บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ผู้วิจัยได้รวบรวมเนื้อหาที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาระบบการผลิตที่ใช้รถขนถ่ายอัตโนมัติ (AGV) ในการขนถ่ายวัสดุ ประกอบกับหลักการสร้างแบบจำลองปัญหาในระบบการผลิต โดยจะกล่าวถึงทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 กระบวนการผลิต

2.2 หลักการใช้งานและการควบคุมความปลอดภัยของรถ AGV

2.3 ทฤษฎีว่าด้วยการจำลองสถานการณ์

2.4 ประเภทของแบบจำลองในการจำลองสถานการณ์

2.5 โปรแกรม Arena

2.6 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

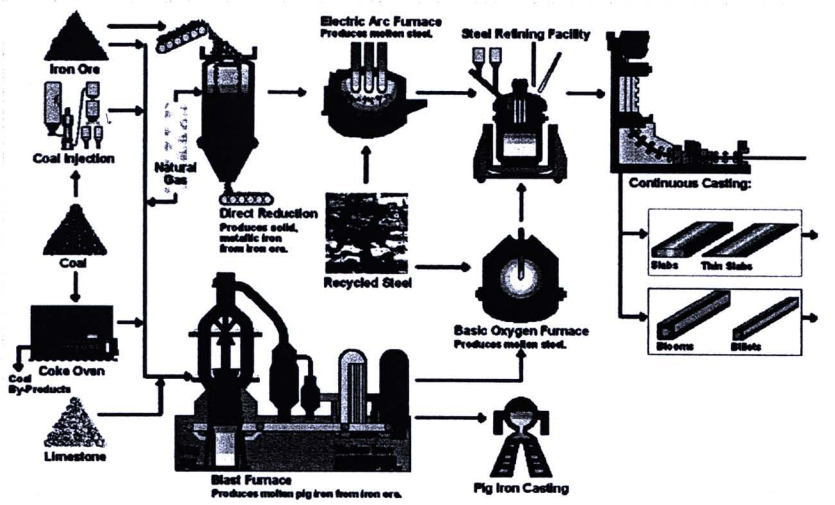
2.1 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิต (Process) เป็นการวางแผนการดำเนินงาน การจัดองค์กร การดำเนินงาน การกำหนดทิศทาง และการควบคุมการดำเนินงานให้เกิดผลิตผลที่ได้คุณภาพมาตรฐาน ในส่วนของการวางแผนการดำเนินการผลิตเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากเพราะจะต้องจัดการให้แรงงานคนและเครื่องจักรฯ มีการทำงานประสานกันอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อให้ได้ผลลัพธ์คือ ผลิตผลและผลิตภัณฑ์ หรือสินค้าที่ดีที่สุดนั่นเอง โดยประเภทของกระบวนการผลิตมีทั้งหมด 4 ประเภทด้วยกัน ได้แก่

2.1.1 กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous process) เป็นกระบวนการผลิตที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากวัตถุดิบอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เวลายาวนานผ่านขั้นตอน เครื่องจักรต่างๆ ที่มีกระบวนการทำงานแบบต่อเนื่อง จึงเป็นกระบวนการผลิตที่ทำงานตลอดเวลาดังแสดงในภาพที่ 2.1 พนักงานส่วนใหญ่ทำงานเป็นกะ (Shift work) ดังนั้น กระบวนการผลิตแบบนี้จึงมีลักษณะที่สำคัญคือ ต้องมีอุปกรณ์และขั้นตอนการผลิตที่ได้มาตรฐาน มีลำดับขั้นตอนการผลิตที่แน่นอนและมีประเภทของผลิตภัณฑ์ไม่มาก มีกระบวนการไหลของงานอย่างต่อเนื่องไม่มีการหยุด

รอ อัตราการไหลของการผลิตค่อนข้างแน่นอน มีปริมาณผลผลิตหรือผลิตภัณฑ์จำนวนมากและเป็นการผลิตเพื่อรอการจำหน่าย และมีการลงทุนค่อนข้างสูง ตัวอย่างอุตสาหกรรมประเภทนี้ เช่น โรงงานกระดาษ โรงงานปิโตรเคมี โรงงานปูนซิเมนต์ โรงงานถลุงเหล็ก โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานกระจก โรงงานผลิตสารเคมี เป็นต้น

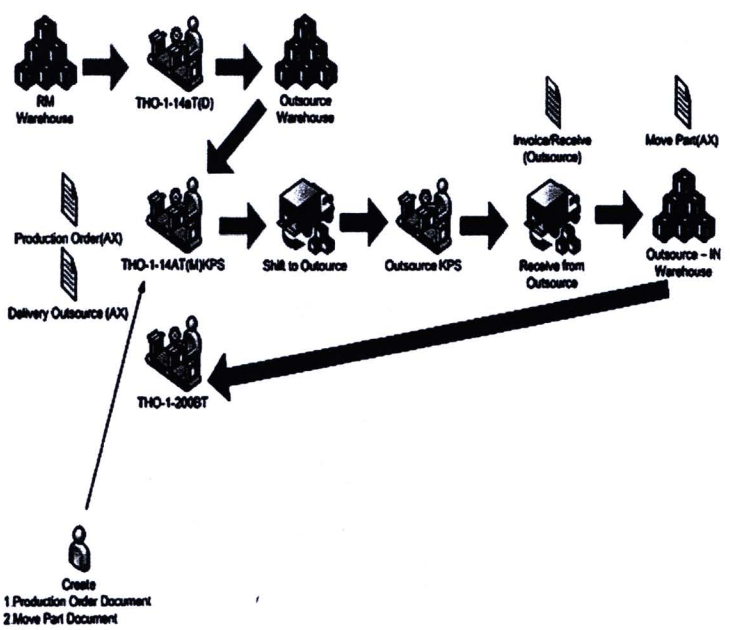
ภาพที่ 2.1 กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous process) ในการผลิตเหล็ก



ที่มา: http://pirun.ku.ac.th

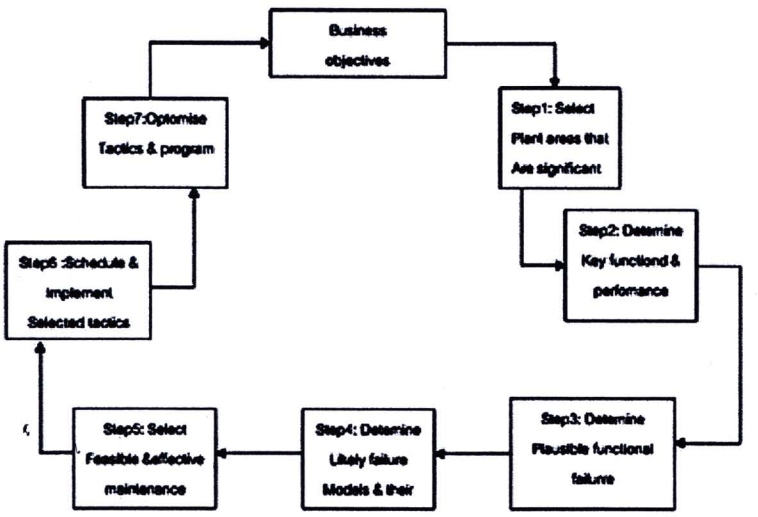
2.1.2 กระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent process) เป็นการผลิตสินค้าในโรงงานอุตสาหกรรมที่เป็นไปตามใบสั่งซื้อของลูกค้าดังแสดงในภาพที่ 2.2 ดังนั้น กระบวนการผลิตจึงแตกต่างกันตามลักษณะของใบสั่งซื้อสินค้าและลำดับการผลิตที่แตกต่างกันไปบางครั้งจึงเรียกกระบวนการผลิตแบบนี้ว่า กระบวนการผลิตแบบการผลิตตามงาน (job shop production process) ซึ่งมีลักษณะที่สำคัญดังนี้ คือ มีปริมาณการผลิตต่ำเพราะผลิตสินค้าตามใบสั่งของลูกค้า ลำดับการผลิตจึงเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตและกระบวนการผลิตมีความยืดหยุ่นได้สูง อัตราการผลิตสินค้าไม่แน่นอน ผลิตสินค้าได้หลายประเภท กระบวนการไหลของงานไม่ต่อเนื่อง มีโอกาสมากในการหยุดรอการผลิต มีความต้องการใช้พนักงานที่มีทักษะความชำนาญเฉพาะงานนั้นๆ และไม่ต้องลงทุนมากทางด้านเครื่องจักรในการผลิต ตัวอย่างอุตสาหกรรมประเภทนี้ เช่น โรงชุบ โรงกลึง โรงหล่อ โรงงานแปรรูปโลหะ โรงพิมพ์ โรงงานผลิตภัณฑ์พลาสติก โรงงานทำเบาะรถยนต์ โรงงานประกอบบันไดเลื่อน โรงซ่อมรถยนต์ เป็นต้น

2.1.3 กระบวนการผลิตแบบผลิตซ้ำ (Repetitive process) เป็นกระบวนการผลิตที่มีการผลิตในแต่ละลำดับของการผลิตเป็นการผลิตแบบซ้ำๆ ในหลายๆ หน่วยของผลิตภัณฑ์ บางครั้งอาจเรียกว่า กระบวนการผลิตแบบกึ่งต่อเนื่อง ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะทำการผลิตจากแผนกหนึ่งแล้วส่งไปทำการผลิตอีกแผนกหนึ่งต่อๆ กันไป จนสำเร็จเป็นผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ลักษณะที่สำคัญของกระบวนการผลิตแบบนี้ คือ กระบวนการผลิตและอุปกรณ์มีความยืดหยุ่นได้ ลำดับการผลิตค่อนข้างแน่นอน แต่สามารถปรับเปลี่ยนได้ อัตราการผลิตของแต่ละลำดับหรือแต่ละแผนกแน่นอน แต่อัตราการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์อาจควบคุมได้ยาก การผลิตเป็นล็อต (Production lot) มีปริมาณการผลิตสูง มีกระบวนการไหลของงานแบบต่อเนื่อง แต่มีโอกาสเกิดการหยุดรอในระหว่างลำดับการผลิตที่ต่อเนื่องกัน สามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตได้ และมีความต้องการใช้พนักงานที่มีทักษะความชำนาญในงาน ตัวอย่างอุตสาหกรรมประเภทนี้ เช่น โรงงานทอกระสอบ โรงงานทอผ้า โรงงานทำรองเท้า โรงงานประกอบรถยนต์ โรงงานประกอบเครื่องใช้ไฟฟ้า โรงงานเย็บเสื้อผ้า โรงงานประดิษฐ์ดอกไม้ โรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โรงงานประกอบของเล่น เป็นต้น



ภาพที่ 2.2 กระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent process) หรือการผลิตตามใบสั่งซื้อ

ที่มา: http://cid-26f550f84ae6f2bf.spaces.live.com



ภาพที่ 2.3 กระบวนการผลิตแบบทำซ้ำ (Repetitive process)

ที่มา: http://www.todayissoftware.com

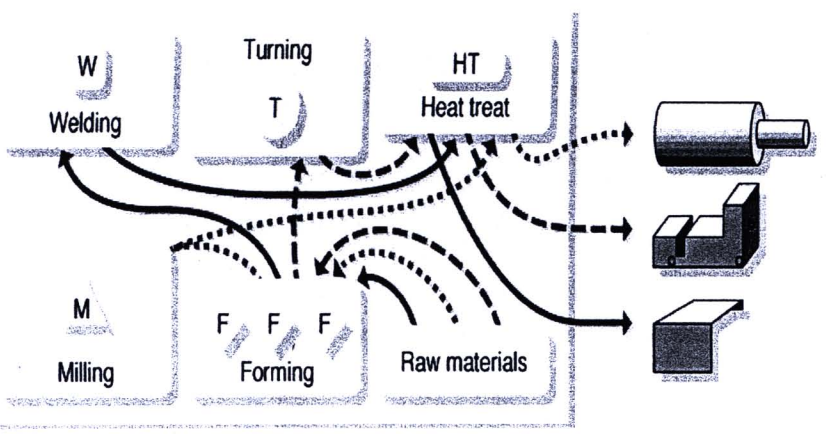
ภาพที่ 2.4 กระบวนการผลิตแบบโครงการ (Project-type process) ในอุตสาหกรรมต่อเรือ

ที่มา: http://www.bloggang.com

2.1.4 กระบวนการผลิตแบบโครงการ (Project-type process) เป็นกระบวนการผลิตที่ใช้เฉพาะกับงานโครงการใหญ่ ดังนั้นจึงเป็นกระบวนการที่ไม่ผลิตซ้ำและไม่ต่อเนื่อง ทำให้ลำดับหรือขั้นตอนการผลิตสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ลักษณะที่สำคัญของกระบวนการนี้คือ อุปกรณ์และกระบวนการผลิตมีความยืดหยุ่นสูง ขั้นตอนการผลิตปรับเปลี่ยนได้ ผลิตงานเป็นโครงการชนิดเดียว กระบวนการไหลของงานเป็นแบบไม่ต่อเนื่องสามารถหยุดรอได้ อัตราการผลิตค่อนข้างต่ำ และต้องมีแผนงานและการควบคุมที่เคร่งครัด มีการสูญเสียทางด้านวัสดุสูง ดังแสดงในภาพที่ 2.4 แสดงตัวอย่างการใช้กระบวนการผลิตแบบโครงการในอุตสาหกรรมประเภทการต่อเรือ นอกจากนี้ยังมีโรงงานอุตสาหกรรมอีกหลายประเภทที่ใช้กระบวนการผลิตแบบโครงการ ตัวอย่างเช่น 'โรงงานต่อประกอบโครงเหล็ก โรงงานผลิตหม้อไอน้ำ โรงงานผลิตเสาคอนกรีต โรงงานผลิตตามสัญญาโครงการต่างๆ เป็นต้น

นอกจากนี้ การวางผังของกระบวนการผลิตก็สำคัญเช่นกัน ซึ่งประเภทของการวางผังกระบวนการผลิตนั้น (ธันยพร, 2551) สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

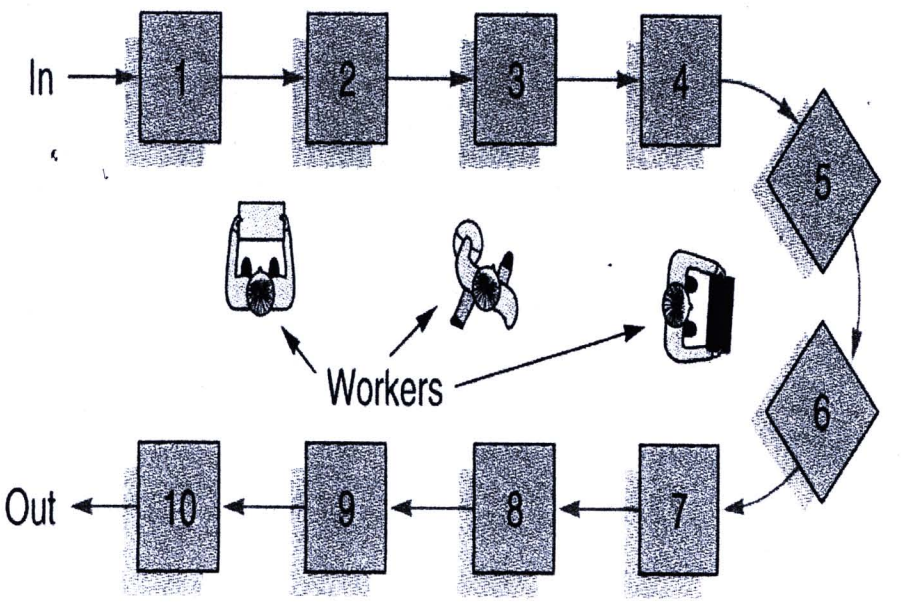
2.1.5 แผนผังตามกระบวนการผลิต (Process Layout) คือ การจัดวางเครื่องจักรเป็นหมวดหมู่ตามลักษณะของกระบวนการผลิตดังแสดงในภาพที่ 2.5 ตัวอย่างเช่น เครื่องกลึง เครื่องเจาะ สินค้าที่ทำการผลิตจะถูกเคลื่อนย้ายไปยังกระบวนการต่างๆ ตามที่จะต้องดำเนินการ ซึ่งเหมาะสำหรับการผลิตสินค้าที่มีขั้นตอนการผลิตที่ไม่เป็นมาตรฐาน ปริมาณการผลิตแต่ละครั้งไม่เท่ากัน รูปแบบของสินค้าไม่มีมาตรฐาน เหมาะกับเป็นแผนผังกระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง หรือด้านงานการให้บริการ



ภาพที่ 2.5 รูปแบบแผนผังตามกระบวนการผลิต (Process Layout)

ที่มา: http://www.dollarsrich.com

2.1.6 แผนผังตามผลิตภัณฑ์ (Product Layout) คือ การจัดวางเครื่องจักรตามลำดับความต้องการของการใช้เครื่องจักรดังแสดงในภาพที่ 2.6 เพื่อการผลิตสินค้าแต่ละชนิดเท่านั้น จะไม่ใช้เครื่องจักรเครื่องมือร่วมกัน เหมาะสำหรับการผลิตสินค้าที่มีปริมาณการผลิตมากๆ มีรูปแบบของสินค้ามาตรฐาน สินค้ามีขั้นตอนการผลิตที่แน่นอนไม่เปลี่ยนแปลงและเหมาะกับกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง



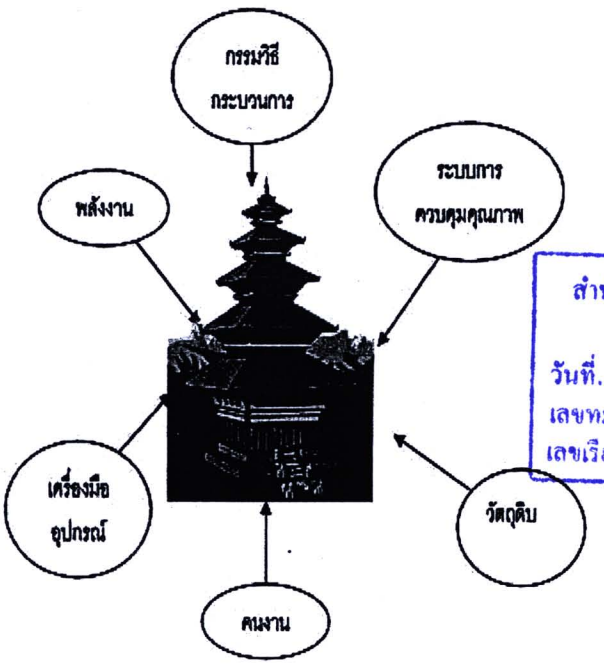
ภาพที่ 2.6 รูปแบบแผนผังตามผลิตภัณฑ์ (Product Layout)

ที่มา: http://www.dollarsrich.com

2.1.7 แผนผังผลิตภัณฑ์อยู่กับที่ (Fixed Product Layout) คือ การจัดวางแผนผังการผลิตโดยที่สินค้าจะอยู่กับที่ ซึ่งการผลิตลักษณะนี้ทำได้โดยการเคลื่อนย้ายเครื่องจักร วัสดุและแรงงานเข้ามาทำการผลิต เนื่องจากสินค้ามีขนาดใหญ่เคลื่อนที่ได้ยากดังแสดงในภาพที่ 2.7 ตัวอย่างเช่น การสร้างเครื่องบิน รถไฟ สร้างบ้านหรืออาคาร

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบแผนผังโรงงานที่ใช้ในการวิจัยแบบแผนผังตามกระบวนการผลิต (Process Layout) เนื่องจากมีการจัดวางเครื่องจักรเป็นหมวดหมู่ตามลักษณะกระบวนการผลิตโดยมีการผลิตตาม กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous process) เนื่องจากกระบวนการผลิตในผังโรงงานมีลักษณะการผลิตเป็นแบบต่อเนื่อง จึงอาจมีโอกาสเกิดการหยุดรอระหว่างลำดับการผลิตที่ต่อเนื่องกันได้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 15 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 247263
เลขเรียกหนังสือ

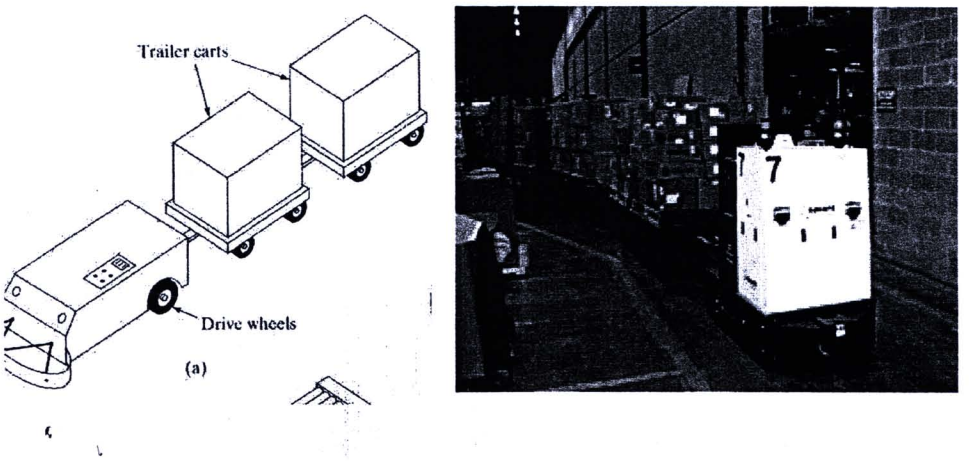
ภาพที่ 2.7 รูปแบบแผนผังผลิตภัณฑ์อยู่กับที่ (Fixed Product Layout)

ที่มา: http://www.dollarsrich.com

2.2 หลักการใช้งานและการควบคุมความปลอดภัยของรถ AGV

ระบบ AGV (Automated Guided Vehicle System หรือ AGVS) เป็นระบบขนถ่ายวัสดุที่ใช้รถทำงานได้โดยให้รถแต่ละคันมีอิสระต่อกันสามารถขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเอง ซึ่งถูกนำทางด้วยเส้นทางขนส่งที่ฝังอยู่บนพื้นของโรงงาน รถจะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่ติดตั้งอยู่ในตัวรถซึ่งจะทำให้รถวิ่งได้ในระยะหนึ่ง จากนั้นต้องทำการอัดแบตเตอรี่ใหม่ การกำหนดเส้นทางขนส่งของระบบ AGV นี้อาจจะทำได้โดยใช้สายไฟฟ้าฝังอยู่กับพื้นโรงงาน หรือใช้สีสะท้อนแสงทาบนพื้นโรงงานก็ได้ รถจะใช้เซนเซอร์ (Sensor) เป็นอุปกรณ์ในการนำทาง รถ AGV ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันมีหลายชนิดด้วยกันคือ (ปราเมศ, 2544)

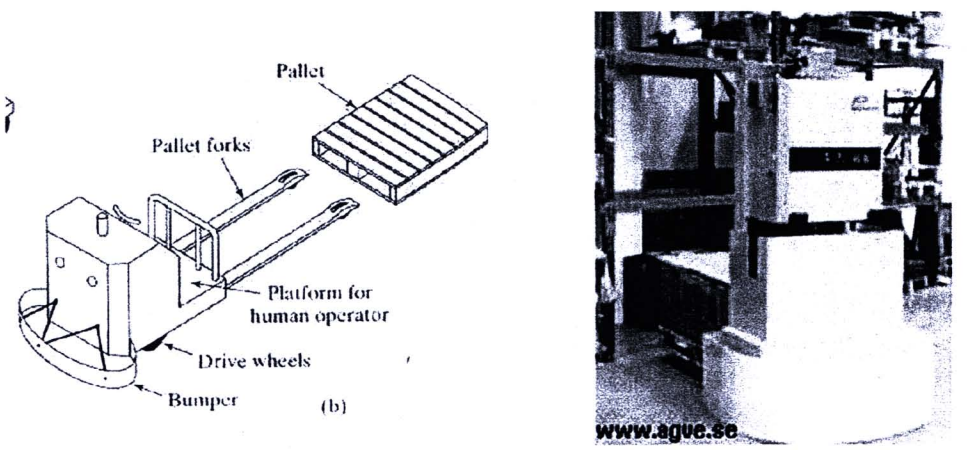
2.2.1 AGV Driver Train: รถ AGV ชนิดนี้จะประกอบด้วยรถลาก (ซึ่งเป็น AGV) ที่ใช้ลากขบวนของรถพ่วงดังแสดงในภาพที่ 2.8 รถ AGV ชนิดนี้เป็นรถ AGV ชนิดแรกที่ผลิตขึ้นมาและปัจจุบันยังคงเป็นที่นิยมอยู่ รถ AGV ประเภทนี้เหมาะสมที่จะใช้กับโหลดที่มีน้ำหนักมากที่จะต้องขนย้ายเป็นระยะทางไกลๆ ในคลังสินค้าหรือในโรงงาน และในระหว่างเส้นทางการขนส่งอาจจะต้องมีการโหลดชิ้นงานเข้าหรือออกจากรถ AGV ก็ได้



ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างรถ AGV แบบ Driver Train

ที่มา: www.pteonline.org/img-lib/staff/file/komson_000236.ppt

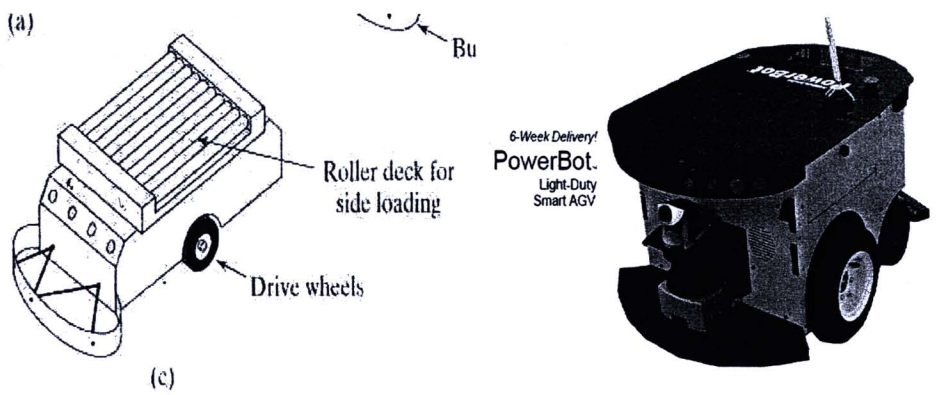
2.2.2 AGV Pallet Truck: รถ AGV ประเภทนี้จะใช้ขนส่งโหลดที่วางอยู่บนพาเล็ตไปบนเส้นทางการขนส่งที่กำหนดให้ ดังแสดงในภาพที่ 2.9 การทำงานแบบนี้เดิมทีคนงานจะทำหน้าที่โหลดพาเล็ตขึ้นมาไว้บนรถด้วยซ่อม (Fork) แล้วขับรถไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ในการใช้งานรถ AGV ประเภทนี้ ผู้ควบคุมเพียงแค่ขับรถ AGV ไปยังตำแหน่งเริ่มต้นของเส้นทางเดินรถ จากนั้นทำการโปรแกรมจุดหมาย แล้วปล่อยให้รถ AGV เคลื่อนที่ไปยังจุดหมายเองโดยอัตโนมัติ ซึ่งรถ AGV ชนิดนี้ปัจจุบันคือ รถ Forklift AGV นั่นเอง



ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างรถ AGV แบบ Pallet Truck

ที่มา: www.pteonline.org/img-lib/staff/file/komson_000236.ppt

2.2.3 AGV Unit Load Carrier: รถ AGV ชนิดนี้จะใช้สำหรับเคลื่อนย้าย Unit Load จากสถานีหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่งดังแสดงในภาพที่ 2.10 โดยปกติแล้วรถ AGV ประเภทนี้จะมีระบบนำชิ้นงานเข้าออกจากรถ AGV แบบอัตโนมัติติดตั้งอยู่ด้วย ซึ่งระบบนี้อาจมีการขับเคลื่อนด้วยลูกกลิ้ง สายพาน แท่นลิฟต์ หรืออุปกรณ์ทางกลอื่นๆ



ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างรถ AGV แบบ Unit Load Carrier

ที่มา: www.pteonline.org/img-lib/staff/file/komson_000236.ppt

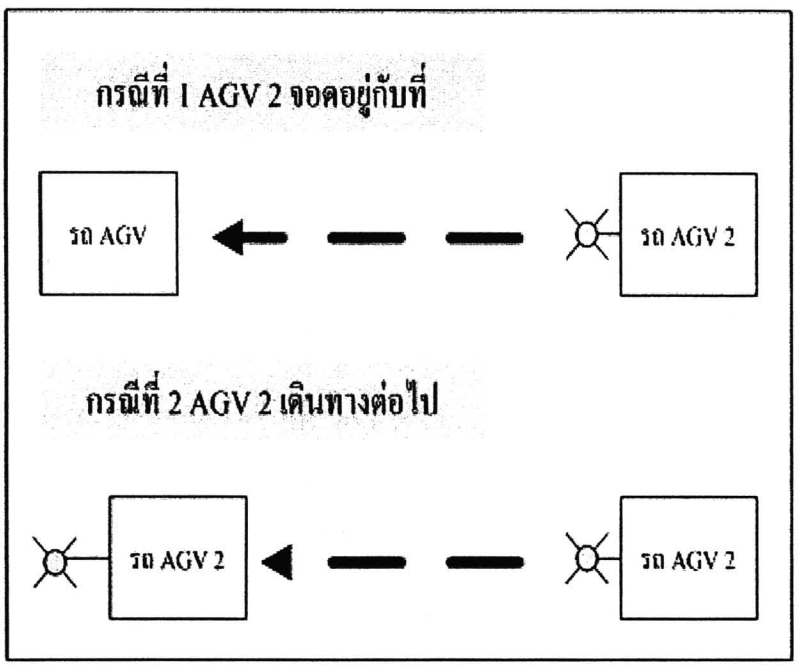
2.2.4 การควบคุมการเดินทางและความปลอดภัยของรถ AGV เพื่อป้องกันการชนกันในขณะที่รถ AGV วิ่งอยู่บนเส้นทางนำทางเส้นเดียวกัน วิธีการควบคุมการเดินทางที่ใช้กันในปัจจุบันคือ “Blocking System” โดยได้มีการพัฒนาวิธีการ Blocking จำนวนมาก แต่วิธีการที่น่าสนใจมี 2 วิธี ดังนี้

2.2.4.1 วิธีการตรวจจับรถ AGV ที่อยู่ข้างหน้า (On-Board Vehicle Sensing หรือ Forward Sensing) วิธีการนี้จะเกี่ยวข้องกับการใช้ระบบเซนเซอร์บางรูปแบบในการตรวจจับว่าบนเส้นทางนำทางเส้นเดียวกันนั้นมีรถ AGV วิ่งอยู่ข้างหน้ารถ AGV คันที่กำลังพิจารณาอยู่หรือไม่ ดังแสดงในภาพที่ 2.11 มีรถ AGV อยู่ 2 คันในระบบจะมีลักษณะการทำงานดังนี้

ก. กรณีที่ 1 เมื่อรถ AGV คันที่ 2 ต้องการเดินทางไปข้างหน้า ปรากฏว่าเซนเซอร์ตรวจพบว่ามีรถ AGV คันที่ 1 จอดอยู่ด้านหน้า รถ AGV คันที่ 2 จึงจอดรออยู่กับที่จนกว่ารถ AGV คันที่ 1 ที่อยู่ด้านหน้าจะเดินทางไป

ข. กรณีที่ 2 เมื่อรถ AGV คันที่ 1 ที่อยู่ด้านหน้าเดินทางไปเรียบร้อยแล้ว รถ AGV คันที่ 2 จึงออกเดินทางต่อไป เนื่องจากเซนเซอร์ ไม่ตรวจพบว่ามีรถ AGV กีดขวางการเดินทาง

เซนเซอร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ เซนเซอร์ตรวจจับแสง และระบบเซนเซอร์อัลตราโซนิกส์ เมื่อเซนเซอร์ตรวจจับได้ว่ามีสิ่งกีดขวางอยู่ข้างหน้าก็จะหยุดการเคลื่อนที่ และเมื่อสิ่งกีดขวางได้ถูกเคลื่อนย้ายออกไปหมดแล้ว รถ AGV ก็จะเคลื่อนที่ต่อไป ในกรณีที่เซนเซอร์มีประสิทธิภาพ 100% การชนกันระหว่างรถ AGV ก็เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ แต่ในความเป็นจริงแล้วประสิทธิภาพของวิธีการนี้จะถูกจำกัดโดยความสามารถของระบบเซนเซอร์ที่ตรวจจับรถ AGV ที่วิ่งอยู่ข้างหน้า แต่เนื่องจากเซนเซอร์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการตรวจจับสิ่งกีดขวางที่อยู่ตรงหน้าเท่านั้น ดังนั้นเราจะใช้ระบบนี้ในผังเส้นทางนำทางของรถ AGV แบบที่มีเส้นทางขนส่งเป็นเส้นตรงและยาว วิธีการนี้ไม่เหมาะสมสำหรับเส้นทางขนส่งที่มีทางเลี้ยวเพราะว่ารถ AGV ตัวที่อยู่ข้างหน้าอาจจะไม่ได้อยู่ตรงหน้าเซนเซอร์ก็ได้

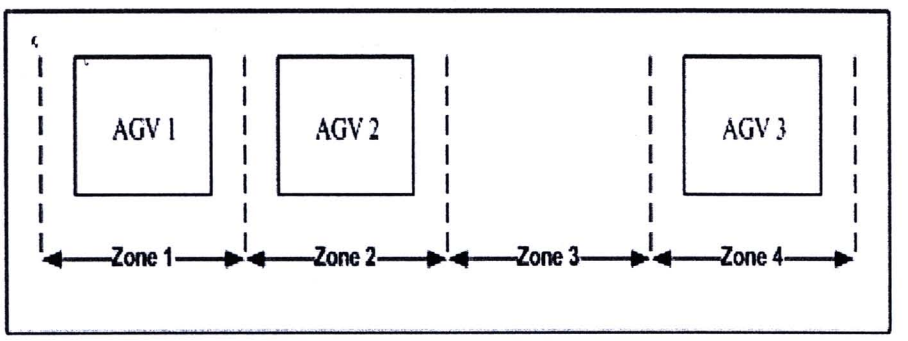


ภาพที่ 2.11 วิธีการตรวจจับรถ AGV ที่อยู่ข้างหน้า (On-Board Vehicle Sensing หรือ Forward Sensing)

2.2.4.2 วิธีกันโซน (Zone Blocking) แนวความคิดเกี่ยวกับวิธีกันโซนเป็นแนวคิดที่ง่ายๆ โดยที่เราจะแบ่งผังเส้นทางการขนส่งของรถ AGV ออกเป็นโซนที่แตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 2.12 โดยจะใช้กฎเกณฑ์ที่ว่าจะไม่ยอมให้มีรถ AGV 2 คันอยู่ในโซนใดๆ ก็ตามในเวลาเดียวกัน ขนาดของโซนจะต้องยาวพอที่จะรองรับความยาวของรถ AGV ได้ นอกจากนั้นเรายังต้องเผื่อความยาวบางส่วนเอาไว้สำหรับในด้านความปลอดภัยอีกด้วย สำหรับด้านอื่นๆ ที่เราควรจะ

พิจารณาประกอบการหาขนาดของโซนคือ จำนวนของรถ AGV ที่วิ่งอยู่ในระบบ ขนาดและความซับซ้อนของผังเส้นทางขนถ่ายของรถ AGV และเราควรจะออกแบบให้มีจำนวนโซนน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

โดยในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองโดยการใช้รถ AGV ประเภท AGV Unit Load Carrier และใช้วิธีการป้องกันการชนกันของรถ AGV คล้ายกับวิธีการป้องกันแบบโซน โดยจะใช้วิธีการจองสถานีล่วงหน้าที่ รถ AGV กำลังจะเดินทางไปแทน ซึ่งจะอธิบายอย่างละเอียดในส่วนของบทที่ 3



ภาพที่ 2.12 วิธีการป้องกันการชนกันของรถ AGV แบบกันโซน (Zone Blocking)

2.3 ทฤษฎีว่าด้วยการจำลองสถานการณ์ (Simulation)

การจำลองสถานการณ์ คือ การทำการสร้างตัวแบบจำลอง (Model) เพื่อทำการเลียนแบบสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้น โดยอาศัยข้อมูลจากการดำเนินงานที่ผ่านมาที่มีผลกระทบต่อการดำเนินงานของระบบนั้น ซึ่งข้อมูลอาจจะได้มาจากการสังเกต (Observation) หรือจากการบันทึกข้อมูลในอดีต

คำนิยามของการจำลองสถานการณ์ คือ "กระบวนการออกแบบตัวแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการใช้ตัวแบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบ หรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ (Strategy) ต่างๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่ได้วางไว้"

การจำลองสถานการณ์ตามแนวความคิดของเพ็กเดนและเชนนอน (Pegden and Shannon) ได้จัดแบ่งกระบวนการของการจำลองสถานการณ์ออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ การสร้างแบบจำลอง และการนำเอาแบบจำลองออกไปวิเคราะห์ ซึ่งจะต้องรวมเอา 2 ส่วนนี้เข้าด้วยกัน ดังนั้นกลไกของวิธีการการจำลองสถานการณ์จะขึ้นอยู่กับแบบจำลองและการใช้แบบจำลอง แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์อาจเป็นระบบงานหรือแนวความคิดใดความคิดหนึ่ง ซึ่ง

ไม่จำเป็นต้องเหมือนกับระบบงานจริง เพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและเพื่อปรับปรุงการทำงานของระบบจริง ดังนั้น การจำลองแบบปัญหาจะเน้นถึงการสร้างแบบจำลองและการทดลองเพื่อการศึกษาปัญหาต่างๆ ที่ต้องการเรียนรู้และแสดงผลลัพธ์ออกให้เป็นค่าทางสถิติ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้งานได้ดังนี้

2.3.1 สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบ

2.3.2 สามารถสร้างทฤษฎี หรือสมมุติฐานที่จะอธิบายหรือแสดงถึงสาเหตุสำหรับพฤติกรรมที่กำลังสังเกตอยู่

2.3.3 ใช้ต้นแบบการจำลองขึ้นเพื่อจะพยากรณ์ถึงพฤติกรรมในอนาคต เช่น ผลกระทบที่เกิดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของระบบหรือวิธีการในการดำเนินการของระบบ

2.4 ประเภทของแบบจำลองในการจำลองสถานการณ์

แบบจำลองสามารถจำแนกประเภทของระบบออกเป็น 2 ชนิดคือ ระบบต่อเนื่อง (Continuous Systems) และระบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Systems) ซึ่งรายละเอียดของระบบแต่ละชนิดมีดังนี้

2.4.1 ระบบต่อเนื่อง (Continuous Systems) เป็นระบบซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง มีความสัมพันธ์กับเวลา ตัวอย่างเช่น การเคลื่อนที่ของเครื่องบินในอากาศ ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วและทิศทางโดยอยู่ภายในช่วงเวลาต่างๆ กัน

2.4.2 ระบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Systems) เป็นระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพที่จุดเวลาต่างๆ เช่น ธนาคาร กล่าวคือ สถานภาพเกิดขึ้นเมื่อมีลูกค้ามารับบริการ และจะสิ้นสุดลงเมื่อลูกค้าใช้บริการจนเสร็จสิ้น

ในทางปฏิบัติแล้วจะมีระบบส่วนน้อยที่เป็นเพียงระบบต่อเนื่องเพียงแบบเดียว หรือเป็นระบบไม่ต่อเนื่องเพียงแบบเดียว แต่เนื่องจากระบบส่วนใหญ่จะมีการเปลี่ยนแปลงชนิดใดชนิดหนึ่งมากกว่าอีกชนิดหนึ่ง ดังนั้นจึงเป็นไปไม่ได้ว่าจะจำแนกระบบออกเป็นแบบต่อเนื่อง หรือไม่ต่อเนื่อง และรายละเอียดต่างๆ ที่เราต้องทำการศึกษาเพื่อความเข้าใจที่ลึกซึ้งและชัดเจนของระบบจริงเกี่ยวกับความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ ของระบบจนถึงประโยชน์ในการทำนายผลของการกระทำที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขใหม่บางอย่างที่ถูกนำมาพิจารณา (กวินธร, 2546)

2.4.3 ขั้นตอนในการจำลองสถานการณ์ มีทั้งหมด 12 ขั้นตอน ได้แก่

2.4.3.1 การกำหนดปัญหา หมายถึง การศึกษาระบบควรเริ่มที่การกำหนดปัญหา เมื่อทราบถึงปัญหาก็จะสามารถเข้าไปศึกษาในจุดที่ต้องการศึกษาอย่างถูกต้อง รวมทั้งยังสามารถเข้าใจถึงปัญหาและทำการแก้ไขปัญหานั้นได้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2.4.3.2 การกำหนดวัตถุประสงค์และวางแผนการทำงาน หมายถึง คำตอบของปัญหาที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ควรจะต้องแน่ใจด้วยว่า ปัญหานั้นสามารถใช้วิธีจำลองสถานการณ์เพื่อทำการแก้ไขปัญหาได้ เมื่อแน่ใจแล้วต้องมีการวางแผนในการจำลองสถานการณ์ให้เหมาะสม สิ่งที่แผนงานควรจะมีคือ แนวความคิดต่างๆ เพื่อนำมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจและอื่นๆ

2.4.3.3 การกำหนดแนวความคิดของแบบจำลอง หมายถึง การทำการออกแบบการจำลองสถานการณ์ของระบบที่จะทำการศึกษา ซึ่งควรออกแบบให้แบบจำลองนั้นมีความถูกต้องให้มากที่สุด เพื่อให้ผู้ใช้เกิดความมั่นใจในผลที่ได้จากการทดลอง

2.4.3.4 การเก็บข้อมูล หมายถึง ในการที่จะสร้างแบบจำลองนั้นจะต้องมีข้อมูลที่จะใช้สร้างแบบจำลอง โดยข้อมูลนั้นจะทำการเก็บมาจากระบบจริง โดยวิธีการเก็บอาจใช้เก็บจากพื้นที่จริง หรือข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ เพื่อนำข้อมูลนั้นมาจำลองสถานการณ์ ซึ่งจะทำให้เกิดความเข้าใจและความเหมาะสมในการทำงานและปัญหาของระบบ

2.4.3.5 การสร้างแบบจำลอง หมายถึง หลังจากที่ทำการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ของระบบการทำงานจริงที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองครบถ้วนแล้ว ก็ทำการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรมที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยในการสร้างแบบจำลองให้ง่ายขึ้นแล้วทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง

2.4.3.6 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง หมายถึง เมื่อทำการสร้างแบบจำลองแล้วจะต้องทำการตรวจสอบว่าแบบจำลองมีข้อผิดพลาดในการสร้างที่จุดใดหรือไม่ แบบจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความพร้อมที่จะทำการทดลองหรือไม่ ถ้ายังไม่พร้อมที่จะทำการทดลองให้รีบตรวจสอบข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในแบบจำลอง จากนั้นทำการแก้ไขจนแบบจำลองพร้อมใช้งานในการจำลองสถานการณ์ได้

2.4.3.7 การตรวจสอบความเสมือนจริงของแบบจำลอง หมายถึง เมื่อแบบจำลองพร้อมที่จะจำลองสถานการณ์แล้วก็จะทำการทดลองจำลองสถานการณ์จริงของการทำงานและทำการเปรียบเทียบว่าแบบจำลองมีความเหมือนจริงหรือไม่ ถ้าไม่ ให้กลับไปตรวจสอบข้อมูลที่ได้เก็บมา และแนวคิดของแบบจำลอง

2.4.3.8 การออกแบบการจำลอง หมายถึง เมื่อแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาทำงานเสมือนระบบจริงแล้ว การออกแบบการทดลองก็คือ การนำแนวคิดของทางเลือกต่างๆ รวมทั้งทฤษฎีและกฎเกณฑ์ที่จะนำมาใช้ ซึ่งก็คือกระบวนการทำงานใหม่ หรือการปรับเปลี่ยนค่าต่างๆ ตามที่ได้วางแผนไว้ในขั้นต้น เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นและจัดทำเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่อไป

2.4.3.9 การจำลองแบบและวิเคราะห์ผล หมายถึง เมื่อได้แบบการทดลองแล้วก็ดำเนินการจำลองแบบการทดลอง และนำผลการทดลองนั้นมาวิเคราะห์เพื่อทำการแก้ไขปัญหา

2.4.3.10 การดำเนินการจำลองเพิ่มเติม หมายถึง หลังจากที่ได้ผลการทดลองที่จำลองมาแล้ว บางครั้งเรายังไม่สามารถที่จะสรุปได้ ต้องดำเนินการจำลองแบบเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นหรืออาจจะต้องทำการปรับปรุงรูปแบบการทดลองใหม่ให้สามารถวิเคราะห์และทำการแก้ไขปัญหาได้ดีขึ้น

2.4.3.11 การจัดทำเอกสารและรายงานผลการทดลอง หมายถึง เมื่อทำการทดลองจนได้ผลการทดลองที่สามารถวิเคราะห์ได้แล้ว ทำการสรุปผลที่ได้ จากนั้นก็นำผลสรุปที่ได้มาจัดทำเป็นเอกสารและรายงานการนำเสนอ เพื่อที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาจริงที่เกิดขึ้น

2.4.3.12 การแก้ปัญหา หมายถึง หลังจากได้ทำการสรุปผลและนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลองตามข้อ 2.4.3.11 หากมีปัญหาเกิดขึ้นให้รีบนำปัญหาที่เกิด มาสร้างแบบจำลองแล้วทำการทดลองอีกครั้ง

2.5 โปรแกรม ARENA

ในการทำการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม Arena เป็นเครื่องมือในการทดลอง เนื่องจากโปรแกรม Arena เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ ซึ่งมีลักษณะและความสามารถในการทำงานดังนี้

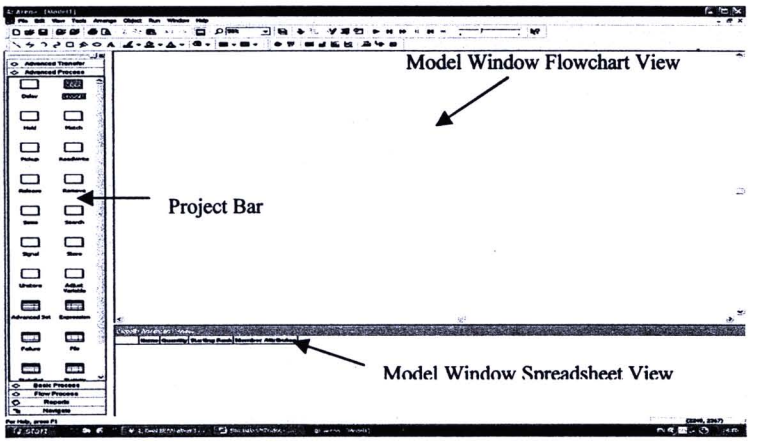
2.5.1 โปรแกรม Arena เป็นโปรแกรมจำลองสถานการณ์ที่สามารถอธิบายกระบวนการทำงาน เอกสารหรือการสื่อสารได้

2.5.2 มีการจำลองสถานการณ์ที่สามารถเข้าใจได้ ในระบบที่มีความสัมพันธ์ซับซ้อนและระบุความเป็นไปได้ในการพัฒนา

2.5.3 การแสดงผลเป็นรูปภาพเคลื่อนไหว (Animation)

2.5.4 ความสามารถในการวิเคราะห์ของโปรแกรม สามารถบอกได้ว่า ปัจจุบันระบบเป็นอย่างไร และสามารถหาแนวทางที่เป็นไปได้ เพื่อหาหนทางที่ดีที่สุด

โครงสร้างโปรแกรม Arena เป็นการรวมเอาความสะดวกในการใช้งานที่จะพบได้ในโปรแกรมระดับสูง ที่ประกอบไปด้วยความยืดหยุ่นที่ต่ำกว่าโปรแกรมอื่นๆ เช่น Visual Basic, FORTAN หรือ ภาษา C เป็นต้น มีการจัดเตรียมแบบของรูปภาพสำหรับในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ต่างๆ ผู้ใช้โปรแกรม Arena สามารถเลือกใช้โมดูล (Modules) จาก SIMAN มาใช้ได้ รวมทั้งยังแสดงผลออกมาเป็นภาษา SIMAN ได้อีกด้วย



ภาพที่ 2.13 หน้าจอการทำงานของ โปรแกรม Arena

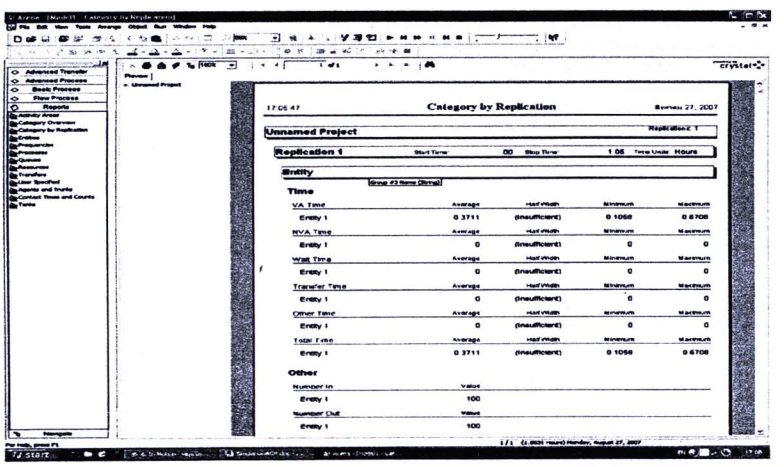
เมื่อเปิดใช้ โปรแกรม Arena ขึ้นมาจะพบกับหน้าจอดังภาพที่ 2.13 ซึ่งจะแสดงหน้าต่างที่ประกอบไปด้วย 3 ส่วนที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง ได้แก่

2.5.5 Project Bar แสดงโมดูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

2.5.6 Model Window Flowchart View แสดงส่วนประกอบของแต่ละโมดูลที่ผู้ใช้นำมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์

2.5.7 Model Window Spreadsheet View แสดงค่าตัวแปรที่ผู้ใช้สามารถใส่ค่าตัวแปรลงไปได้ในแต่ละโมดูล

หลังจากทำการทดลองด้วยโปรแกรม Arena จนเสร็จสิ้น ผลการทดลองที่ได้จะแสดงออกมาในรูปของรายงาน (Report) ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 ผลการทดลองจากการใช้โปรแกรม Arena

2.6 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล

การทดลองส่วนมากในทางปฏิบัติจะเกี่ยวข้องกับการศึกษาผลของปัจจัย (Factor) ตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป ในกรณีเช่นนี้ การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล (Factorial Design) จะเป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล หมายถึง การพิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น เช่น กรณี 2 ปัจจัย ถ้าปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ในการทดลอง 1 เรพลิเคต (Replicate) จะประกอบด้วยการทดลองทั้งหมด ab การทดลอง และเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบของการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล เราจะกล่าวว่าปัจจัยเหล่านี้มีการไขว้ (Crossed) ซึ่งกันและกัน

ผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่เกิดขึ้นจากผลตอบสนอง (Response) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระดับปัจจัยนั้นๆ ซึ่งเรียกว่า ผลหลัก (Main Effect) เนื่องจากว่ามันเกี่ยวข้องกับปัจจัยเบื้องต้นของการทดลอง ตัวอย่างดังแสดงในภาพที่ 2.15 และ 2.16 ซึ่งเป็นการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย โดยที่แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ คือ ระดับ "ต่ำ" และ "สูง" ซึ่งจะแทนระดับทั้ง 2 ด้วยเครื่องหมาย "-" และ "+" ผลหลักของปัจจัย A ในการทดลองนี้คือ ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองที่ระดับต่ำและระดับสูงของปัจจัย A ซึ่งเขียนเป็นตัวเลขได้ว่า

$$A = (40+52)/2 - (20+30)/2 = 21$$

หมายความว่า การเพิ่มขึ้นของ ปัจจัย A จากระดับต่ำไปสู่ระดับสูงจะทำให้ผลตอบแทนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 21 หน่วยในทำนองเดียวกัน จะสามารถคำนวณหาค่าผลหลักของปัจจัย B ได้คือ

$$B = (30+52)/2 - (20+40)/2 = 11$$

ในการทดลองบางอย่าง เราอาจพบได้ว่าความแตกต่างของผลตอบแทนที่เกิดขึ้นบนระดับต่างๆ ของปัจจัยหนึ่ง จะมีค่าไม่เท่ากันที่ระดับอื่นๆ ทั้งหมดของปัจจัยอื่น ซึ่งหมายความว่าผลตอบแทนของปัจจัยหนึ่งจะขึ้นกับระดับของปัจจัยอื่นๆ นั่นเอง และเราเรียกเหตุการณ์นี้ว่า การมีอันตรกิริยา (Interaction) ต่อกันระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น พิจารณาการทดลองเชิงแฟคทอเรียลของ 2 ปัจจัย 2 ชนิด ผลของปัจจัย A ที่ปัจจัย B อยู่ที่ระดับต่ำ (B^-) มีค่าเป็น

$$A = 50\text{-}20 = 30$$

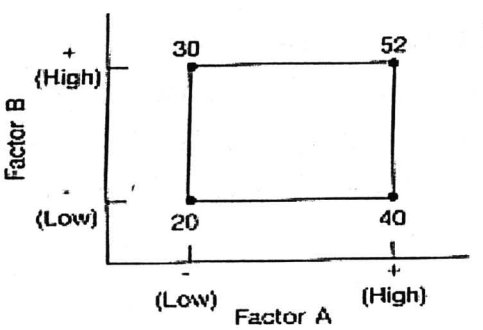
และผลของปัจจัย A ที่ปัจจัย B อยู่ระดับสูง (B^+) มีค่าเป็น

$$A = 12\text{-}40 = -28$$

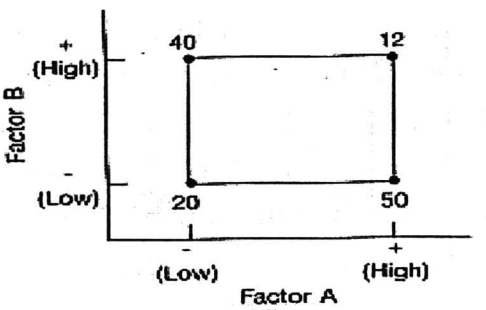
เนื่องจากผลของปัจจัย A ขึ้นกับระดับของปัจจัย B ที่ถูกเลือก ดังนั้นเราจะกล่าวได้ว่าปัจจัย A และ B มีอันตรกริยาต่อกัน ขนาดของอันตรกิริยาจะเท่ากับค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของผลของปัจจัย A ที่ระดับต่างๆ ของปัจจัย B มีค่าเท่ากับ

$$AB = (-28\text{-}30)/2 = -292.5.1$$

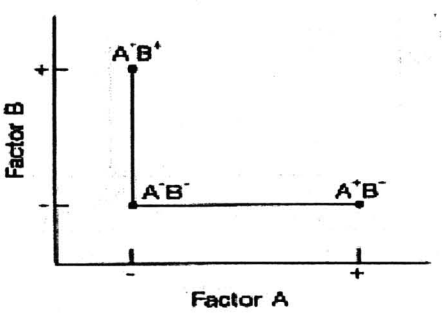
ประโยชน์ของการทดลองเชิงแฟคทอเรียลสามารถแสดงได้ดังนี้ สมมุติว่าเรามี 2 ปัจจัย (A และ B) ที่ต้องการศึกษา แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ ซึ่งจะแทนปัจจัยแต่ละระดับด้วย A^-, A^+, B^- และ B^+ ตามลำดับ ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยทั้ง 2 สามารถหาได้จากการเปลี่ยนระดับของปัจจัยร่วมทีละปัจจัย ดังแสดงในภาพที่ 2.17 ผลที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัย A จากน้อยไปมากมีค่าเป็น $A^-B^+ - A^-B^- - A^+B^+ - A^+B^-$ และผลการเปลี่ยนแปลงปัจจัย B จากน้อยไปมากคือ $A^-B^- - A^-B^+ - A^+B^- - A^+B^-$ เนื่องจากในการทดลองอาจมีความผิดพลาด (Error) เกิดขึ้น ดังนั้นเราควรจะทำการทดลองอย่างน้อย 2 ครั้ง สำหรับการทดลองร่วมปัจจัย (Treatment Combination) แต่ละจุด และนำผลลัพธ์ที่ได้มาเฉลี่ยเพื่อประมาณถึงผลที่เกิดขึ้น ดังนั้น เราจะต้องทดลองทั้งสิ้น 8 ครั้ง (2 ครั้งจาก A^+B^-, 2ครั้งจาก A^-B^-, 2 ครั้งจาก A^-B^+ และ 2 ครั้งจาก A^+B^+)



ภาพที่ 2.15 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย



ภาพที่ 2.16 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2 ปัจจัย(มีอันตรกิริยา)



ภาพที่ 2.17 การเปลี่ยนระดับของปัจจัยร่วมทีละปัจจัยตามลำดับ

สรุป การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลมีประโยชน์หลายประการ และเป็นการออกแบบที่มีประสิทธิภาพเหนือกว่าการทดลองทีละปัจจัย ยิ่งกว่านั้นแล้วการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลยังเป็นสิ่งที่จำเป็นเมื่อมีอันตรกิริยาเกิดขึ้น ซึ่งกรณีเช่นนี้ทำให้เราหลีกเลี่ยงข้อสรุปที่ผิดพลาดได้ นอกจากนั้นแล้วการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลทำให้เราสามารถประมาณผลของปัจจัยหนึ่งที่ระดับต่างๆ ของปัจจัยอื่นได้ ทำให้เราสามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผล (Valid) ได้ตลอดเงื่อนไขของการทดลอง

2.7 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานภายในกระบวนการผลิต ที่มีการใช้งาน AGV สำหรับการขนถ่ายวัสดุ ผู้วิจัยสามารถสรุปผลงานวิจัยได้ดังนี้

ไพศาล กูรมะสุวรรณ (2541) ได้ทำการศึกษาระดับความจุของ AGV จำนวน 2 รูปแบบ คือ 2 ชิ้นและ 4 ชิ้นโดยทำการกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการทดลองจำนวน 4 ปัจจัยได้แก่ กฎเกณฑ์การจัดส่ง AGV สามารถแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ การเลือกเดินทางไปยังสถานีที่มีชิ้นงานมารอมากที่สุด

(Maximum Outgoing Queue Size and High Activity Area (MOQS)) และการเลือกเดินทางไปยังสถานีที่ใกล้ที่สุด (Shortest Distance and High Activity Area (SD)) ในส่วนของกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน (Pickup Rule) ผู้วิจัยได้เลือกศึกษา 5 วิธีได้แก่ การเลือกหยิบชิ้นงานที่สถานีที่อยู่ใกล้สถานีปลายทางมากที่สุด (Nearest to the Destination Rule (ND)) เทียบกับวิธีการเลือกหยิบชิ้นงานที่เหลือขั้นตอนการผลิตน้อยที่สุด (Minimum Operations Remaining Rule (Min-OR)) การเลือกหยิบชิ้นงานจากสถานีที่มีชิ้นงานรอมากที่สุด (Maximum Outgoing Queue Size Rule (MOQS)) การเลือกหยิบชิ้นงานที่ออกมารอตามลำดับ (First Out First Serve Rule (FOFS)) และการเลือกหยิบชิ้นงานที่มีขั้นตอนการผลิตมากที่สุด (Maximum Operations Remaining Rule (Max-OR)) ในส่วนของกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Drop-off Rule) ผู้วิจัยได้เลือกศึกษา 3 วิธีได้แก่ การเลือกวางชิ้นงานที่มีปลายทางใกล้สถานีปัจจุบันมากที่สุด (Nearest to the Station Rule (NS)) อีก 2 กฎเกณฑ์จะคล้ายกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานคือจะเลือกวางชิ้นงานโดยมองระยะเวลาขั้นตอนการผลิตน้อยที่สุด (Minimum Operation Remaining Rule (Min-OR)) และการวางชิ้นงานตามลำดับการหยิบ (First In First Out (FIFO)) โดยมีการใช้นโยบายการจัดการชิ้นงานที่วางไม่ได้ (Unable-to-Drop Part Managing Policy) เพื่อป้องกันชิ้นงานที่ไม่สามารถวางได้ ณ จุด Input Queue โดยจะนำไปวางที่ Central Station 3 กรณีคือ เดินทางไปทันทีที่มีชิ้นงานวางไม่ได้ (Go to Central Station Immediately (GCI)) เดินทางไปเมื่อ AGV เต็มและชิ้นงานไม่สามารถวางที่สถานีได้ (Go To Central Station when AGV Full and Parts can not Drop at the same Station (GCFS)) และ เดินทางไปวางเมื่อรถ AGV เต็ม (Go To Central Station when AGV Full (GCF)) ผลการทดลองสรุปได้ว่า กฎเกณฑ์การจัดส่ง AGV แบบ SD จะให้ ค่าวัดประสิทธิภาพที่สูงกว่าแบบ MOQS ภายใต้นโยบายการจัดวางชิ้นงานที่วางไม่ได้ พบว่ากฎเกณฑ์แบบ GCFS จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพสูงกว่าแบบอื่นในกรณีความจุแบบ 2 ชิ้น แต่กฎเกณฑ์แบบ GCI จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพสูงกว่าแบบอื่นในกรณีความจุแบบ 4 ชิ้น ในส่วนของกฎเกณฑ์การหยิบและวางชิ้นงานเมื่อนำมาใช้ร่วมกัน จะพบว่าไม่ว่าจะเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบใดร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ NS จะส่งผลให้ประสิทธิภาพระบบสูงสุดทุกแบบ ในงานวิจัยเล่มนี้มีความแตกต่างจากผู้วิจัยท่านอื่นในส่วนของการเลือกใช้กฎเกณฑ์การจัดวางชิ้นงานที่วางไม่ได้ และการเลือกใช้กฎเกณฑ์ในการหยิบและวางชิ้นงานในการทดลอง

ธีรเดช วุฒิพรพันธ์ (2541) ได้ทำการศึกษาการใช้งาน AGV โดยการเปลี่ยนแปลงผังโรงงาน 2 รูปแบบและเลือกใช้จำนวนรถ AGV ในระบบ 5 และ 7 คัน โดยมีความจุ 2 และ 4 ชิ้นตามลำดับ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบ 4 ระดับ ได้แก่ การเลือกหยิบชิ้นงานสถานีที่ใกล้ที่สุด (S) การเลือกหยิบชิ้นงานจากสถานีใกล้ที่สุด หรือสถานีที่เหมือนกัน หรือเลือกชิ้นงานที่

เข้ามาในระบบก่อน (SAM) การเลือกหยิบชิ้นงานจากสถานีที่ใกล้ที่สุด หรือเลือกชิ้นงานทางด้าน Output ที่มีมากที่สุด หรือเลือกชิ้นงานที่เข้ามาในระบบก่อน (SOM) และเลือกหยิบชิ้นงานจากสถานีที่ใกล้ที่สุด หรือเลือกสถานีจากชิ้นงานที่รอคอยอยู่ด้าน Input น้อยที่สุด หรือเลือกชิ้นงานเข้ามาในระบบก่อน (SIM) เปรียบเทียบกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน 3 ระดับได้แก่ การวางชิ้นงานที่สถานีที่ใกล้ที่สุด (S) การเลือกวางชิ้นงานที่สถานีที่ใกล้ที่สุด หรือการเลือกวางชิ้นงานที่มีเวลาอยู่ในระบบเกินที่ตั้งไว้ หรือการเลือกวางชิ้นงานที่มีเวลามากที่สุดในระบบ (SLM) และการเลือกวางชิ้นงานที่สถานีที่ใกล้ที่สุด หรือการเลือกวางชิ้นงานที่ใช้เวลาอยู่ในระบบนานที่สุด (SM) ในงานวิจัยเล่มนี้แตกต่างจากท่านอื่นในส่วนของการเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบและวางชิ้นงาน รวมทั้งวิธีการจัดการชิ้นงานที่วางไม่ได้ โดยจากผลการทดลองสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงผังโรงงานแบบที่ 2 ให้ค่าวัดประสิทธิภาพดีกว่าแบบที่ 1 และจำนวนของรถ AGV ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ Throughput, Input Queue, Output Queue และ Machine Utilization เพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าอื่นๆ ลดลง และการเปลี่ยนแปลงความจุของรถ AGV ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ Throughput และ Machine Utilization สูงขึ้นเท่านั้น ในส่วนของกฎเกณฑ์การหยิบและวางชิ้นงานจะส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพแตกต่างกันไปตามกฎเกณฑ์ที่เลือกใช้

กวินธร สัยเจริญ (2546) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบใช้งาน AGV โดยทำการศึกษาประเภทของรถ AGV เพื่อเลือกใช้ในงานวิจัย 5 ประเภทได้แก่ AGVs Towing Vehicle, AGVs Unit Load Transports, AGVs Forklift Truck, AGVs Light Load Transporter และ AGVs Assembly Live Vehicle ผู้วิจัยยังได้ศึกษาในส่วนของการควบคุม AGV และการวิเคราะห์ต้นทุน/ค่าใช้จ่าย ในการสร้างรถ AGV โดยการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena ในงานวิจัยเล่มนี้แตกต่างจากท่านอื่นตรงที่ผู้วิจัยไม่ได้ศึกษาเกี่ยวกับกฎเกณฑ์ในการใช้งานรถ AGV แต่ศึกษาเกี่ยวกับตัวรถ AGV และปัจจัยที่กระทบต่อการสร้างรถ AGV โดยผลการทดลองสรุปได้ว่า รถ AGV ที่สร้างนั้นสามารถวิ่งได้แต่ไม่ตรงมากนัก เนื่องจากการตอบสนองของมอเตอร์กับวงจรควบคุมยังไม่เร็วเท่าที่ควร ทำให้รถมีอาการส่ายเล็กน้อย

B. Mahadevan and T.T. Narendran (1994) ได้ศึกษาการออกแบบการใช้งานรถ AGV พื้นฐานสำหรับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น FMS โดยการเลือกใช้ปัจจัยในการทดลองที่ใช้ในการควบคุมและออกแบบรถ AGV หลายระดับได้แก่ จำนวนความต้องการของรถ AGV, Layout ของรถ AGV ในโรงงาน, เส้นทางการวิ่งของรถ AGV ทั้งหมด และการตัดสินใจเกี่ยวกับ เงื่อนไขในโซนการควบคุมชนิด จำนวน ความจุของรถ AGV กฎเกณฑ์ในการส่งของรถ AGV และน้ำหนักของงานที่บรรทุก การออกแบบการควบคุมและการเลือกชนิดของ AGV ที่จะนำมาใช้ โดยได้เลือกใช้ค่าวัดประสิทธิภาพในการทดลอง 5 ตัวได้แก่ เวลาผลิตเฉลี่ยในระบบ (Mean throughput

time of the jobs (TPUT)) เวลาเฉลี่ยคิวของชิ้นงาน (Mean queue length (MQL)) ประสิทธิภาพเฉลี่ยการใช้งานรถ AGV (Mean AGV utilization (UTL)) ระยะเวลารอคอยเฉลี่ยในระบบ (Mean waiting time for AGVs (MWT)) และปริมาณผลผลิตเฉลี่ยในระบบ (Mean production volume) ในงานวิจัยเล่มนี้แตกต่างจากท่านอื่นในส่วนของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกศึกษาในส่วนของน้ำหนักรถด้วย ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้ ปัจจัยในการออกแบบรถ AGV พื้นฐาน MHS เป็นสิ่งสำคัญสำหรับ FMS ในการเลือกความต้องการจำนวนรถ AGV ในระบบ ส่วนระยะเวลาความต้องการของรถ AGV นั้นกำหนดได้ยากมาก

C.C. Lee and J.T. Lin (1995) ได้ทำการศึกษาการใช้งานรถ AGV โดยแบ่งเส้นทางการเดิน (Guided path) ออกเป็น 3 แบบคือ คอนเวนชั่นนอล เน็ตเวิร์ค (Conventional network) ออฟติมอล ซิงเกิลลูป (Optimal Single Loop: OSL) และแทนดัม คอนฟิกูเลชั่น (Tandem Configuration) โดยคอนเวนชั่นนอล เน็ตเวิร์ค (Conventional network) ประกอบด้วยรถ AGV หลายๆ คันที่จะไปรับส่งชิ้นส่วนตามสถานีต่างๆ เส้นทางการวิ่งของรถ AGV จะเป็นแบบทิศทางเดียวหรือสองทิศทางก็ได้ ส่วนแบบ OSL จะมีทางเดินของรถ AGV เพียงทิศทางเดียวและแบบเดียวที่จะวิ่งไปรับส่งชิ้นส่วนตามสถานีต่างๆ ซึ่งระบบ OSL นี้จะง่ายต่อการควบคุมและออกแบบ แต่ผลผลิตที่ได้ส่วนมากจะต่ำกว่าแบบคอนเวนชั่นนอล เน็ตเวิร์ค (Conventional network) ส่วนระบบเทนดัม คอนฟิกูเลชั่น (Tandem Configuration) จะประกอบไปด้วยเส้นทางการเดินของรถ AGV หลายๆ วงซึ่งแต่ละวงจะมีรถ AGV ประจำอยู่ซึ่งจะวิ่งอยู่ภายในเส้นทางของตัวเองเท่านั้น งานวิจัยเล่มนี้แตกต่างจากท่านอื่น โดยผู้วิจัยจะเลือกศึกษาในส่วนของเส้นทางการเดินของรถ AGV เพียงปัจจัยเดียวแต่หลายระดับ

Farzad Mahmoodi and Charles T. Mosier (1999) ได้ทำการศึกษาระบบการผลิตแบบวันต่อวัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงตารางเวลาเครื่องจักรและรถ AGV รวมถึงวิธีการเดินทางของรถ AGV ภายในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ พื้นที่รับชิ้นงาน (Shop Load) วิธีการควบคุมพื้นที่ภายในโรงงาน (Shop Configuration) และระบบการหยุดชะงักของเครื่องจักรและ AGV (System Break Down) โดยได้นำกฎเกณฑ์ในการจัดตารางเวลาการทำงานนำมาปรับปรุงใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ 4 กฎเกณฑ์ด้วยกันคือ ระยะเวลาการทำงานที่สั้นที่สุดในกระบวนการผลิต (SPT) การเปรียบเทียบระหว่างระยะเวลาทำงานของชิ้นงานกับเวลาในการผลิตทั้งระบบ (SI^x) การผสานกฎเกณฑ์การเลือกชิ้นงานโดยพิจารณาจากระยะเวลาส่งมอบงานและระยะเวลาการผลิตทั้งกระบวนการ (SPT/TOT) และการให้ความสำคัญกับจุดวิกฤตก่อน (CR-SPT) โดยผลการทดลองสรุปได้ว่าการใช้กฎเกณฑ์ SPT และ SPT/TOT ช่วยลดระยะเวลาเฉลี่ยของงานในระบบ (Mean Flow Time) และลดระยะเวลางานเสร็จ

ล่าช้ากว่ากำหนด (Tardiness) ในกรณีเครื่องจักรสามารถทดแทนกันได้ ในส่วนของกฎเกณฑ์ Si^x และ CR-SPT ช่วยลดระยะเวลางานเสร็จล่าช้ากว่ากำหนด (Tardiness) กรณีไม่มีการใช้เครื่องจักรทดแทนกันได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการศึกษาปัจจัยอื่นๆ ร่วมกับปัญหาการหยุดชะงัก (Breakdown) ของเครื่องจักร และรถ AGV ที่มีระยะเวลาทำงานในระบบ 36 ชั่วโมงจะมีโอกาสเกิดขึ้น 5%

S.C.L. Koh and S.M. Saad (2003) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความไม่แน่นอนของการวางแผนจัดการวัสดุ (MRP) และการควบคุมผลกระทบที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของการทำงานและการหยุดชะงักของเครื่องจักร ความผิดพลาดจากใบรับคำสั่งการผลิต (BOM) การจัดตารางการผลิต (MPS) โดยผู้วิจัยทำการทดลองโดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ (Arena Simulation Program) โดยเขียนโค้ดเป็นภาษา SIMAN V จากนั้นทำการสรุปผลการทดลองโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธีทางสถิติ ANOVA

F.T.S. Chan (2003) ได้ทำการศึกษาการเลือกวิธีการเดินทางและการเลือกใช้กฎเกณฑ์การจ่ายงานของรถ AGV ในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น โดยมีรูปแบบการเดินทาง 3 รูปแบบได้แก่ การเดินทางโดยเลือกสถานีที่มีกระบวนการผลิตน้อยที่สุด (No alternative routings (NAR)) การเดินทางโดยเลือกสถานีที่เครื่องจักรมีปริมาณชิ้นงานเหลือน้อยที่สุด (Alternative routings dynamic (ARD)) และ การเดินทางโดยเลือกสถานีตามแผนการผลิต (Alternative routings planned (ARP)) ในส่วนของกฎเกณฑ์การจ่ายงาน ผู้วิจัยได้เลือกใช้กฎเกณฑ์การจ่ายงาน 4 วิธีได้แก่ การจ่ายงานโดยมองชิ้นงานที่มีระยะเวลาทำงานน้อยที่สุดในกระบวนการผลิต (Shortest total processing time (SPT)) เปรียบเทียบกับวิธีการจ่ายงานโดยมองชิ้นงานที่มีระยะเวลาการส่งมอบสั้นที่สุด (Shortest imminent processing time (SIPT)) การจ่ายงานโดยมองชิ้นงานที่มีระยะเวลาทำงานมากที่สุดในกระบวนการผลิต (Longest total processing time (LPT)) และการจ่ายงานโดยมองชิ้นงานที่มีระยะเวลาการส่งมอบยาวที่สุด (Longest imminent processing time (LIPT)) ซึ่งผลการทดลองสรุปได้ว่า กรณีความจุของสถานีรับชิ้นงานมีไม่จำกัด การเลือกใช้การเดินทางแบบ ARP และกฎเกณฑ์การจ่ายงานแบบ SPT ให้ค่าวัดประสิทธิภาพดีที่สุด ในขณะที่กรณีความจุของสถานีรับชิ้นงานมีจำกัด การเลือกใช้การเดินทางแบบ ARD และกฎเกณฑ์การจ่ายงานแบบ LIPT ให้ค่าวัดประสิทธิภาพดีที่สุด

Mehmet Savsar (2005) ได้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการซ่อมบำรุงเครื่องจักร การหยุดชะงักของเครื่องจักร (Break Down) ในกระบวนการผลิตแบบยืดหยุ่น โดยผู้วิจัยได้เลือกทำการศึกษาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรจำนวน 6 วิธีด้วยกัน เพื่อนำมาสร้างแบบจำลอง

การทดลอง (Simulation Model) เพื่อให้ได้วิธีที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรและลดระยะเวลาการหยุดชะงักของเครื่องจักรให้เหลือน้อยที่สุด

B.S.P. Reddy and C.S.P. Rao (2006) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดตารางเวลาเครื่องจักรและรถขนถ่ายอัตโนมัติหรือรถ AGV ในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น โดยมีวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย 3 ประการ ได้แก่ ระยะเวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ลดระยะเวลาเฉลี่ยการทำงานในระบบ (Mean Flowtime) และลดระยะเวลาเฉลี่ยงานเสร็จล่าช้ากว่ากำหนด (Mean Tardiness) โดยการใช้วิธีวิวัฒนาการทางพันธุกรรม (Genetic algorithms (GA)) โดยทำการทดลองในแต่ละรูปแบบผังการผลิตแบบยืดหยุ่น โดยทำการทดลอง 3 ระดับ ได้แก่ ชิ้นงานระดับน้อย (Small Size (SS)) ชิ้นงานระดับปานกลาง (Medium Size (MS)) และ ชิ้นงานระดับสูง (Large Size (LS)) ผลการทดลองสรุปได้ว่า ไม่ว่าจะใช้วิธีวิวัฒนาการทางพันธุกรรมแบบใดก็ตาม ไม่ส่งผลให้ระยะเวลาปิดงานของระบบ (Makespan) เวลาเฉลี่ยการทำงานในระบบ (Mean Flowtime) และระยะเวลาเฉลี่ยงานเสร็จล่าช้ากว่ากำหนด (Mean Tardiness) มีความแตกต่างกัน

Lin Lin Seong, Whan Shinn, Mitsuo Gen and Hark Hwang (2006) ได้ทำการศึกษาการจัดตารางงาน การเลือกวิธีการเดินทางและการหาปริมาณการใช้งานรถ AGV ในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ซึ่งในงานวิจัยเล่มนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการบังคับรถ AGV แบบการสร้างเครือข่ายเชื่อมโยงเส้นทาง (Network link Model) ในแต่ละสถานีการผลิต เพื่อช่วยในการกำหนดจุดรับและส่งชิ้นงาน (Pickup/Delivery (P/D)) และการเดินทางของรถ AGV ร่วมกับผู้วิจัยได้พัฒนาวิธีวิวัฒนาการทางพันธุกรรม (GA) มาเป็นวิธีวิวัฒนาการพันธุกรรมเชิงโต้ตอบ (Interactive Adaptive-weight GA (i-awGA)) เพื่อใช้ในการทดลอง ผลการทดลองสรุปได้ว่า การใช้จำนวนรถ AGV 4 คันจะช่วยลดระยะเวลาการปิดงาน (Makespan) ในขณะที่เมื่อลดจำนวนรถ AGV เหลือ 3 คันหรือน้อยกว่าจะไม่ส่งผลให้ระยะเวลาปิดงานของระบบลดลงได้อย่างชัดเจน

Xianping Guan and Xianzhong Dai (2009) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาวิธีการจ่ายงานของรถ AGV อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระบบการผลิต โดยการเลือกวิธีจ่ายงานเพื่อใช้ในการทดลอง 4 วิธีนำมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาวิธีที่ดีที่สุดในการจ่ายงานของรถ AGV โดยใช้วิธีการปรับเปลี่ยนระดับความสำคัญของชิ้นงานตามช่วงเวลา (AWMA) เทียบกับวิธีการจ่ายงานโดยเลือกชิ้นงานที่มีระยะเวลาเดินทางสั้นที่สุด (STTF) การจ่ายงานโดยเลือกสถานีที่มีชิ้นงานมารอรถ AGV มากที่สุดและมีระยะทางสั้นที่สุด (MOQF) และการจ่ายงานโดยให้ความสำคัญของชิ้นงานตามช่วงเวลาแบบคงที่ (FWMA) ผลการทดลองสรุปได้ว่า ในการโหลดชิ้นงานที่มีปริมาณปกติ วิธีการจ่ายงานแบบ AWMA จะให้ค่าที่ดีที่สุด แต่ในการโหลดชิ้นงานที่มีปริมาณมากการจ่ายงานแบบ FWMA จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพดีกว่าแบบ AWMA

ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างระหว่างปัจจัยของผู้วิจัยแต่ละท่านที่ใช้ในการทดลอง

ผู้วิจัย/ปี	ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการทดลอง					
	จำนวน AGV	กฎเกณฑ์การหยิบและวางชิ้นงาน	จำนวนชิ้นงานบน AGV	เวลาเฉลี่ยในการผลิต	Breakdown เครื่องจักร & AGV	Deadlock การป้องกันการชน
ปารเมศ (2541)	*	*	*			
ไพศาล (2541)		*	*			
กวินธร (2546)			*			
Chan (2003)		*		*		
Mahmoodi (1999)				*	*	
Reddy (2006)	*			*		
Guan (2009)			*			*
Savsar (2005)					*	
Koh (2003)					*	
Lin (2006)	*	*				
สุทธิพงศ์ (2553)	*	*				

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาทั้งหมด ผู้วิจัยได้ทำการสรุปปัญหา รวมทั้งปัจจัยและวิธีการทดลองที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้ และได้ทำการสรุปสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการศึกษาเปรียบเทียบกับผู้วิจัยท่านอื่นโดยเขียนสรุปเป็นปัจจัยแต่ละประเภทดังตารางที่ 2.1 โดยในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยจะเลือกศึกษาปัจจัยในการทดลองทั้งหมด 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ ได้แก่ จำนวนรถ AGV 3 และ 5 คันในระบบ กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน 2 แบบได้แก่ FCFS และ SPNT และกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน 2 แบบ ได้แก่ FCFS และ SPNT เช่นกัน ในขณะที่กฎเกณฑ์การเลือกใช้งานรถ AGV กฎเกณฑ์การควบคุมรถ AGV วิ่ง 2 ทิศทาง ความจุของรถ AGV ไม่เกิน 5 ชิ้น และใช้รูปแบบแผนผังการผลิตรูปแบบเดียว

ในส่วนของบทที่ 2 นี้ จะแสดงข้อมูลในส่วนของทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งหมด และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเล่มนี้ เพื่อนำไปประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้กฎเกณฑ์ในการทดลอง ซึ่งจะกล่าวถึงในบทต่อไป