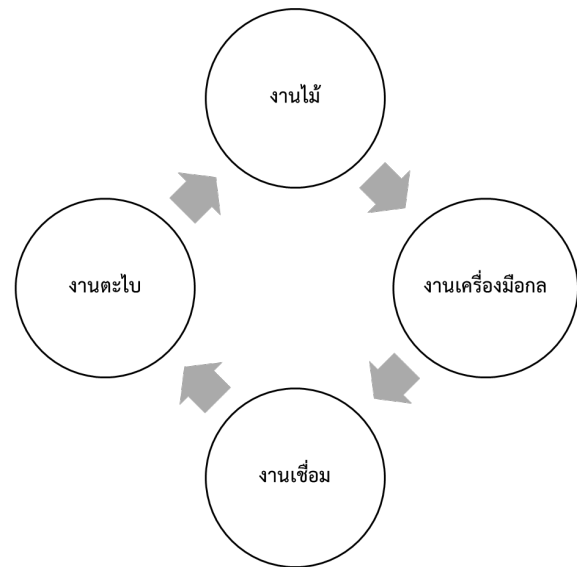
การวางแผนการดำเนินการวิจัยเพื่อให้ได้ผังของโรงประลองทางวิศวกรรมที่เหมาะสม มีการจัดวางพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อความสะดวกในการทำงาน และช่วยให้มีการไหลในการปฏิบัติงานของการเข้าฝึกปฏิบัติงานที่ดี สามารถกำหนดขั้นตอนในการดำเนินงานได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 : วิธีดำเนินการวิจัย

3.1) ศึกษาสภาพปัจจุบันของกรณีศึกษา

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการเข้าใช้เครื่องจักร/อุปกรณ์ในรายวิชาฝึกปฏิบัติงานของสถานศึกษาต้นแบบ พบว่าในการเข้าฝึกปฏิบัติงานในโรงประลองจะแบ่งการเข้าปฏิบัติออกเป็น 6 กลุ่มย่อย กลุ่มละ 15 คน เพื่อเข้าปฏิบัติงาน 4 ฐาน ได้แก่ งานไม้ งานเครื่องมือกล งานเชื่อม และงานตะไบ โดยปฏิบัติงานฐานละ 2 สัปดาห์ แบ่งเป็น เรียนทฤษฎี 1 สัปดาห์และฝึกปฏิบัติ อีก 1 สัปดาห์ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 : กิจกรรมการเข้าฝึกปฏิบัติงานในโรงประลอง

3.2) การเก็บข้อมูล

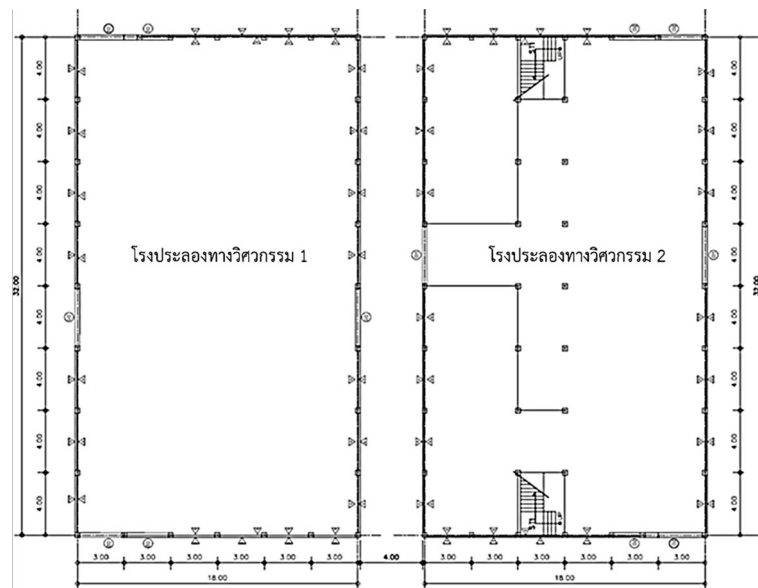
การเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบผังโรงประลองทางวิศวกรรมผู้วิจัยจะทำการรวบรวมข้อมูลของพื้นฐานโรงงาน เพื่อมาใช้ในการพิจารณาการออกแบบและวางผังโรงประลอง ได้แก่ ขนาดและพื้นที่ที่โรงประลองทางวิศวกรรม รายการเครื่องจักร/อุปกรณ์ และความถี่ของการไหลเข้าฝึกปฏิบัติงาน โดยใช้ข้อมูลของการฝึกปฏิบัติงานในโรงงานของภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โดยใช้แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานแสดงได้ดังนี้

3.2.1) ขนาดและพื้นที่โรงประลองทางวิศวกรรม

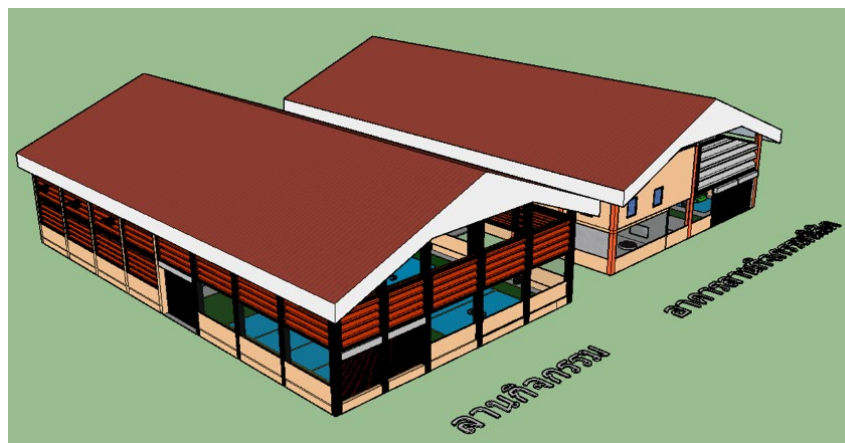
จากการศึกษาสภาพขนาดและพื้นที่ของโรงประลองทางวิศวกรรม โดยผู้วิจัยได้วัดขนาดพื้นที่ของโรงประลองทางวิศวกรรมเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์เบื้องต้นเพื่อหาแนวทางในการวางผัง พบว่าโรงประลองทางวิศวกรรมมีทั้งหมด 2 อาคาร โดยแบ่งเป็นโรงประลองทางวิศวกรรม 1 มีพื้นที่ทั้งหมด 576 ตาราง

เมตร และโรงประลองทางวิศวกรรม 2 มีพื้นที่ทั้งหมด 576 ตารางเมตร ซึ่งรวมทั้งหมดมีพื้นที่ 1,152 ตารางเมตร ที่ใช้สำหรับการ

จัดวางผังเครื่องจักร/อุปกรณ์ สโตร์กลาง และพื้นที่ทำโปรเจคของนิสิต แสดงดังรูปที่ 4



1) พื้นที่ของโรงประลอง (มาตราส่วน 1:250 เมตร)



2) ภาพจำลอง 3 มิติของโรงประลอง

รูปที่ 4 : โรงประลองทางวิศวกรรม

3.2.2) รายการเครื่องจักร/อุปกรณ์

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจและวัดขนาด (ตารางเมตร) ของรายการเครื่องจักร/อุปกรณ์ ซึ่งยังไม่รวมพื้นที่ในการทำงาน พื้นที่ทางเดิน และพื้นที่ในการจัดวางสิ่งสนับสนุนต่าง ๆ พบว่ามีเครื่องจักร/อุปกรณ์ทั้งหมด 88 รายการ โดยใช้พื้นที่ทั้งหมด 398.36 ตารางเมตร แสดงดังตารางที่ 1

3.2.3) ความถี่ของการไหล

การเก็บความถี่ของการไหลเข้าฝึกปฏิบัติงานผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของความถี่ของการไหลเข้าใช้เครื่องจักร/อุปกรณ์ในการเข้าฝึกปฏิบัติงานโดยใช้แผนภูมิจากไป (From to

Chart) ของ 1 กลุ่มเรียน ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ดังตารางที่ 2

3.3) การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากทำการเก็บข้อมูลของ ขนาดและพื้นที่โรงประลองทางวิศวกรรม รายการเครื่องจักร/อุปกรณ์ และความถี่ของการไหลเข้าฝึกปฏิบัติงาน ผู้วิจัยจะนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของเครื่องจักร/อุปกรณ์ และทำการจัดกลุ่มของเครื่องจักร/อุปกรณ์ เพื่อใช้ในการออกแบบและวางผังของโรงประลองทางวิศวกรรม

3.3.1) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเครื่องจักร/อุปกรณ์ผู้วิจัยได้นำข้อมูลความถี่ของการไหลเข้าฝึกปฏิบัติงานจากตารางที่ 2 มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของเครื่องจักร/อุปกรณ์ โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความถี่ทั้งหมด เพื่อใช้กำหนดค่าระดับความสัมพันธ์

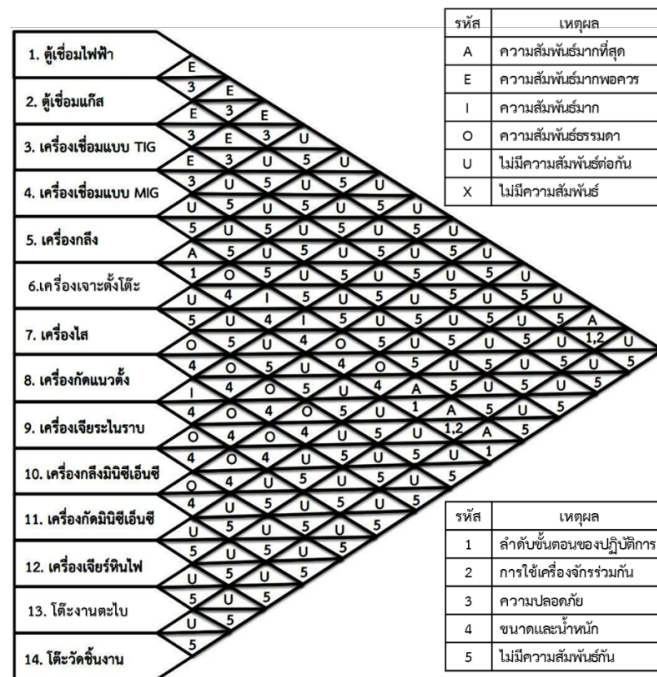
ระหว่างจุดบริการ โดยกำหนดให้ A คือความสัมพันธ์มากที่สุด (40%), E คือความสัมพันธ์มากพอควร (25%), I คือความสัมพันธ์มาก (20%), O คือความสัมพันธ์ธรรมดา (10%), U คือไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน (5%) และ X คือไม่มีความสัมพันธ์ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5

ตารางที่ 1 : รายการเครื่องจักร/อุปกรณ์และขนาดพื้นที่

เครื่องจักร/อุปกรณ์	สัญลักษณ์	จำนวน (เครื่อง)	พื้นที่ (ตารางเมตร)
จุดเริ่มต้นและสิ้นสุด	S	-	-
ตู้เชื่อมไฟฟ้า	M1	15	52.14
ตู้เชื่อมแก๊ส	M2	15	52.14
ตู้เชื่อมแบบ TIG	M3	2	15.84
ตู้เชื่อมแบบ MIG	M4	2	15.84
เครื่องกลึง	M5	12	105.37
เครื่องเจาะตั้งโต๊ะ	M6	4	9.46
เครื่องไส	M7	2	13.97
เครื่องกัดแนวตั้ง	M8	2	23.45
เครื่องเจียระไนราบ	M9	1	10.88
เครื่องกลึงมินิ CNC	M10	2	12.22
เครื่องกัดมินิ CNC	M11	2	11.21
เครื่องเจียร์หินไฟ	M12	6	12.58
โต๊ะงานตะใบ	T1	12	57.12
โต๊ะวัดชิ้นงาน	T2	1	6.14
รวม		88	398.36

ตารางที่ 2 : ความถี่ของการเข้าฝึกปฏิบัติงาน (หน่วยคน)

ไป จาก	S	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	T1	T2	จำนวน นิสิตรวม
S		180	-	-	180	-	-	-	-	-	-	-	-	360	-	720
M1	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M2	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M3	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M4	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M5	-	-	-	-	180		-	-	-	-	-	-	-	-	-	180
M6	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
M7	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
M8	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
M9	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
M10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
M11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
M12	-	-	-	-	180	-	-	-	-	-	-	-		-	-	180
T1	-	180	-	-	180	-	-	-	-	-	-	-	-		-	360
T2	-	-	-	-	180	-	-	-	-	-	-	-	-	-		180
จำนวน นิสิตรวม	-	360	-	-	900	-	-	-	-	-	-	-	-	360	-	1,620



รูปที่ 5 : แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องจักร/อุปกรณ์

3.3.2) การจัดกลุ่มของเครื่องจักร/อุปกรณ์

จากข้อมูลรายการเครื่องจักร/อุปกรณ์แต่ละประเภทพบว่าในแต่รายการมีจำนวนและขนาดที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลจากการเข้าฐานปฏิบัติงานในแต่ละฐานมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มของเครื่องจักรที่ทำงานเหมือนกันหรือลักษณะการใช้งานเหมือนกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน สามารถจำแนกออกได้ 11 กลุ่ม ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 : การแบ่งกลุ่มเครื่องจักรตามลักษณะการใช้งาน

กลุ่ม	สัญลักษณ์	ชื่ออุปกรณ์และเครื่องจักร
1	M1	ตู้เชื่อมไฟฟ้า
	M2	ตู้เชื่อมแก๊ส
2	M3	ตู้เชื่อมแบบ TIG
	M4	ตู้เชื่อมแบบ MIG
3	M5	เครื่องกลึง
4	M6	แท่นเจาะ (สว่าน)
5	M7	เครื่องไส
6	M8	เครื่องกัดแนวตั้ง
7	M9	เครื่องเจียรระนาบ
8	M10	เครื่องกลึงมินิ CNC
	M11	เครื่องกัดมินิ CNC
9	M12	เครื่องเจียรหินไฟ
10	T1	โต๊ะงานตะใบ
11	T2	โต๊ะวัดชิ้นงาน

3.4) ออกแบบผังโรงประลอง

การออกแบบผังโรงประลองทางวิศวกรรมเพื่อให้มีการไหลของการเข้าฝึกปฏิบัติงานที่ดีและเหมาะสม ผู้วิจัยได้นำข้อมูลความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของเครื่องจักร/อุปกรณ์ ตลอดจนนำกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและเครื่องหมายเพื่อความปลอดภัย [13] มาใช้ในการออกแบบและวางผังโรงประลองทางวิศวกรรมตามหลักการวางผังโรงงานอย่างมีระบบและตามหลักการวางผังโรงงานตามกระบวนการผลิต ได้ดังนี้

3.4.1) ผังโรงประลองทางวิศวกรรมตามหลักการวางผังโรงงานอย่างมีระบบ

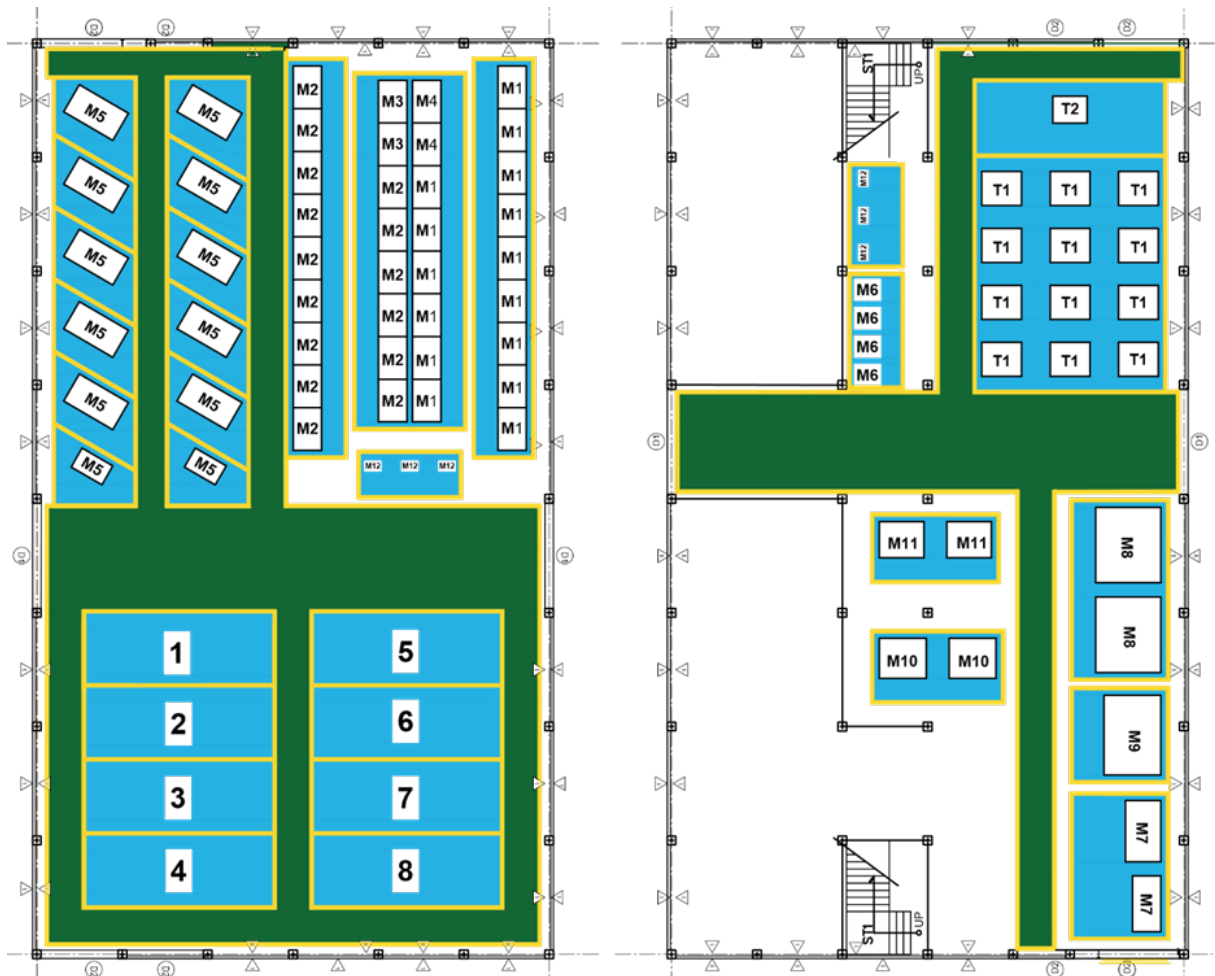
การออกแบบผังโรงประลองทางวิศวกรรมที่มีประสิทธิภาพของการเข้าฝึกปฏิบัติงานผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากแผนภูมิความสัมพันธ์จากรูปที่ 5 มาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อออกแบบผังโดยนำคู่ของจุดให้บริการที่มีความสัมพันธ์มากที่สุด คือ A มาจัดวางผังก่อน จากนั้นจัดเรียงคู่ของจุดให้บริการตามความสัมพันธ์ E I O U ไปจนถึง X ตลอดจนลำดับขั้นตอนของปฏิบัติการ การใช้เครื่องจักรร่วมกัน ความปลอดภัย และขนาดและน้ำหนักของเครื่องจักร ตามลำดับ สามารถจัดผังโรงประลองทางวิศวกรรมได้ดังรูปที่ 6 โดยจัดวางเครื่องกลึง (M5) และเครื่องเชื่อม (M1-M4) ที่เป็นเครื่องจักรขนาดใหญ่และต้องการถ่ายเทอากาศที่ดี ตลอดจนเครื่องเจียรหินไฟ (M12) บางส่วนที่ทำงานร่วมกันกับเครื่องกลึง (M5) และเครื่องเชื่อม (M1-M4) ไว้ที่โรงประลองทางวิศวกรรม 1

ซึ่งมีพื้นที่ในแนวตั้งมากกว่าโรงประลองทางวิศวกรรม 2 เพราะไม่มีห้องเรียนที่อยู่บนชั้นลอย ส่วนเครื่องจักรที่เป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ (M7-M11) ตลอดจนโต๊ะที่มีปากกาจับชิ้นงาน (T1) และโต๊ะวัดชิ้นงาน (T2) ผู้วิจัยได้จัดไว้ในโรงประลองทางวิศวกรรม 2

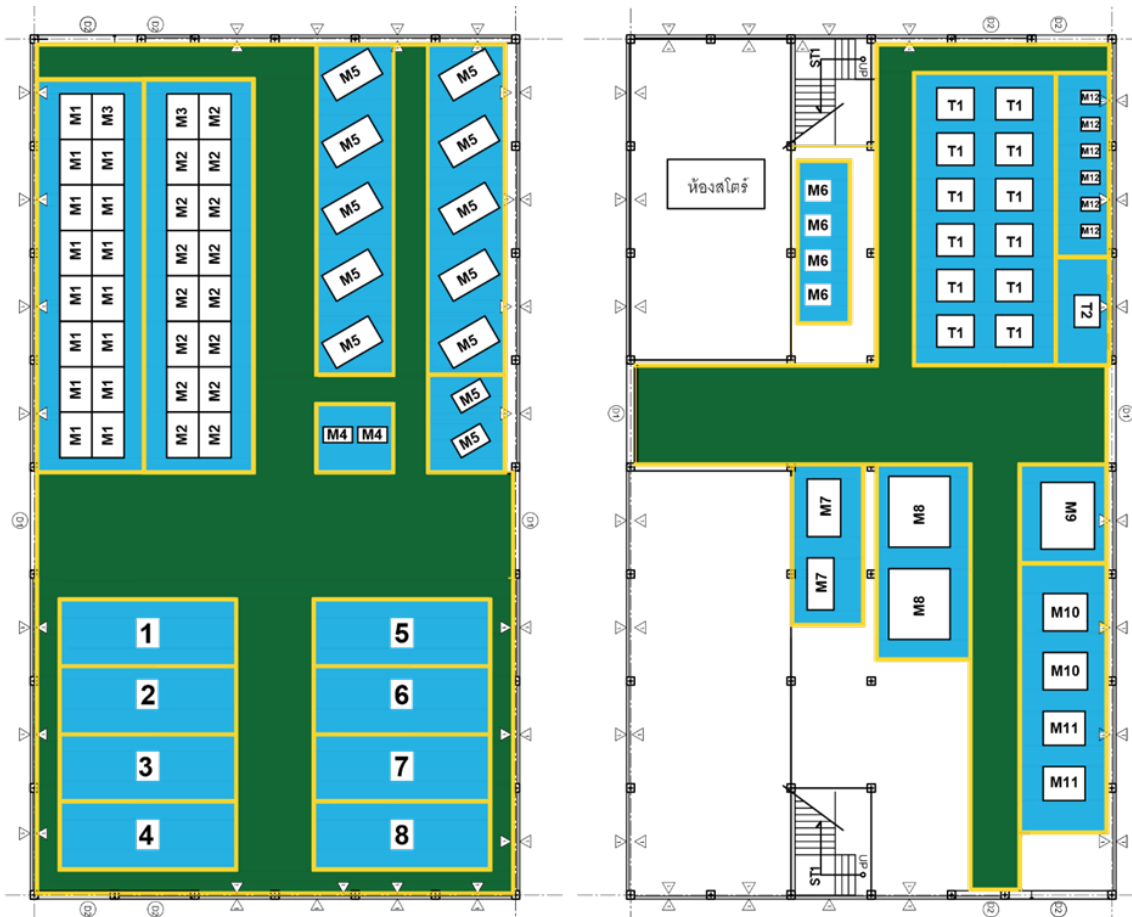
3.4.2) ผังโรงประลองทางวิศวกรรมตามหลักการวางผังโรงงานตามกระบวนการผลิต

การออกแบบผังโรงประลองทางวิศวกรรมด้วยการวางผังโรงงานตามกระบวนการผลิต (process layout) เป็นการจัดวางเครื่องจักร และอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เป็นหมวดหมู่ โดยผู้วิจัยได้นำข้อมูลความถี่ของการไหลเข้าฝึกปฏิบัติงานจากตารางที่ 2 และการจัดกลุ่มของเครื่องจักร/อุปกรณ์จากตารางที่ 3 มาใช้ในการ

วิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มของเครื่องจักรที่ทำงานเหมือนกันไว้ด้วยกัน ตลอดจนคำนึงถึงลำดับขั้นตอนของปฏิบัติการ ความปลอดภัย และขนาดและน้ำหนักของเครื่องจักร สามารถจัดผังโรงประลองทางวิศวกรรมได้ดังรูปที่ 7 โดยผู้วิจัยได้จัดวางกลุ่มของเครื่องกลึง (M5) และกลุ่มของเครื่องเชื่อม (M1-M4) ไว้ที่โรงประลองทางวิศวกรรม 1 เนื่องจากเป็นเครื่องจักรขนาดใหญ่และต้องการถ่ายเทของอากาศ ซึ่งโรงประลองทางวิศวกรรม 1 มีพื้นที่ในแนวตั้งมากกว่าโรงประลองทางวิศวกรรม 2 ส่วนกลุ่มของแท่นเจาะ (M6) กลุ่มเครื่องจักรเทคโนโลยีสมัยใหม่ (M8-M11) กลุ่มของโต๊ะที่มีปากกาจับชิ้นงาน (T1) กลุ่มของเครื่องเจียระไนไฟ (T12) และโต๊ะวัดชิ้นงาน (T2) ผู้วิจัยได้จัดไว้ในโรงประลองทางวิศวกรรม 2



รูปที่ 6 : ผังโรงประลองทางวิศวกรรมตามหลักการวางผังโรงงานอย่างมีระบบ (มาตราส่วน 1:250 เมตร)



รูปที่ 7 : แผนผังโรงประลองทางวิศวกรรมตามหลักการวางผังโรงงานตามกระบวนการผลิต (มาตราส่วน 1:250 เมตร)

3.5) สร้างแบบจำลองสถานการณ์

หลังจากทำการออกแบบผังโรงประลองทางวิศวกรรมแล้ว ผู้วิจัยได้นำข้อมูลของการเข้าปฏิบัติงานมาทำการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูล และสร้างแบบจำลองสถานการณ์ จากนั้นทำการจำลองสถานการณ์ของการเข้าปฏิบัติงานเพื่อเปรียบเทียบผลของผังโรงประลองทางวิศวกรรมตามหลักการวางผังโรงงานอย่างมีระบบกับการวางผังโรงงานตามกระบวนการผลิตแสดงได้ดังนี้

3.5.1) การกำหนดพารามิเตอร์

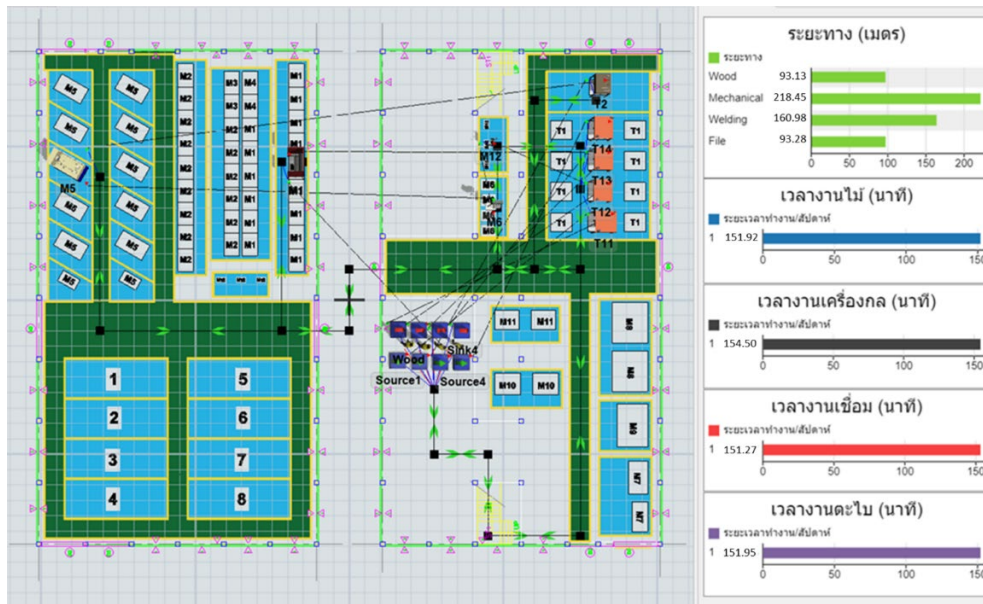
การวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลของเวลาเข้าปฏิบัติงานในเครื่องจักร/อุปกรณ์ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลของผู้ปฏิบัติงาน 1 กลุ่มเรียนที่มี 15 คนมาทำการวิเคราะห์เพื่อกำหนดพารามิเตอร์ในการจำลองสถานการณ์ โดยใช้ Normality Test ซึ่งพบว่า ค่า P-Value ของการปฏิบัติงานแต่ละฐานมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ (α) ที่ 0.05 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4: การวิเคราะห์การแจกแจงเพื่อกำหนดพารามิเตอร์

เวลาในการปฏิบัติงาน (นาท)	Mean	S.D.	AD	P-Value
งานไม้	149.10	1.07	0.68	0.06
งานเครื่องกล	149.10	1.25	0.55	0.13
งานเชื่อม	149.30	1.12	0.46	0.23
งานตะไบ	149.90	0.73	0.52	0.15

3.5.2) แบบจำลองสถานการณ์

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ผู้วิจัยจะนำข้อมูลของขั้นตอนเข้าปฏิบัติงาน เส้นทางการเข้าปฏิบัติงาน เวลาในการเข้าปฏิบัติงาน และระยะทางในการเคลื่อนที่ระหว่างเครื่องจักร/อุปกรณ์ มาทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ตามการวางผังโรงประลองด้วยหลักการวางผังโรงงานอย่างมีระบบและหลักการวางผังโรงงานตามกระบวนการผลิต สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 : แบบจำลองสถานการณ์

3.5.3) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์

ในการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องก่อนนำไปใช้งานจริง เพื่อให้มั่นใจว่าแบบจำลองดังกล่าวมีความถูกต้องและได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด [9] โดยการเปรียบเทียบผู้วิจัยได้ทำการวัดระยะทางรวมและเวลารวมของผู้ปฏิบัติงานของนิสิตหนึ่งคนในการเข้าปฏิบัติงานไปกลับจนครบทุกฐานในสถานที่จริงโดยใช้ตลับเมตรและนาฬิกาในการบันทึกข้อมูล เทียบกับผลลัพธ์ของการประมวลผลจากแบบจำลองสถานการณ์ โดยต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 จากนั้นจะนำค่าทั้งสองมาเปรียบเทียบกับเพื่อหาร้อยละความคลาดเคลื่อนดังสมการที่ 1

$$\% \text{ Difference} = \left| \frac{E-S}{E} \right| \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ E คือ ระยะทางรวมของผู้เข้าปฏิบัติงานสถานที่จริง

S คือ ระยะทางรวมของผู้เข้าปฏิบัติงานจากการจำลองสถานการณ์

เมื่อทำการเปรียบเทียบระยะทางรวมและเวลารวมของผู้เข้าปฏิบัติงานสถานที่จริงจากตารางที่ 5 กับการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากตารางที่ 6 ลงในสมการที่ 1 พบว่ามีความคลาดเคลื่อนของระยะทางรวมร้อยละ 0.39 และเวลารวมร้อยละ 0.60 สำหรับผังตามหลักการวางผังโรงงานอย่างมีระบบ ส่วนผังตามกระบวนการผลิตมีความคลาดเคลื่อนของระยะทางรวมร้อยละ 0.31 และเวลารวมร้อยละ 0.86 ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า แบบจำลองสถานการณ์มีรูปแบบใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง และสามารถนำแบบจำลองสถานการณ์มาใช้ในการจำลองแทนสถานการณ์จริงได้

ตารางที่ 5 : ผลการเปรียบเทียบขั้นตอน ระยะทางรวม และเวลารวมในการเข้าปฏิบัติการ

ฐาน	การไหล	ขั้นตอน		ระยะทางรวม (เมตร/คน)		เวลารวม (นาท/คน)	
		SLP	PL	SLP	PL	SLP	PL
งานไม้	S-T1-S	3	3	94.10	99.18	152.02	160.33
งานเครื่องกล	S-T2-M5-M6-M12-T1-S	11	11	220.04	213.49	155.90	154.89
งานเชื่อม	S-M1-T1-S	5	5	161.80	196.00	153.87	176.13
งานตะไบ	S-T1-S	3	3	92.10	98.78	151.55	160.51
รวม		22	22	568.04	607.45	613.34	651.86

หมายเหตุ: SLP คือการวางผังโรงงานอย่างมีระบบ, PL คือการวางผังโรงงานตามกระบวนการผลิต

ตารางที่ 6 : ผลการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ฐาน	การไหล	ขั้นตอน		ระยะทางรวม (เมตร/คน)		เวลารวม (นาที/คน)	
		SLP	PL	SLP	PL	SLP	PL
งานไม้	S-T1-S	3	3	93.13	99.68	151.92	159.98
งานเครื่องกล	S-T2-M5-M6-M12-T1-S	11	11	218.45	212.66	154.50	151.34
งานเชื่อม	S-M1-T1-S	5	5	160.98	197.28	151.27	175.92
งานตะไบ	S-T1-S	3	3	93.28	99.69	151.95	159.01
รวม		22	22	565.84	609.31	609.64	646.25

หมายเหตุ: SLP คือการวางผังโรงงานอย่างมีระบบ , PL คือการวางผังโรงงานตามกระบวนการผลิต

4) ผลการดำเนินงาน

หลังจากทำการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ความสัมพันธ์ การจัดกลุ่มของเครื่องจักร/อุปกรณ์ และออกแบบผังของโรงประลองทางวิศวกรรมเพื่อจัดวางพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยให้มีการไหลในการปฏิบัติงานของการเข้าฝึกปฏิบัติงานที่ดี จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลของการไหลการเข้าปฏิบัติงาน และผลการจำลองสถานการณ์ แสดงได้ดังนี้

4.1) ผลของการไหลการเข้าปฏิบัติงาน

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบการไหลเข้าปฏิบัติงานตามฐานของผังโรงงานอย่างมีระบบและผังโรงงานตามกระบวนการผลิตโดยวัดจากนิสิตหนึ่งคนในการเข้าปฏิบัติงานไปกลับจนครบทุกฐานในสถานที่จริง ดังรูปที่ 10 เพื่อเปรียบเทียบขั้นตอนระยะทางรวม และเวลารวมที่ใช้ในการเข้าปฏิบัติงาน แสดงผลดังตารางที่ 5 พบว่าของผังโรงงานอย่างมีระบบมีระยะทางรวมของการเข้าปฏิบัติงาน 568.04 เมตร/คน และเวลารวมในการเคลื่อนที่ 613.34 นาที/คน ซึ่งน้อยกว่าผังโรงงานตามกระบวนการผลิตที่ระยะทางรวมของการเข้าปฏิบัติงาน 607.45 เมตร/คน และเวลารวมในการเคลื่อนที่ 651.86 นาที/คน

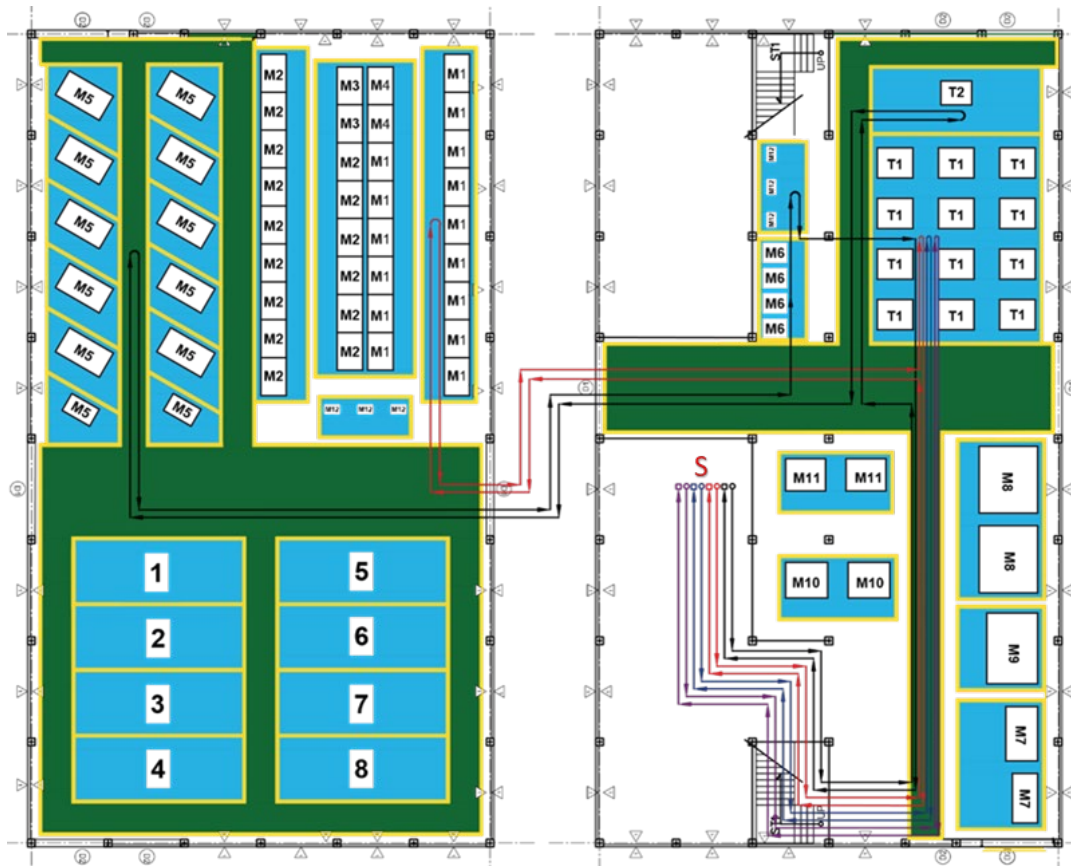
จากรูปที่ 10 แสดงการไหลหลังของโรงประลองวิศวกรรมโดยกำหนดฐานงานไม้เส้นสีน้ำเงิน ฐานงานเครื่องกลเส้นสีดำ ฐานงานเชื่อมเส้นสีแดง และฐานงานตะไบเส้นสีม่วง ซึ่งมีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดแต่ละงานที่จุด S

4.2) ผลการจำลองสถานการณ์

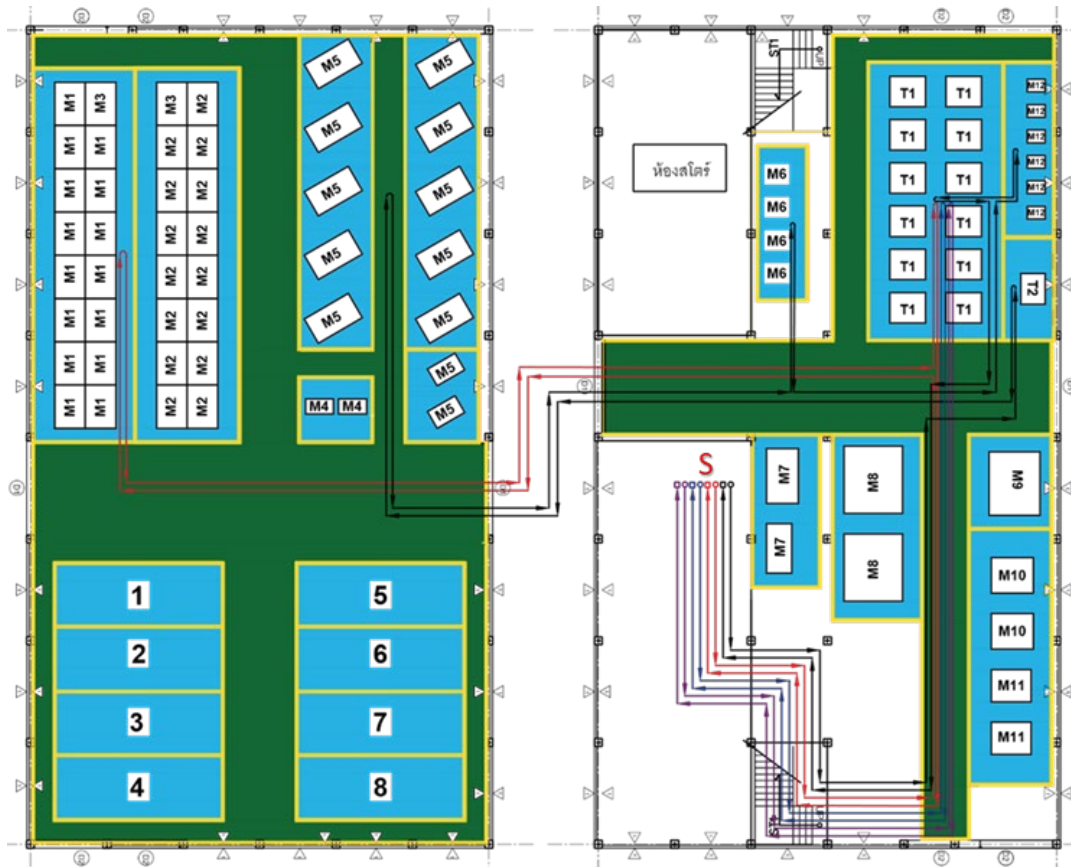
เมื่อออกแบบผังโรงประลองทางวิศวกรรมตามการวางผังโรงงานอย่างมีระบบและกระบวนการผลิตแล้ว ผู้วิจัยนำผังที่ได้ไปทำการจำลองสถานการณ์ของการไหลของผู้เข้าปฏิบัติการด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 รอบของการเข้าปฏิบัติงานหนึ่งคนต่อเนื่องจนครบทุกฐาน ดังตารางที่ 6 ซึ่งพบว่าการจำลองสถานการณ์ของผังโรงงานอย่างมีระบบมีระยะทางรวมของการเข้าปฏิบัติงาน 565.36 เมตร/คน และเวลารวมในการเคลื่อนที่ 609.64 นาที/คน ซึ่งน้อยกว่าผังโรงงานตามกระบวนการผลิตที่ระยะทางรวมของการเข้าปฏิบัติงาน 609.31 เมตร/คน และเวลารวมในการเคลื่อนที่ 646.25 นาที/คน

4.3) การเปรียบเทียบผัง

หลังจากทำการเปรียบเทียบผลของระยะทางรวมในการเข้าปฏิบัติงาน เวลารวมในการเข้าปฏิบัติงาน และการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยจะนำผลลัพธ์ทั้งหมดที่ได้มาทำการเปรียบเทียบผังด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของแต่ละผังโดยทำการประเมินคะแนนร่วมกันโดยการประชุมหารือกับผู้สอนในแต่ละฐานปฏิบัติงานทั้ง 4 ฐาน จำนวน 4 คน และผู้บริหารสถานศึกษาจำนวน 2 คน เพื่อการตัดสินใจเลือกผังที่เหมาะสมที่สุด แสดงดังตารางที่ 7 แสดงผลของการเปรียบเทียบผังด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบที่ออกมาในรูปแบบของคะแนน



1) แผนผังโรงงานอย่างมีระบบ (มาตราส่วน 1:250 เมตร)



2) แผนผังโรงงานตามกระบวนการผลิต (มาตราส่วน 1:250 เมตร)

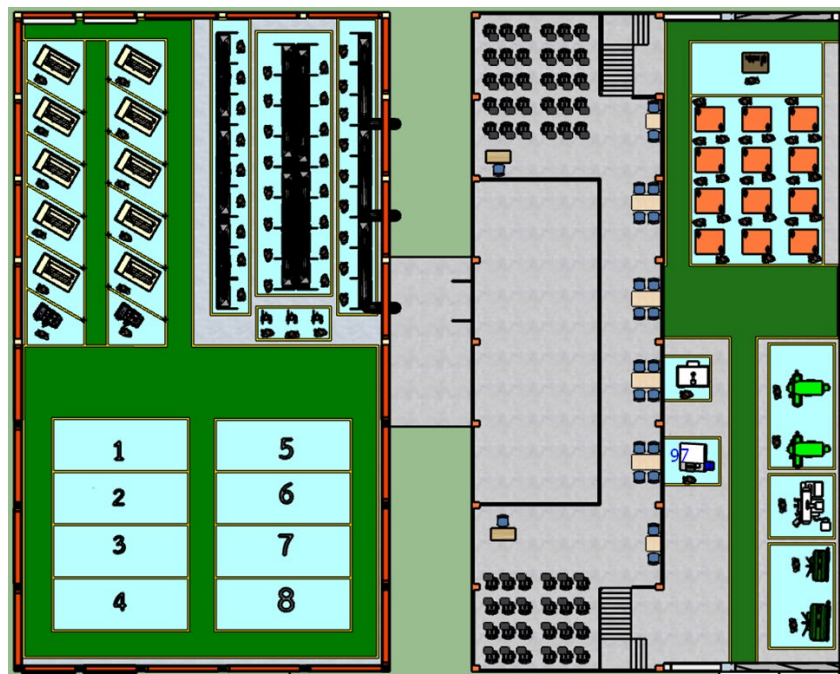
รูปที่ 10 : แผนภาพการไหลหลังของโรงประลองวิศวกรรม

ตารางที่ 7 : การเปรียบเทียบผังด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ

องค์ประกอบ	น้ำหนัก	Ratings and Weighted Rating			
		SLP		PL	
1. ระยะทางในการปฏิบัติงาน	10	A	40	E	30
2. เวลาในการปฏิบัติงาน	10	A	40	E	30
3. การไหลในการปฏิบัติงาน	9	E	27	E	27
4. การจัดวางเครื่องจักร/อุปกรณ์	9	E	27	I	18
5. ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	8	E	24	E	24
6. การใช้พื้นที่	7	I	14	I	14
7. ความยืดหยุ่น	6	I	12	I	12
รวม		184		155	

หมายเหตุ : A = ดีเลิศ มีค่าคะแนน 4, E = ดีมาก มีค่าคะแนน 3, I = ดี มีค่าคะแนน 2, O = ดี มีค่าคะแนน 1 และ U = เลวร้ายมีค่าคะแนน 0

โดยหาได้จากผลของค่าคะแนน (A E I O U) คูณด้วยค่าน้ำหนัก ที่ผลของคะแนนรวมพบว่าผังโรงประลองทางวิศวกรรมอย่างมีระบบให้คะแนนรวมที่สูงกว่าผังโรงประลองทางวิศวกรรมตามกระบวนการผลิต กล่าวคือการออกแบบผังโรงประลองทางวิศวกรรมตามการวางผังอย่างมีระบบถึงแม้ว่าการจัดวางของกลุ่มของเครื่องจักร/อุปกรณ์ลงโรงประลองทางวิศวกรรม 1 และ 2 จะมีกลุ่มของเครื่องจักร/อุปกรณ์ที่คล้ายกันในบางกลุ่มกับการวางผังตามกระบวนการผลิต แต่ตำแหน่งและทิศทางในการจัดวางแตกต่างกัน และเมื่อนำผังที่ได้ไปจำลองสถานการณ์พบว่าผังโรงประลองทางวิศวกรรมอย่างมีระบบให้ระยะทางในการปฏิบัติงานและเวลาในการปฏิบัติงานที่ต่ำกว่าจึงทำให้ได้คะแนนในองค์ประกอบของระยะทางในการปฏิบัติงาน เวลาในการปฏิบัติงาน และการจัดวางเครื่องจักร/อุปกรณ์ที่มากกว่าผังตามกระบวนการผลิต ส่วนในองค์ประกอบของการไหล ความปลอดภัย การใช้พื้นที่ และความยืดหยุ่น ทางผู้ประเมินให้คะแนนเท่ากันทุกองค์ประกอบ ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่าการวางผังโรงประลองทางวิศวกรรมอย่างมีระบบให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการวางผังโรงงานตามกระบวนการผลิต สามารถแสดงผังดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 : ผังโรงประลองทางวิศวกรรม (มาตราส่วน 1:250 เมตร)

5) สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการออกแบบและจัดผังโรงประลองทางวิศวกรรมของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ในปัจจุบันมี

ความต้องการออกแบบและจัดผังโรงประลองทางวิศวกรรม (Fabrication Laboratory: FABLAB) ที่ซึ่งรวบรวมอุปกรณ์และเครื่องมือทางวิศวกรรม ให้นิสิตได้ฝึกทำการทดลอง และลงมือ

สร้างชิ้นงานจากความคิดและจินตนาการ ตลอดจนใช้ในการเรียนการสอนวิชาฝึกปฏิบัติทางวิศวกรรม ภายใต้การไหลของกระบวนการที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลทำให้ใช้ระยะทางและเวลาในการเข้าปฏิบัติงานสั้นลงไปด้วย ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและจัดวางผังด้วยการประยุกต์ใช้หลักการวางผังโรงงานอย่างมีระบบ (Systematic Layout Planning: SLP) และการวางผังโรงงานตามกระบวนการผลิต (Process Layout: PL) ร่วมกับการจำลองสถานการณ์ (simulation) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แล้วเปรียบเทียบผลพบว่าผังโรงประลองทางวิศวกรรมอย่างมีระบบให้ระยะทางรวมของการเข้าปฏิบัติงาน 565.84 เมตร/คน และเวลารวมในการเคลื่อนที่ 609.64 นาที/คน ซึ่งน้อยกว่าผังโรงงานตามกระบวนการผลิตที่ระยะทางรวมของการเข้าปฏิบัติงาน 609.31 เมตร/คน และเวลารวมในการเคลื่อนที่ 646.25 นาที/คน หรือคิดเป็นร้อยละ 7.13 ของระยะทางรวม และร้อยละ 5.66 ของเวลารวมในการเคลื่อนที่

จากนั้นทำการเปรียบเทียบด้วยวิธีการวิเคราะห์ห่อหุ้มประกอบร่วมกับผู้สอนและผู้บริหารของสถานศึกษาต้นแบบ พบว่าผังโรงประลองทางวิศวกรรมอย่างมีระบบได้คะแนนรวมมากกว่าผังตามกระบวนการผลิตในองค์ประกอบของระยะทางของการเข้าปฏิบัติงาน เวลาในการปฏิบัติงาน และการจัดวางเครื่องจักร/อุปกรณ์ เนื่องจากมีการจัดวางตำแหน่งของเครื่องจักร/อุปกรณ์สำหรับการเข้าปฏิบัติงานที่เหมาะสมมากกว่า และเมื่อนำผังที่ได้ไปทำการจำลองสถานการณ์ทำให้ได้ผลลัพธ์ของระยะทางและเวลารวมที่สั้นกว่า จึงส่งผลทำให้ได้คะแนนรวมที่มากกว่าผังตามกระบวนการผลิต จึงสามารถสรุปได้ว่าผังโรงประลองทางวิศวกรรมอย่างมีระบบคือผังที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวางผังโรงประลองทางวิศวกรรมของสถานศึกษาต้นแบบ

6) ข้อเสนอแนะ

1) การออกแบบผังโรงประลองทางวิศวกรรมยังไม่ได้คำนึงถึงข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่ายของ ระบบน้ำ ระบบไฟฟ้า ระบบการระบายอากาศมาพิจารณาเป็นทางเลือกในการตัดสินใจของการเลือกผังโรงประลอง ดังนั้นจึงควรนำข้อจำกัดดังกล่าวมาพิจารณาเพิ่มเติมเพื่อประกอบการตัดสินใจ

2) เนื่องจากเป็นการนำข้อมูลของการเข้าปฏิบัติงานของสถานศึกษาต้นแบบเพียงบางส่วนมาใช้ในการวิเคราะห์และจำลองสถานการณ์ จึงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้อาจเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของข้อมูล

3) ด้วยข้อจำกัดในการเข้าถึงข้อมูลทำให้ไม่สามารถประมวลผลได้อย่างชัดเจน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ชัดเจนจึงจำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลเพิ่มทั้งในส่วนของคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณ

4) เนื่องจากสถานการณ์ของโรคระบาดในปัจจุบันอาจส่งผลต่อการเข้าปฏิบัติงานและข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งอาจต้องทำการเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้นหรือจัดทำข้อมูลใหม่ในบางส่วนสำหรับใช้ในการวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการออกแบบผังโรงประลองทางวิศวกรรมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บและให้ข้อมูลเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณหน่วยวิจัยการผลิตและวัสดุ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สนับสนุนอุปกรณ์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

REFERENCES

- [1] C. Porsing, S. Amphutsa, J. Kanchana-anothai, and P. Tharawetcharak, "Process and plant layout improvement using industrial engineering techniques: A case study sample LED light factory," (in Thai), *Thai Sci. Technol. J.*, vol. 27, no. 6, pp. 1132–1146, 2019.
- [2] T. Kongtong, P. Phanritdum, and C. Chamnanlor, "Simulation modeling to improve the efficiency of the steamed stuffed buns production," (in Thai), *SWU Eng. J.*, vol. 15, no. 2, pp. 71–80, 2020.
- [3] K. B. Bagaskara, L. Gozali, and L. Widodo, "Redesign layout planning of raw material area and production area using systematic layout planning (SLP) methods (case study of CV Oto Boga Jaya)," in *Proc. 2nd Tarumanagara Int. Conf. Appl. Technol. and Eng. (TICATE)*, Jakarta, Indonesia, Nov. 2019, pp. 1–8.
- [4] P. Tearwattanarattikal, U. Kampoorn, and S. Charoenvilaisiri, "Design of plant layout alternatives for the fruit and vegetable processing industry," (in Thai), *Sripatum Chonburi J.*, vol. 16, no. 4, pp. 28–38, 2020.

- [5] S. Chaisurayakarn, N. Limsuwan, B. Kabklon, R. Tiandum, R. Nannun, and R. Suwantechasit, "Business layout improvement with systematic layout planning concept: A case study of engine repair business," (in Thai), *J. Logistics and Supply Chain College*, vol. 7, no. 2, pp. 64–80, 2021.
- [6] P. Homsri, "A plant layout improvement to increasing productivity: A case study downlight manufacturer," (in Thai), *J. Eng. Digit. Technol. (JEDT)*, vol. 9, no. 2, pp. 25–36, 2021.
- [7] R. Chanphaeng, M. Thumjaroen, and C. Pomsing, "Production layout using group technology for a medical device factory," (in Thai), *Thai Sci. Technol. J.*, vol. 26, no. 5, pp. 855–865, 2018.
- [8] K. Thatphet and P. Ruangchoengchum, "An elimination of non-value added movement by organizing production process layout: A case study of fresh coffee shop business in Khon Kaen province," (in Thai), *J. Manag. Sci. Ubon Ratchathani Univ.*, vol. 10, no. 2, pp. 1–24, 2021.
- [9] C. Bunterngchit, "Simulation-based application in warehouse layout design for reducing material handling time," (in Thai), *Kasem Bundit Eng. J.*, vol. 8, no. 3, pp. 1–14, 2018.
- [10] P. Sresracoo and K. Chantarasamai, "Simulation for improving service effectiveness of the medicine clinic at outpatient building, Mahasarakham hospital," (in Thai), *Kasem Bundit Eng. J.*, vol. 9, no. 3, pp. 184–200, 2019.
- [11] P. Manmor and T. Wasusri, "The reduction of patient's waiting time at an outpatient department using simulation modeling : A community hospital in Suphanburi province," (in Thai), *Isan J. Pharm. Sci.*, vol. 15, no. 2, pp. 51–62, 2019.
- [12] T. Kongthong and C. Chamnanlor, "Simulation modeling to increasing the efficiency semi-trailer production," (in Thai), *KKU Res. J. (Graduate Stud.)*, vol. 21, no. 3, pp. 13–26, 2021.
- [13] *Standards for Industrial Products: Paints and Safety Signs*, TIS 635–2554, Royal Thai Government Gazette, Ministry of Industry, Mar. 1 , 2012. [Online]. Available: <https://www.supakornsafety.com/wp-content/uploads/2018/12/unlocked.pdf>