การเปรียบเทียบผังโรงงานโดยการใช้วิธี CORELAP, ALDEP และ SLP: กรณีศึกษาโรงงานผลิตแผงวงจรพิมพ์

Comparison of Plant Layout Using CORELAP, ALDEP and SLP Methodology: Case Study of Printed Circuit Board Manufacturing Plant

พิชญ์วดี กิตติปัญญางาม[1], ศิริลักษ์ สิทธิบูรณ์[2] และ กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข[2,*]

[1] สาขาวิชาบริหารการปฏิบัติการ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พระบรมมหาราชวัง พระนคร กรุงเทพมหานคร 10200

[2] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ลาดกระบัง ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Pichawadee Kittipanya-ngam[1], Sirirak Sitthibrun[2] and Kittiwat Sirikasemsuk[2,*]

[1] Department of Operations Management, Thammasat Business School, Thammasat University, Phra Barom Maha Ratchawang, Phra Nakhon, Bangkok, 10200, Thailand

[2] Department of Industrial Engineering, School of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Lat Krabang, Lat Krabang, Bangkok, 10520, Thailand

***Corresponding Author E-mail:** kittiwat.sirikasemsuk@gmail.com

Received: Apr 18, 2022; **Revised:** Sep 07, 2022; **Accepted:** Sep 08, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการออกแบบแผนผังโรงงาน สำหรับการผลิตอุปกรณ์ที่ยึดอยู่บนผิวแผงวงจรพิมพ์ การดำเนินงานวิจัยได้ประยุกต์ใช้แนวคิด 3 วิธี ได้แก่ การออกแบบผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning (SLP)) การออกแบบผังโรงงานด้วยการพิจารณาความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ (Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP)) และการออกแบบผังโรงงานด้วยโปรแกรมแบบอัตโนมัติ (Automated Layout Design Program (ALDEP)) โดยได้ทำการวางผังโรงงานทางเลือกทั้งหมด 12 แบบ และเปรียบเทียบระยะทางในการขนย้ายชิ้นงานต่อวัน พบว่า ผังโรงงานแบบที่ 1 SLP มีระยะทางในการขนย้ายชิ้นงานต่อวันต่ำสุด จากนั้นเปรียบเทียบผังโรงงานก่อนและหลังการปรับปรุงพบว่า ผังโรงงานหลังปรับปรุงสามารถลดระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานลง 32.68% ในงานวิจัยฉบับนี้ในภาพรวมแล้วเทคนิค SLP จะมีประสิทธิภาพอันดับหนึ่งด้วยระยะทางเฉลี่ย 27,747 เมตรต่อวัน เทคนิค ALDEP จะเป็นอันดับสองด้วยระยะทางเฉลี่ย 29,627 เมตรต่อวัน และเทคนิค CORELAP จะเป็นอันดับที่ 3 ด้วยระยะทางเฉลี่ย 30,864 เมตรต่อวัน

คำสำคัญ: แผนผังโรงงาน, การออกแบบผังโรงงานอย่างเป็นระบบ, การพิจารณาความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยคอมพิวเตอร์, การออกแบบผังโรงงานด้วยโปรแกรมแบบอัตโนมัติ, แผงวงจรพิมพ์, อุปกรณ์ที่ยึดอยู่บนผิวแผงวงจรพิมพ์

Abstract

This research aimed to analyze plant layout options for the surface mount device (SMD) process. The research work applied the concept of the three algorithms, i.e., 1. systematic layout planning (SLP), 2. computerized relationship layout

planning (CORELAP), and 3. automated layout design program (ALDEP). A total of 12 alternative factory layouts were created and compared in terms of the distance of moving parts per day. It was found that the factory layout type 1 by SLP had the lowest distance for moving parts per day. When comparing the factory layout before and after the improvement, it was found that the moving distance for the layout type 1 by SLP was reduced by 32.68%. The results from this research showed that the SLP and ALDEP techniques ranked first and second, with an average distance of 27,747 and 29,627 meters per day, respectively, in terms of effectiveness. The CORELAP technique seemed very inferior among all three techniques, with an average distance of 30,864 meters per day.

Keywords: Factory Layout, SLP, CORELAP, ALDEP, Printed Circuit Board, Surface Mount Device

1. บทนำ

ในปัจจุบันเศรษฐกิจของโลกมีการเปลี่ยนแปลงแบบกราฟเอ็กซ์โพเนนเชียล ทำให้องค์กรต้องมองหาหนทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต (Productivity) เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน ดังนั้นจำเป็นต้องลดระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างแผนกเพื่อไม่ให้เกิดระยะเวลาที่สูญเปล่าขณะการเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างแผนก เพราะเมื่อเกิดระยะเวลาที่สูญเปล่าในการผลิตน้อยลงส่งผลให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต (Productivity) มากยิ่งขึ้น

บริษัทผลิตอุปกรณ์ที่ยึดอยู่บนแผงวงจรพิมพ์ (Integrated Circuit (IC)) แห่งหนึ่งในประเทศไทย เป็นโรงงานอุตสาหกรรมผลิตอุปกรณ์ที่ยึดอยู่บนแผงวงจรพิมพ์ประเภทวงจรรวม ได้แก่ วงจรรวมที่มีขา (Lead) วงจรรวมที่ไม่มีขา (Leadless) วงจรรวมมี่เป็นชิป (Reel) และวงจรรวมที่เป็นสติ๊ก (Stick) จากการศึกษาสภาพโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาในปัจจุบัน พบว่าชั้น E3 มีสายการผลิตวงจรรวมที่มีขา 3 ประเภท ได้แก่ วงจรที่มีขา 8 ขา (SO8) วงจรรวมที่มีขา 14 ขา (SO14) และวงจรรวมทีมีขา 16 ขา (SO16) ซึ่งชั้น E3 ประกอบด้วยหลายแผนกซึ่งมีความสัมพันธ์กันและมีเส้นทางการไหลที่ซับซ้อน โดยปัญหาหลักในการออกแบบ และวางผัง คือ ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างแผนกมีระยะเวลา และระยะทางในการขนส่งที่มากเกินความจำเป็น จากปัญหาดังกล่าว ทางคณะผู้วิจัยจึงนำเทคนิควิศวอุตสาหการมาประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนาและปรับปรุงผังโรงงาน โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ระยะทางในการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน และระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานมีอัตราที่น้อยลง เนื่องจากระยะทางในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานที่มีความซับซ้อน

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ เพื่อเปรียบเทียบการออกแบบแผนผังโรงงาน สำหรับการผลิตอุปกรณ์ที่ยึดอยู่บนผิวแผงวงจรพิมพ์หรืออุปกรณ์ SMD (Surface Mount Device) โดยการใช้วิธี SLP, CORELAP และ ALDEP นำไปสู่การลดความสูญเปล่าของระยะทางในการขนส่งระหว่างแผนก

โครงสร้างบทความฉบับนี้ประกอบด้วยหัวข้อ ดังนี้ การทบทวนวรรณกรรม การศึกษาสภาพปัจจุบัน วิธีการดำเนินงานวิจัย และสรุปผลการวิจัย

2. การทบทวนวรรณกรรม

2.1.ทฤษฎีการออกแบบผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (SLP)

การออกแบบผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning (SLP)) คือ การวางแผนเค้าโครงอย่างเป็นระบบเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการออกแบบผังโดยพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างแผนกที่ทำงานกับการวางแผนกที่มีความสัมพันธ์ระดับที่จำเป็นอย่างยิ่งไว้ใกล้กัน การวางแผนผังอย่างเป็นระบบ คือ วิธีการจัดระเบียบในการวางแผนผังประกอบด้วยกรอบของเฟส รูปแบบของขั้นตอนและชุดของข้อตกลงในการระบุ การให้คะแนน การแสดงภาพองค์ประกอบ และพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนผังประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ดังนี้

1.) สำรวจข้อมูลพื้นฐานของโรงงาน P,Q,R,S,T และกิจกรรมต่างๆ

2.) วิเคราะห์ผังโรงงานจากแผนภูมิปริมาณ – ผลิตภัณฑ์ (P-Q Chart)

3.) วิเคราะห์การไหลของผลิตภัณฑ์

4.) วิเคราะห์และสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรม

5.) สร้างแผนภาพความสัมพันธ์ของกิจกรรม

6.) คำนวณหาเนื้อที่ที่ต้องการ

7.) ออกแบบผังโรงงานอย่างละเอียด

8.) วิเคราะห์ผลผังโรงงานทางเลือก

9.) เลือกผังที่เหมาะสมที่สุด

การออกแบบผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning (SLP)) เริ่มต้นด้วยการเก็บข้อมูล 5 ด้าน ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ ปริมาณผลิต ลำดับการผลิต หน่วยสนับสนุนการผลิต และเวลาผลิต ข้อมูลเหล่านี้จะนำมาวิเคราะห์ การไหลของวัสดุ ด้วยแผนภูมิจากถึง (From-to Chart) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยแผนภูมิความสัมพันธ์ (Activity Relationship Diagram) เพื่อสร้างแผนภาพความสัมพันธ์ (Relationship Diagram) จากนั้นจะกำหนดพื้นที่ที่ต้องการในแต่ละกิจกรรมแล้วนำมาสร้างเป็นแผนภาพความสัมพันธ์ของพื้นที่ (Space Relationship Diagram) หลังจากที่พิจารณาข้อจำกัดในทางปฏิบัติต่าง ๆ ผังโรงงานทางเลือกจะถูกสร้างขึ้น ในขั้นตอนสุดท้ายจะทำการประเมินผังโรงงานโดยพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ เพื่อคัดเลือกผังโรงงานที่เหมาะสมที่สุด

2.2.ทฤษฎีการวางผังโรงงานโดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ (CORELAP)

การวางผังโรงงานโดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ (Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP)) เป็นขั้นตอนการก่อสร้างที่เก่าแก่ และเป็นที่รู้จักดีที่สุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างผังโรงงานที่มีความสัมพันธ์ของแผนกระดับสูงอยู่ใกล้กัน โดยมีพื้นฐานมาจากการใช้คอมพิวเตอร์ของ SLP (Mouther's Systematic Layout Planning) [2]

ขั้นตอนการจัดตำแหน่งแผนกลงในผังด้วย CORELAP

1.) แผนกแรกที่เลือกไว้ตรงกลางผัง

2.) แผนกข้างเคียงสามารถวางได้ 2 วิธี

(1) อยู่ติดกัน (ในตำแหน่ง 1, 3, 5 หรือ 7) กับแผนก 0

(2) สัมผัสกัน (ในตำแหน่ง 2, 4, 6 หรือ 8)

3.) แผนกใหม่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของค่าการให้คะแนนการจัดวาง (PR) สูงสุด

4.) การให้คะแนนการจัดวาง (PR) คือ ผลรวมของการให้คะแนนความใกล้ชิดแบบถ่วงน้ำหนักระหว่างแผนกเพื่อเข้าสู่ผัง และแผนกใกล้เคียง

2.3.ทฤษฎีการออกแบบผังโรงงานด้วยโปรแกรมแบบอัตโนมัติ (ALDEP)

การออกแบบผังโรงงานด้วยโปรแกรมแบบอัตโนมัติ (Automated Layout Design Program (ALDEP)) ได้รับการพัฒนาโดย Seehof และ Evans นอกจากนี้ยังเป็นขั้นตอนการก่อสร้างที่มีรากฐานมาจาก CORELAP วัตถุประสงค์คือ การสร้างผังที่มีแผนกความสัมพันธ์ระดับสูง ใกล้เคียงกัน แต่ ALDEP มีลักษณะพิเศษของการสุ่มความสามารถสูงสุดสามชั้น และแผนก (ท่าเรือ ลิฟต์ ทางเดิน) ที่สามารถแก้ไขได้ ข้อมูลที่ป้อนเข้าของ ALDEP ได้แก่ ความยาว ความกว้าง, พื้นที่ของแต่ละชั้น, ที่ตั้ง และขนาดของพื้นที่หวงห้ามแต่ละชั้น ขนาดของเค้าโครง จำนวนแผนกที่จะสร้าง จำนวนกริด พื้นที่แผนก แผนภูมิความสัมพันธ์ คะแนนขั้นต่ำที่อนุญาตสำหรับรูปแบบที่ยอมรับได้ (Minimum Closeness Rating (MCR)) โดยคะแนนของความสัมพันธ์ ค่าความกว้างในการวางแผนกเริ่มต้น (Sweep Width) [3]

ขั้นตอนการทำการออกแบบผังโรงงานด้วย ALDEP

1.) กำหนดค่าตารางความสัมพันธ์

2.) กำหนดสิ่งที่ต้องป้อนข้อมูลเข้าไป

(1) ความยาว ความกว้าง พื้นที่ แต่ละชั้น

(2) จำนวนแผนกในผังโรงงาน

(3) ตารางความสัมพันธ์แต่ละแผนก

3.) ใช้รูปแบบเรียงแบบเส้นตรง โดยเริ่มจากบนซ้ายลงมา

4.) กำหนดตารางความสัมพันธ์ของแต่ละแผนก

5.) คำนวณคะแนนจากความใกล้ชิดกันของแต่ละแผนก

2.4.การทบทวนวรรณกรรมด้านการออกแบบและปรับปรุงผังโรงงาน

การออกแบบ และวางผังโรงงาน หมายถึง การจัดวางเครื่องมือ เครื่องจักร วัสดุ อุปกรณ์ สิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการผลิต และการเชื่อมต่อระหว่างกันของกิจกรรมการผลิตภายในโรงงาน อีกทั้งคำว่าสิ่งอำนวยความสะดวก หมายถึง องค์ประกอบของโรงงาน เช่น อุปกรณ์ สถานีการทำงาน และแผนก ซึ่งการออกแบบ และวางผังโรงงานที่เหมาะสมต้องคำนึงถึงปัญหาการจัดวางสิ่งอำนวยความสะดวก ต้นทุน เวลา และทรัพยากรที่ใช้ในการสร้างผัง ซึ่งผังที่ดีนั้นย่อมทำให้ ลดการจัดการวัสดุให้เหลือน้อยที่สุด รับรองความยืดหยุ่นของการวางผัง เกิดการหมุนเวียนของงานระหว่างทำสูง ลดต้นทุนในการลงทุนอุปกรณ์ เกิดการใช้พื้นที่ และพนักงานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ให้ความปลอดภัย ความสะดวก แก่พนักงานขณะปฏิบัติงาน [4]

ในงานวิจัยของ Monsupee and Paveena [5] ได้วิเคราะห์ทางเลือกการวางผังโรงงานสำหรับการติดตั้งสายการผลิตชุดบังคับเลี้ยวล้อหน้าเพิ่ม 1 สายการผลิต การดำเนินงานวิจัยได้ประยุกต์ใช้แนวคิดการวางผังโรงงานอย่างมีระบบ (SLP) ในการวางผังโรงงานทางเลือก และได้นำเสนอขั้นตอนวิธีการในการเลือกผังโรงงานที่เหมาะสมโดยใช้การตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพตามทฤษฎีของ Little's Law ร่วมกับการกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP)โดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ โดยการสำรวจความคิดเห็น และได้กำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกผังโรงงาน จากคะแนนที่มีค่ามากกว่า 80% จากผลของการวิจัยพบว่า ผังโรงงานทางเลือกที่ได้จะให้ปริมาณงานระหว่างกระบวนการผลิตต่ำสุด และค่าน้ำหนักคะแนนจากวิธี กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์สูงสุด และเมื่อ พ.ศ. 2562 Jenchira and Panisara [6] ได้ออกแบบและวางผังโรงงานของโรงงานกรณีศึกษาเฟอร์นิเจอร์ไม้ โดยใช้หลักการออกแบบผังโรงงานอย่างมีระบบ (SLP) ออกแบบผัง 3 ผัง และใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) ในการตัดสินใจเลือกผังโรงงาน โดยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) โดยมีเกณฑ์อยู่ 3 เกณฑ์ คือ 1. ลดระยะทาง 2. กระบวนการผลิตไหลง่าย 3. ใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งเก็บข้อมูลจากสินค้าขายดีที่สุดมา 3 ผลิตภัณฑ์ จากการวิเคราะห์พบผังโรงงานแบบที่ 3 สอดคล้องกับเกณฑ์ทั้ง 3 มากที่สุด โดยมีคะแนนรวมอยู่ที่ 58.6% และใน พ.ศ. 2563 Ruephuwan [7] ได้ประเมิน และคัดเลือกผังโรงงานที่เหมาะสมโดยการพิจารณาหลายปัจจัยจึงมีความสำคัญต่อความสำเร็จขององค์กร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการวางผังอย่างเป็นระบบ (SLP) ในการประเมินผังโรงงานแบบหลายปัจจัยด้วยการบูรณาการกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ขั้นที่ 1 การประยุกต์วิธีการวางผังอย่างเป็นระบบ (SLP) ในการรวบรวมข้อมูลผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต วิเคราะห์การไหลของวัสดุ และความสัมพันธ์ของกิจกรรม เพื่อกำหนดผังทางเลือก ขั้นที่ 2 เป็นการประยุกต์กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) เพื่อกำหนดปัจจัย และค่าน้ำหนักปัจจัย ขั้นที่ 3 เป็นการสร้างตัวแบบโปรแกรมเป้าหมายเพื่อตัดสินใจคัดเลือกผังโรงงานทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด ได้ผลลัพธ์ว่าผังโรงงานแบบที่ 2 เหมาะสมที่สุด ใน พ.ศ. เดียวกัน Gozali et al. [8] ได้ออกแบบแผนผังของโรงงานผลิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล โดยโรงงานต้องการเพิ่มกำลังการผลิตโดยการย้ายโรงงานไปยังที่แห่งใหม่ ซึ่งกำลังการผลิตของโรงงานแห่งใหม่มีการวางแผนเพื่อให้มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 20 เครื่อง/ปี ในพื้นที่การผลิตรวม 5,184 ตารางเมตร การดำเนินงานใช้วิธีการวางผังอย่างเป็นระบบ (SLP) ออกแบบผังโรงงานให้มีการไหลของวัสดุที่ราบรื่น จากนั้นใช้แผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรม (Activity Relationship Chart (ARC)) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของแผนกต่าง ๆ ขั้นต่อไปของการออกแบบแผนผัง คือ การอธิบายแผนภาพความสัมพันธ์ของกิจกรรม (Activity Relationship Diagram (ARD)) และแผนภาพการจัดสรรพื้นที่ (Activity Allocation Diagram (AAD)) จากการเปรียบเทียบส่งผลให้มีแผนผังทางเลือก 2 แบบที่ดีกว่าแผนผังปัจจุบัน ซึ่งแผนผังทางเลือกที่ดีที่สุด คือ แผนผังทางเลือกที่ 1 เนื่องจากช่วยลดเวลาในการขนส่ง และเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่

ในงานวิจัยของ Pakhwan and Hathaikan [9] ได้วิเคราะห์ทางเลือกการวางผังโรงงานสำหรับโรงงานผลิตชุดเวทสูท โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดระยะทางการเคลื่อนย้ายภายในแผนกประกอบชุดเวท โดยได้ออกแบบผังโรงงานทั้งหมด 3 ผัง ผังโรงงานหลังการปรับปรุงผังที่ 1 ใช้หลักการวางผังโรงงานโดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ (CORELAP) ผังโรงงานหลังการปรับปรุงผังที่ 2 ใช้หลักการไหลแบบตัวยู (U Flow) ผังโรงงานหลังการปรับปรุงผังที่ 3 ใช้หลักการวางผังตามลักษณะผลิตภัณฑ์ (Product Layout) จากนั้นเลือกผังด้วยวิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP)โดยเปรียบเทียบด้วย 4 เกณฑ์ ได้แก่ 1. การให้คะแนนตามระยะทาง (Distance-Based Scoring) 2. การให้คะแนนความใกล้เคียง (Adjacency-Based Scoring) 3. ข้อดี-ข้อเสีย, ต้นทุนที่คาดว่าจะเกิดขึ้น โดยพบว่าผังที่ 3 เป็นผังที่เหมาะสมที่สุดมีคะแนน 0.689 และเมื่อผังโรงงานหลังการปรับปรุงผังที่ 3 กับผังโรงงานปัจจุบันพบว่า ระยะทางในการเคลื่อนที่ลดลงร้อยละ 60.50 และในปี ค.ศ. 2015 Hakim et al. [10] ได้ปรับปรุงการออกแบบแผนผังของบริษัทยาแห่งหนึ่งในอินโดนีเซีย โดยแผนผังในบริษัทยังไม่เหมาะสม ซึ่งแผนผังของการผลิตสำหรับบรรจุภัณฑ์รองมีระยะเวลาในการจัดการวัสดุมากเกินไป เนื่องจากกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไม่ได้อยู่ติดกัน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแผนผังใหม่ใช้วิธีการพิจารณาความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ (CORELAP) จากการเก็บข้อมูล และคำนวณหาค่าคะแนนความใกล้ชิดทั้งหมด (Total Closeness Rating (TCR)) จากการคำนวณผังทางเลือกมีระยะทางขนย้ายวัสดุที่สั้นลง 9.017% เมื่อเทียบกับแผนผังปัจจุบัน และในงานวิจัยของ Sembiring et al. [11] ได้ศึกษาการเพิ่มจำนวนห้องเรียน เนื่องจากจำนวนนักเรียนที่เพิ่มขึ้น จำนวนห้องที่จำกัด ราคาที่ดิน และค่าก่อสร้างโครงสร้างที่มีราคาแพง จำเป็นต้องใช้พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ จึงออกแบบแผนผังใหม่ทำได้โดยใช้อัลกอริทึมการวางแผนความสัมพันธ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (CORELAP) อ้างอิงคะแนนความใกล้ชิดทั้งหมด (TCR) โดยคำนวณระยะกำลังสองระหว่างหน่วยงานตามพิกัดจุดศูนย์กลางของหน่วยงาน ระยะทางที่ได้จะถูกคูณด้วยกระแสของวัสดุจากเมทริกซ์แผนภูมิจากไปยัง (Form to Chart) การวิเคราะห์ทำได้โดยการเปรียบเทียบระยะทางทั้งหมดระหว่างแผนผังก่อนปรับปรุงกับแผนผังทางเลือก จากนั้นดูกิจกรรมที่ดำเนินการในแต่ละห้อง ผลลัพธ์ของการประมวลผลอัลกอริทึม CORELAP ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ห้องจาก 53.67% เป็น 93.74% และในปี ค.ศ. 2019 Tarigan et al. [12] ได้ศึกษาบริษัทที่ทำธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตคอนกรีต ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ ระยะเวลาในการขนส่งของแผนกแบทช์กับสถานีหล่อ มีกิจกรรมที่ไม่เกิดการเพิ่มมูลค่าทำให้ระยะเวลาในการรอคอยที่นาน จึงต้องมีการออกแบบแผนผัง โดยใช้การปรับปรุงแผนผังแบบการวางผังโรงงานโดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ (CORELAP) จากการทำการทดลองก่อนการปรับปรุงพบว่า มีกิจกรรมที่ไม่เพิ่มมูลค่าในกระบวนการผลิตคอนกรีตเป็นเวลา10,123.40 วินาที จากการใช้อัลกอริทึมแบบการวางผังโรงงานโดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ (CORELAP) เข้ามาช่วยส่งผลให้เวลาของกิจกรรมที่ไม่เพิ่มมูลค่าในกระบวนการผลิตคอนกรีตเหลือ 3,203.20 วินาที และในงานวิจัยของ Jati et al. [13] ได้ออกแบบแผนผังของหมู่บ้านในยอกยาการ์ตาซึ่งสถานที่แห่งนี้มีศักยภาพในด้านการท่องเที่ยว วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อช่วยเหลือชาวบ้านในการวางแผนผังสถานที่ของหมู่บ้านการศึกษาการดำเนินงานได้ใช้การออกแบบผังโรงงานโดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ (CORELAP) ในการออกแบบแผนผังสถานที่ท่องเที่ยวทั้ง 24 แห่ง และใช้แผนภาพความสัมพันธ์ของกิจกรรมโดยพิจารณาจากคะแนนความใกล้ชิดโดยรวม (TCR) ซึ่งการเพิ่มประสิทธิภาพแผนผังทำได้โดยใช้ซอฟต์แวร์การพิจารณาความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ (CORELAP) เพื่อให้ได้แผนผังที่เหมาะสมที่สุด

ในปี ค.ศ. 2020 Budianto et al. [14] ได้ปรับปรุงแผนผังของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ โดยโรงงานนี้ได้ประสบกับปัญหาความล่าช้าในการดำเนินการเนื่องการมีเส้นทางการไหลที่ซับซ้อนจากการออกแบบ และวางผังโรงงาน

โดย วิธีการวางผังอย่างเป็นระบบ (SLP) ในการดำเนินงานได้ใช้ซอฟต์แวร์การออกแบบผังโรงงานด้วยโปรแกรมแบบอัตโนมัติ (ALDEP) เพื่อแก้ปัญหาเส้นทางการไหลที่ซับซ้อนส่งผลให้ต้นทุนการจัดการวัสดุมีราคาแพง โดยการเปรียบเทียบวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากกว่าในการลดต้นทุนการจัดการวัสดุ ผลการศึกษานี้ระบุว่าวิธีการวางผังอย่างเป็นระบบ ลดต้นทุนการจัดการวัสดุลง 6.92% เป็น 706,372.591 รูปี ซอฟต์แวร์การออกแบบผังโรงงานด้วยโปรแกรมแบบอัตโนมัติ (ALDEP) ลดต้นทุนการจัดการวัสดุลง 11.14% เป็น 674,379.464 รูปี จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถสรุปได้ว่าเลย์เอาต์ที่เสนอที่ดีที่สุดคือซอฟต์แวร์การออกแบบผังโรงงานด้วยโปรแกรมแบบอัตโนมัติ (ALDEP) เนื่องจากการลดต้นทุนการจัดการวัสดุที่ถูกที่สุด และในปี ค.ศ. เดียวกัน Jati et al. [15] ได้ปรับปรุงแผนผังของบริษัทผลิตซีลยางกริปเปอร์ บริษัทนี้ได้ประสบกับปัญหาในการเคลื่อนย้ายวัสดุซึ่งมีระยะทางการขนย้ายวัสดุที่ไกล ส่งผลให้การไหลของการผลิตหยุกชะงัก ผู้วิจัยได้ใช้การออกแบบผังโรงงานโดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ (CORELAP) และการออกแบบผังโรงงานด้วยโปรแกรมแบบอัตโนมัติ (ALDEP) ซึ่งวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบผังโรงงานให้สามารถลดระยะการเคลื่อนย้ายวัสดุ ผลการวิจัยพบว่าการออกแบบผังโรงงานโดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ (CORELAP) ลดระยะทางการขนย้ายวัสดุจาก 14,495.08 เมตร/เดือน เป็น 5,930.19 เมตร/เดือน และการออกแบบผังโรงงานด้วยโปรแกรมแบบอัตโนมัติ (ALDEP) ลดระยะทางการขนย้ายวัสดุ 7,369.7 เมตร/เดือน

จากการทบทวนวรรณกรรมส่งผลให้ผู้วิจัยได้คัดเลือกวิธีการออกแบบแผนผังโรงงานทั้งหมด 3 วิธีซึ่งจัดว่าเป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวาง และถือว่าเป็นเทคนิคพื้นฐานที่สำคัญของการจัดผังโรงงาน ได้แก่

1. การวางผังอย่างเป็นระบบ (SLP) เป็นการวางแผนผังของโรงงานอย่างเป็นสัดส่วนและเหมาะสม โดยมีหลักการพื้นฐานที่คำนึงถึง ได้แก่ ความสัมพันธ์ (Relationship) เนื้อที่ (Space) และการปรับจัดตำแหน่งที่ตั้ง (Adjustment) ทำให้สามารถปรับเปลี่ยนเองได้ง่าย [16]

2. การออกแบบผังโรงงานโดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ (CORELAP) เป็นวิธีการวางผังที่ใช้ความสัมพันธ์ของแผนกที่มีความสัมพันธ์กันมากมาจัดอันดับในการเริ่มต้นก่อน สามารถใช้คอมพิวเตอร์ช่วยดำเนินงานและสร้างผังขึ้นมาเพื่อให้ได้คะแนนของระยะทางบนพื้นฐานของเส้นทางสี่เหลี่ยม (Rectilinear Path) ที่สุดแล้วหยุดการวนลูป วิธีการ CORELAP สามารถปรับเปลี่ยนได้ง่ายกว่าวิธีการ ALDEP แต่อาจจะให้รูปร่างผังที่ไม่ใช่สี่เหลี่ยม [17]

3. การออกแบบผังโรงงานด้วยโปรแกรมแบบอัตโนมัติ (ALDEP) จะเป็นการวางผังแบบสุ่มโดยยังไม่สนใจความสัมพันธ์ระหว่างแผนกในตอนเริ่มต้น สามารถใช้คอมพิวเตอร์ช่วยดำเนินงานและสร้างผังขึ้นมา เพื่อให้ได้คะแนนที่อยู่ติดกันสูงที่สุดแล้วหยุดการวนลูป ทำให้ได้ผังที่หลากหลายและมีลักษณะของผังเป็นสี่เหลี่ยมที่สวยงาม ข้อเสียของวิธีการ ALDEP วิธีทำแบบเหวี่ยงแหเพื่อให้ครอบคลุมงานในวงกว้างอย่างไม่จำเพาะเจาะจง จึงทำให้คุณภาพและคะแนนที่อยู่ติดกัน (Adjacency Scoring Value) ถูกจำกัด และข้อเสียอีกข้อคือไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ง่ายในแต่ละผัง [17]

ในงานวิจัยฉบับนี้ ได้ใช้ระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างแผนกคูณกับจำนวนความถี่การเคลื่อนย้ายจะได้เป็นระยะทางทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานทั้งหมดต่อวันของแผนก ซึ่งนำไปใช้ในการพิจารณาแผนภูมิความสัมพันธ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pakhwan and Hathaikan [9], Hakim et al. [10] และ Jati et al. [15]

อนึ่ง จะเห็นว่างานวิจัยฉบับนี้จะคล้ายกับงานวิจัยของ Ruephuwan [7] ซึ่งได้ออกแบบแผนผังโรงงานทั้งหมด 3 ผัง ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ออกแบบแผนผังโรงงานด้วย 3 วิธี มีทั้งหมด 12 ผัง วิธีละ 4 ผัง ซึ่งผู้จัดทำเล็งเห็นว่าแผนผังโรงงานมากเพียงพอต่อการวิเคราะห์ โดยแผนผังโรงงานของแต่ละวิธีสามารถดัดแปลงผังให้เกิดเป็นผังใหม่ ซึ่งมีความแตกต่างจากผังเดิมได้

3. การศึกษาสภาพปัจจุบัน

จากสภาพปัจจุบันผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการผลิตวงรวมประเภทอุปกรณ์ที่ยึดอยู่บนผิวแผงวงจรพิมพ์หรืออุปกรณ์ SMD (Surface Mounting Device (SMD)) ในชั้น E3 ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ได้แก่ SO8, SO14 และ SO16 ซึ่งต่อไปจะขอเรียกวงจรรวม SO14 และ SO16 เป็น SO14, 16 เนื่องจากสามารถใช้เครื่องจักรชนิดเดียวกันในการผลิตและเพื่อความสะดวกในการเขียนงานของผู้วิจัย

กระบวนการผลิตวงจรรวม SMD สามารถแบ่งออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่

1.) กระบวนการผลิต SO8

2.) กระบวนการผลิต SO14, 16

3.) กระบวนการสนับสนุนผลิต SO8

4.) กระบวนการสนับสนุนผลิต SO14, 16

5.) แผนก Kitting Room (กระบวนการสนับสนุนผลิต)

6.) กระบวนการทดสอบเวเฟอร์

กำหนดให้

อักษรตัว “A” คือ แผนกกระบวนการผลิต SO8

อักษรตัว “B” คือ แผนกกระบวนการผลิต SO14, 16

อักษรตัว “C” คือ แผนกทดสอบเวเฟอร์

อักษรตัว “D” คือ แผนกสนับสนุนการผลิต SO8, SO14, 16 และแผนก Kitting Room

3.1.กระบวนการผลิตวงจรรวมประเภทอุปกรณ์ที่ยึดอยู่บนผิวแผงวงจรพิมพ์ (หรืออุปกรณ์ SMD) ใน ชั้น E3

กระบวนการผลิต SO8 จะประกอบด้วย 10 แผนก ได้แก่

A1 Mark Led Frame (ใช้พื้นที่และเครื่องจักรร่วมกันกับ B1 Mark Lead Frame)

A2 Die Attach SO8

A3 Oven Room (ใช้พื้นที่และเครื่องจักรร่วมกันกับ B3 Oven Room)

A4 Wire Bond SO8

A5 Mold SO8

A6 Post Mold Cure (ใช้พื้นที่และเครื่องจักรร่วมกันกับ B6 Post Mold Cure)

A7 Dam Bar and Cut SO8

A8 Final Test (ใช้พื้นที่และเครื่องจักรร่วมกันกับ B8 Final Test)

A9 Mark SO8

A10 Trim Form and Cut SO8

กระบวนการผลิต SO14, 16 จะประกอบด้วย 9 แผนก ได้แก่

B1 Mark Lead Frame (ใช้พื้นที่และเครื่องจักรร่วมกันกับ A1 Mark Lead Frame)

B2 Die Attach SO14, 16

B3 Oven Room (ใช้พื้นที่และเครื่องจักรร่วมกันกับ A3 Oven Room)

B4 Wire Bond SO14, 16

B5 Mold SO14, 16

B6 Post Mold Cure (ใช้พื้นที่และเครื่องจักรร่วมกันกับ A6 Post Mold Cure)

B7 Dam Bar and Cut SO14, 16

B8 Final Test (ใช้พื้นที่และเครื่องจักรร่วมกันกับ A8 Final Test)

B9 Trim Form and Mark SO14, 16

ชั้น E3 มีขั้นตอนการผลิตแสดงดัง**รูปที่ 1** โดยเริ่มจากกระบวนการมาร์คหลีดเฟรม (Mark Lead Frame) แผนก A1, B1 เป็นขั้นตอนการทำสัญลักษณ์ลงบนแผ่นตะกั่ว ขั้นตอนต่อไป คือ กระบวนการไดแอตแทค (Die Attach) แผนก A2, B2 เป็นขั้นตอนการประกอบไดและแผ่นตะกั่วเข้าด้วยกาวอีพอกซี่เงิน (Silver Epoxy) จากนั้นเข้าสู่กระบวนการอบ (Oven Room) แผนก A3, B3 เป็นขั้นตอนนำชิ้นงานไปอบด้วยเครื่องอบให้กาวอีพอกซี่แห้ง ต่อไปเข้าสู่กระบวนการไวบอนด์ (Wire Bond) แผนก A4, B4 เป็นขั้นตอนเชื่อมลวดทองระหว่างไดกับขาลีดเฟรม ต่อไป คือ กระบวนการโมลด์ (Mold) แผนก A5, B5 เป็นขั้นตอนการฉีดสารคอมปาวด์ (Compound) เข้าไปในโมลด์ ถัดไป คือ กระบวนการโพสโมลด์เคียว (Post Mold Cure) แผนก A6, B6 นำชิ้นงานไปอบ (Cure) เพื่อให้สารคอมปาวด์แข็งตัว จากนั้นเข้าสู่กระบวนการแดมบาแอนด์คัท (Dam Bar and Cut) แผนก A7, B7 เป็นขั้นตอนการตัดเหล็กเส้นด้วยเลเซอร์ ต่อไป คือ กระบวนการไฟนอลเทส

(Final Test) แผนก A8, B8 เป็นขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติการใช้งานของวงจรรวม จากนั้นเข้าสู่กระบวนการมาร์ค (Mark) แผนก A9 เป็นขั้นตอนการทำสัญลักษณ์ลงบนวงจรรวมเพื่อบ่งบอกข้อมูล สุดท้าย คือ กระบวนการทิมฟอร์มแอนคัท (Trim Form and Cut) แผนก A10 เป็นขั้นตอนการตัด และพับปลายขาของลวดวงจรรวม

3.2.กระบวนการสนับสนุนผลิต SO8, SO14, 16 และแผนก Kitting Room

ในชั้น E3 ยังมีกระบวนการสนับสนุนผลิต SO8, SO14, 16 จาก**รูปที่ 2** โดยแผนก D1 QA ตรวจสอบเส้นลวดที่แผนก A4 Wire Bond SO8 และแผนก B4 Wire Bond SO14, 16 ต่อไปแผนก D2 Classette เป็นแผนกวางภาชนะที่ทำความสะอาดเสร็จ ถัดไปแผนก D4 Compound เป็นแผนกที่เก็บเม็ดพลาสติก (Compound) โดยพนักงานจะขนเม็ดพลาสติกไปที่ที่แผนก A5 Mold SO8 และแผนก B5 Mold SO14,16 จากนั้นแผนก D5 X-Ray จะตรวจสอบชิ้นงานทั้งลอต และแผนก D6 Kitting Room เป็นแผนกเก็บอุปกรณ์ เช่น กาว แปลงขัด เทป กระดาษ เป็นต้น

3.3.กระบวนการทดสอบเวเฟอร์

จาก**รูปที่ 2** แผนก C1 Wafer Test กระบวนการทดสอบแผ่นเวเฟอร์เป็นการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้า เพื่อหาคุณสมบัติ และประสิทธิภาพในการทำงานตามที่ต้องการ

3.4.แผนผังการไหลแบบรวมของกระบวนการผลิตวงจรรวมประเภท SMD ในชั้น E3

ผู้วิจัยได้ศึกษาแผนผังการไหลแบบรวมของกระบวนการผลิตวงจรรวม SMD สามารถเส้นทางการขนถ่ายชิ้นงานออกเป็น 6 ประเภท (ดัง**รูปที่ 2**) ได้แก่

1.) เส้นทึบสีม่วง คือ กระบวนการผลิต SO8

2.) เส้นทึบสีน้ำเงิน คือ กระบวนการผลิต SO14, 16

3.) เส้นปะสีม่วง คือ กระบวนการสนับสนุนผลิต SO8

4.) เส้นปะสีน้ำเงิน คือ กระบวนการสนับสนุนผลิต SO14, 16

5.) เส้นทึบสีชมพู คือ กระบวนการสนับสนุนจากแผนก Kitting Room

6.) เส้นทึบสีแดง คือ กระบวนการทดสอบเวเฟอร์

จาก**รูปที่ 2** มีเส้นทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานทั้งหมด 53 เส้นทาง เมื่อนำระยะทางการขนย้ายชิ้นงานไปคูณกับจำนวนรอบการขนส่งของแต่ละเส้นทาง พบว่ามีระยะทางทั้งหมด คือ 31,449.16 เมตรต่อวัน และระยะเวลาทั้งหมด คือ 32,260.18 วินาทีต่อวัน

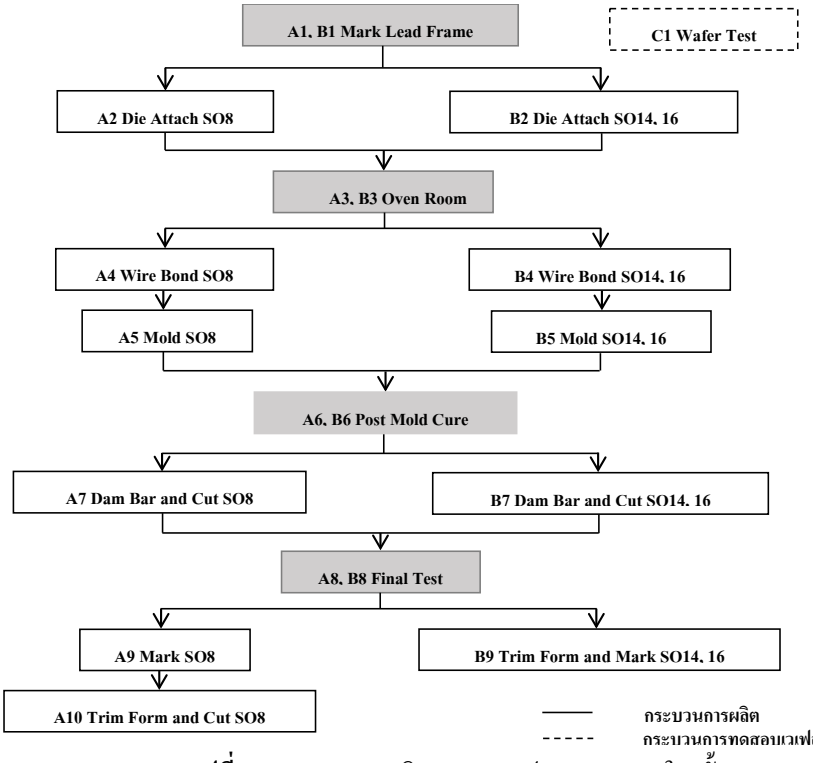
3.5.ข้อจำกัดเรื่องของห้องคลีนรูม 10k และ 100k

ห้องคลีนรูม 10k คือ ห้องที่มีอนุภาคขนาด 0.5 ไมครอนหรือใหญ่กว่า ไม่เกิน 10,000 อนุภาคต่ออากาศหนึ่งลูกบาศก์ฟุต โดยมีพื้นที่เท่ากับ 1,872 ตารางเมตร ซึ่งมีความกว้างเท่ากับ 36 เมตร ยาว 52 เมตร

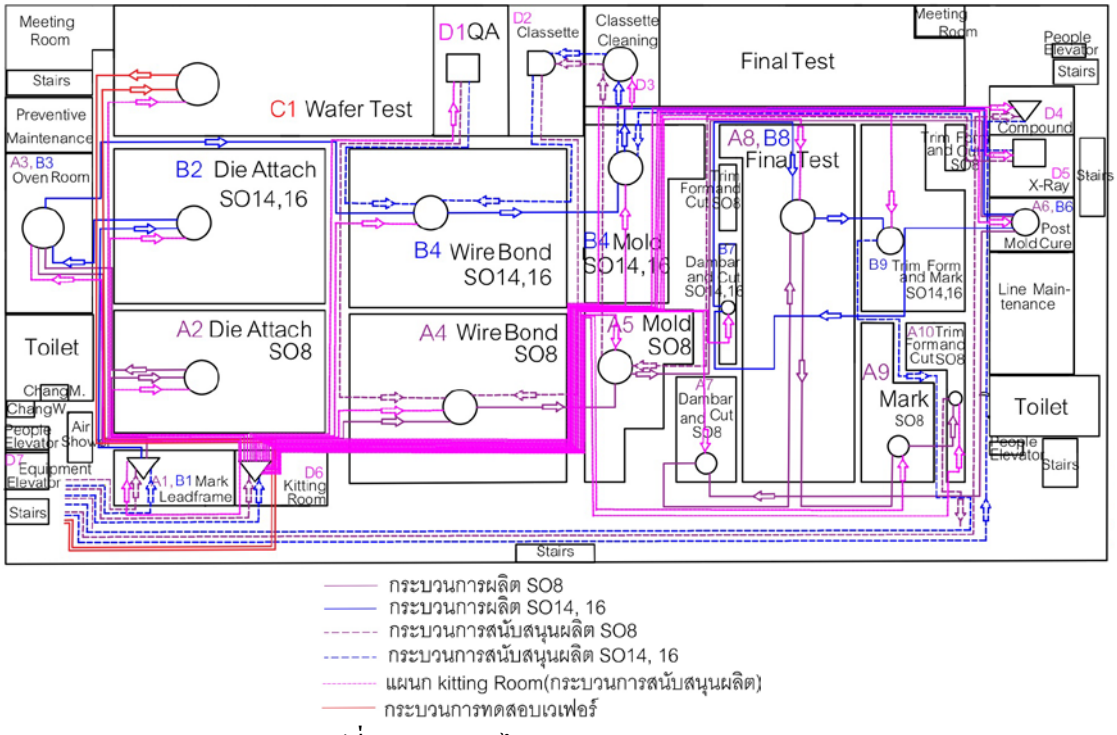
ห้องคลีนรูม 100k คือ ห้องที่มีอนุภาคขนาด 0.5 ไมครอนหรือใหญ่กว่า ไม่เกิน 100,000 อนุภาคต่ออากาศหนึ่งลูกบาศก์ฟุต โดยทีพื้นที่เท่ากับ 1,404 ตารางเมตร ซึ่งมีความกว้างเท่ากับ 36 เมตร ยาว 39 เมตรพื้นที่

3.6.ปัญหาที่พบ

ปัญหาหลักของผัง คือ ระยะทางในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างแผนกมากเกินไป เนื่องจากแผนกที่มีกระบวนการต่อเนื่องกันอยู่ไกลกัน ซึ่งระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานมากเท่าใดจะส่งผลให้ระยะเวลาผลิตนานขึ้น และกำลังการผลิตไม่สูงสุด ดัชนีชี้วัดความสำเร็จ (Key Performance Indicator (KPI)) คือ ระยะทางเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างแผนก (เมตร)



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตวงจรรวมประเภท SMDใน ชั้น E3



รูปที่ 2 แผนผังการไหลแบบรวมของการผลิตรวม

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการกำหนดค่าตาราง ความสัมพันธ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ และออกแบบแผนผังด้วย 3 วิธีทั้งหมด 12 ผัง จากนั้นเปรียบเทียบผลการจัดผัง จากนั้นเปรียบเทียบผังโรงงานก่อนและหลังการปรับปรุง

4.1. การกำหนดค่าตารางความสัมพันธ์

ระยะทางในการเคลื่อนที่ถูกพิจารณาจาก ระยะทางในการเคลื่อนที่ (เมตรต่อรอบ) คูณกับจำนวนรอบการขนส่ง (รอบต่อวัน) จะได้เป็นระยะทางการเคลื่อนที่ทั้งหมดของพนักงานแสดงดังตารางข้างล่าง ซึ่งระยะทางการเคลื่อนที่รวม คือ 31,449.16 เมตร ตัวอย่างรายละเอียดระยะทางแสดงดัง**ตารางที่ 1**

การกำหนดค่าตารางความสัมพันธ์ กำหนดโดยข้อมูลระยะทางการเคลื่อนที่ทั้งหมดในปัจจุบัน (แสดงตัวอย่างตาม**ตารางที่ 1** โดยในปัจจุบันมีระยะทางการเคลื่อนที่ของทั้ง 23 แผนกอยู่ทั้งหมด 253 เส้นทาง จึงได้นำระยะทางการเคลื่อนที่ทั้งหมดในปัจจุบันเรียงจากค่ามากไปน้อย โดยกำหนดให้ [18]

- ความสัมพันธ์ “A” มีไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ของ 253 เส้นทาง ซึ่งได้จำนวนทั้งหมด 12 จำนวน โดยมีขอบล่าง 500 และขอบบน 5,000

- ความสัมพันธ์ “E” มีไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของ 253 เส้นทาง ซึ่งได้จำนวนทั้งหมด 23 จำนวน โดยมีขอบล่าง 110 และขอบบน 599

ตารางที่ 1 ตัวอย่างระยะทางการเคลื่อนที่

ลำดับ	คำอธิบายการปฏิบัติงาน	ระหว่างแผนก		ระยะทางการเคลื่อนที่ทั้งหมด (เมตรต่อวัน)
		ระยะทาง (เมตร)	จำนวนรอบการขนส่ง (รอบต่อวัน)	
1	ย้ายรถเข็นจาก Mark Lead Frame ไป Die Attach SO8	17.91	29	519.39
2	ย้ายรถเข็นจาก Die Attach SO8 ไป Oven Room	24.67	10	246.70
3	ย้ายรถเข็นจาก Oven Room ไป Wire Bond SO8	59.81	80	4,784.80
4	ย้ายรถเข็นจาก Wire Bond SO8 ไป Mold SO8	14.95	5	74.75
5	ย้ายรถเข็นจาก Mold SO8 ไป Post Mold Cure	66.23	2	132.46
6	ย้ายรถเข็นจาก Post Mold Cure ไป Dam bar and Cut SO8	53.60	6	321.60
7	ย้ายรถเข็นจาก Dam bar and Cut SO8 ไป Final Test	40.86	8	326.88
8	ย้ายรถเข็นจาก Final Test ไป Mark SO8	38.91	6	233.46
9	ย้ายรถเข็นจาก Mark SO8 Trim Form and Cut SO8	8.15	5	40.75
10	ย้ายรถเข็นจาก Mark Lead Frame ไป Die Attach SO14, 16	32.41	100	3,241.00
11	ย้ายรถเข็นจาก Die Attach SO14, 16 ไป Oven Room	16.96	200	3,392.00
12	ย้ายรถเข็นจาก Oven Room ไป Wire Bond SO14, 16	46.91	88	4,128.08
13	ย้ายรถเข็นจาก Wire Bond SO14, 16 ไป Mold SO14, 16	18.92	32	605.44
14	ย้ายรถเข็นจาก Mold SO14, 16 ไป Post Mold Cure	48.23	6	289.38
15	ย้ายรถเข็นจาก Post Mold Cure ไป Dam bar and Cut SO14, 16	45.20	6	271.20

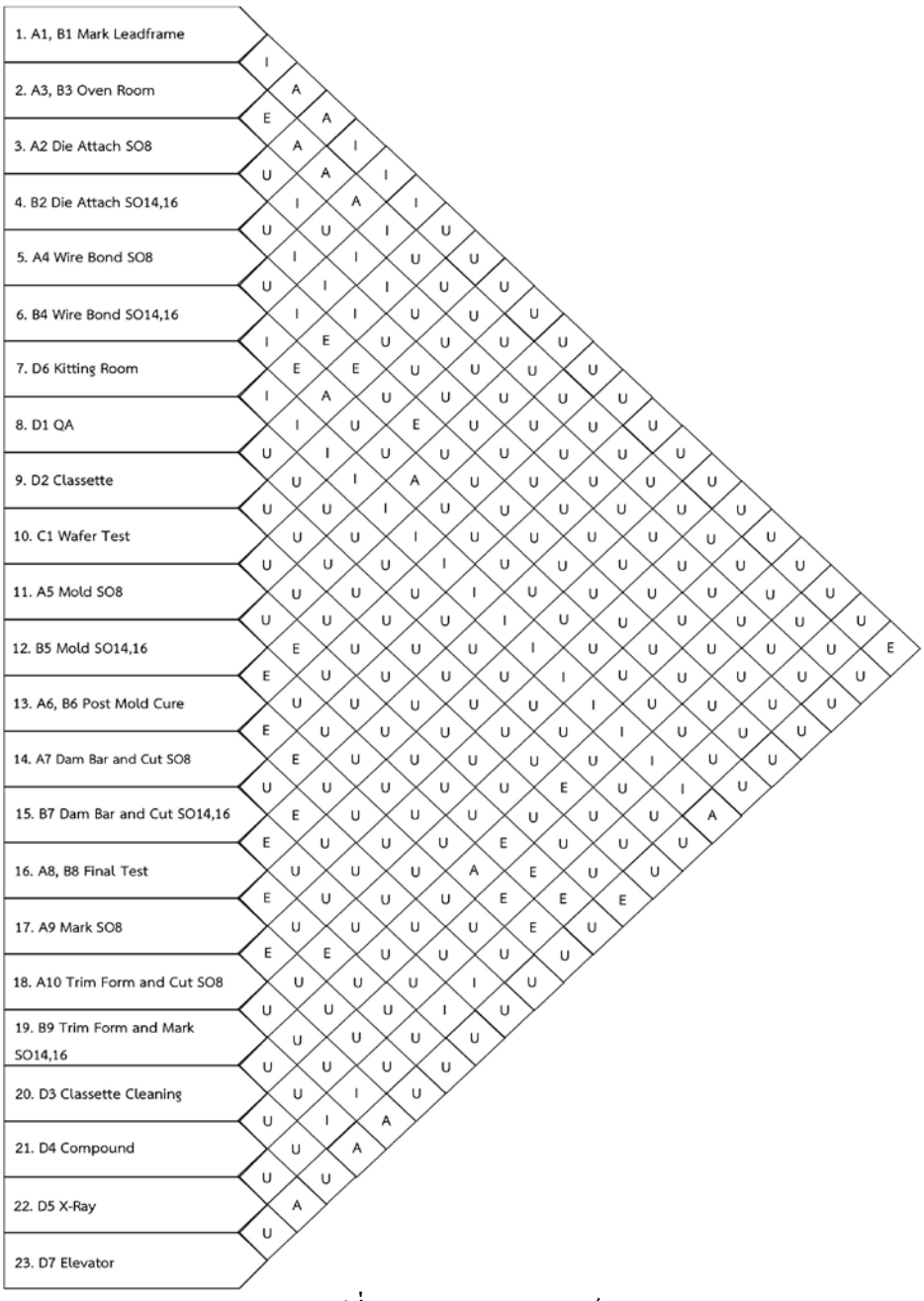
- ความสัมพันธ์ “I” มีไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ของ 253 เส้นทาง ซึ่งได้จำนวนทั้งหมด 18 จำนวน โดยมีขอบล่าง 1 และขอบบน 109

- ความสัมพันธ์ “O” มีไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ของ 253 เส้นทาง เนื่องจากข้อจำกัดของความสัมพันธ์ ส่งผลให้มีข้อมูลไม่เพียงพอ จึงทำให้จำนวนเท่ากับศูนย์

- ความสัมพันธ์ “U” มีไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ของ 253 เส้นทาง ซึ่งได้จำนวนทั้งหมด 200 จำนวน

4.2. การออกแบบผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (SLP)

การออกแบบผังโรงงานอย่างเป็นระบบ ได้นำข้อมูลจาก**รูปที่ 3** มาวิเคราะห์ระดับความสัมพันธ์ในแต่ละกิจกรรมของโรงงานกรณีศึกษาซึ่งจะจัดลำดับความสัมพันธ์จากมากไปหาน้อยตามปริมาณการเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างแผนก (A→E→I→O→U)



รูปที่ 3 แผนภูมิความสัมพันธ์

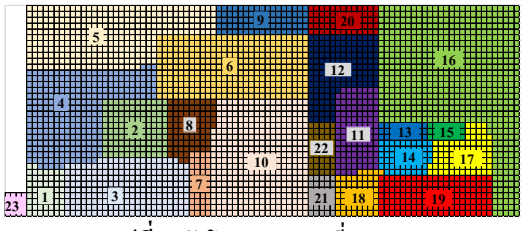
จากข้อมูลแผนภูมิความสัมพันธ์พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ O และ X ในกิจกรรมการขนส่งของชั้น E3 สามารถเขียนผังโรงงานทั้ง 4 แบบ ได้ดังนี้

<u>ผังโรงงานแบบที่ 1</u> ได้นำข้อมูลจาก**รูปที่ 3** มาวิเคราะห์ซึ่งมีการจัดเรียงแผนกลงผังพื้นที่ 10k ได้แก่ แผนก 7-6-2-4-5-1-3-9-8-10 พื้นที่ 100k ได้แก่ แผนก 12-22-11-13-16-21-20-14-15-17-18-19 ดัง**รูปที่ 4**

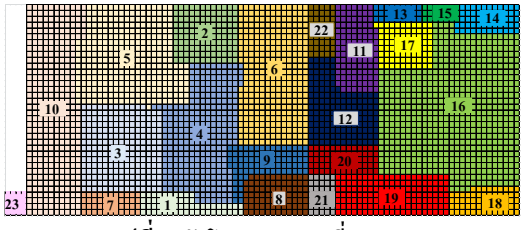
ผังโรงงานแบบที่ 2 ได้ดัดแปลงผังจากผังโรงงานแบบที่ 1 โดยได้ดัดแปลงพื้นที่ 10k ได้แก่ แผนก 1-2-4-7-8-9-10 พื้นที่ 100k ได้แก่ แผนก 11-13-14-15-17-18-20-22 ดัง**รูปที่ 5**

ผังโรงงานแบบที่ 3 ได้ดัดแปลงผังจากผังโรงงานแบบที่ 1 โดยได้ดัดแปลงพื้นที่ 10k ได้แก่ แผนก 2-3-4-7-8 พื้นที่ 100k ได้แก่ แผนก 11-13-14-18-19-21-22 ดัง**รูปที่ 6**

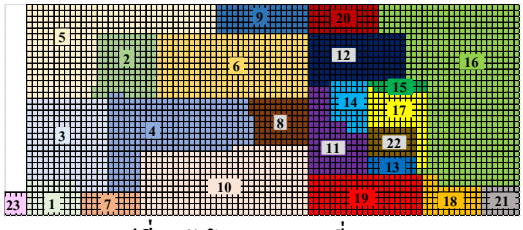
ผังโรงงานแบบที่ 4 ได้ดัดแปลงผังจากผังโรงงานแบบที่ 1 โดยได้ดัดแปลงพื้นที่ 10k ได้แก่ แผนก 1-2-3-4-5-7-8-10พื้นที่ 100k ได้แก่ แผนก 11-13-14-15-17-18 ดัง**รูปที่ 7**



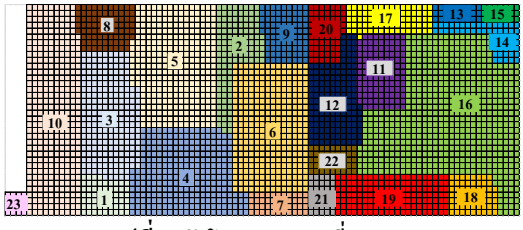
รูปที่ 4 ผังโรงงานแบบที่ 1 (SLP)



รูปที่ 5 ผังโรงงานแบบที่ 2 (SLP)



รูปที่ 6 ผังโรงงานแบบที่ 3 (SLP)



รูปที่ 7 ผังโรงงานแบบที่ 4 (SLP)

4.3. การออกแบบผังโรงงานด้วยการพิจารณาความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ (CORELAP)

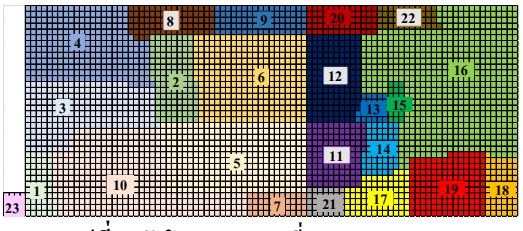
การออกแบบผังโรงงานด้วยการพิจารณาความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ได้นำข้อมูลจาก**รูปที่ 3** มาวิเคราะห์หาค่าคะแนนความใกล้ชิดทั้งหมด (Total Closeness Rating (TCR)) และลำดับการจัดวาง

ผังโรงงานแบบที่ 5 ได้ใช้วิธีการออกแบบผังโรงงานด้วยการพิจารณาความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ (CORELAP) ดัง**รูปที่ 8**

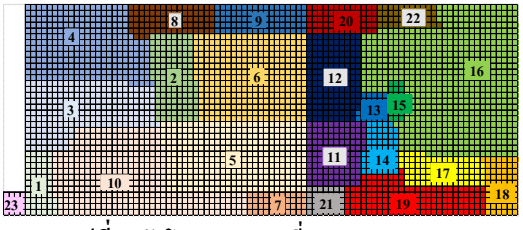
ผังโรงงานแบบที่ 6 ได้มีการดัดแปลงผังโรงงานมาจากผังโรงงานแบบที่ 5 ซึ่งได้ดัดแปลงโดยการจัดตำแหน่งแผนกที่ 18-19 ใหม่ ดัง**รูปที่ 9**

ผังโรงงานแบบที่ 7 ได้มีการดัดแปลงผังโรงงานมาจากผังโรงงานแบบที่ 6 ซึ่งได้ดัดแปลงโดยการจัดตำแหน่งแผนกที่ 13-14-22 ใหม่ ดัง**รูปที่ 10**

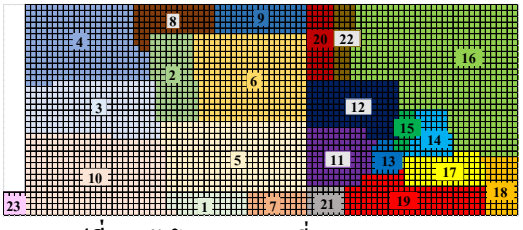
ผังโรงงานแบบที่ 8 ได้มีการดัดแปลงผังโรงงานมาจากผังโรงงานแบบที่ 7 ซึ่งได้ดัดแปลงโดยการจัดตำแหน่งแผนกที่ 3-4-10-13-14-15-22 ใหม่ ดัง**รูปที่ 11**



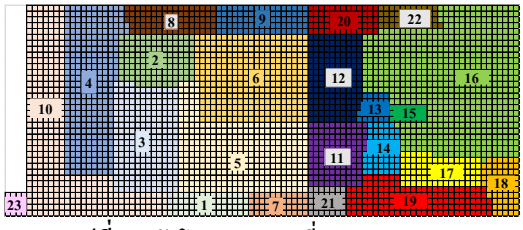
รูปที่ 8 ผังโรงงานแบบที่ 5 (CORELAP)



รูปที่ 9 ผังโรงงานแบบที่ 6 (CORELAP)



รูปที่ 10 ผังโรงงานแบบที่ 7 (CORELAP)



รูปที่ 11 ผังโรงงานแบบที่ 8 (CORELAP)

4.4. การออกแบบผังโรงงานด้วยโปรแกรมแบบอัตโนมัติ (ALDEP)

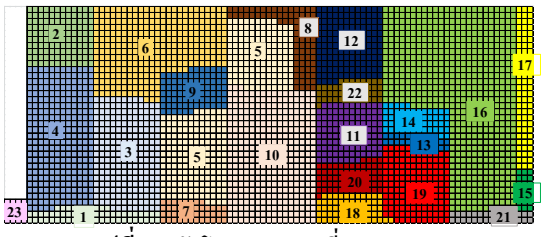
การออกแบบผังโรงงานด้วยโปรแกรมแบบอัตโนมัติ เริ่มจากกำหนดค่าความกว้างในการวางแผนกเริ่มต้น (Sweep Width) สุ่มแผนกแรกของพื้นที่ 10k และ 100k และได้ใช้ข้อมูลจาก**รูปที่ 3** มาวิเคราะห์หาแผนกที่มีความสัมพันธ์ เพื่อออกแบบผังทางเลือก

ผังโรงงานแบบที่ 9 กำหนดค่า Sweep Width เท่ากับ 12 โดยพื้นที่ 10k เริ่มวางแผนกแรกลงผัง คือ แผนกที่ 2 พื้นที่ 100k เริ่มวางแผนกแรกลงผัง คือ แผนกที่ 12 ดัง**รูปที่ 12**

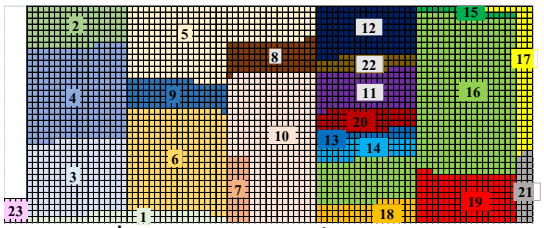
ผังโรงงานแบบที่ 10 กำหนดค่า Sweep Width เท่ากับ 18 โดยพื้นที่ 10k เริ่มวางแผนกแรกลงผัง คือ แผนกที่ 2 พื้นที่ 100k เริ่มวางแผนกแรกลงผัง คือ แผนกที่ 12 ดัง**รูปที่ 13**

ผังโรงงานแบบที่ 11 กำหนดค่า Sweep Width เท่ากับ 12 โดยพื้นที่ 10k เริ่มวางแผนกแรกลงผัง คือ แผนกที่ 4 พื้นที่ 100k เริ่มวางแผนกแรกลงผัง คือ แผนกที่ 11 ดัง**รูปที่ 14**

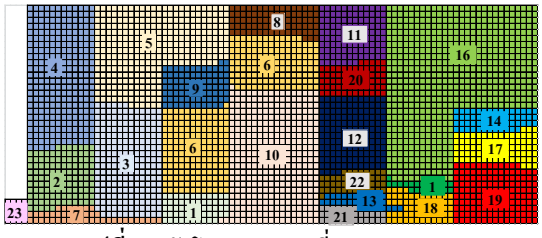
ผังโรงงานแบบที่ 12 กำหนดค่า Sweep Width เท่ากับ 18 โดยพื้นที่ 10k เริ่มวางแผนกแรกลงผัง คือ แผนกที่ 3 พื้นที่ 100k เริ่มวางแผนกแรกลงผัง คือ แผนกที่ 12 ดัง**รูปที่ 15**



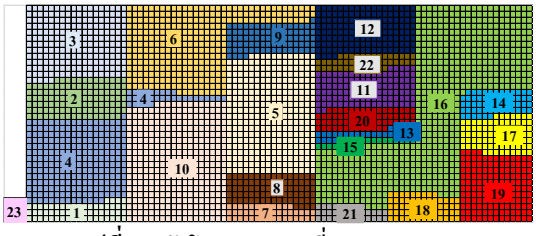
รูปที่ 12 ผังโรงงานแบบที่ 9 (ALDEP)



รูปที่ 13 ผังโรงงานแบบที่ 10 (ALDEP)



รูปที่ 14 ผังโรงงานแบบที่ 11 (ALDEP)

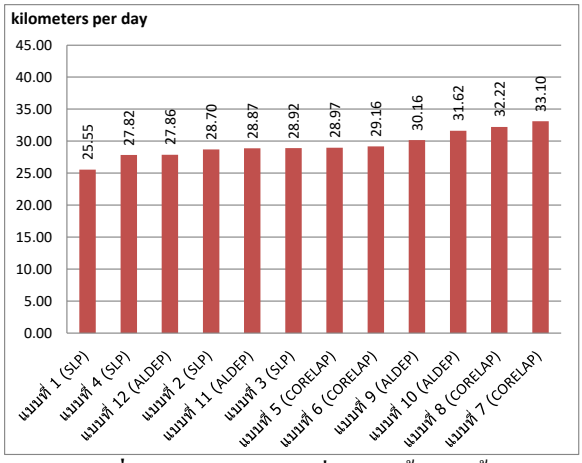


รูปที่ 15 ผังโรงงานแบบที่ 12 (ALDEP)

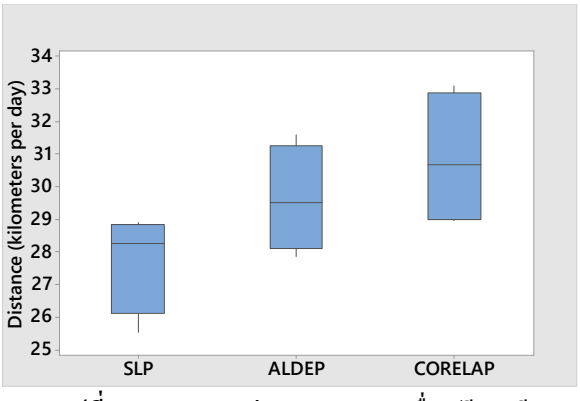
4.5. การเปรียบเทียบผลการจัดผังของทั้ง 3 วิธี

การเปรียบเทียบการจัดผังโรงงานเริ่มจากเก็บข้อมูลระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานจากตำแหน่งกึ่งกลางของแผนก ไปยังกึ่งกลางของอีกแผนกที่มีความสัมพันธ์กัน โดยระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานคูณกับจำนวนความถี่การเคลื่อนย้าย จะได้ระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานทั้งหมดต่อวัน จากการเปรียบเทียบผังโรงงานทางเลือกทั้ง 12 แบบ พบว่า ผังที่มีระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานทั้งหมดต่อวันน้อยที่สุด คือ ผังโรงงานแบบที่ 1 SLP 25,551.60 เมตรต่อวัน รองลงมา คือ ผังโรงงานแบบที่ 4 SLP 27,822.40 เมตรต่อวัน ลำดับถัดมา คือ ผังโรงงานแบบที่ 12 ALDEP 27,862.20 เมตรต่อวัน ซึ่ง**ตารางที่ 2** และ**รูปที่ 16** แสดงผลลัพท์ โดยจัดลำดับจากน้อยไปมาก

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วยระยะทางของวิธีการทั้ง 3 วิธี โดยภาพรวม จะเห็นได้ว่า เทคนิค SLP จะมีประสิทธิภาพอันดับที่ 1 ด้วยระยะทางเฉลี่ย 27,747 เมตรต่อวัน (หรือคิดเป็น 27.74 กิโลเมตรต่อวัน) และเทคนิค ALDEP จะเป็นอันดับที่ 2 ด้วยระยะทางเฉลี่ย 29,627 เมตรต่อวัน (หรือคิดเป็น 29.62 กิโลเมตรต่อวัน) และเทคนิค CORELAP จะเป็นอันดับที่ 3 ด้วยระยะทางเฉลี่ย 30,864 เมตรต่อวัน (หรือคิดเป็น 30.86 กิโลเมตรต่อวัน) สามารถได้ดัง**รูปที่ 17** แสดงแผนภาพกล่อง (Box Plot)



รูปที่ 16 ระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานทั้งหมด



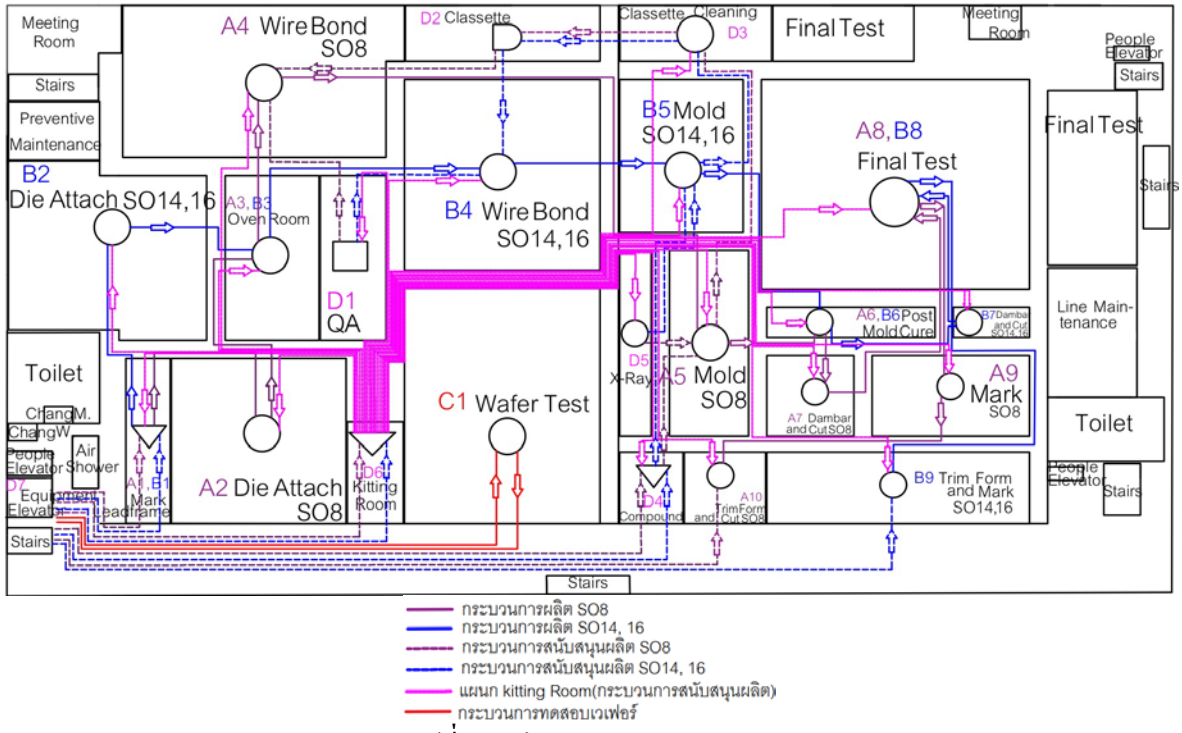
รูปที่ 17 แผนภาพกล่อง (Box Plot) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้ง 3 วิธี

ตารางที่ 2 ระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานทั้งหมด

ผังโรงงาน	ระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานต่อวัน (เมตรต่อวัน)
แบบที่ 1 (SLP)	25,551.6
แบบที่ 4 (SLP)	27,822.4
แบบที่ 12 (ALDEP)	27,862.2
แบบที่ 2 (SLP)	28,699.1
แบบที่ 11 (ALDEP)	28,870.7
แบบที่ 3 (SLP)	28,915.9
แบบที่ 5 (CORELAP)	28,969.7
แบบที่ 6 (CORELAP)	29,164.1
แบบที่ 9 (ALDEP)	30,155.4
แบบที่ 10 (ALDEP)	31,617.9
แบบที่ 8 (CORELAP)	32,219.7
แบบที่ 7 (CORELAP)	33,101.9

4.6. การเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

จาก**รูปที่ 16** พบว่า แผนผังโรงงานทางเลือกที่มีระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานต่อวันน้อยที่สุด คือ ผังโรงงานแบบที่ 1 SLP ซึ่งได้มีการนำไปผังทางเลือกไปออกแบบและวางลงในแผนผังจริง โดยหลักการวางลงในผังจริงนั้นจะต้องคำนึงถึงตำแหน่งแผนกของผังโรงงานแบบที่ 1 SLP ขนาดของถนนในการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน ซึ่งเท่ากับ 1.46 เมตร โดยรถเข็นสามารถสวนทางกันได้ทั้งสองทิศทาง ตำแหน่งบันไดในทางหนีไฟกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินในปัจจุบันทั้ง 3 ตำแหน่งได้แก่ ซ้ายบน กลางล่าง และขวาบน ตำแหน่งของแผนกที่ไม่ได้อยู่ในขอบเขตซึ่งต้องคงตำแหน่งเดิมไว้เพื่อความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของแผนก สามารถแสดงการวางผังโรงงานหลังการปรับปรุงได้**รูปที่ 18**



รูปที่ 18 ผังโรงงานหลังการปรับปรุง

จากการเก็บข้อมูลระยะทางของผังโรงงานหลังการปรับปรุง พบว่า มีระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานต่อวันเท่ากับ 21,170.27 เมตรต่อวัน ซึ่งผังก่อนการปรับปรุงมีระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานต่อวันเท่ากับ 31,449.16 เมตรต่อวัน ดังนั้นผังโรงงานหลังการปรับปรุงสามารถช่วยลดระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานต่อวันเท่ากับ 10,278.89 เมตรต่อวัน

5. สรุปผลการวิจัย

ระยะทางการเคลื่อนย้ายที่เป็นความสูญเปล่าเกิดจากการออกแบบผังโรงงานที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้องค์กรมีศักยภาพในการผลิตไม่เต็มที่ ประกอบกับในปัจจุบันโลกแห่งเทคโนโลยี อุปกรณ์ที่ยึดอยู่บนแผงวงจรพิมพ์มีความต้องการจากลูกค้าที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาบริษัทผลิตอุปกรณ์ที่ยึดอยู่บนแผงวงจรพิมพ์แห่งหนึ่งในประเทศไทย หลังจากการสำรวจปัญหาชั้น E3 ประกอบด้วยหลายแผนกซึ่งมีความสัมพันธ์กันแต่ไม่อยู่ใกล้กัน และมีเส้นทางการไหลที่ซับซ้อน พบว่า ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างแผนกมีระยะเวลา และระยะทางในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานที่มากเกินความจำเป็น

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการออกแบบแผนผังโรงงาน สำหรับการผลิตอุปกรณ์ที่ยึดอยู่บนผิวแผงวงจรพิมพ์ (หรืออุปกรณ์ SMD) โดยการใช้วิธี SLP, CORELAP และ ALDEP นำไปสู่การลดความสูญเปล่าของระยะทางในการขนส่งระหว่างแผนก

จากปัญหาระยะทางในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานที่มากเกินความจำเป็น ทำให้เกิดความสูญเปล่าในการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน ผู้จัดทำจึงได้เก็บข้อมูลระยะทางในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างแผนก และเก็บข้อมูลจำนวนความถี่การเคลื่อนย้าย เพื่อวิเคราะห์แผนภูมิความสัมพันธ์ (Relationship Chart) และออกแบบแผนผังโรงงานทางเลือก 12 ผัง

ผลสรุปที่สำคัญของงานวิจัย มีดังนี้

1.) จากการออกแบบผังโรงงานทางเลือก พบว่า ผังทางเลือกที่ทีระยะทางการขนย้ายชิ้นงานน้อยที่สุด คือ ผังโรงงานแบบที่ 1 SLP ซึ่งได้นำตำแหน่งแผนกมาจัดวางลงผัง หลังการปรับปรุงมีระยะทางการขนย้ายชิ้นงานทั้งหมด 21,170.27 เมตรต่อวัน ลดระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานต่อวันเท่ากับ 10,278.89 เมตรต่อวัน หรือลดลงไป 32.68%

2.) จากภาพรวมของแผนภูมิแท่ง**รูปที่ 16–17** พบว่า วิธี SLP เป็นวิธีที่เหมาะสมในการออกแบบแผนผังโรงงานมากที่สุด เนื่องจากระยะทางเคลื่อนย้ายชิ้นงานทั้งหมดอยู่ใน 6 อันดับแรก รองลงมาวิธี ALDEP เนื่องจากมีภาพรวมของระยะทางเคลื่อนย้ายชิ้นงานทั้งหมดอยู่ใน 10 ลำดับแรก โดยวิธี CORELAP เป็นวิธีที่ไม่ควรเลือกใช้ เนื่องจากมีภาพรวมของระยะทางเคลื่อนย้ายชิ้นงานทั้งหมดอยู่ใน 6 ลำดับสุดท้าย

ผลจากการวิเคราะห์สามารถนำไปเสนอองค์กรเพื่อใช้ในการออกแบบแผนผังให้มีความเหมาะสมต่อการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน

งานวิจัยฉบับนี้จะออกแบบแผนผังโรงงานใหม่เพื่อลดระยะทางและระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานลงเป็นหลัก แต่ผลพลอยได้จากงานวิจัยฉบับนี้ช่วยปรับปรุงในเรื่องของเส้นทางที่ทับกันหรือตัดกันและการรอคอยของแผนกถัดไปด้วย

เนื่องจากว่าการออกแบบผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning (SLP)) เป็นการวางแผนผังของโรงงานอย่างเป็นสัดส่วนและเหมาะสม โดยมีหลักการพื้นฐานที่คำนึงถึง ได้แก่ ความสัมพันธ์ (Relationship) เนื้อที่ (Space) และการปรับจัดตำแหน่งที่ตั้ง (Adjustment) เหมาะกับการจัดผังด้วยมือ ทำให้สามารถปรับเปลี่ยนเองได้ง่าย (โดยทั่วไปวิธีการ SLP ยังไม่เหมาะกับการจัดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยตรง) ในขณะที่ การวางผังโรงงานโดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของกิจกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ (CORELAP) และการออกแบบผังโรงงานด้วยโปรแกรมแบบอัตโนมัติ (ALDEP) ควรต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช้วยในการทำซ้ำหลาย ๆ ผังโรงงานมาเปรียบเทียบกันเอง ดังนั้นถ้าใช้จำนวนผังโรงงานที่ถูกออกแบบขึ้นมีอย่างจำกัด การออกแบบผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (SLP) จึงถูกแนะนำด้วยการจัดผังแบบมือ (Manual) เพราะมีโอกาสที่ได้รับผังโรงงานที่มีระยะทางที่สั้นกว่าวิธีอื่น

ข้อจำกัดในงานวิจัยฉบับ คือ พื้นที่ในการวางผังของแต่ละแผนกจำเป็นต้องแบ่งตามห้องความสะอาด (คลีนรูม) ทั้ง 2 ฝั่ง ทำให้แผนกถูกจำกัดไว้ในฝั่งใดฝั่งหนึ่ง ทำให้ไม่เกิดความแตกต่างของการออกแบบและวางผังโรงงานใหม่อีกทั้งการพิจารณาเกณฑ์ระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานเพียงเกณฑ์เดียวอาจจะทำให้ผังทางเลือกโดดเด่นเฉพาะเกณฑ์ระยะทางเพียงเกณฑ์เดียวเท่านั้น เพราะไม่ได้พิจารณาเงินลงทุน กำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นในอนาคต

อนึ่ง ในช่วงเริ่มต้นของการศึกษา ผู้วิจัยได้พิจารณาพื้นที่ขั้นต่ำสุดที่ต้องการ (มีหน่วยเป็นตารางเมตร) ซึ่งได้รวมพื้นที่อำนวยความสะดวก พื้นที่ว่างของแต่ละแผนกและพื้นที่ที่จำเป็นต่อการทำงานของแต่ละแผนกไปแล้ว ซึ่งถือว่าเป็นขนาดพื้นที่ที่พนักงาน (หรืออุปกรณ์ เครื่องจักร) สามารถทำได้อย่างเหมาะสมและสะดวก นอกจากนี้การจัดผังโรงงานทั้ง 3 วิธี ผู้วิจัยได้กำหนดให้แต่ละแผนกมีพื้นที่เท่ากัน ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยจึงไม่ได้กล่าวถึงเรื่องของผลลัพธ์ของความยืดหยุ่นของพื้นที่ การใช้ประโยชน์ของพื้นที่ และพื้นที่ว่าง

เอกสารอ้างอิง

[1] L. Shengsong, W. Min and H. Zhijian, “Hybrid algorithm of chaos optimisation and SLP for optimal power flow problems with multimodal characteristic,” *IEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution*, vol. 150, no. 5, pp. 543–547, 2003, 10.1049/ip-gtd:20030561.

[2] R. Mother, “Chart the relationships,” in *Systematic Layout Planning*, 2nd ed., Boston, MA, USA: Cahners Books, 1973, ch. 1, pp. 3–14.

[3] R. J. Najy, “Design Technology for Layout,” *Journal of University of Babylon,* vol 22, no.4, pp. 832–844, 2014.

[4] T. Somsak, “Introduction of plant layout and design,” in *Plant Layout and Design*, 12nd ed., Bangkok, Thailand: Technology Promotion Association (Thai-Japanese), 2002, ch. 1, pp. 5–12.

[5] W. Monsupee and C. Paveena, “Analysis of Front-axle Line Layout Alternatives”, *Engineering journal*, vol. 3, no. 3, pp. 19–34, 2012, doi: 10.4186/ejth.2011.3.3.19.

[6] S. Jenchira and K. Panisara, "Plant layout and Design of Furniture Factory," B.E. project, Dept. Inno Eng., Dhurakij Pundit Univ., Bangkok, Thailand, 2019.

[7] C. Ruephuwan, "Multi-Criteria for Plant Layout Evaluation Using Analytic Hierarchy Process Combined with Goal Programming Model: A Case Study of an Automotive," *Thai Industrial Engineering Network Journal*, vol. 14, no. 1, pp 28–42, 2020.

[8] L. Gozali, L. Widodo, S. R. Nasution and N. Lim. "Planning the New Factory Layout of PT Hartekprima Listrindo using Systematic Layout Planning (SLP) Method," *IOP Conference Series Materials Science and Engineering,* vol. 847, no. 1, pp. 012001, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/847/1/012001.

[9] Y. Pakhwan and T. Hathaikan, Plant Layout lmprovement of Wetsuit Factory [Online]. Available: https://ie.eng.cmu.ac.th/IE2014/downloads/2020_03/851/Presentation.pdf

[10] I. Hakim and M. V. Istiyanti. "Improvement of layout production facilities for a secondary packaging area of a pharmaceutical company in Indonesia using the CORELAP method," *International Journal of Technology,* vol 6, no. 6, pp. 1006–1016, 2015, doi: 10.14716/ijtech.v6i6.1449.

[11] A. C. Sembiring, I. Budiman, A. Mardhatillah, U. P. Tarigan and A. Jawira. "An application of corelap algoritm to improve the utilization space of the classroom," *Journal of Physics: Conference Series,* Vol. 1007, No. 1, pp. 012026, doi: 10.1088/1742-6596/1007/1/012026.

[12] U. Tarigan, F. D. Cahyo, U. P. P. Tarigan, and E. Ginting. "Facility layout design through integration of lean manufacturing method and CORELAP algorithm in concrete factory," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,* vol. 505, no. 1, pp. 012015, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/505/1/012015

[13] N. P. Jati, A. D. I. Rahayu, S. E. Salsabila and d. A. Azzam, "Facility Layout Design with Corelap Algorithm for Educational Tour," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,* vol. 982, no.1, pp. 012060, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/982/1/012060.

[14] F. Budianto, J. Halim and A. C. Sembiring, "Redesigning Furniture Production Floors Using Systematic Layout Planning and ALDEP Method to Minimize Material Handling Costs," in *International Conference on Mechanical, Electronics, Computer, and Industrial Technology,* Medan, Indonesia, Jun. 25–27, 2020, Art. no. 19890174, doi: 10.1109/MECnIT48290.2020.9166613.

[15] U. Tarigan, R. Simbolon, M. T. Sembiring, U. P. P. Tarigan, N. Sembiring and I. R. Tarigan, "Perancangan Ulang dan Simulasi Tata Letak Fasilitas Produksi Gripper Rubber Seal dengan Menggunakan Algoritma Corelap, Aldep, dan Flexsim," *Jurnal Sistem Teknik Industri,* vol. 21, No. 1, pp. 74–84, 2019, doi: 10.32734/jsti.v21i1.905.

[16] S. S. Heragu, "Traditional approaches to facility layout," in *Facilities design*," Boca Raton, FL, USA: Crc Press, 2018, ch. 4, pp. 75–99.

[17] A. Langevin and D. Riopel, "Models and methods for facilities layout design from an applicability to real-world perspective," in *Logistics systems: design and optimization*, New York, NY, USA: Springer Science & Business Media, 2005, ch. 5, pp. 123–170.

[18] J. A. Tompkins, J. A. White, Y. A. Bozer and J. M. A. Tanchoco, "Layout planning models and design algorithms," in *Facilities planning*, Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2010, ch. 6, sec. 2, pp. 292–363.