

บทที่ 2

เอกสาร และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสาร และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการหาเส้นทางรวม และเวลารวม ในการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในการผลิตให้น้อยที่สุดเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อัตโนมัติ ได้มีการศึกษาและทำงานวิจัยในเพื่อลดเวลาการผลิตรวม (Cycle Time) เช่น Masri และ Graham (2008) ทำการศึกษางานวิจัยเครื่องวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อัตโนมัติโดยการหาค่าเวลารวมที่ดีที่สุดสำหรับการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โดยการจำแนกชนิดของเครื่องวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ออกเป็นทั้งหมด 5 ประเภท คือ เครื่องจักรที่มีชุดหัวจับชิ้นส่วนสองชุดและสามารถวางชิ้นส่วนพร้อมกันทั้งสอง PCB (Dual-Delivery Placement Machine) เครื่องจักรประเภทที่สามารถทำงานได้หลายสถานีพร้อมกันและมีหัวหยิบจับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ได้มากกว่าสองชุด (Multi-Station Placement Machine) เครื่องจักรประเภทชุดหัวหยิบชิ้นงานเป็นแบบแกนหมุนหลายหัวจับในหนึ่งชุด (Turret-Type Placement Machine) เครื่องจักรประเภทมีหลายหัวหยิบที่สามารถเปลี่ยนได้ภายในหนึ่งชุดในหนึ่งเครื่อง (Multi-head Placement Machine) และเครื่องจักรประเภทวางชิ้นส่วนเป็นลำดับที่ละชิ้น (Sequential Pick-and-Place Machine) โดยเครื่องจักรแต่ละประเภทรุ่นสร้างสมการเป้าหมายหลักโดยจะพิจารณาระยะทางรวมที่ดีที่สุดของหัวหยิบจับชิ้นงาน ตำแหน่ง Feeder และตำแหน่งการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้วิธีของ Integer Programming, Tabu Search และ Simulated Annealing เพื่อที่จะทำให้เวลาในการผลิตรวมมีค่าน้อยที่สุด โดยเครื่องจักรแต่ละประเภทมีรูปแบบของสมการเป้าหมายที่แตกต่างกันแต่ก็ให้ผลลัพธ์ที่ทำให้หาเส้นทางที่น้อยที่สุดและรอบเวลาในการผลิตลดลง Masri และ Graham (2005) สร้างสมการ 3 เป้าหมายหลักเพื่อปรับปรุงเวลาการทำงาน (Cycle Time) ของเครื่องวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้วิธี Chebychev Dynamic จัดลำดับของ Feeder การเลื่อนตำแหน่ง PCB และจัดลำดับการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เพื่อจุดประสงค์ให้เวลาในการประกอบใช้เวลาให้น้อยที่สุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ Kimberly *et al* (2002) สร้างสมการประมาณค่าสำหรับประมาณเวลาที่ใช้การประกอบโดยหาเส้นทางที่น้อยที่สุดโดยใช้สมการแบบโปรแกรมเชิงเส้นแบบเชิงจำนวนเต็มโดยสมการจะมีความสัมพันธ์ เกี่ยวกับการให้ลำดับการวางชิ้นส่วนก่อนหลังและ

ตำแหน่งการจัดวาง Feeder ในเครื่องประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โดยสมการที่ได้ที่เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตจริงแล้วมีค่าใกล้เคียงกัน Csaba *et al* (2010) แก้ปัญหาเวลาประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ล่าช้าโดยสร้างสมการเป้าหมายแบบโปรแกรมเชิงจำนวนเต็มโดยศึกษาลำดับของตำแหน่งการวางของ Feeder สัมพันธ์กับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Feeder Assignment) เทียบกับการจัดวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แบบอย่างไม่มีลำดับ (Brute Force Assignment) พบว่าการจัดวางอย่างเหมาะสมทำให้จัดเวลาที่ล่าช้าในการผลิตได้ Yves *et al* (2002) อธิบายว่าการวางแผนการผลิตโดยคำนึงถึงลักษณะของชนิด PCB ที่เหมาะสมกับชนิดเครื่องจักรจะลดการล่าช้าในการผลิตโดยแต่ละชนิดของเครื่องจักรจะต้องคำนึงการจัดวาง Feeder ที่เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของแต่ละเครื่องจักร Yves *et al* (1997) เสนอการแก้ปัญหาลดเส้นทางรวมการประกอบของ PCB ที่ประกอบแบบใช้เครื่องจักรเพียง 1 เครื่องแต่สามารถวางชิ้นส่วนตำแหน่งที่ต่างกันแต่เป็น PCB เดียวกันโดยใช้วิธีการแก้ปัญหาการจัดลำดับการวาง Feeder (Feeder Rack Assignment Problem) โดยแต่ละ PCB จะมีความเฉพาะเจาะจงในการวางชิ้นส่วนที่ไม่เหมือนกัน William และ Ping (2003) ศึกษาการลดเวลารวมของเครื่องประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ Feeder PCB และ หัวจับ Nozzle สามารถเคลื่อนย้ายได้ขณะที่เครื่องกำลังทำงานโดยใช้วิธี Hybrid Genetic Algorithm (HGA) ในการจัดลำดับการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และจัดเตรียม Feeder และนำมาศึกษาเปรียบเทียบกับวิธี Genetic Algorithm แบบ Nearest Neighbor Heuristic, 2-Opt Local Search Heuristic และ Iterated Swap Procedure พบว่าประสิทธิภาพการวิธีการจัดวางแบบ HGA จัดลำดับ Feeder และลำดับการวางที่ดีที่สุดและเวลารวมน้อยที่สุด William และ Ping (2008) ยังได้สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบบโปรแกรมจำนวนเต็มเชิงเส้นและแบบจำนวนเต็มไม่เชิงเส้นเพื่อหาเส้นทางรวมของหัวจับเพื่อหาเวลารวมลดลงในการคำนวณพบว่าการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบบเชิงเส้นสามารถอธิบายการหาเส้นทางรวมของหัวจับได้ชัดเจนกว่าแบบไม่เป็นตัวแบบโปรแกรมจำนวนเต็มไม่เป็นเชิงเส้น Shantanu *et al* (2002) ใช้วิธี Genetic Algorithm (GA) ในการพัฒนาปรับปรุงการจัดลำดับของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และ Feeder บน PCB ให้ได้เส้นทางน้อยที่สุดโดยประยุกต์ใช้ GA โดยคำนึงถึง 2 ปัจจัยหลักคือ ข้อจำกัดของ Feeder ที่ซับซ้อนและเครื่องประกอบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความซับซ้อน Salonen *et al* (2006) หาวิธีการลดการทำงานที่สูญเสียจากการเปลี่ยนการหยิบจับ Feeder บ่อยครั้งเนื่องจากเป็นแผงวงจรที่มีหลายชนิดและหลายตำแหน่งโดยแก้ปัญหการจัดลำดับ Feeder และลำดับการวางโดยสมการเป้าหมายโปรแกรมเชิงจำนวนเต็มมาใช้ใน Hybrid Algorithm ผลที่ได้คือจำนวนครั้งในการหยิบชิ้นงานไปวางมีจำนวนครั้งและระยะทางที่ลดลงทำ

ให้เวลารวมในการผลิตลดลงไปด้วย Kemal *et al* (2000) ลดเวลาของการเคลื่อนไหวกของหัวหยิบ จับขึ้นเพื่อลดเวลาการผลิตรวมการศึกษานี้ใช้วิธีการผสมผสานการแก้ปัญหา (Integrated Algorithm) ทั้งลำดับการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และลำดับ Feeder ผลการวิจัยพบว่า Integrated Algorithm จะให้เวลารวมการผลิตที่สั้นกว่าวิธีไม่จัดลำดับการวาง Feeder (Random Assignment)

Reza (1999) เสนอลดเวลาการผลิตโดยหาเส้นทางรวมน้อยของการประกอบโดยใช้วิธีของ Traveling Salesman Problem (TSP) เมื่อเทียบกับการจัดวางชิ้นส่วนแบบไม่เป็นระเบียบ TSP เป็นวิธีการที่จะทำให้ หัว Nozzle วางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีเส้นทางรวมที่น้อยที่สุดและลดการเคลื่อนไหวกหัว Nozzle ที่ซ้ำซ้อนทำให้ลดเวลาการผลิตรวมได้และทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 4-9 เปอร์เซ็นต์ Sungyeol *et al* (1997) นำ TSP มาแก้ไขปัญหการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และแก้ปัญหาโดยใช้สมการเชิงเส้นในการหาคำตอบของเส้นทางรวมที่สั้นที่สุด Ekrem และ Ilhan (2007) หาวิธีจัดลำดับของการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผงวงจร PCB โดยใช้เครื่องวางชิ้นส่วนโดยสร้างสมการเป้าหมายด้วยวิธี Quadratic Assignment Problem (QAP), Taboo Search, Simulated Annealing, TSP และ Genetic Algorithm นำผลลัพธ์ที่ได้เปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้จริง พบว่าวิธีแบบ QAP และ TSP ให้ประสิทธิภาพการคำนวณที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับการประกอบงานจริง Gronal *et al* (1997) หาวิธีการสลับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในการวางบน PCB ด้วยให้เส้นทางรวมในการวางชิ้นส่วนน้อยที่สุด โดยวิธีแรกประยุกต์การจัดลำดับวางชิ้นส่วนแบบต่อกัน (Keep Component Needed Soonest) วิธีที่สองจัดลำดับและควบคุม Feeder ในชุด Slot Feeder Magazine ผลที่ได้คือวิธีที่สองให้ผลทางรวมนั้นน้อยกว่า การจัดลำดับ Slot Feeder มีเส้นทางรวมที่สั้นกว่า แต่การลดเส้นทางเดินรวมนั้นมีอีกหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง Wilbert *et al* (2007) จึงศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องจักรเพื่อลดเส้นทางรวมของการเดินทางของ Nozzle ทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้แก่ 1.วิธีจัดเตรียม Slot 2.จำนวนหัว Nozzle 3.จำนวน Feeder Slot 4.จำนวนของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ 5.ชนิดของหัวหยิบจับ 6.ทิศทางของตำแหน่งการประกอบ ชิ้นงาน แต่ละปัจจัยจะศึกษามากกว่า 1 ระดับเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่จะมีผลต่อการทำงานของเครื่องจักร โดยแต่ละการทดลองจะคำนวณหาค่าเวลาที่ใช้ในการทำงานที่น้อยที่สุดโดยใช้การ Optimization ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้พบว่า การจัดลำดับการวางชิ้นงานที่ดีและการวางเลือกการจัดวางด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสมจะทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น Katsuhisa *et al* (1999) แยกปัญหาของการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ออกเป็น 3 ปัญหา คือ ปัญหาตำแหน่งการวาง (Insertion Sequence Problem; ISP) ปัญหาตำแหน่งของม้วนเทป

(Reel Positioning Problem; RPP) และปัญหาของการประกอบชิ้นส่วนที่เหมาะสม (Optimal Assembly Mode Problem ; OAMP) โดยปัญหาดำเนินการวางและตำแหน่งของหัวเทป แก่ปัญหาโดยใช้วิธีของ Traveling Salesperson Problem (TSP) โดยจะคำนวณหาค่าที่ดีที่สุดของสองปัญหาเข้าด้วยกันโดยเป็นชุดเล็ก (Subset) ในการวางชิ้นส่วนลง PCB และปัญหาการวางชิ้นส่วนที่เหมาะสมสามารถแยกเหมือนกับการแยกปัญหาออกเป็น ส่วนด้วยเพิ่มข้อจำกัดของ TSP เพื่อหาค่าที่ดีที่สุด Shaoyuan *et al* (2008) อธิบายการลดเวลาการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้เวลาการประกอบน้อยที่สุดต้องแก้ปัญหาค่าที่ดีที่สุดออกเป็นตำแหน่งการวางของ Feeder และตำแหน่งการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จึงจะสามารถลดเวลาการผลิตรวมได้โดยใช้วิธีของ genetic algorithms (GA) พบว่าเมื่อเทียบกับวิธีแบบธรรมดาที่ไม่คำนึงถึงตำแหน่ง Feeder และลำดับการวาง เวลาการผลิตรวมนั้นมีค่าน้อยกว่า Tek *et al* (2001) เสนอการแก้ปัญหาลดเวลาการผลิตรวมโดยพัฒนา Genetic Algorithms แบบใหม่ที่เรียกว่า LBM-GA โดยวิธีแบบใหม่นี้สามารถแก้ปัญหาลดเวลาได้ดีกว่า GA แบบอื่นๆ แต่การลดเวลาการผลิตสามารถทำได้ดีกว่าเดิมโดยชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ 1 ชนิดสามารถมีจำนวน Feeder มากกว่า 1 อันได้ Jouni *et al* (1999) ได้อธิบายการวางแผนการผลิตรวมสำหรับการจัดกลุ่มชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และตำแหน่ง Feeder ของแต่ละกลุ่มเพื่อการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โดยสามารถลดจำนวนการหยิบจำนวนชิ้นส่วนโดยแก้ปัญหาด้วยโปรแกรมเชิงจำนวนเต็มทำให้สามารถเพิ่มจำนวนในการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต่อชั่วโมงได้เพิ่มขึ้นถึง 58% Dong *et al* (2005) เสนอวิธี Genetic Algorithms ลดเวลาการผลิตรวมโดยจัดเตรียม Feeder เนื่องจากแต่ละ Feeder อาจมีขนาดที่ไม่เท่ากันต้องหาดำเนินการวางที่เหมาะสม และเพิ่มจำนวนการวางชิ้นส่วนในการวางรอบเดียวกันหรือลดเวลาจำนวนครั้งในการมาหยิบชิ้นส่วนจาก Feeder และแบ่งจำนวนการหยิบของแต่ละชุดหัว Nozzle ให้เท่ากันทั้งสองชุด และรูปแบบการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในแต่ละรอบลำดับการหยิบและการวางต้องมีความสัมพันธ์กันทำให้จำนวนการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มมากขึ้นเวลาการผลิตน้อยลง

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการหาเส้นทางรวมที่น้อยที่สุดของการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเครื่องวางชิ้นส่วนอัตโนมัติ นั้นพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อเส้นทางรวมคือการจัดลำดับการวางชิ้นส่วน และระยะทางที่หัว Nozzle จับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จากตำแหน่ง Feeder ไปวางบน PCB แล้ว แก้ไขปัญหาต่างๆ ด้วยวิธีประยุกต์โปรแกรม

2.2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษางานวิจัยนี้เพื่อให้สามารถหาค่าและวิธีที่เหมาะสมในการเลือกและการทำงานของเครื่องวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ต้องอาศัยหลักการและ ทฤษฎีต่างๆ ที่ใช้ในการทำงานวิจัยดังนี้

2.2.1 Surface Mount Technologies (SMT)

เป็นเทคโนโลยีในการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ลงบนพื้นผิวแผงวงจร (PCB) มีมา 10 กว่าปีแล้ว แต่จนถึงปัจจุบันก็ยังไม่มียุคเทคโนโลยีใดมาทดแทน ก่อนหน้าที่จะมาเป็น SMT เทคโนโลยีก่อนหน้าจะเป็น PTH (Plate Through Hole) หรือ Component Insertion อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะเป็นประเภทเสียบลงรู SMT ย่อมาจาก Surface Mount Technology เป็นชื่อของกระบวนการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนพื้นผิวของ PCB ประกอบด้วย 3 กระบวนการหลัก คือ การพิมพ์ตะกั่วลงบนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Screen Printing) การวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Component Mounting) และ การอบตะกั่ว (Reflow Soldering)

2.2.2 เครื่องประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อัตโนมัติ (Pick and Place Machine)

การประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นการเชื่อมต่อการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายๆชนิดเข้าด้วยกันเพื่อให้สามารถทำงานได้ตามความต้องการของผู้ออกแบบ โดยมีวัตถุดิบพื้นฐานคือ PCB และ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดต่าง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ก็มีวิวัฒนาการจากแบบมีขา เวลาประกอบก็ทำได้โดยการเสียบเข้ากับรู PCB ต่อมาเมื่อความต้องการผู้บริโภคต้องการสินค้าที่มีขนาดกระทัดรัด ความสามารถการทำงานที่สูงขึ้น เป็นแรงผลักดันให้ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีขนาดเล็กลงแต่มีความสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้น วิธีการประกอบก็เปลี่ยนแปลงพัฒนาจากการใช้มือประกอบเปลี่ยนเป็นเครื่อง วางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อัตโนมัติ (รูปที่ 1) เครื่อง วางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อัตโนมัติ เองก็มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อรองรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดใหม่ๆที่นับวันจะมีขนาดที่เล็กลงและซับซ้อนมากขึ้น



รูปที่ 2-1 เครื่องประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ยี่ห้อ YAMAHA รุ่น YG100

หลักการทำงานของเครื่อง

เครื่องวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อัตโนมัติจะทำหน้าที่วางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ลงบนตำแหน่งที่ต้องการซึ่งจะสอดคล้องกับตำแหน่งที่ทำกา ปราดตะกั่ว (Solder Paste Screen printing) โดยทั่วไปแล้วสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. การวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แบบขนาดเล็ก สำหรับวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก (Surface Mount Devices; SMD) ได้แก่ Chip Resistor, Chip Capacitor, Transistor, Diode เป็นต้น เครื่องเหล่านี้ควรมีคุณสมบัติการวางที่เร็วมากยิ่งดี
2. การวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แบบขนาดใหญ่ สำหรับวางชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ ได้แก่ IC, BGA, LGA, SOP, SOT, MOSFET, Crystal และ Connector (USB, Fi-Wi400, Fi-Wi800, ESATA, Hi-Rise, SATA) เป็นต้น เครื่องเหล่านี้จะมีความมื่ออัตราการวางในแต่ละครั้งต่ำกว่าประเภทแรกแต่จะให้ความแม่นยำในการวางสูงกว่า

3. การวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แบบผสมสำหรับวางทั้ง SMD และ IC ใช้วางอุปกรณ์ได้ทุกขนาด ดังนั้นเครื่องเหล่านี้จึงอัตราการวาง ในแต่ละครั้ง ปานกลางแต่ความแม่นยำยังสูงอยู่

เครื่องใส่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลง PCB (Pick & Place Machine) ใช้กล้องในการตรวจสอบตำแหน่ง หรือระบบ Vision of Technology สามารถใส่อุปกรณ์ได้ชั่วโมงละ 5,000 - 60,000 ตัว ในการหยิบจับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในแต่ละครั้งนั้นเครื่องประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จะต้องสร้างโปรแกรมการวางแต่ละชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในแต่ละตำแหน่งของชิ้นงานบน PCB และสร้างโปรแกรมลำดับขั้นตอนการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยลำดับการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จะคำนึงถึงขนาดและความสูงของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เป็นหลัก โดยชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กและเตี้ยกว่าจะอยู่ลำดับแรก ส่วนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดใหญ่กว่าและสูงกว่าจะอยู่ในลำดับถัดไป และพร้อมกับสร้างโปรแกรมการเลือกหัว Nozzle ให้เหมาะสมในการหยิบจับชิ้นงานเพื่อป้องกันการผิดพลาดที่เกิดจากใช้หัว Nozzle ที่ไม่เหมาะสมในการทำงาน

เครื่องจักรจะเริ่มทำงานโดยหัว Nozzle หยิบจับชิ้นส่วนบนอิเล็กทรอนิกส์ ในการหยิบจับชิ้นงานจะใช้การทำงานของระบบนิวเมตริกในการใช้ลมดูดในการดูดจับชิ้นงานในม้วนเทปจาก Feeder ที่บรรจุชิ้นงานนั้นไว้ การเคลื่อนไหวของหัว Nozzle สามารถเคลื่อนทั้งสองแกน X และ Y พร้อมกันได้ โดยเครื่องประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในแต่ละเครื่องชุดหยิบจับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จะมีหัว Nozzle ที่สามารถหยิบจับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์หลายชิ้นก่อนที่จะนำชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ไปวางไว้บนแผงของวงจร (PCB) ในแต่ละตำแหน่งของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการวาง ในการหยิบจับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แต่ละครั้งและหัว Nozzle นั้นสามารถที่จะเปลี่ยนขนาดของหัวจับชิ้นงาน Nozzle ได้เพื่อให้เหมาะสมในการหยิบจับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แต่ละขนาดได้ ในการหยิบจับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แต่ละครั้งนั้นต้องมีการตรวจเช็คความถูกต้องของทิศทางที่จะต้องนำไปวางบนแผงวงจรโดยบางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จะมีทิศทางที่เฉพาะ หรือ ต้องหมุนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ท่ามมองไปตามแผงวงจร

เมื่อสร้างโปรแกรมขั้นตอนการวางลำดับขั้นตอนของชิ้นส่วนและโปรแกรมการเลือกหัว Nozzle ของแต่ละชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และทิศทางท่ามมองของหัว Nozzle ก่อนที่จะวางลงบนแผงวงจรทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว เครื่องจักรจะเริ่มทำงานโดยหัว Nozzle จะหยิบจับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จาก Feeder ที่บรรจุชิ้นงานแล้วตรวจเช็คความถูกต้องของทิศทางท่ามมองที่ได้

กำหนด แล้วนำชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มาวางบน PCB แล้วหีบจับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ขึ้นต่อไปจนกระทั่งครบเสร็จสมบูรณ์

2.2.3 อุปกรณ์บรรจุชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่บรรจุในแบบม้วนเทป Feeder

ขนาดของ Feeder (รูปที่ 2) ที่จะใช้สำหรับบรรจุม้วนเทปอิเล็กทรอนิกส์ต้องขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างของม้วนเทปที่แปรผันตามขนาดของ Component โดยขนาดของ Feeder แสดงตามตารางที่ 2-1

ตาราง 2-1 แสดงชนิดขนาดของ Feeder

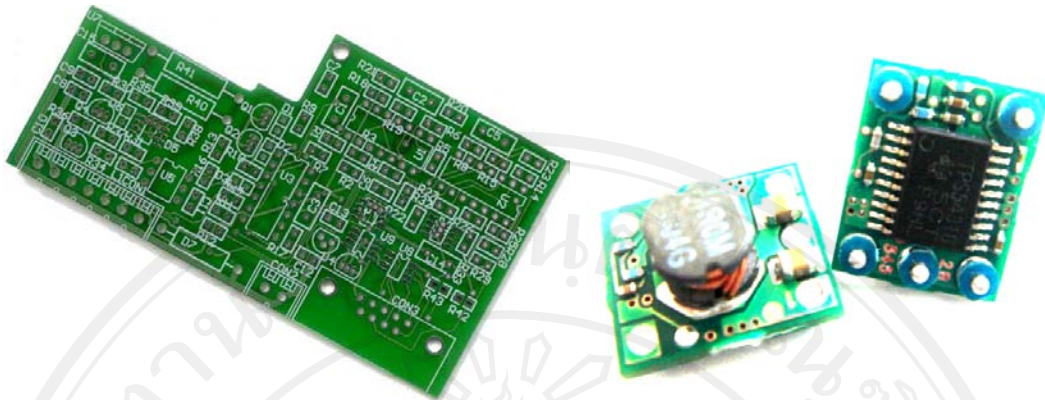
ขนาดความกว้างม้วนเทป	Minimum	Maximum
	Index Step	Tape Thickness
8 มิลลิเมตร	2 มิลลิเมตร	3.3 มิลลิเมตร
8 มิลลิเมตร	4 มิลลิเมตร	3.3 มิลลิเมตร
12 มิลลิเมตร	4 มิลลิเมตร	7.0 มิลลิเมตร
16 มิลลิเมตร	4 มิลลิเมตร	14.0 มิลลิเมตร
24 มิลลิเมตร	4 มิลลิเมตร	14.0 มิลลิเมตร
32 มิลลิเมตร	4 มิลลิเมตร	14.0 มิลลิเมตร
44 มิลลิเมตร	4 มิลลิเมตร	14.0 มิลลิเมตร
56 มิลลิเมตร	4 มิลลิเมตร	14.0 มิลลิเมตร
64 มิลลิเมตร	4 มิลลิเมตร	14.0 มิลลิเมตร
72 มิลลิเมตร	4 มิลลิเมตร	14.0 มิลลิเมตร



รูปที่ 2-2 แสดง Feeder และ Feeder Cart

2.2.4 Print Circuit Board (PCB)

แผ่นปริ้นท์หรือแผ่นแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นแผงที่มีลายทองแดงนำไฟฟ้าอยู่ใช้สำหรับต่อวงจรอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อประกอบเป็นวงจรแทนการต่อวงจรด้วยสายไฟ ซึ่งมีความซับซ้อนและยุ่งยาก โดยแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (รูปที่3) นี้จะมีการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เพียงด้านเดียว (Single Side) หรือสองด้าน (Double Side) หรือสามารถวางซ้อนกันได้หลายๆ ชั้น (Multi Layer) ได้เช่นกัน ตามความต้องการของผู้ออกแบบ หรือบางตำราจะเรียกว่า PWB (Print Wiring Board) เป็นวัสดุหลักในการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ PCB จะประกอบด้วยส่วนที่เป็นฐานทำมาจากวัสดุประเภทลามิเนต (Laminate) เช่น FR4, FR5, BT ส่วนนี้จะมีคุณสมบัติเป็นฉนวน และด้านบนของ PCB จะเป็นเส้นทางเดินตัวนำไฟฟ้าหรือลายวงจรวัสดุพื้นฐานทำมาจากทองแดงเพราะมีคุณสมบัติการนำไฟฟ้าที่ดีและราคาถูกเมื่อเทียบกับเงินหรือทอง แต่เนื่องจากทองแดงจะทำปฏิกิริยากับอากาศเกิดเป็นคอปเปอร์ออกไซด์ (หรือสนิมทองแดง) ได้ง่าย จึงมีปัญหาตามมาในเรื่องของการกัดกร่อนของผิวทองแดง ความสะอาดของผิวทองแดงเมื่อต้องนำไปใช้ต่อในการทดสอบทางชิ้นงานไฟฟ้า จึงมีการนำวัสดุประเภทอื่นมาปิดทับผิวหน้าของทองแดงไว้เพื่อยืดเวลาหรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยากับอากาศ ซึ่งก็มีหลายประเภท เช่น OSP, HASL, Electroless Ni/Au (ENIG) or Gold Emersion, Electrolytic Ni/Au, Silver Emersion ผิวที่ปิดทับข้างบนทองแดงจะเรียกว่าผิวปิดหรือผิวสำเร็จ (Surface Finish)



รูปที่ 2-3 แสดงตัวอย่างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบ PCB และแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ประกอบชิ้นงานแบบสมบูรณ์แล้ว

2.2.5 อุปกรณ์ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

ในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นวิทยุ โทรศัพท์ คอมพิวเตอร์ ล้วนมีชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เป็นส่วนประกอบอยู่ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญดังนี้

1. ตัวต้านทาน (Resistor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรตัวต้านทานแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

1.1 ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ (Fixed Resistor) เป็นตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานเพียงค่าเดียว โดยค่าความต้านทาน ของแต่ละตัวจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแถบสีที่ปรากฏบนตัวต้านทานนั้นๆ

1.2 ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor) เป็นตัวต้านทานที่ปรับค่าความต้านทานได้ตามต้องการ ใช้เป็นสวิตช์ปรับความดังหรือความเร็วในเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น วิทยุ พัดลม โทรศัพท์ เครื่องเล่นซีดี เป็นต้น

1.3 ตัวต้านทานไวความร้อน (Thermistor) เป็นตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิใช้เป็นอุปกรณ์ในเครื่องเตือนอัคคีภัย ตู้อบอาหาร เป็นต้น

1.4 ตัวต้านไวแสง (Light Dependent Resistor; LDR) เป็นตัวต้านทานที่เปลี่ยนค่าความต้านทานเมื่อความเข้มของแสงที่ตกกระทบเปลี่ยนไป โดยเมื่อแสงหรือความเข้มมากขึ้นความต้านทานจะมีค่าเพิ่มขึ้น ใช้เป็นสวิตช์เปิด-ปิดไฟอัตโนมัติ

เช่น ใช้เปิด-ปิดหลอดไฟริมถนนหรือสะพาน ใช้ในเครื่องวัดแสงของกล้อง
ถ่ายรูปหรือตรวจสอบปริมาณของแสงในขณะที่ถ่ายรูป

2. ไดโอด (Diode) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านทางเดียว
ทำจากสารกึ่งตัวนำ 2 ชนิด คือ ชนิด P และชนิด N ประกอบด้วยขั้ว 2 ขั้ว คือ ขั้วแอโนดต่ออยู่กับ
ชนิด P และขั้วแคโทดต่ออยู่กับชนิด N ไดโอดแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

2.1 ไดโอดธรรมดา (Normal Diode) นิยมใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีลักษณะคล้าย
ตัวต้านทาน ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าให้ไหลไปทาง
เดียว หากมีการต่อวงจรผิด กระแสไฟฟ้าจะไม่สามารถไหลได้

2.2 ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode; LED) จะเปล่งแสงออกมาเมื่อได้รับ
กระแสไฟฟ้า โดยไดโอดจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสง แสงที่
เปล่งออกมามีได้หลายสี เช่น สีแดง สีเขียว สีเหลือง เป็นต้น ใช้กับตัวเลขและ
ตัวหนังสือเรืองแสงที่เห็นจากหน้าจอเครื่องเล่นวิทยุเทป หน้าปัดนาฬิกา เครื่อง
คิดเลข เป็นต้น

3. ทรานซิสเตอร์ (Transistor) เป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำสามทาง
ต่อชนกัน โดยใช้สารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N ลักษณะโครงสร้างของทรานซิสเตอร์จึงมีได้ 2
ชนิด คือ ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP และทรานซิสเตอร์ชนิด NPN จะมีขาต่อใช้งานอยู่สามขา คือ ขา
เบส (Base) อิมิตเตอร์ (Emitter) และคอลเลกเตอร์ (Collector) โดยทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่ใน
การขยายสัญญาณไฟฟ้าและควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าหรือเป็นสวิตช์เปิด-ปิด
เครื่องใช้ไฟฟ้า

4. ไอซี (IC) หรือ ชิปคอนชิป เป็นแผงวงจรรวมที่นำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดต่างๆ มา
ใส่ไว้ด้วยกันในแผงวงจรขนาดเล็ก แบ่งประเภทตามการใช้งานได้ 3 ประเภท คือ

- ใช้สำหรับบันทึกข้อมูล เช่น บัตรถอนเงิน (ATM) บัตรโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น
- ใช้สำหรับการบันทึกข้อมูลและสั่งงาน ชิปคอนชิปประเภทนี้จะถูกบรรจุในวงจรของ
เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่มีปุ่มหรือโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง เช่น เครื่องซักผ้า
อัตโนมัติ เครื่องเล่นซีดี ไมโครเวฟ หรือในการแพทย์ได้นำชิปคอนชิปประเภทนี้บรรจุใน
เครื่องกระตุ้นหัวใจเทียม เพื่อไปกระตุ้นหัวใจผู้ป่วยให้มีอัตราการเต้นของหัวใจคงที่
- ใช้สำหรับการบันทึกข้อมูลและประมวลผล ชิปคอนชิปประเภทนี้ช่วยในการเก็บข้อมูล
และเรียกดูข้อมูลเหล่านั้นได้อย่างรวดเร็ว เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ กล้องถ่ายรูปดิจิทัล เครื่องอ่าน
บาร์โค้ด เป็นต้น

2.2.6 การหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization)

การหาค่าที่ดีที่สุดเป็น สาขาหนึ่งของคณิตศาสตร์ประยุกต์ ซึ่ง เป็นการเรียนรู้เพื่อกำหนดวิธีการที่ดีที่สุดให้กับปัญหา (การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด) คือการหาค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดของปัญหา โดยแสดงปัญหายอยู่ในรูปของฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์

การโปรแกรมเชิงจำนวนเต็ม (Integer Programming)

การโปรแกรมเชิงจำนวนเต็ม หมายถึง ระเบียบวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ของเป้าหมายที่กำหนดภายใต้เงื่อนไขบางประการ โดยเป้าหมายต้องแสดงอยู่ในรูปสมการเส้นตรงสำหรับเงื่อนไขอาจอยู่ในรูปของสมการหรืออสมการก็ได้และทั้งนี้ตัวแปรที่กำหนดจะต้องเป็นจำนวนเต็ม จากความหมายนี้จะเห็นได้ว่าการกำหนดการจำนวนเต็มที่แท้จริงก็คือการกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) ที่ต้องการค่าตัวแปรที่กำหนดเป็นจำนวนเต็มนั่นเอง ดังนั้นเรื่องราวใดที่สามารถเขียนเป็นสมการเส้นตรงได้และต้องการค่าตัวแปรทั้งหมดหรือเฉพาะเจาะจงบางตัวเป็นจำนวนเต็มย่อมที่จะหาผลเฉลยได้ด้วยวิธีการของการกำหนดการจำนวนเต็มนี้

โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ของการกำหนดการจำนวนเต็ม (Integer Programming) อาจแบ่งเป็น 3 ส่วนด้วยกันเช่นเดียวกับกำหนดการเชิงเส้นและกำหนดการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming) คือ

1. ส่วนเป้าหมาย (Objective) เป็นส่วนที่แสดงถึงวัตถุประสงค์ของการกำหนดการว่าต้องการค่าสูงสุด (Maximize) หรือค่าต่ำสุด (Minimize)
2. ส่วนเงื่อนไข (Side Constraints or Restriction) แสดงถึงขีดจำกัดของปัจจัยซึ่งอาจจะมีรูปของสมการหรือ อสมการก็ได้เส้นตรงก็ได้ $\leq, \geq$
3. ส่วนของตัวแปร (Decision Variables) แสดงถึงตัวแปรที่เป็นผลเฉลยของการกำหนดการว่าประกอบด้วยตัวแปรใดบ้างและตัวแปรเหล่านั้นต้องไม่แสดงค่าในทางลบ (Non-Negative Value) ทั้งนี้ทุกตัวแปรที่กำหนดต้องเป็นจำนวนเต็ม (Integer)

ตัวอย่างแสดงสมการเชิงจำนวนเต็ม

$$\text{Minimize } z = \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{10} \sum_{l=1}^{10} (d_{il} + d_{lj}) W_{ijl} + \sum_{i=1}^{10} d_i X_i \quad (2.1)$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^{10} X_{ij} = 1 \quad \text{for } j = 0, 1, \dots, 10$$

$$\sum_{j=1}^{10} X_{ij} = 1 \quad \text{for } i = 0, 1, \dots, 10$$

$$\text{All } X_{ij} = 0 \text{ or } 1$$

การหาผลเฉลยของกำหนดการจำนวนเต็มมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี วิธีการหนึ่งที่นับว่าจะมีประสิทธิภาพและเป็นวิธีที่ดีได้แก่วิธีการของ Gomory (1960) ซึ่งวิธีการจะเริ่มจากการหาผลเฉลยในรูปแบบของกำหนดการเชิงเส้นในเบื้องต้น ซึ่งถ้าผลเฉลยนี้ได้ค่าตัวแปรเป็นจำนวนเต็มที่ต้องการก็จะถือว่าผลเฉลยของกำหนดการเชิงเส้นนี้เป็นผลเฉลยของกำหนดการจำนวนเต็มนั่นเอง (Integer Programming) แต่ถ้าผลเฉลยที่ได้ยังมีค่าของตัวแปรบางตัวยังไม่เป็นจำนวนเต็มตามที่ต้องการก็จะดำเนินการเสริมเงื่อนไขแห่งจำนวนเต็มตามแนวคิดวิธีและวิธีการของ Gomory (1960) ที่เรียกว่า “Gomory Constraints” ต่อไปซึ่งวิธีการสร้างเงื่อนไขแห่งจำนวนเต็มนี้เป็นแนวคิดที่ง่ายต่อการเข้าใจ แต่มีประสิทธิภาพต่อการ ดำเนินการ โดยมีหลักการเพียงว่า “ให้นำเศษส่วนขจัดเศษส่วนของตัวเอง” เท่านั้นเอง

กำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) เป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพมากที่สุด ลักษณะเฉพาะของกำหนดการเชิงเส้น คือฟังก์ชันที่แทนเป้าหมายและข้อจำกัดต่างๆ เป็นแบบเชิงเส้นทั้งสิ้น หรือความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ เป็นแบบเชิงเส้นทั้งสิ้น การหาผลลัพธ์ของตัวแปรนี้มีหลายวิธี แต่ที่นิยมใช้กันมากคือ วิธีการซิมเพลกซ์ และ อัลกอริทึมอื่นๆ นอกจากนี้วิธีการซิมเพลกซ์ คือ Upper Bound Technique, Dual Simplex Method, Parametric Linear Programming และ Interior-Point Algorithm เป็นต้น

การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้การโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์

การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) สามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า การโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming ; LP) ซึ่งเป็นวิธีที่รู้จักกันดีในชุดเครื่องมือในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดที่เรียกว่า การโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์

(Mathematical Programming) โดยสามารถนำการโปรแกรมเชิงเส้นมาใช้งานร่วมกับระบบสนับสนุนการตัดสินใจได้

การโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์

เป็นชุดเครื่องมือที่ออกแบบมาเพื่อช่วยในการแก้ปัญหาการจัดการ ซึ่งผู้ตัดสินใจต้องทำการจัดสรรทรัพยากรที่หายาก(หรือมีจำกัด) ในการกระทำต่างๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่สามารถวัดออกมาได้ ที่เหมาะสมที่สุด ตัวอย่างเช่น การกระจายเวลาเครื่องจักร(ทรัพยากร)ให้กับผลิตภัณฑ์ (กิจกรรม) ต่างๆ เป็นปัญหาการจัดการให้แต่ละผลิตภัณฑ์ โดยปัญหาการจัดการต้องมีสมมติฐานที่แน่นอน

คุณลักษณะที่เหมาะสมในการใช้การโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์

1. มีทรัพยากรทางเศรษฐกิจที่จำกัด (เช่น แรงงาน , ต้นทุน, เครื่องจักร หรือน้ำ) ที่จะต้องทำการจัดสรร
2. ทรัพยากรถูกใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์หรือให้บริการ
3. สามารถใช้ทรัพยากรได้สองทางหรือมากกว่า แต่ละทางเรียกทางแก้ปัญหา (Solution)
4. แต่ละกิจกรรม (ผลิตภัณฑ์ หรือบริการ)ซึ่งทรัพยากรถูกนำไปใช้ จะให้ผลกลับมาในรูปของการบรรลุ วัตถุประสงค์
5. การจัดสรรมักจะถูกจำกัดโดยข้อจำกัดและความต้องการหลายๆ อย่าง เรียกว่า ข้อจำกัด (Constraints)

สมมติฐานในการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์

1. ผลลัพธ์จากการจัดสรรต่างๆ สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ นั่นคืออยู่ในหน่วยที่วัดได้ (เช่น ดอลลาร์)
2. ผลจากการจัดสรรใดๆ เป็นอิสระต่อการจัดสรรอื่นๆ
3. ผลลัพธ์รวมเป็นการรวมผลตอบแทนที่ได้จากกิจกรรมต่างๆ
4. ข้อมูลทั้งหมดเป็นข้อมูลที่ทราบแน่นอน
5. ทรัพยากรถูกใช้ในการจัดการทางเศรษฐกิจ

ปัญหาการจัดสรรสามารถกล่าวได้ว่าเป็นการหาทางในการจัดสรรทรัพยากรที่มีจำกัดให้กับกิจกรรมต่างๆ เพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่มากที่สุด ปัญหาการจัดสรรมีทางเลือกในการแก้ปัญหามากมาย ขึ้นอยู่กับสมมติฐาน โดยจำนวนของทางเลือกอาจจะมีจำนวนจำกัดหรือไม่จำกัดก็ได้ โดยปกติแล้วการแก้ปัญหาที่ต่างกันจะให้ผลตอบแทนที่ต่างกันด้วย จากทางเลือกที่มีอยู่ทางหนึ่ง (หรือหลายๆ ทาง) จะเป็นทางที่ดีที่สุด ที่ซึ่งทำให้บรรลุวัตถุประสงค์มากที่สุด (หมายความว่าได้รับผลตอบแทนมากที่สุด) นั่นหมายถึงทางแก้ปัญหาที่เหมาะสม ซึ่งสามารถหาได้โดยใช้ อัลกอริทึมพิเศษ

การโปรแกรมเชิงเส้น

เป็นการจัดการกับปัญหาการจัดสรรซึ่งวัตถุประสงค์และความต้องการทั้งหมดที่มีอยู่บนปัญหา อยู่ในรูปของฟังก์ชันเชิงเส้น โดยมีสิ่งที่ต้องรู้จักในการโปรแกรมเชิงเส้น ได้แก่

- ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) หมายถึง ค่าที่ต้องการทราบ

- ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) ได้แก่ ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แบบเชิงเส้นที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตัดสินใจ และ วัตถุประสงค์ ใช้ในการวัดการบรรลุประสงค์และพิจารณาว่าผลที่ได้เหมาะสมที่สุดหรือไม่
- สัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function Coefficients) ค่าสัมประสิทธิ์ ได้แก่ค่าไรหรือค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของตัวแปรตัดสินใจหนึ่งหน่วย
- ข้อจำกัด (Constraints) อสมการ หรือสมการเชิงเส้น ที่จำกัดทรัพยากร หรือความต้องการ ความสามารถ (Capabilities) บอกข้อจำกัดสูงสุดหรือต่ำสุดของข้อจำกัด และ ตัวแปร
- สัมประสิทธิ์ของข้อมูลเข้า-ออก (Input-Output Coefficients) แสดงการใช้ทรัพยากรของตัวแปร ตัดสินใจหนึ่งๆ

2.2.7 การคำนวณระยะทางเชิงเส้นตรง (Rectilinear)

การคำนวณระยะทางจากความสัมพันธ์เส้นทางจากตำแหน่ง I ไปเส้นทางตำแหน่งซึ่งจะเป็นไปตามความสัมพันธ์จากระยะทางทั้งสองตำแหน่งในแนวเส้นทางในแนวแกน X และแกน Y

$$C_{i,j} = |X_i - X_j| + |Y_i - Y_j| \quad (2.2)$$

โดย X และ Y เป็นตำแหน่งในจุดพิกัดในแนวแกน X และแนวแกน Y ของตำแหน่ง I ปัญหาการหาระยะทางในลักษณะนี้พบได้ในปัญหาที่มีการเคลื่อนที่โดยแนวแกน X และ Y ในขณะที่มีการเคลื่อนที่ในแนวแกนหนึ่งอีกแกนหนึ่งจะอยู่กับที่ ปัญหาลักษณะแบบนี้พบได้ในปัญหาการเดินทางภายในโกดังการเก็บสินค้า และการเดินสายเชื่อมต่อ (Wiring) ในการออกแบบแผงวงจร

ความหมายของการเคลื่อนที่

1. การเคลื่อนที่ (Motion) หมายถึง ขบวนการอย่างหนึ่งที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งอย่างต่อเนื่องตามเวลาที่ผ่านไป โดยมีทิศทางและระยะทาง
2. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Rectilinear Motion) หมายถึง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นแนวเส้นตรงซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว เวลา ความเร่ง และระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ (นันทพงษ์ ลายทอง และคณะ , 2549)ลักษณะการเคลื่อนที่ ในแนวเส้นตรง สิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวซึ่งมีการเคลื่อนที่นั้นจะมีการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกันออกไป เช่น การเคลื่อนที่ในแนวตรงแนวโค้ง เป็นวงกลม หรือกลับไปกลับมาในการที่เราจะพิจารณาว่าวัตถุมีการเคลื่อนที่หรือไม่พิจารณาที่ มีการเปลี่ยนตำแหน่งหรือไม่ ถ้ามีการเปลี่ยนตำแหน่ง ถือเป็นการเคลื่อนที่

3. การบอกตำแหน่งของวัตถุ การบอกตำแหน่งของสิ่งต่าง ๆ นั้นทำได้โดยการบอกตำแหน่งเทียบกับตำแหน่งหรือสิ่งที่สังเกตได้โดยง่าย ซึ่งเรียกว่า ตำแหน่งอ้างอิงหรือจุดอ้างอิง ซึ่งต้องเป็นจุดที่หยุดนิ่ง

ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่

1. เวลา (Time, t) การที่จะทราบว่าวัตถุเคลื่อนที่หรือไม่ จะเริ่มจากการสังเกตวัตถุนั้นในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งจุดที่เริ่มสังเกตจะนับเวลาเริ่มต้น ณ จุดนั้นมีค่า $t = 0$ จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป วัตถุจะมีการเปลี่ยนตำแหน่ง ช่วงเวลาที่สังเกตจะเป็นเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ซึ่งถ้าไม่ทราบค่าแน่นอนจะใช้ t แทนช่วงเวลาดังกล่าว โดยมีหน่วยเป็นวินาที (s)
2. ระยะทาง (Distance, s) หมายถึง แนวเส้นที่วัตถุเคลื่อนที่ไปโดยนับจากจุดเริ่มต้นอ้างอิง ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่จะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ผ่านไป การวัดระยะทางจะวัดตามแนวทางที่วัตถุเคลื่อนที่ไป ถ้าวัตถุเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงก็วัดระยะทางได้ง่ายขึ้น แต่ถ้าแนวทางไม่เป็นเส้นตรงก็จะวัดระยะทางได้ลำบาก ระยะที่วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ตามเส้นทางที่วัตถุนั้นเคลื่อนที่จริง ๆ โดยไม่คำนึงว่าวัตถุจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงหรือไม่ ระยะทางเป็นปริมาณสเกลาร์
3. การกระจัด (Displacement, d) หมายถึง การที่วัตถุเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยการเคลื่อนที่จากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้าย โดยมีทิศทางจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็นเมตร (m) (นันทพงษ์ ลายทองและคณะ, 2549)