บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing System: FMS)

แนวความคิดเกี่ยวกับเรื่องนี้ เกิดขึ้นครั้งแรกในระหว่างปี ค.ศ. 1960 ที่เมืองลอนดอน ประเทศอังกฤษ โดย David Williamson วิศวกรที่ทำงานด้านการวิจัยและพัฒนา โดยในครั้งแรกคิดออกมาในลักษณะที่เป็น Flexible machining system และเรียกระบบนี้ว่า "ระบบผลิตแบบ 24 ชั่วโมง" เนื่องจากระบบนี้ถูกวางแผนให้ทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง ภายใต้การควบคุมของคอมพิวเตอร์

Williamson วางแผนโดยใช้เครื่องจักรแบบเอ็นซี เพื่อทำการผลิตชิ้นงานต่างๆมากมาย ชิ้นงานจะถูกขนขึ้นอุปกรณ์สำหรับวางชิ้นงาน (Pallet) โดยคนงาน แล้วถูกขนส่งไปยังเครื่องจักรต่างๆ หลังจากนั้นจะถูกขนลงโดยอัตโนมัติ เครื่องจักรแต่ละเครื่องจะประกอบด้วยเครื่องมือหลายๆชนิดที่สามารถเลือกใช้ได้ และสามารถเปลี่ยนอุปกรณ์เพื่อให้เหมาะสมกับงานที่จะดำเนินการผลิต ทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้หลากหลายหน้าที่ ระบบการทำงานดังกล่าวจะถูกเชื่อมโยงเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ควบคุมการทำงาน ซึ่งทำให้อัตราการใช้คนงานลดลง

ระบบการทำงานดังกล่าวนี้ ถูกนำมาใช้กันแพร่หลายมากขึ้น นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 และมีการพัฒนาต่อมาเรื่อยๆจนกลายเป็นระบบผลิตแบบยืดหยุ่นในปัจจุบัน ส่วนมากจะใช้ระบบผลิตนี้กับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไม่มากนัก แต่มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์มาก

จากแนวความคิดของ Williamson สามารถสรุปได้ว่า ระบบผลิตแบบยืดหยุ่น เป็นขบวนการที่สามารถทำการผลิตได้หลากหลายผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่องจักรและจำนวนพนักงานน้อยๆ แต่มีประสิทธิภาพ และความเชื่อถือได้

นอกจาก Williamson แล้วยังมีผู้ให้คำจำกัดความของระบบผลิตแบบยืดหยุ่นไว้หลากหลายแตกต่างกันอีกเป็นจำนวนมาก ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้และระบบผลิตที่จะใช้ ตัวอย่างของคำจำกัดความอื่นของระบบผลิตแบบยืดหยุ่น เช่น

- รัฐบาลแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้คำจำกัดความของระบบผลิตแบบยืดหยุ่นไว้ว่า เป็นการนำเอาเครื่องจักรและเครื่องมือต่างๆมาเชื่อมต่อกันและเชื่อมเข้ากับระบบการขนถ่ายวัสดุ ที่มีคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน รวมทั้งสามารถผลิตชิ้นงานแบบสุ่มได้
- Kearnly และ Trecker กล่าวว่า ระบบผลิตแบบยืดหยุ่นเป็นกลุ่มของ เครื่องจักรเอ็นซีที่ทำการผลิตชิ้นงานแบบสุ่ม โดยมีระบบขนถ่ายวัสดุและคอมพิวเตอร์ช่วยในการทำงาน

- Tang,Yih และ Liu (1993) กล่าวว่า ระบบผลิตแบบยืดหยุ่นถูกออกแบบโดยการรวมเอาประสิทธิภาพของระบบผลิตแบบสายการผลิตที่มีการผลิตปริมาณมากๆ ประสิทธิภาพของเครื่องจักรสูง มีเวลานำน้อย กับความยืดหยุ่นของระบบผลิตแบบงานสั่งทำที่มีการผลิตปริมาณน้อย มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์สูง แต่มีเวลานำและงานระหว่างทำมาก ระบบผลิตแบบยืดหยุ่นได้นำเอาข้อดีของแต่ละระบบผลิตดังกล่าวมารวมกัน ทำให้กลายเป็นระบบผลิตที่มีประสิทธภาพสูงพร้อมๆกับความยืดหยุ่น

จากแนวความคิดและคำจำกัดความต่าง ๆ จะเห็นได้ว่า ระบบผลิตแบบยืดหยุ่นเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการลดหรือกำจัดปัญหาในอุตสาหกรรมการผลิต โดยสามารถดำเนินการผลิตชิ้นงานที่แตกต่างกัน แต่ละชนิดมีปริมาณไม่มากนักพร้อมๆกัน โดยการใช้เครื่องจักรและเครื่องมือ จำนวนน้อย ได้อย่างถูกต้อง ตรงเวลา และสามารถดำเนินการถูกต้องตามขั้นตอนของการผลิต รวมทั้งมีความยืดหยุ่น พร้อมที่จะรับชิ้นงานใหม่ๆที่ถูกดัดแปลงและชิ้นงานที่ไม่เคยทำการผลิตมาก่อนได้

วัตถุประสงค์ของระบบผลิตแบบยืดหยุ่น คือ

1. เพื่อพัฒนาการควบคุมการปฏิบัติงานของระบบผลิต
2. เพื่อลดต้นทุนด้านค่าแรงงานทางตรง และค่าใช้จ่ายในการผลิตอื่นๆ เนื่องจากสามารถลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ลดเวลานำ รวมทั้งสามารถลดค่าอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆด้วย
3. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องจักร
4. ลดปริมาณพัสดุคงคลัง
5. ลดพื้นที่ใช้สอย
6. มีการพัฒนาเพื่อรองรับต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต เครื่องจักรเสีย เป็นต้น

2.2 ระบบขนถ่ายวัสดุ (Material Handling System)

วัตถุประสงค์ของระบบขนถ่ายวัสดุ คือ การขนถ่ายวัตถุดิบ งานระหว่างทำ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆที่ช่วยในการผลิต จากที่หนึ่งไปยังที่ต่างๆภายในโรงงาน โดยการขนถ่ายนี้ต้องมีความปลอดภัย มีประสิทธิภาพ(ต้นทุนต่ำ) ใช้เวลาน้อยและมีความเที่ยงตรง (ทั้งในด้านของปริมาณและสถานที่) โดยปราศจากการสูญเสียของวัสดุ การนำอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุไปใช้ในระบบผลิตควรมีการพิจารณาปัจจัยต่างที่เกี่ยวข้อง เช่น ลักษณะของชิ้นส่วนของงานต่างๆ วัสดุที่ใช้ผลิตภัณฑ์ ปริมาณในการขนถ่าย ระยะทางในการขนถ่าย ชนิดของระบบผลิต และปัจจัยอื่นๆ

รวมทั้งต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายด้วย ระบบขนถ่ายวัสดุที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตมีมากมายหลายชนิด ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆได้ 6 กลุ่ม ดังนี้

- Hand truck เป็นอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่มีล้อในการเคลื่อนที่ ใช้สำหรับขนถ่ายวัสดุที่มีลักษณะเป็น Unit และเป็น Bulk โดยในการขนถ่ายจะใช้คนเข็นรถให้เคลื่อนที่ไปยังที่ต่างๆที่ต้องการ
- Powered trucks จะเหมือนกับกลุ่มที่ 1 แต่ในการเคลื่อนที่นั้นนอกจากจะใช้คนเข็น ให้เคลื่อนที่แล้ว ยังสามารถใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ใช้แก๊สโซลีน หรือแก๊สโพรเพนก็ได้
- Crane Monorails และ Hoists เป็นอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่ใช้ในการยกและขนย้ายวัสดุที่มีน้ำหนักและปริมาณมากๆ
- Conveyor เป็นอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่มีทั้งชนิดที่เป็นแบบธรรมดาและแบบอัตโนมัติ ใช้เคลื่อนย้ายวัสดุระหว่างจุดต่างๆที่กำหนด มีเส้นทางการเคลื่อนที่ที่แน่นอน สามารถขนถ่ายวัสดุที่มีปริมาณหรือน้ำหนักมากๆได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นที่จัดเก็บวัสดุชั่วคราวได้
- ระบบการขนถ่ายวัสดุโดยใช้พาหนะสำหรับขนถ่ายวัสดุแบบอัตโนมัติ (AGV) เป็นอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่เคลื่อนที่ได้เองโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ สามารถเดินทางไปรับและส่งงานตามสถานีงานต่างๆตามเส้นทางที่กำหนดได้โดยอัตโนมัติ
- นอกเหนือจากอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุดังกล่าวมาแล้ว ยังมีวัสดุที่ใช้สำหรับขนถ่ายวัสดุอื่นๆอีกจำนวนมาก เช่น ลิฟท์ ท่อส่งน้ำมัน ตู้คอนเทรนเนอร์ รถไฟสำหรับส่งของ เรือบรรทุก หรือ เครื่องบินที่ใช้ขนส่งสินค้า เป็นต้น

สำหรับ 3 กลุ่มแรกที่กล่าวมาเป็นอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่ทำงานแบบธรรมดา และมีการใช้มานานนับสิบปีแล้ว ส่วนกลุ่มที่ 4 และ 5 เป็นอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบอัตโนมัติที่สามารถทำงานได้ด้วยตัวเองและมักจะถูกนำไปใช้ในระบบผลิตแบบอัตโนมัติ

2.3 ระบบขนถ่ายวัสดุโดยใช้พาหนะแบบอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle System: AGV)

ระบบขนถ่ายวัสดุโดยใช้พาหนะแบบอัตโนมัติ (AGV) เริ่มใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ.1954 ในประเทศสหรัฐอเมริกา (Koff และ Boldrin,1985) แต่ในยุคนั้นยังไม่มีการใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงาน จนกระทั่งประมาณปี 1970 จึงเริ่มนำคอมพิวเตอร์มาใช้ควบคุมการทำงาน ส่งผลให้วิวัฒนาการของ AGV มีความเป็นอัตโนมัติเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนานำ AGV มาใช้ร่วมกับหุ่นยนต์ (robot) โดยการติดตั้งหุ่นยนต์บน AGV ซึ่งเป็นการเพิ่มความสามารถในการเคลื่อน

ที่ให้แก่หุ่นยนต์และเพิ่มความยืดหยุ่นในการทำงานให้แก่ AGV (Warnecke, Schuler และ Klug, 1983)

ระบบขนถ่ายวัสดุโดยใช้พาหนะแบบอัตโนมัติ เป็นระบบขนถ่ายวัสดุที่มีการทำงานแบบอิสระ สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวเองไปตามเส้นทางที่กำหนด การขับเคลื่อนของ AGV จะใช้พลังงานจากแบตเตอร์รี่ที่ติดตั้งไว้บน AGV ซึ่งแบตเตอร์รี่นี้สามารถอัดไฟได้ตลอดเวลาตามความต้องการ โดยการเคลื่อน AGV ไปยังจุดอัดไฟแล้วเชื่อมสายไฟเข้ากับแผงวงจรบน AGV (Berruti และ Nicola,1981) การเติมไฟหนึ่งครั้งสามารถใช้งานได้ประมาณ 8 ถึง 16 ชั่วโมง ขึ้นกับขนาดและชนิดของแบตเตอร์รี่

ความสามารถของ AGV ในการขนส่งสิ่งต่างๆมีดังนี้

1. ขนส่งวัตถุดิบจากที่เก็บไปยังอุปกรณ์วางชิ้นงาน (Pallet)
2. ขนส่งอุปกรณ์จับยึดและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำงานจากที่เก็บไปยังสถานีงาน และขนจากสถานีงานมายังที่เก็บ
3. ขนส่งงานระหว่างสถานีงาน
4. ขนส่งเครื่องมือต่างๆจากที่เก็บไปยังจุดที่มีการติดตั้งเครื่องมือและสถานีการทำงาน

ในการนำเอาระบบ AGV มาใช้เพื่อก่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสบความสำเร็จนั้นจะต้องมีการดำเนินการในด้านต่างๆดังนี้

1. การกำหนดและการเลือกเส้นทางการเดินทางสำหรับ AGV
2. การควบคุมการเดินทางและความปลอดภัยในการเดินทาง
3. การจัดการระบบของ AGV

2.3.1 การกำหนดและการเลือกเส้นทางการเดินทางสำหรับ AGV

การกำหนดเส้นทางการเดินทาง หมายถึง วิธีการกำหนดเส้นทางการเดินทางให้แก่ AGV และควบคุมให้ AGV เดินทางไปยังปลายทางตามที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง เราสามารถกำหนดเส้นทางการเดินทางของ AGV ได้ 2 วิธี คือ

- การใช้สายไฟฝังไว้ในซ่อง โดยเจาะให้พื้นมีความกว้างประมาณ 1/8 นิ้ว ลึกประมาณ 1/2 นิ้ว เมื่อฝังสายไฟเรียบร้อยแล้วจะใช้วัสดุปิดทับซ่องนั้นเพื่อทำให้พื้นผิวเรียบและไม่เป็นอุปสรรคต่อการเดินทางของ AGV สายไฟที่ฝังไว้นี้จะสร้างสัญญาณสนามแม่เหล็กตลอดเส้นทางการเดิน เพื่อกำหนดเส้นทางการเดินให้แก่ AGV สัญญาณนี้จะมีความถี่อยู่ในช่วง 1-15 เฮิร์ซ ใช้กระแสไฟฟ้าประมาณ 400 มิลลิแอมแปร์ และ แรงดันไฟฟ้าประมาณ 40 โวลท์ สำหรับที่ตัว AGV จะมีคอยล์ 2 ตัวติดอยู่ด้านล่าง เพื่อทำหน้าที่รับ

และส่งสัญญาณระหว่าง AGV กับตัวชี้นำเส้นทางการเดินทาง เพื่อให้สามารถเดินทางได้ถูกต้องตามเส้นทางที่กำหนด

- การติดตั้งแถบสีสะท้อนแสงบนพื้น ซึ่งแถบสีนั้นอาจจะเป็นเทปสี สีสเปรย์ หรือใช้สีทาบนพื้นเลยก็ได้ แถบสีนี้จะมีความกว้างประมาณ 1 นิ้ว ในการกำหนดเส้นทางการเดินทางนั้น แถบสีจะสะท้อนรังสีอุลตร้าไวโอเล็ตออกมา ทำให้ตัวจับสัญญาณที่ AGV สามารถรับและส่งสัญญาณระหว่าง AGV กับตัวแสดงเส้นทางการเดินทางได้ เพื่อให้ AGV สามารถเดินทางได้ถูกต้องตามที่ต้องการ การกำหนดเส้นทางการเดินทางแบบนี้จะมีประโยชน์คือจะไม่ก่อให้เกิดเสียงดังเหมือนกับวิธีแรก รวมทั้งการติดตั้งแบบวิธีแรกนั้นเราไม่สามารถติดตั้งบนพื้นได้เพราะทำให้ไม่สะดวกและไม่เหมาะสม แต่วิธีการใช้แถบสีนี้จะมีปัญหาคือต้องมีการดูแลให้แถบสีสะอาดและไม่เป็นรอยอยู่เสมอ เพื่อให้แถบสีสามารถส่งสัญญาณได้อย่างสม่ำเสมอ

ส่วนการเลือกเส้นทางการเดินทางสำหรับ AGV นั้นจะเป็นปัญหาเกี่ยวกับวิธีการเลือกทางเดินเพื่อไปสู่จุดหมายในการรับและส่งงานของ AGV เนื่องจากแผนผังเส้นทางการเดินทางของ AGV มีได้หลายแบบ เช่น Multi-loop Branch Side tracks และ Spurs แต่ละแบบจะก่อให้เกิดเส้นทางการเดินทางที่แตกต่างกันได้หลายทิศทาง ดังนั้นเมื่อ AGV เดินทางมาถึงจุดที่สามารถเลือกเดินทางได้หลายเส้นทาง (จุดตัดสินใจ) AGV ต้องตัดสินใจว่าจะเดินทางไปทิศทางใด ซึ่งวิธีการตัดสินใจเลือกทางเดินของ AGV นี้มี 2 วิธี คือ

1. การเลือกเส้นทางโดยใช้วิธีการเลือกความถี่ (Frequency select method)
2. การเลือกเส้นทางโดยใช้สวิตช์ไฟฟ้า (Path switch select method)

กรณีการเลือกเส้นทางการเดินทางโดยใช้วิธีการเลือกความถี่นั้น เส้นทางการเดินของ AGV ที่จุดตัดสินใจจะเป็นทางแยกที่มีสัญญาณความถี่ที่แตกต่างกัน เมื่อ AGV เดินทางมาถึงจุดตัดสินใจ AGV จะอ่านรหัสบนพื้นเพื่อหาสถานีที่ต้องเดินทางไป AGV จะเลือกเส้นทางที่มีความถี่ตรงกับความถี่ที่ถูกป้อนเข้าไปในระบบของมัน

ส่วนการเลือกเส้นทางการเดินทางโดยใช้สวิตช์ไฟฟ้านั้น เส้นทางการเดินทางจะถูกแบ่งเป็นบล็อคที่สามารถเปิดปิดสัญญาณได้โดยอิสระ เมื่อ AGV เดินทางมาถึงจุดตัดสินใจ มันจะส่งสัญญาณไปที่สวิตช์ควบคุมที่ติดอยู่ที่พื้นซึ่งมีการติดต่อกับหน่วยควบคุม หน่วยควบคุมก็จะเปิดสัญญาณเส้นทางที่ AGV ต้องเดินทางไป ส่วนเส้นทางอื่นหน่วยควบคุมจะทำการปิดสัญญาณเพื่อไม่ให้ AGV เดินทางไปได้ ทำให้ AGV สามารถเดินทางไปสู่เป้าหมายตามที่ต้องการได้

ในทางปฏิบัตินั้นการเลือกเส้นทางการเดินทางส่วนมากใช้วิธีการเลือกความถี่ที่ตรงกับความถี่ที่ถูกป้อนให้แก่ AGV เพราะมีความเชื่อถือได้มากกว่า (Vosniakos และ Mamalis, 1990)

2.3.2 การควบคุมการเดินทางและความปลอดภัยในการเดินทาง

เป้าหมายของการควบคุมการเดินทางของ AGV เพื่อป้องกันไม่ให้ AGV เดินทางไปชนกับ AGV ตัวที่เดินทางอยู่ข้างหน้ามันบนเส้นทางเดียวกัน ซึ่งสามารถดำเนินการด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งดังนี้

- การติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณที่ AGV
- การแบ่งเส้นทางการเดินทางเป็นเขตการเดินทาง

การติดตั้งตัวจับสัญญาณที่ AGV นั้นเพื่อใช้เป็นตัวตรวจสอบว่ามี AGV อื่นๆอยู่หน้ามันหรือไม่ ถ้ามี AGV ตัวนั้นจะหยุดเดินทันที และจะรอจนกว่า AGV ตัวที่อยู่ข้างหน้าจะเดินทางไปก่อน AGV ตัวที่อยู่ข้างหลังหลังจึงจะเดินทางต่อ เพื่อไม่ให้เกิดการชนกันขณะเดินทาง แต่วิธีการนี้มีข้อเสีย คือ ถ้าเส้นทางการเดินทางของ AGV เป็นเส้นตรงการตรวจจับก็จะมีประสิทธิภาพ แต่ถ้าเมื่อใดที่เส้นทางการเดินทางของ AGV เป็นเส้นโค้งก็จะทำให้เครื่องตรวจจับทำงานได้ไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากเครื่องตรวจสอบจะตรวจสอบหา AGV ที่อยู่ข้างหน้ามันในแนวเส้นตรงได้ดีกว่า ดังนั้นขณะที่ AGV กำลังเดินทางบนเส้นโค้งอาจทำให้ไม่สามารถตรวจพบ AGV ตัวอื่นซึ่งอาจก่อให้เกิดการชนกันได้

การแบ่งเขตการเดินทางนั้นจะเป็นการแบ่งแผนผังโรงงานออกเป็นเขต และมีการยอมให้ AGV เดินทางในแต่ละเขตได้เพียงตัวเดียวเท่านั้น AGV จะเดินทางเข้าไปในแต่ละเขตได้ก็ต่อเมื่อไม่มี AGV อื่นในเขตนั้นเลย ถ้ามี AGV อยู่ในเขตนั้นแล้ว AGV ตัวที่ตามหลังต้องรอจนกว่า AGV ตัวหน้าจะเดินทางออกจากเขตนั้นก่อน เพื่อสร้างความปลอดภัยในการเดินทางให้แก่ AGV

นอกจาก 2 วิธีการดังกล่าวแล้วยังมีวิธีการอื่นๆอีกที่สามารถนำมาใช้เพื่อป้องกันการชนกันของ AGV เช่น การติดตั้งอุปกรณ์กันกระแทกที่ยื่นออกไปข้างหน้ารอบๆตัว AGV เมื่ออุปกรณ์กันกระแทกสัมผัสกับ AGV ตัวอื่น AGV จะลดความเร็วลงหรือหยุดเดินทันที และในบางครั้งอาจมีการใช้ระบบป้องกัน AGV เดินทางออกนอกเส้นทางด้วย ระบบที่ติดตั้งนี้จะสั่งการให้ AGV หยุดเดินทันทีเมื่อ AGV มีการเคลื่อนที่ออกนอกเส้นทางที่กำหนด

2.3.3 การจัดการระบบของ AGV

การจัดการระบบ AGV จะเกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดลำดับการเดินทางของ AGV ที่สถานีงานต่างๆ ซึ่งสามารถดำเนินการได้หลายวิธี แต่โดยส่วนมากมักจะใช้หลายๆวิธีประกอบกันเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งวิธีการต่างๆในการดำเนินการนั้นมีดังนี้

- ใช้แผงควบคุมการทำงาน (On-board control panel)
- ใช้การควบคุมระยะไกลจากสถานีงาน (Remote call station)
- ใช้การควบคุมจากคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง (Central computer control)

การใช้แผงควบคุมการทำงานเป็นตัวสั่งการนั้นเป็นการควบคุมที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุด ต้องอาศัยผู้ปฏิบัติการในการดำเนินการควบคุมการทำงานทุกอย่างของระบบ AGV โดย AGV แต่ละตัวจะถูกติดตั้งแผงควบคุมการทำงานที่มีโปรแกรมเกี่ยวกับการควบคุมการทำงาน เพื่อให้ AGV เดินทางไปตามจุดต่างๆและทำงานตามต้องการได้ การควบคุมการทำงานด้วยวิธีการนี้มีข้อดีคือ ทำให้ระบบมีความยืดหยุ่นในการสั่งการและเปลี่ยนแปลงคำสั่งได้ทันที แต่ก็มีข้อเสียคือผู้ปฏิบัติการต้องควบคุมการทำงานตลอดเวลา

อีกวิธีการหนึ่งที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของ AGV คือการใช้ Remote call station การควบคุมด้วยวิธีนี้จะทำให้ AGV สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบความต้องการของระบบได้ รูปแบบที่ง่ายที่สุดของการควบคุมแบบนี้ก็คือ การกดปุ่มที่ติดอยู่ใกล้กับสถานีรับงานและส่งงาน เพื่อส่งสัญญาณให้ AGV ที่เดินทางผ่านหยุดรับหรือส่งงานที่สถานีงานนั้นๆ

สำหรับรูปแบบที่มีความซับซ้อนมากขึ้นของการควบคุมด้วยวิธีการนี้ คือ การใช้แผงควบคุมที่ติดตั้งอยู่ใกล้กับสถานีงานต่างๆบนเส้นทางการเดินทางของ AGV เป็นตัวสั่งการ เพื่อให้ AGV หยุดที่สถานีงานนั้นๆ ส่วนสถานีงานถัดไปที่ AGV จะต้องเคลื่อนที่ไปจะถูกสั่งการจาก Remote call panel ซึ่งการใช้วิธีการนี้จะเพิ่มความเป็นอัตโนมัติและความคล่องตัวให้แก่ระบบมากกว่าวิธีอื่น รวมทั้งการรับงานและส่งงานจะเป็นการทำงานแบบอัตโนมัติด้วย

ทั้งสองวิธีของการ Call station ดังกล่าวข้างต้น จำเป็นต้องใช้คนในการทำงานติดต่อกับ AGV ที่สถานีงานต่างๆ ซึ่งเราสามารถเพิ่มระดับความเป็นอัตโนมัติของระบบได้โดยการทำให้สถานีงานทำงานได้เองโดยอัตโนมัติ คือสามารถรับวัตถุดิบจาก AGV และส่งงานให้แก่ AGV ได้โดยตรง รวมทั้งสามารถแสดงความต้องการให้ AGV มารับหรือส่งงานที่สถานีงานนั้นๆได้

ในโรงงานหรือโกดังเก็บสินค้าใหญ่ๆที่มีการใช้ระบบอัตโนมัตินั้น การนำระบบ AGV มาใช้ยิ่งต้องการระบบการทำงานที่มีความเป็นอัตโนมัติมากขึ้น เพื่อให้ระบบสามารถทำการผลิต - จัดเก็บ - ขนถ่ายวัสดุ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงมีการนำระบบอีกระบบหนึ่งมาใช้เพื่อควบคุมการทำงานของ AGV คือ การใช้การควบคุมจากคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง โดยคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางจะเป็นผู้สั่งการให้ AGV ทั้งหมดในระบบมีการเคลื่อนที่ไปยังจุดหมายปลายทางและปฏิบัติงานต่างๆตามต้องการ ดังนั้นการควบคุมการทำงานด้วยวิธีการนี้ คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งต่างๆของ AGV ตลอดเวลา เพื่อให้คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางสามารถวางแผนการเดินทางของ AGV ได้ นั่นคือ AGV จะต้องมีการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางตลอดเวลาด้วย

การควบคุมการทำงานของ AGV โดยใช้คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางนั้น สามารถดำเนินการได้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันได้หลายวิธี ความแตกต่างที่เห็นอย่างชัดเจนอย่างหนึ่งก็คือ การกระจายความรับผิดชอบในการตัดสินใจระหว่างการควบคุมที่คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางกับการควบคุมที่ตัว AGV เอง ในกรณีแรกคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางจะทำหน้าที่ตัดสินใจเกี่ยวกับเส้นทางการเดินและ

หน้าที่อื่นๆของ AGV เกือบทั้งหมด โดยจะทำการวางแผนกำหนดเส้นทางสำหรับ AGV แต่ละตัว และควบคุมการทำงานต่างๆเพื่อให้ AGV ดำเนินการตามที่กำหนด ส่วนในกรณีที่สอง คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางจะมีหน้าที่เพียงควบคุมตารางเวลาทั้งหมดและกำหนด AGV ที่จะต้องมีการเคลื่อนที่เท่านั้น หลังจากนั้น AGV จะทำหน้าที่ตัดสินใจเลือกเส้นทางและควบคุมการทำงานในการรับและส่งของด้วยตัวเอง ซึ่ง AGV แบบนี้มักจะถูกเรียกว่าเป็น "Smart vehicles"

เพื่อให้การจัดการกับระบบของ AGV ประสบความสำเร็จนั้น การแสดงการปฏิบัติงานทั้งหมดของ AGV ในลักษณะที่เป็นรูปภาพ (Graphic display) เป็นสิ่งที่มีประโยชน์และจำเป็นอย่างยิ่งในการตรวจสอบการทำงานของระบบ AGV เพื่อตรวจสอบสถานะทั่วๆไปของระบบและตรวจสอบปัญหาต่างๆที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละจุด เช่น จุดที่เกิดการแออัดของการเดินทาง จุดที่เกิดการเสียหายต่างๆ เป็นต้น การใช้ CRT color graphics เป็นวิธีการหนึ่งที่มีประโยชน์ที่ถูกนำมาใช้ตรวจสอบการทำงานทั้งหมดของระบบ

เครื่องมืออื่นๆที่สามารถนำมาช่วยในการจัดการกับระบบ ได้แก่ การรายงานประสิทธิภาพของระบบในแต่ละกะการทำงาน หรือแต่ละช่วงเวลาที่เหมาะสมของการทำงาน ซึ่งรายงานนี้จะแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับผลการปฏิบัติงานของระบบ เช่น จำนวนของการขนส่งที่เกิดขึ้นในแต่ละกะการทำงาน สัดส่วนของเวลาทำงาน สัดส่วนของเวลาที่ไม่ได้ทำงาน รวมไปถึงรายละเอียดของข้อมูลเกี่ยวกับสถานีงานต่างๆและ AGV แต่ละตัวในระบบ ข้อมูลต่างๆที่ได้สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบถึงผลการปฏิบัติงานในแต่ละช่วงเวลาได้ เพื่อที่จะได้ทำการปรับปรุงการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2.3.4 การตัดสินใจของพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุแบบอัตโนมัติ

เนื่องจากในระบบผลิตต่างๆจะประกอบด้วยเครื่องจักรหลายๆเครื่องที่ทำงานแตกต่างกัน ชิ้นงานหนึ่งๆจะผ่านขั้นตอนการทำงานหลายขั้นก่อนที่จะเสร็จสิ้นเป็นผลิตภัณฑ์ การที่ชิ้นงานจะไปยังจุดอื่นๆที่ต้องการนี้เองเป็นจุดที่ก่อให้เกิดการเคลื่อนที่และทำให้เกิดเส้นทางในการเดินทางหลายๆแบบ ดังนั้นนอกจากการจัดการและควบคุมการทำงานของ AGV ดังกล่าวข้างต้นแล้ว การนำ AGV ไปใช้งานให้เกิดประสิทธิภาพจะต้องมีการเลือกและการจัดลำดับของ AGV และชิ้นงานด้วย เนื่องจากในการรับและส่งงานนั้นถ้าไม่มีการจัดลำดับที่ดีอาจส่งผลให้การทำงานเกิดปัญหาได้ ซึ่งในการจัดลำดับของ AGV และชิ้นงานนั้นกฎที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกและจัดลำดับมีมากมายซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ (Egbelu และ Tanchoco, 1984)

1. กฎการตัดสินใจโดยพิจารณาสถานีงาน (A workcentre initiated task assignment rule: WITA)

2. กฎการตัดสินใจโดยพิจารณาพาหนะที่ใช้สำหรับขนส่งวัสดุ (A vehicle initiated task assignment rule: VITA)

2.3.4.1 **กฎการตัดสินใจโดยพิจารณาสถานีงาน** (A workcentre initiated task assignment rule: WITA)

WITA เป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับการเลือกพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุจากกลุ่มของพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุที่ว่างเพื่อไปรับโหลดที่กำหนดให้ กฎการตัดสินใจนี้จะประกอบด้วยสถานีงานสถานีเดียว แต่มีพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุหลายตัว การตัดสินใจจะเลือกพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุที่เหมาะสมเพื่อกำหนดให้ไปรับภาระ โดยกฎต่างๆที่ใช้ในการตัดสินใจมีดังนี้

- กฎการเลือกพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุแบบสุ่ม (Random vehicle rule: RV) ภายใต้กฎข้อนี้จะมีการเลือกพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุแบบสุ่มเพื่อกำหนดให้ไปรับงาน โดยไม่มีการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่พาหนะสำหรับขนส่งวัสดุตั้งอยู่กับตำแหน่งที่ต้องการพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุ
- กฎการเลือกพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุที่อยู่ใกล้ที่สุด (Nearest vehicle rule: NV) ภายใต้กฎนี้จะมีการคำนวณระยะทางระหว่างตำแหน่งที่พาหนะสำหรับขนส่งวัสดุตั้งอยู่กับตำแหน่งที่ต้องการพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุทุกตำแหน่ง โดยใช้ความเร็วในการเดินทางของพาหนะเป็นเกณฑ์ ซึ่งตำแหน่งที่มีระยะทางสั้นที่สุดจะได้รับบริการก่อน
- กฎการเลือกพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุที่ว่างนานที่สุด (Longest idle vehicle rule: LIV) กฎการตัดสินใจข้อนี้จะมีการกำหนดลำดับความสำคัญมากที่สุดให้แก่พาหนะสำหรับขนส่งที่มีเวลาว่างมากที่สุดจากกลุ่มของพาหนะสำหรับขนส่งที่มีเวลาว่าง
- กฎการเลือกพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุที่ใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด (Least utilized vehicle rule: LUV) กฎการตัดสินใจข้อนี้ยึดหลักการทำงานจริงที่ว่า ควรเลือกพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุที่ใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุดเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด การเลือกพาหนะสำหรับขนส่งภายใต้กฎนี้จะเลือกพาหนะที่ใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุดจากพาหนะที่ว่างทั้งหมด กฎการตัดสินใจข้อนี้จะเป็นการสมดุลย์ระหว่างพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุกับชิ้นงานที่อยู่ในระบบ

2.3.4.2 **กฎการตัดสินใจโดยพิจารณาพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุ** (A vehicle initiated task assignment rule: VITA)

VITA เป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับการเลือกสถานีงานจากกลุ่มของสถานีงานที่มีความต้องการพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุพร้อมๆกัน การตัดสินใจภายใต้กฎนี้จะพิจารณาพาหนะสำหรับขนส่ง

วัสดุเพียงตัวเดียวแต่มีหลายสถานีงาน การที่พาหนะสำหรับขนส่งวัสดุจะไปรับหรือส่งงานที่จุดใดๆ ต้องดำเนินการในขั้นตอนก่อนหน้าให้เรียบร้อยเสียก่อน พาหนะสำหรับขนส่งจะไม่สามารถดำเนินการรับหรือส่งงานพร้อมๆกันได้ ถ้ามีสถานีงานที่ต้องการพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุพร้อมๆกันหลายสถานีงาน จะต้องมีการกำหนดลำดับความสำคัญให้แก่สถานีงาน และสถานีงานที่มีลำดับความสำคัญสูงสุดจะได้รับบริการก่อน

ในการกำหนดลำดับความสำคัญให้แก่สถานีงานภายใต้กฎการจัดลำดับแบบ VITA นั้น สามารถดำเนินการได้ด้วยกฎต่างๆ เช่น

- กฎการเลือกสถานีงานแบบสุ่ม (Random workcentre rule: RW) กฎการตัดสินใจในข้อนี้ จะนำสถานีงานที่ต้องการพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุมารวมกันแล้วทำการเลือกสถานีงานมาหนึ่งสถานีงานโดยการเลือกแบบสุ่มเพื่อกำหนดให้พาหนะสำหรับขนส่งวัสดุไปดำเนินการที่จุดนั้น
- กฎการตัดสินใจโดยใช้เวลาในการเคลื่อนที่สั้นที่สุดหรือระยะทางสั้นที่สุด (Shortest travel time / distance rule: STT/D) เป้าหมายของกฎการตัดสินใจข้อนี้คือเพื่อต้องการลดเวลาสูญเปล่าในการเคลื่อนที่ของพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุให้น้อยที่สุด โดยพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุจะบริการสถานีงานที่อยู่ใกล้กับพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุมากที่สุดก่อน ซึ่งคำว่าใกล้ที่สุดนี้จะวัดออกมาในเทอมของระยะทางที่สั้นที่สุดตามทิศทางการเคลื่อนที่ของพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุ
- กฎการเลือกสถานีงานที่มีขนาดของแถวคอยขาออกมากที่สุด (Maximum outgoing queue size rule: MOQS) กฎนี้จะพิจารณาแถวคอยขาออกของทุกสถานีงาน และเลือกชิ้นงานในแถวคอยขาออกที่มีจำนวนชิ้นงานมากที่สุดเป็นอันดับแรก

Cheng (1986) และ Mahadevan และ Narendran (1994) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาประสิทธิภาพของระบบเมื่อใช้กฎการจัดการจัดลำดับที่แตกต่างกัน และสรุปผลการวิจัยได้ว่า ถ้าจำนวนของ AGV ที่วิ่งในระบบมีมากเกินไป กฎการจัดลำดับแบบ Workcentre initiated task assignment dispatching (WITA) จะส่งผลกระทบต่อระบบอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถ้าเพิ่มความเร็วในการเดินทางของ AGV ประสิทธิภาพของกฎการจัดลำดับแบบต่างๆของกฎการจัดลำดับแบบ WITA จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ Sinriech และ Tanchoco (1992) ได้นำเสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพของกฎการจัดลำดับแบบ Vehicle initiated task assignment dispatching (VITA) โดยใช้แผนผังแบบ Single-loop และได้แสดงให้เห็นว่าชนิดของชิ้นงานที่เข้าสู่ระบบ แทบจะไม่ส่งผลกระทบต่อระบบเมื่อมีการใช้กฎการจัดลำดับแบบต่างๆของกฎการจัดลำดับแบบ VITA เปรียบเทียบกับกฎการจัดลำดับแบบดั้งเดิมที่ใช้กันทั่วไป Sabuncuoglu และ

Hommertzhheim (1992) รายงานประสิทธิภาพของเครื่องจักรและกฎการจัดลำดับของ AGV โดยใช้ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ชิ้นงานใช้ในระบบ (Mean flow time) เป็นตัววัดประสิทธิภาพ ซึ่งกฎการจัดลำดับจะถูกทดสอบภายใต้ปัจจัยการทดลองที่แตกต่างกัน โดยใช้การจำลองปัญหาทางคอมพิวเตอร์ช่วยในการทดสอบ Tangjarukij (1994) ได้พัฒนาวิธีการสำหรับเลือกรับโหลดของ AGV ในระบบผลิตแบบยืดหยุ่นและระบบงานสั่งทำ เพื่อหาผลกระทบที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ จากผลการทดลองที่ได้ แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการรับโหลดของ AGV และกฎการจัดลำดับต่างๆของ AGV เป็นปัจจัยหลักที่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างในประสิทธิภาพของระบบ

2.4 สรุป

ระบบขนถ่ายวัสดุโดยใช้พาหนะแบบอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle System: AGVS) เป็นระบบขนถ่ายวัสดุที่มีการทำงานแบบอิสระ สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวเองไปตามเส้นทางที่กำหนด ส่วนมากแล้วจะมีตัวนำทิศทางที่เป็นสายไฟฝังไว้ที่พื้นหรือใช้สีสะท้อนแสงทาบนพื้นเพื่อแสดงเส้นทางการเดินของ AGV การขับเคลื่อนของ AGV จะใช้พลังงานจากแบตตารี่ที่ติดตั้งไว้บน AGV ซึ่งแบตเตอรี่นี้สามารถอัดไฟได้ตลอดเวลาถ้าต้องการ โดยเคลื่อน AGV ไปยังจุดอัดไฟแล้วเชื่อมสายไฟสำหรับอัดแบตเตอรี่เข้ากับแผงวงจรบน AGV (Berruti และ Nicola, 1981) การอัดไฟหนึ่งครั้ง AGV สามารถใช้งานได้ประมาณ 8 ถึง 16 ชั่วโมง ขึ้นกับขนาดและชนิดของแบตเตอรี่

ในการควบคุมการทำงานของระบบ AGV เราจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆดังนี้

1. การเลือกเส้นทางเดินสำหรับ AGV เป็นวิธีการเลือกทางเดินเพื่อไปสู่จุดหมายในการรับและส่งงานของ AGV
2. การควบคุมการเดินทางและความปลอดภัยในการเดินทาง เพื่อป้องกันการชนกันของ AGV ที่อยู่บนเส้นทางเดียวกัน
3. การจัดการระบบของ AGV การจัดลำดับการเดินทางของ AGV ที่สถานีงานต่างๆ โดยใช้เวลาน้อยและมีประสิทธิภาพสูงสุด

นอกจากการจัดการทั้ง 3 ข้อข้างต้นที่ต้องพิจารณาแล้ว การนำ AGV ไปใช้งานให้เกิดประสิทธิภาพจะต้องมีการเลือกและการจัดลำดับของ AGV และชิ้นงานด้วย เนื่องจากในการรับและส่งงานนั้นถ้าไม่มีการจัดลำดับที่ดีอาจส่งผลให้การทำงานเกิดปัญหาได้ ซึ่งในการจัดลำดับของ AGV และชิ้นงานนั้น กฎที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกและจัดลำดับมีมากมาย ซึ่งสามารถแบ่งกฎการตัดสินใจของ AGV ได้ 2 แบบคือ (Egbelu and Tanchoco, 1984)

1. กฎการตัดสินใจโดยพิจารณาสถานีงาน (Workcentre initiated task assignment rule: WITA) เป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับการเลือกพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุจากกลุ่มของพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุที่ว่างเพื่อไปรับโหลดที่กำหนดให้
2. กฎการตัดสินใจโดยพิจารณาพาหนะที่ใช้สำหรับขนส่งวัสดุ (Vehicle initiated task assignment rule: VITA) เป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับการเลือกสถานีงานจากกลุ่มของสถานีงานที่มีความต้องการพาหนะสำหรับขนส่งวัสดุพร้อมๆกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย