# ใบรับรองวิทยานิพนธ์

## บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ)

**ปริญญา**

วิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมอุตสาหการ

**สาขา** **ภาควิชา**

**เรื่อง** การจำลองสถานการณ์เพื่อจัดลำดับการขนส่งของรถเอจีวีที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมการประกอบรถยนต์

Simulation Modeling to Determine the Optimal Scheduling of AGV for an Automotive Assembly Line

**นามผู้วิจัย** นางสาวอรยา วงศ์สุขศรี

**ได้พิจารณาเห็นชอบโดย**

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก**

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ, D.Eng. )

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม**

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุฑา พิชิตลำเค็ญ, Ph.D. )

**หัวหน้าภาควิชา**

( รองศาสตราจารย์อนันต์ มุ่งวัฒนา, Ph.D. )

**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว**

( รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr. )

**คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย**

**วันที่** ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

# การจำลองสถานการณ์เพื่อจัดลำดับการขนส่งของรถเอจีวีที่เหมาะสม สำหรับอุตสาหกรรมการประกอบรถยนต์

# Simulation Modeling to Determine the Optimal Sequencing of AGV for an Automotive Assembly Line


โดย

นางสาวอรยา วงศ์สุขศรี


เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ)
พ.ศ. 2553


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อรยา วงศ์สุขศรี 2553: การจำลองสถานการณ์เพื่อจัดลำดับการขนส่งของรถเอจีวีที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมการประกอบรถยนต์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ, D.Eng. 73 หน้า

งานวิจัยนี้ศึกษาเส้นทางการวิ่งของรถเอจีวีของบริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์แห่งหนึ่งในจังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบตามสั่ง โรงงานประกอบด้วยสถานีงาน 23 สถานี ซึ่งแต่ละสถานีงานขนส่งวัสดุถึงกันด้วยรถเอจีวีโรงงานประสบปัญหาการติดขัดของรถ ทำให้เวลาในการผลิตเพิ่มสูงขึ้น จึงได้นำเสนอแบบจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม Arena ในการจำลองระบบการผลิตของโรงงานเพื่อทำการจัดลำดับการทำงาน และหาเส้นทางที่เหมาะสมของรถโดยมีดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงาน คือ ค่าเฉลี่ยจำนวนชิ้นงานระหว่างการขนส่ง และค่าเฉลี่ยรอบเวลาการขนส่งชิ้นงาน นอกจากนี้ยังทดลองเพิ่มเส้นทางการวิ่งของรถเพื่อสนองนโยบายของโรงงานที่จะทำการเพิ่มกำลังการผลิตอีกด้วย การจำลองสถานการณ์นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานที่มีระบบการผลิตที่คล้ายคลึงกัน และเป็นเครื่องมือที่ช่วย ในการตัดสินใจเลือกระบบผลิตที่เหมาะสม จากการวิจัยพบว่า กฎการออกรถที่ดีที่สุดที่ทำให้ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการขนส่งชิ้นงานของรถเอจีวีมีค่าลดลงถึง 19.62% คือการออกรถแบบกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกันแบบให้รถที่มีค่าจากการคำนวณต่ำที่สุดไปก่อน (Smallest Data balance First: SDF)

_____ _____ ___/___/___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Oraya Wongsuksri 2010: Simulation Modeling to Determine the Optimal Sequencing of AGV for an Automotive Assembly Line. Master of Engineering (Industrial Engineering), Major Field: Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Roongrat Pisuchpen, D.Eng. 73 pages.

This research studies an AGV routing of an automotive industry in Chachengsao province. This production system consists of 23 workstations and pick up some kit from each station by AGV. This factory faces a vehicle collision problem that causes cycle time increase. This paper presents a simulation modeling using Arena for simulate the system in factory and finding the optimal routing and sequencing of AGV. Two performance measures are average cycle time and average number in queue. In addition, this research will find new route for improve capability. This model can be applied to a factory that has similar operation system and also be used as a decision making tool. The best rule that give the minimum average cycle time is launch the same group of AGV in the same time by sorting Smallest data balance First (SDF). From this, the average cycle time decrease by 19.62% from old system.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผศ.ดร.จุฑา พิชิตลำเค็ญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษาในการเรียน และแนวทางในการค้นคว้าวิจัย และกราบขอบพระคุณ ดร.ชนะ รักษ์ศิริ ประธานการสอบ ผศ.ดร.กาญจนา กาญจนสุนทร ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณโรงงานตัวอย่าง พี่สืบพงค์ กิตติวรวุฒิ และพี่พนักงานทุกท่านที่กรุณาอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และให้คำแนะนำในการทำวิจัย รวมถึง บิดา มารดา พี่สาว คุณยาย คุณน้า ที่ให้การสนับสนุนทุนทรัพย์ทางด้านการศึกษา และเป็นกำลังใจ รวมถึงเพื่อน ๆ ที่ช่วยเหลือและร่วมเป็นกำลังใจเสมอมา จนทำให้ผู้วิจัยสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

อรยา วงศ์สุขศรี

เมษายน 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญ

หน้า


| | |
|---|---|
| สารบัญ | (1) |
| สารบัญตาราง | (2) |
| สารบัญภาพ | (3) |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 2 |
| การตรวจเอกสาร | 3 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 27 |
| อุปกรณ์ | 27 |
| วิธีการ | 27 |
| ผลและวิจารณ์ | 38 |
| ผล | 38 |
| วิจารณ์ | 51 |
| สรุปและข้อเสนอแนะ | 52 |
| สรุป | 52 |
| ข้อเสนอแนะ | 53 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง | 54 |
| ภาคผนวก | 56 |
| ประวัติการศึกษา และการทำงาน | 73 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ผลลัพธ์จากแบบจำลองและดัชนีชี้วัดสำหรับการเปรียบเทียบ 2 แบบจำลอง | 20 |
| 2 | จำนวนชิ้นงานที่รถต้องบรรทุก และจุดส่งชิ้นส่วนของรถแต่ละคัน | 31 |
| 3 | เปรียบเทียบรอบเวลาการทำงานของรถแต่ละคันของแบบจำลองกับข้อมูลจริง | 35 |
| 4 | เวลาเฉลี่ยรวมของรถเอจีวีแต่ละคันจากการใช้กฎการจัดลำดับการออกรถแบบต่างๆเมื่อให้รถในลำดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มออกพร้อมกัน | 36 |
| 5 | เวลาเฉลี่ยรวมของรถเอจีวีแต่ละคันจากการใช้กฎการจัดลำดับการออกรถแบบต่างๆเมื่อให้รถในกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกัน | 39 |
| 6 | การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นความแตกต่างของการออกรถแบบเดิม กับกฎการออกรถแต่ละแบบ | 43 |
| 7 | ผลจากการเปรียบเทียบ Utilization ของรถเอจีวีแต่ละคันเมื่อให้รถในลำดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มออกพร้อมกัน | 44 |
| 8 | ผลจากการเปรียบเทียบ Utilization ของรถเอจีวีแต่ละคันเมื่อให้รถในกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกัน | 45 |
| 9 | ผลจากการเปรียบเทียบจำนวนชิ้นงานในระบบ (WIP) ของรถเอจีวีแต่ละคันเมื่อให้รถในลำดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มออกพร้อมกัน | 46 |
| 10 | ผลจากการเปรียบเทียบจำนวนชิ้นงานในระบบ (WIP) ของรถเอจีวีแต่ละคันเมื่อให้รถในกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกัน | 47 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ขั้นตอนการขนส่งชิ้นส่วนรถยนต์ | 26 |
| 2 | ลักษณะการบรรทุกชิ้นส่วนบนรถเอจีวี | 28 |
| 3 | เส้นทางในการส่งชิ้นส่วนของเอจีวีในแต่ละสถานี | 32 |
| 4 | เวลาในการส่งชิ้นส่วนของรถเอจีวี ของรถแต่ละคัน | 32 |
| 5 | แบบจำลองการออกรถด้วยกฎการออกรถแบบต่างๆ และการจองรถเอจีวี | 33 |
| 6 | แบบจำลองแสดงตำแหน่งสถานีรับชิ้นส่วนของรถเอจีวีของแบบจำลอง | 34 |
| 7 | แบบจำลองแสดงการสิ้นสุดการทำงานของรถ | 35 |
| 8 | เวลาการทำงานของรถแต่ละคัน (นาที) เมื่อทำการออกรถแบบรถในลำดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มออกพร้อมกันโดยใช้กฎ LDF | 37 |
| 9 | เวลาการทำงานของรถแต่ละคัน (นาที) เมื่อทำการออกรถแบบรถในลำดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มออกพร้อมกันโดยใช้กฎ LPT | 38 |
| 10 | เวลาการทำงานของรถแต่ละคัน (นาที) เมื่อทำการออกรถแบบรถในลำดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มออกพร้อมกันโดยใช้กฎ SDF | 38 |
| 11 | เวลาการทำงานของรถแต่ละคัน (นาที) เมื่อทำการออกรถแบบรถในลำดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มออกพร้อมกันโดยใช้กฎ SPT | 39 |
| 12 | เวลาการทำงานของรถแต่ละคัน (นาที) เมื่อทำการออกรถแบบกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกันโดยใช้กฎ LDF | 40 |
| 13 | เวลาการทำงานของรถแต่ละคัน (นาที) เมื่อทำการออกรถแบบกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกันโดยใช้กฎ LPT | 41 |
| 14 | เวลาการทำงานของรถแต่ละคัน (นาที) เมื่อทำการออกรถแบบกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกันโดยใช้กฎ SDF | 41 |
| 15 | เวลาการทำงานของรถแต่ละคัน (นาที) เมื่อทำการออกรถแบบกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกันโดยใช้ กฎ SPT | 42 |
| 16 | เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเฉลี่ยเมื่อเทียบกับระบบเดิมของโรงงานเมื่อทดลองใช้กฎที่นำเสนอแบบต่างๆ | 42 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 19 | เปรียบเทียบจำนวนชิ้นงานเฉลี่ยในระบบ (WIP) เมื่อใช้กฎที่นำเสนอแบบต่างๆ ของการออกรถทั้ง 2 แบบ | 49 |
| 20 | เปรียบเทียบ Utilization เมื่อใช้กฎที่นำเสนอแบบต่างๆของการออกรถทั้ง 2 แบบ | 49 |

**ภาพผนวกที่**

| | | |
|---|---|---|
| 1 | หน้าต่าง Security Warning | 55 |
| 2 | หน้าต่าง Main Menu | 56 |
| 3 | หน้าต่างเกี่ยวกับผู้จัดทำ | 57 |
| 4 | หน้าต่างบทนำ | 57 |
| 5 | หน้าต่าง Input Data | 58 |
| 6 | กฎการจัดลำดับการทำงานของรถเอจีวี | 59 |
| 7 | หน้าต่าง ผลลัพธ์ของแต่ละวิธีในการจัดลำดับงาน | 60 |
| 8 | กราฟเปรียบเทียบระเวลารวมของการออกรถเอจีวีโดยใช้กฎแบบต่างๆ | 61 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# การจำลองสถานการณ์เพื่อจัดลำดับการขนส่งของรถเอจีวีที่เหมาะสม สำหรับอุตสาหกรรมการประกอบรถยนต์

# Simulation Modeling to Determine the Optimal Sequencing of AGV for an Automotive Assembly Line

## คำนำ

ในปัจจุบันระบบอัตโนมัติมีความจำเป็นในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างมาก ซึ่งมีผลมาจากการแข่งขันกันด้านการตลาดอย่างจริงจัง และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ปัจจัยในด้านการตลาดที่ขาดไม่ได้ก็คือ การกำหนดเวลาส่งมอบผลิตภัณฑ์และปริมาณที่ต้องการ ซึ่งจะต้องมีการผลิตแข่งกับเวลา ประโยชน์ของระบบอัตโนมัติทำให้ช่วยลดเวลาในการทำงานจากปกติ ทั้งในรูปแบบการเปลี่ยนเครื่องมือ การขนย้ายผลิตภัณฑ์ และกระบวนการต่างๆที่คนไม่สามารถเข้าไปปฏิบัติงานได้ การขนถ่ายวัสดุเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญมากต่อระบบการผลิตถ้าพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด (ประมาณ 2 ใน 3 ของค่าใช้จ่ายในการผลิตทั้งหมด) ดังนั้นการขนย้ายวัสดุหรืออุปกรณ์จำเป็นต้องมีระบบการเคลื่อนย้ายอัตโนมัติเข้ามาช่วยในการทำงานเพื่อลดต้นทุน เพิ่มความรวดเร็ว ความถูกต้องและไม่ทำให้วัสดุเกิดความเสียหาย สำหรับอุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อการทำงานในระบบอัตโนมัติก็คือระบบสายพานลำเลียงและเอจีวี (Automatic Guided Vehicle : AGV) แต่ระบบสายพานลำเลียงจะเกี่ยวข้องกับวิธีการผลิตแบบเป็นจำนวนมากและมีทิศทางการไหลของวัสดุคงที่ สำหรับเอจีวีนั้นจะมีความคล่องตัวมากกว่าในการขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ เอจีวีจึงเหมาะสมที่จะใช้งานขนถ่ายวัสดุชนิดแตกต่างกันและต้องถูกส่งไปยังตำแหน่งเป้าหมายที่แตกต่างกันด้วย

ในงานวิจัยจึงได้นำเสนอการจำลองสถานการณ์ (Simulation Modeling) โดยใช้โปรแกรม Arena ในการจำลองระบบการผลิตของโรงงานตัวอย่าง โดยใช้ข้อมูลของโรงงานประกอบรถยนต์มาสร้างแบบจำลองสถานการณ์ และศึกษาว่าถ้ามีการจัดกลุ่มการออกรถเอจีวีขึ้นใหม่จะสามารถลดรอบเวลาการผลิตลงได้หรือไม่ โดยมีดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงาน คือ ค่าเฉลี่ยรอบระยะเวลาการผลิต (Average Cycle Time) ค่าเฉลี่ยปริมาณงานระหว่างผลิต (Average Work-In-Process) และ ค่าอรรถประโยชน์ (Utilization)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## วัตถุประสงค์

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะทำการศึกษาดังนี้ คือ

1. เพื่อศึกษาและจำลองระบบเส้นทางการขนส่งวัสดุของรถเอจีวีของบริษัทผลิตรถยนต์แห่งหนึ่ง

2. เพื่อจัดลำดับที่เหมาะสมของการวิ่งรถ และลดรอบเวลาการผลิตจากเดิม 23.10 นาที

3. เพื่อจัดสรรและแบ่งประเภทงานที่เหมาะสมให้กับเอจีวีเพื่อให้เกิดสมดุลในการผลิต

### ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยจะศึกษาระบบเส้นทางการวิ่งของเอจีวีในแผนกประกอบชิ้นส่วนของบริษัทผลิตรถยนต์แห่งหนึ่งโดย

1. จะพิจารณาเส้นทางการวิ่งของรถเอจีวีในบางส่วนของคลังสินค้า ซึ่งประกอบด้วยสถานีรับชิ้นงานทั้งหมด 23 สถานี โดยจะทำการจำลองระบบการทำงานใน 1 วัน และจำนวนรอบการรัน 1 รอบ

2. เวลาของรถเอจีวีแต่ละคันจะต้องมีค่าไม่เกิน 25.5 นาที

3. ระบบการทำงานเป็นแบบ Deterministic โดยเวลาในการขนย้ายชิ้นส่วนในแต่ละสถานีมีค่าคงที่ประมาณ 1 นาที

4. ความเร็วเฉลี่ยในการวิ่งของรถประมาณ 30 เมตร/นาที

5. ไม่พิจารณาช่วงเวลาการชาร์จแบตเตอรี่ และช่วงเวลาที่รถเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# การตรวจเอกสาร

การวิเคราะห์เส้นทางการทำงานของเอจีวีในโรงงานผลิตรถยนต์ ได้ทำการตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเป็น ข้อมูลเกี่ยวกับเอจีวี ทฤษฎีการจัดลำดับงาน(Job Sequencing) เทคนิคการจำลองสถานการณ์ (Simulation Techniques) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## ข้อมูลเกี่ยวกับเอจีวี

### 1. หลักการเบื้องต้นของเอจีวี

สันติ (2550) เอจีวี (Automatic Guide Vehicle: AGV) เป็นรถขนาดเล็กที่เคลื่อนที่ได้เองโดยไม่ต้องอาศัยคนขับ เอจีวีถูกนำมาใช้งานจริงในอุตสาหกรรมเพื่อใช้ขนถ่ายสินค้าในโกดังเก็บสินค้าทำให้สามารถประหยัดแรงงานคนและเวลาได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีว่าเป็นอุปกรณ์ลำเลียงที่มีการบังคับด้วยคนน้อยที่สุด และเป็นการรวมกันของแต่ละส่วนของระบบการผลิตอัตโนมัติกับการเจริญเติบโตของระบบการผลิตที่มีปริมาณและความหลากหลายในระดับกลางซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing System: FMS) ที่มีความต้องการไม่เฉพาะเครื่องจักรที่มีการผลิตแบบยืดหยุ่น แต่ยังต้องการรวมการขนย้ายการจัดเก็บและการนำออกอย่างยืดหยุ่นไว้ด้วยกัน ซึ่งเป็นพื้นฐานในการศึกษาเรื่องเอจีวีและระบบการจัดเก็บและนำออกแบบอัตโนมัติ (Automatic Storage and Retrieval System: AS/RS) โดยเชื่อมโยงกับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ระบบเอจีวีเป็นระบบขนถ่ายวัสดุที่ใช้รถทำงานได้โดยอิสระต่อกัน และขับเคลื่อนด้วยตัวเอง ซึ่งประกอบด้วย

1. ตัวรถกลไก, ระบบขับเคลื่อน, มอเตอร์และแบตเตอรี่
2. ชุดควบคุมการทำงานของรถ
3. ระบบนำร่องทางเดินรถ
4. ส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลหรือเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

โดยทั่วไปส่วนของตัวรถและกลไกของรถนั้นก็ถูกออกแบบมาให้เหมาะกับการประยุกต์ในการใช้งานในอุตสาหกรรมแต่ละประเภท แล้วตัวขับเคลื่อนให้รถเคลื่อนที่นั้นก็จะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกควบคุมด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งพลังงานในการหมุนมอเตอร์จะได้มาจากแบตเตอรี่ซึ่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จะมีแรงดันอยู่ระหว่าง 12 ถึง 48 โวลต์ ส่วนชุดควบคุมการทำงานของรถจะมีอยู่ด้วยกันหลายลักษณะเช่น พีแอลซี (Programmable Logic Control: PLC) ไมโครโปรเซสเซอร์บอร์ด ซิงเกิลบอร์ดคอมพิวเตอร์ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าผู้ผลิตรายใดจะออกแบบระบบไว้อย่างไร ระบบนำร่องทางเดินของเอจีวีจะแบ่งออกเป็นสองแบบ คือ แบบกำหนดเส้นทางเดินแน่นอนเช่น แบบใช้สายและแบบใช้แถบสีบนพื้นกำหนดทางเดิน และแบบเส้นทางเดินอิสระซึ่งจะมีการใช้เซนเซอร์หลายชนิดหลายแบบมารวมกัน เช่น ระบบจีพีเอส (Global Positioning System: GPS) สัญญาณวิทยุและเลเซอร์ และองค์ประกอบสุดท้ายของเอจีวี ก็คือส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์โดยจะมีการเชื่อมต่อกันทั้งแบบระบบเครือข่ายไร้สาย (Local Area Network: LAN) และระบบคลื่นวิทยุซึ่งการเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ดังกล่าวมีไว้เพื่อการจัดการกับระบบทั้งหมด

**2. ชนิดของรถเอจีวี**

2.1 เอจีวีแบบลากจูง (AGV Towing Vehicle)

เป็นแบบชนิดของเอจีวีที่มีความนิยมมากชนิดหนึ่ง เอจีวีนี้จะเป็นอุปกรณ์นำทางอัตโนมัติแบบลากจูง มีความกว้างให้เลือกหลายชนิด ชนิดของอุปกรณ์บรรทุกถูกใช้สำหรับบรรทุกและปลดลงของสัมภาระ รถพ่วง (Trailer) ยังรวมถึงเอจีวีที่ใช้จูงรถไฟ เครน อุปกรณ์ขนส่งอัตโนมัติคนทำ งานกันเอง การส่งผ่านโดยรถไฟและอุปกรณ์ที่โปรแกรมการบรรทุกและปลดแบบอัตโนมัติโดย มากการประยุกต์การลากจูง จะเป็นในลักษณะของการเคลื่อนที่ของหีบผลิตภัณฑ์ให้ไปสู่ภายนอกโกดัง ซึ่งการลากจูงจะใช้กับการขนส่งที่ปริมาณมากๆ โดยมีระยะทางขนส่งที่ไกลมากกว่า 1000 เมตร

2.2 เอจีวีแบบมีลูกกลิ้งลำเลียง (AGV Unit Load Transports)

เอจีวีแบบนี้จะถูกใช้งานร่วมกับร่องที่ใช้ในการโหลดชิ้นงาน โดยเอจีวีเดินทางมายังแท่นได้ที่ช่องดังกล่าว สามารถส่งกำลังหรือไม่ส่งกำลังผ่านลูกกลิ้ง โซ่ หรือร่องสายพาน หรือ ร่องที่ทำ การแบ่งเป็นหลายส่วนอย่างชัดเจน ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับสายพานลำเลียงแบบมีกำลังหรือไม่มีจำ กัดก็ได้ สถานีผลัก-ดึง สามารถรวมตัวกัน โดยสัมภาระสามารถใส่และนำออกโดยรถโฟล์กลิฟต์ อุปกรณ์บรรทุกหรือปลดลงอัตโนมัติอุปกรณ์เหล่านี้ส่วนมากเป็นอิสระต่ออันหนึ่งและสามารถผ่านไปยังที่อื่นๆ ที่กำหนดไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลายๆ สถานการณ์ นอกจากนั้นยัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถเคลื่อนที่ได้สองทิศทาง เอจีวีแบบมีลูกกลิ้งลำเลียงปกติจะถูกใช้อยู่ในคลังและระบบการกระจายในขณะที่ความยาวของเส้นทางเดินเป็นความสัมพันธ์อย่างสั้นๆ

2.3 เอจีวีแบบบรรทุกพาเลท (AGV Pallet Truck)

เอจีวีแบบบรรทุกพาเลทถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการหลบหลีก และขนส่งวัสดุที่อยู่บนแท่น พวกมันยังถูกใช้อย่างกว้างขวางในหลายหน้าที่ โดยที่อุปกรณ์นี้ถูกนำไปใช้ในการขนของขึ้นและลงในระดับชั้นต่างๆ โดยไม่เจาะจงสิ่งที่ขนมา และไม่มีอุปกรณ์พิเศษใด ที่ต้องนำมาใช้นอกจากสิ่งของที่ขนนั้นต้องวางอยู่บนพาเลท เอจีวีแบบบรรทุกพาเลทมีความสามารถในการบรรทุกได้ 1,000-2,000 ปอนด์ มีความเร็ว 264 ฟุต/นาที เอจีวีแบบบรรทุกพาเลทสามารถที่จะยกของขึ้นและนำของลงได้สองวิธีคือ อัตโนมัติ และใช้มือการนำของไปส่งยังที่ต่างๆ ที่ได้ระบุไว้ก่อนนั้นของจะถูกยกโดยการใช้งาสอดเข้าไปในพาเลท เอจีวีแบบบรรทุกพาเลทที่ใช้การทำงานแบบอัตโนมัตินั้นต้องการความแม่นยำในการที่จะเข้าสู่ตำแหน่งที่จะยกของและต้องใช้เซนเซอร์ในการตรวจวัด ซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงแต่สามารถทำงานได้ยืดหยุ่นกว่าและไม่ต้องใช้พนักงานเข้าไปในบริเวณที่จัดเก็บสินค้า

2.4 เอจีวีแบบโฟล์คลิฟท์ (AGV Forklift Trucks)

เอจีวีแบบโฟล์คลิฟท์มีความสามารถในการยกแท่นสัมภาระขึ้นและลงได้ในทั้งที่เป็นบนพื้นและบนชั้นวางของและความสูงในการขึ้นของสามารถที่จะต่างระดับความสูงกับตอนลงของได้ในบางกรณีสามารถที่จะกองของรวมกันได้ในชั้นเดียวกัน ตัวนำทางของรถยกมีความสามารถที่จะระบุตำแหน่งความสูงของงาได้ ดังนั้นจึงสามารถที่จะใช้งานร่วมกับระบบการขนถ่ายวัสดุอื่น ๆ ได้ เอจีวีแบบโฟล์คลิฟท์เป็นเอจีวีที่มีราคาแพงมากชนิดหนึ่งดังนั้นมันจึงถูกนำมาใช้งานร่วมกับระบบการผลิตที่เป็นแบบอัตโนมัติเต็มระบบ และรถยกนี้ทำงานโดยการติดอุปกรณ์ตรวจจับไว้ที่ส่วนปลายของงาน ดังนั้นมันจึงสามารถที่จะยกได้สูงและวางซ้อนกันได้ และด้วยระบบการทำงานของอุปกรณ์จึงต้องเข้าไปเกี่ยวข้องกับหลายส่วน หลายระดับ และวิธีการเพื่อความแม่นยำในการระบุตำแหน่งทั้งบนพื้นและบนชั้น เอจีวีแบบโฟล์คลิฟท์มีความสามารถในการทำงานได้ที่ความสูงหลายระดับมีความสามารถในการบรรทุกได้ 1,000-2,000 ปอนด์ ความเร็ว 264 ฟุต/นาที รัศมีในการเลี้ยวน้อยที่สุด 7 ฟุต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.5 เอจีวีแบบบรรทุกขนาดเบา (AGV Light Load Transporter)

เป็นเอจีวีที่มีความสามารถในการบรรทุกได้น้อยกว่า 500 ปอนด์ ใช้ในการขนส่งที่มีขนาดเล็กและเบามีความยาวพอประมาณใช้ในการขนถ่ายระหว่างที่จัดเก็บโดยมีความเร็วปกติอยู่ที่ 100 ฟุต/นาที รัศมีการเลี้ยว 2 ฟุต มันถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการทำงานในพื้นที่จำกัดเช่น สายการประกอบ การใช้ในส่วนของไปรษณีย์

**3. เทคโนโลยีในการนำร่องของเอจีวี**

เทคโนโลยีในการนำร่องของเอจีวีมีหลายวิธีพอสรุปได้ดังนี้

3.1 การนำร่องโดยใช้ทางเดินนำร่อง

3.1.1 การใช้แถบโลหะ (Metal Tape)

การใช้แถบโลหะตีเป็นแถบแบบเดียวกับแถบสี วิธีการนี้จะต้องเปลี่ยนตัวตรวจจับสีไปเป็นพรอคซิมิตี้ (Proximity Sensor) แทน พรอคซิมิตี้เซนเซอร์จะให้เอาต์พุตออกมาในกรณีที่ตรวจพบแถบโลหะเท่านั้น เอาต์พุตมีให้เลือกทั้งแบบที่เป็นอนาลอก และดิจิตอล ข้อดีของวิธีการนี้ คือ ความแม่นยำคงที่ คือ แม้มีฝุ่นละอองมาเกาะติดก็ยังทำงานได้ดี ข้อเสียของวิธีนี้คือราคาแพงการซ่อมบำรุงทำได้ยาก

3.1.2 การใช้แถบแม่เหล็ก (Magnetic Tape)

ฝังลงในพื้นมีลักษณะเป็นตารางทั่ว ๆ ไปบนพื้นเอจีวี และจะทำการตรวจจับแถบแม่เหล็กด้วยแมกเนติกเซนเซอร์ (Magnetic Sensor) โดยเอจีวีจะเคลื่อนที่ไปตามแนวของตาราง จุดตัดของเส้นตารางจะเป็นตัวนับตำแหน่งในการเคลื่อนที่ การทำงานของวิธีนี้ลักษณะของแมกเนติกเซนเซอร์นั้นประกอบด้วย ขดลวดกระตุ้น 1 ชุด (Exciting Coil) ชุดตรวจจับ 2 ชุด (Detecting Coil) การทำงานเริ่มจากขดลวดกระตุ้น ผลิตสนามแม่เหล็กไฟฟ้าโดยมีชุดตรวจจับคอยตรวจจับสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น กรณีที่เอจีวีอยู่ตรงแนวแถบแม่เหล็กพอดีสนามแม่เหล็กที่ตัวตรวจจับรับได้จะมีค่ามากที่สุดการเคลื่อนที่ตามวิธีการนี้อาจกำหนดจุดพิกัดตำแหน่ง (Coordinate) เอาไว้ก่อนแล้ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อดีของวิธีการนี้คือความแม่นยำในการทำงานสูง ความคงทนถาวรมีมาก ข้อเสียคือการลงทุนในการติดตั้งสูงกว่าวิธีที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด

3.1.3 การใช้กล้องทีวีหรือซีซีดี (CCD Camera) เป็นตัวนำร่อง

โดยการนำสัญญาณรูปที่ได้รับ ซึ่งอาจเป็นดิจิตอลมาทำการประมวลผลเพื่อหาทางเดินของแถบที่ติดอยู่บนพื้น การใช้กล้องทีวีมีข้อดีคือ สามารถหาตำแหน่งที่ถูกต้องของแถบสีได้แม้ว่าแถบสีนั้นจะมีการเลอะเลือนหรือชำรุดเสียหายไปบ้างก็ตาม ด้วยข้อดีที่กล่าวมาทำให้สามารถนำไปใช้กับการขนส่งภายนอกอาคารได้ โดยเฉพาะการขนถ่ายวัสดุจากอาคารหนึ่งไปสู่อีกอาคารหนึ่ง แต่ข้อเสียก็คือ ความเร็วในการประมวลผลช้ามาก โดยเฉพาะการทำงานกับคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วในการทำงานต่ำ แต่ปัญหาข้อนี้จะถูกแก้ไขด้วยการปรับปรุงหน่วยประมวลผลกลางให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

3.1.4 การใช้แถบสีหรือเทปสะท้อนแสงติดบนพื้น

วิธีการนี้ทำได้โดยการติดแถบสีที่มีความแตกต่างกับสีของพื้น เมื่อเอจีวีตรวจพบแถบสีนั้นจะนำ เอาข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ต่อไป ข้อดีของวิธีนี้คือระบบการนำร่องไม่ซับซ้อน การเปลี่ยนแปลงแก้ไขง่าย การซ่อมบำรุงกระทำได้ในระยะเวลาสั้น ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการติดตั้งมีราคาถูก สำหรับเทคนิคในการตรวจจับเทปสีมี 2 วิธี ได้แก่

- การใช้ตัวเซนเซอร์ตรวจจับแถบสีโดยเฉพาะ วิธีการนี้มีความเชื่อถือได้สูงสุดโดยตัวตรวจจับแถบสีนี้จะรับเอาความถี่แสงที่กำหนดไว้ไปใช้เท่านั้น ความถี่แสงอื่นจะถูกปฏิเสธออกไป ข้อเสียของวิธีนี้คือมีราคาสูง

- การใช้โฟโต้เซนเซอร์ (Photo Sensor) ตรวจจับความเข้มของแสงที่สะท้อนกลับออกมาวิธีการนี้จะต้องทำงานในที่บริเวณสะอาดมาก ๆ การใช้โฟโต้เซนเซอร์จึงเหมาะสำหรับห้องควบคุมความสะอาดของโรงงานผลิตไอซี ข้อดีของการใช้โฟโต้เซนเซอร์ คือ เป็นอุปกรณ์ที่หาง่าย ง่ายต่อการสร้าง มีราคาถูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 การนำร่องแบบไร้สาย (Wireless Guidance)

เป็นการนำร่องที่ไม่ต้องติดตั้งทางเดินนำร่องตามพื้น วิธีการนี้เอจีวี สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระและมีความยืดหยุ่นในการดำเนินการสูงมาก ในปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาวิธีการนี้มาก สิ่งที่สำคัญที่สุดของการนำร่องแบบไร้สายคือ เทคนิคการนำทาง ซึ่งมีหลายวิธีคือ

3.2.1 การนำทางด้วยรีโมทคอนโทรล (Remote Control Navigation)

วิธีการนี้จะทำการส่งข้อมูลทางดิจิตอลไปกับความถี่แสงย่านอินฟาเรด มีการนำเทคนิคเข้ารหัสต่าง ๆ มาใช้กันอย่างแพร่หลายเช่น การมอดูเลทตำแหน่งของพัลส์ (Pulse Position Modulation: PPM) ข้อดีของวิธีการนี้คือราคาถูก ข้อเสีย คือ ระยะทางในการควบคุมได้ไม่ไกล

3.2.2 การใช้อุลตร้าโซนิควัดระยะทาง (Ultrasonic Distance Measurement)

วิธีการนี้เอจีวีจะเก็บแผนที่ของเส้นทางทุกทางที่เป็นไปได้ในหน่วยความจำ วิธีการเคลื่อนที่จะเริ่มจากผู้ใช้กำหนดเป้าหมายปลายทางที่จะให้เอจีวีได้รับคำสั่งจะทำการคำนวณหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดแล้วจะเคลื่อนที่ไปได้โดยใช้อุลตร้าโซนิค ทำหน้าที่คอยตรวจจับวัสดุกีดขวาง เพื่อหาแนวทางในการเคลื่อนที่ ข้อดีของเทคนิคนี้ คือ ความถูกต้องในระดับมิลลิเมตรข้อเสียคือจำเป็นต้องมีสถานที่ที่มีลักษณะเป็นกำแพง ทำให้สิ้นเปลืองจำนวนของตัวตรวจจับและราคาที่แพงของตัวตรวจจับ ข้อเสียอีกอย่างหนึ่งคือ ตัวตรวจจับประเภทอุลตร้าโซนิคจะมีความถูกต้องมากที่สุดในขณะที่ทำงานในอุณหภูมิห้อง หากมีการถ่ายเทอากาศไม่ดี หรือการถูกรบกวนของแหล่ง กำเนิดที่มีความถี่สูง อาทิเช่น มอเตอร์หรือเครื่องจักรที่กำลังทำงาน

3.2.3 การใช้เครื่องวัดระยะทางเป็นวิธีการหาตำแหน่งของตัวเอจีวีเอง

โดยเอจีวีจะต้องมีคอมพิวเตอร์ที่ติดอยู่บนตัวเอจีวีเองการวัดระยะทางทำได้โดยการอ่านตำแหน่งที่ป้อนกลับจากตัวโรตารี่ เอ็นโค้ดเดอร์ (Rotary Encoder) ที่ติดตั้งกับแกนของมอเตอร์ที่ใช้ส่วนขับเคลื่อนของเอจีวี หลักการวัดระยะทางโดยใช้เอ็นโค้ดเดอร์ คือจะต้องมีการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้น (Home Position) เพื่อเป็นจุดอ้างอิงและกำหนดตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการจะให้เอจีวีเคลื่อนที่ไป เมื่อเอจีวีเคลื่อนที่เอ็นโค้ดเดอร์จะทำให้สัญญาณเอาท์พุตออกมาเป็นพัลส์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอจีวีจะนำผลลัพธ์คือ พัลส์ที่อ่านเข้ามาไปคำนวณหาตำแหน่งเป้าหมายได้ วิธีการนี้ค่อนข้างง่าย แต่มีข้อเสียคือ เมื่อเอจีวีเคลื่อนที่มักเกิดความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งปัญหานี้เกิดจากการลื่นไถล (Slipping) ของล้อและชิ้นส่วนทางกล วิธีการแก้คือเอจีวี จะต้องทำการชดเชยค่าการลื่นไถลเป็นระยะๆ หลังจากที่เคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งซึ่งเป็นการไม่สะดวก

3.2.4 การนำทางด้านคลื่นวิทยุ (Radio Navigation)

ตามปกติวิธีนี้สามารถวัดตำแหน่งของวัตถุที่เคลื่อนที่ โดยมีขอบเขตของการตรวจจับตั้งแต่หลายร้อยเมตรจนถึงหลายกิโลเมตร แต่สำหรับระบบนำร่องไร้สายที่ไม่ใช้ทางเดินนำร่องเลยนั้น วิธีการนี้จะไม่เหมาะสม เนื่องจากเหล็ก (Iron) จะทำให้คลื่นวิทยุเกิดการสะท้อน (Reflect) และเบี่ยงเบนไป ทำให้การหาตำแหน่งขาดความถูกต้องแม่นยำ โดยเฉพาะมีขอบเขตการตรวจจับมากกว่า 100 เมตร

3.2.5 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

เป็นวิธีการหาตำแหน่งของเอจีวี โดยใช้กล้องติดบนเพดานหรือบริเวณมุมห้องหรือพื้นที่ปฏิบัติงาน โดยกล้องที่ใช้ปัจจุบันมีหลายแบบสามารถสั่งข้อมูลทางดิจิตอลให้กับคอมพิวเตอร์นำไปประมวลผลได้ เช่น ซีซีดี เมื่อคอมพิวเตอร์รับข้อมูลจากกล้อง แล้วจะเป็นผู้ออกคำสั่งให้เอจีวีทำงานได้โดยอาจจะใช้วิธีการสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุ หรืออาศัยรีโมทคอนโทรลสั่งงานได้ ความถูกต้องของวิธีนี้จะขึ้นอยู่กับความละเอียดของกล้องที่ใช้ ปัจจุบันมีความละเอียดให้เลือกมากมาย ข้อเสียของวิธีการนี้คือ จะต้องใช้กล้องหลายตัวเนื่องจากกล้องแต่ละตัวจะมีพิกัดของโฟกัสและรัศมีไม่มากนัก

**ทฤษฎีการจัดลำดับงาน**

สงกรานต์ (2548) การจัดลำดับงาน คือ กรรมวิธีการจัดเครื่องจักร หรือเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตสินค้าหรือบริการตลอดจนการจัดสรรกำลังคน เพื่อให้กระบวนการผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่องมีประสิทธิภาพก่อให้เกิดผลผลิตมากที่สุด และเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การจัดลำดับการผลิต เป็นลักษณะของการกำหนดงาน หรือตารางการผลิตที่จะจัดสรรทรัพยากรต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ โดยขึ้นอยู่กับลักษณะกระบวนการผลิตแต่ละประเภท โดยจัดเป็นขั้นตอน ซึ่งกิจกรรมโดยทั่วไปประกอบด้วยการกำหนดชนิดของงานให้กับหน่วยการผลิต การจัดลำดับงาน และการกำหนดตารางการทำงาน

**1. รูปแบบของตารางเวลาในการวางแผนการผลิต**

สามารถแบ่งออกเป็น 10 กลุ่มดังนี้

1.1 เครื่องจักรเดียว (Single Machine)

มีเพียงเครื่องจักรเดียวที่ใช้ในการผลิต และทุกงานต้องถูกผลิตโดยเครื่องจักรนี้ งานจะถูกผลิตเพียงครั้งเดียว แต่ละงานมีเวลาในการผลิตและกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกันไป เราอาจจะกำหนดฟังก์ชั่นของความสูญเสียของงานที่เกิดจากการเบี่ยงเบนจากกำหนดเวลาส่งมอบวัตถุประสงค์โดยทั่วไปส่วนใหญ่จะเป็นการทำให้เวลาการส่งมอบช้ากว่ากำหนดให้น้อยที่สุด เรียกว่า Tardiness penalty ส่วนวัตถุประสงค์อื่นๆ นั้นขึ้นอยู่กับเกณฑ์ต่างๆ ที่ต้องการพัฒนาตารางเวลานั้นๆ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น

1.1.1 งานที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent Jobs) เป็นงานที่ไม่มีข้อจำกัดด้านลำดับการทำงานได้แก่

1.1.1.1 รูปแบบของเวลาเสร็จสิ้น (Completion Time Models)

1.1.1.2 รูปแบบของเวลาล่าช้าโดยรวม (Lateness Models)

1.1.1.3 รูปแบบของเวลาที่ล่าช้า (Tardiness Models)

1.1.2 งานที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent Jobs) เป็นงานที่มีข้อจำกัดด้านลำดับการทำงานที่มีโครง สร้างเฉพาะของลำดับงาน (Special Precedence Structures) ที่แตกต่างกัน

1.1.2.1 รูปแบบของเวลาเสร็จสิ้นโดยรวม (Total Completion Time Models)

1.1.2.2 รูปแบบปัญหากำหนดเวลาการส่งมอบ (Due-Date Problems)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1.2.3 รูปแบบปัญหาเวลาการเตรียมงาน (Sequence-Dependent Setup Problems)

1.2 การผลิตแบบสายงาน (Flow Shop)

งานจะถูกผลิตด้วยเครื่องจักรหลายตัวที่มีลำดับการผลิตเดียวกัน อย่างไรก็ตามเวลาในการผลิตของแต่ละงานด้วยเครื่องจักรเดียวกันอาจจะแตกต่างกันได้วัตถุประสงค์ โดยทั่วไปส่วนใหญ่จะเป็นการทำให้เวลาการผลิตโดยรวมน้อยที่สุด (Makespan)

1.3 เครื่องจักรแบบขนาน (Parallel Machines)

มีเครื่องจักรที่เป็นอิสระต่อกันหลายตัว และแต่ละงานมีความต้องการการผลิตจากเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว งานถัดไปไม่สามารถผลิตได้ถ้างานก่อนหน้ายังผลิตไม่เสร็จ วัตถุประสงค์โดยทั่วไปส่วนใหญ่จะเป็นการทำให้เวลาการผลิตโดยรวมน้อยที่สุด (Minimize Makespan)

1.4 การผลิตแบบตามงาน (Job Shop)

เป็นระบบการผลิตที่ใช้กันอย่างกว้างขวางระบบหนึ่ง ซึ่งมีเครื่องจักรที่ทำงานแตกต่างกัน และแต่ละงานต้องการการผลิตจากเครื่องจักรบางเครื่องตามลำดับความต้องการของงานนั้น ๆ แบบจำลองที่ง่ายที่สุดของระบบการผลิตแบบตามงานคือ การที่งานแต่ละงานสามารถที่จะทำการดำเนินงานบนเครื่องจักรใดๆ ก็ตามที่อยู่บนเส้นทางงานของตนได้เพียงแค่หนึ่งครั้งเท่านั้น สำหรับแบบจำลองที่ซับซ้อนขึ้น อาจเป็นไปได้ว่างานอาจจะกลับมาทำซ้ำที่เครื่องจักรเดิมได้หลายครั้งบนเส้นทางที่กำหนดให้ และเรียกการทำงานแบบนี้ว่า “การเวียนซ้ำ (Recirculation)” วัตถุประสงค์โดยทั่วไปส่วนใหญ่จะเป็นการทำให้เวลาการผลิตโดยรวมน้อยที่สุด (Minimize Makespan) หรือการทำให้เวลาการส่งมอบช้ากว่ากำหนดให้น้อยที่สุด (Minimize Tardiness Penalty)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.5 การผลิตแบบเปิด (Open Shop)

มีความคล้ายคลึงกันกับการผลิตแบบแยกงาน เพียงแต่งานนั้นสามารถผลิตได้ในหลากหลายลำดับการผลิต หรือมีความอิสระด้านลำดับการผลิตนั่นเอง วัตถุประสงค์โดยทั่วไปส่วนใหญ่จะเป็นการทำให้เวลาการผลิตโดยรวมน้อยที่สุด (Minimize Makespan)

1.6 การผลิตแบบไม่อิสระต่อกัน (Dependent Shop)

เป็นการผลิตที่มีสิ่งแวดล้อมเหมือนกับการผลิตแบบแยกงาน (Job Shop) เพียงแต่ลำดับของงานนั้นอาจขึ้นอยู่กับการผลิตของงานอื่นๆ ได้ หรือไม่มีความอิสระด้านลำดับการผลิต วัตถุประสงค์โดยทั่วไปส่วนใหญ่จะเป็นการทำให้เวลาการผลิตโดยรวมน้อยที่สุดเรียกว่า Makespan

1.7 การผลิตแบบกลุ่มงาน (Batch Processing)

งานจะถูกผลิตเป็นกลุ่มก้อนที่มีเวลาการผลิตที่แน่นอน และมีกำลังการผลิตที่จำกัดในแต่ละครั้งของการผลิต เช่น เตาอบขนม

1.8 การผลิตแบบมีเวลาเตรียมการ (Sequence-Dependent Setup Times)

มีความคล้ายคลึงกันกับการผลิตแบบกลุ่มงาน เพียงแต่จะมีเวลาเตรียมการผลิตในกรณีที่กลุ่มงานที่ผลิตต่อกันเป็นงานที่แตกต่างกัน จึงเกิดต้นทุนจากการเตรียมการผลิตขึ้น แต่ละงานมีกำหนดเวลาส่งมอบ และวัตถุประสงค์โดยทั่วไปจะเป็นการทำให้เวลาโดยรวมของการส่งมอบช้ากว่ากำหนดให้น้อยที่สุด เรียกว่า Total Tardiness Penalty

1.9 การผลิตแบบสายงานการประกอบ (Assembly Line)

ทุกงานจะผ่านลำดับการผลิตที่แน่นอน มีวัตถุประสงค์โดยทั่วไปในการกำหนดงานให้แต่ละสถานีงานเพื่อให้ได้ระดับการผลิตและประสิทธิภาพตามที่ต้องการ เช่น การสมดุลสายงาน (Line Balancing)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.10 การผลิตแบบผสมในสายงานการประกอบ (Mixed-Mode Assembly Line)

งานผลิตบนการผลิตแบบสายงานการประกอบ แต่สามารถผลิตงานที่คล้ายกันที่มีลักษณะการทำงานและเวลาแตกต่างกันได้

**2. ระเบียบวิธีการแก้ปัญหาการกำหนดการผลิต**

การแก้ปัญหาการกำหนดการผลิตสามารถแบ่งได้เป็น 4 แนวทาง คือ

2.1 Combination Approach

วิธีนี้จะทำการกำหนดการผลิตทุกๆ แบบที่เป็นไปได้ โดยการเปลี่ยนการจัดลำดับของงานแต่ละงานที่สถานีผลิตที่งานนั้น จะต้องผ่านโดยลำดับและอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แล้วเลือกใช้กำหนดการผลิตแบบดีที่สุด การใช้วิธีนี้อาจจำเป็นที่จะต้องพิจารณาการกำหนดการผลิตถึง $(N!)^M$ ครั้ง โดย N คือจำนวนงานที่ต้องทำทั้งหมด M คือจำนวนหน่วยปฏิบัติงานทั้งหมดเพื่อจะได้กำหนดการผลิตที่ดีที่สุด ซึ่งถ้าหากมีจำนวนของงาน และจำนวนสถานีงานมากการคำนวณก็จะมีความซับซ้อนขึ้นตามลำดับ

2.2 Mathematical Approach

วิธีนี้อาศัยคณิตศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหา วิธีที่ใช้ได้แก่ กำหนดการพลวัต กำหนดการเชิงกำลังสอง กำหนดการเชิงจำนวนเต็ม โครงข่ายการไหล วิธีลากรองซ์ และวิธีอื่นๆ ซึ่งวิธีนี้สามารถกำหนดกฎเกณฑ์ต่างๆ ของการกำหนดการผลิตได้สะดวก และมีได้มาก แต่การคำนวณยุ่งยาก

2.3 Branch and Bound Approach

วิธีนี้ประกอบด้วยขั้นตอนพื้นฐาน 2 ส่วนคือ Branching เป็นกระบวนการแบ่งส่วนของปัญหาที่มีขนาดใหญ่ออกเป็นส่วนปัญหาย่อยที่มากกว่าสองปัญหาย่อยขึ้นไป และ Bounding คือกระบวนการทางการคำนวณ Lower bound ที่ดีที่สุดของปัญหาย่อยนั้น ประสิทธิผลจะขึ้นกับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lower Bound ที่ดีซึ่งจะทำให้ผลที่ได้จะดีที่สุด วิธีนี้เหมาะกับการคำนวณสำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่

2.4 Heuristic Approach

วิธีนี้จะเป็นการพัฒนากลุ่มของกฎต่างๆ ซึ่งเรียกว่า Heuristics ซึ่งจะช่วยในการค้นหาผลลัพธ์ที่น่าพอใจหลายๆ วิธีของปัญหา และในวิธีให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจที่สุดนั้นไม่สามารถรับประกันว่าเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด วิธีการนี้สามารถหาผลลัพธ์ของปัญหาที่มีขนาดใหญ่โดยไม่ต้องใช้การคำนวณมากนัก ซึ่งที่นิยมใช้คือ การจัดลำดับงานโดยใช้กฎความสำคัญ (Priority Rule for Dispatching Jobs) สำหรับงานที่ผ่านการทำงานเพียงขั้นตอนเดียวหรือสถานีการทำงานเดียว เช่น การผ่านชิ้นงานเข้าเครื่อง CNC หรือเครื่องจักรอื่นๆ การวางแผนการผลิตของสินค้าที่ผ่านกระบวนการแปรรูปในขั้นตอนเดียว หรือลักษณะการทำงานใดๆ ก็ตามที่เสร็จสิ้นภายในหนึ่งขั้นตอนของการทำงานหรือในหนึ่งสถานีการทำงาน เราสามารถจัดลำดับงานให้เหมาะสม ซึ่งหมายถึง การจัดลำดับงานที่ทำให้เวลาโดยรวมทั้ง หมดของการทำงาน (Total Lead Time) สั้นที่สุด โดยเทคนิคของการจัดลำดับงานโดยใช้กฎความสำคัญ กระทำได้โดยการจัดงานใน 4 ลักษณะดังต่อไปนี้

2.4.1 First Come First Serve: FCFS

เป็นการจัดลำดับงานโดยให้ทำงานที่เข้ามาก่อนเป็นอันดับแรก และทำงานที่เข้ามาทีหลังเป็นอันดับต่อไป ซึ่งหากพิจารณาจากเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพการผลิตแล้ว วิธี FCFS จะเป็นวิธีที่ไม่ค่อยดีนัก แต่ถ้าพิจารณาในแง่ของความเป็นธรรมแล้ว งานที่เข้าก่อนก็ควรจะได้รับการปฏิบัติก่อน ซึ่งข้อเสียที่เด่นชัดของการจัดงานตามวิธีดังกล่าวคืองานที่ใช้เวลาทำมากจะทำให้งานอื่นๆ ที่ตามมาต้องคอยนาน โดยทั่วไปแล้ววิธีการจัดงานแบบ FCFS เหมาะกับงานด้านการให้บริการ เช่น งานร้านอาหาร โรงภาพยนตร์ และธนาคาร เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4.2 Shortage Processing Time: SPT

หมายถึงการจัดลำดับความสำคัญของการทำงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลาสั้นที่สุดก่อนแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลามากเป็นลำดับถัดไป จะเห็นได้ว่า SPT เป็นวิธีที่มุ่งในการลดเวลาแล้วเสร็จของงานแต่ละงานและพยายามทำให้งานต่างๆ ออกจากระบบการผลิตไปให้เร็วที่สุด ข้อดีของการจัดงานแบบ SPT คือ เวลาโดยเฉลี่ยของงานในระบบจะต่ำที่สุดทำให้เกิดสินค้าคงเหลือในระหว่างการผลิตน้อยและสามารถประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ แต่ข้อเสียของ SPT คืองานที่ใช้เวลาในการผลิตนานๆ มักถูกผลักไปอยู่ในอันดับท้ายทำให้มีเกิดการรอคอย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เกิดมีงานใหม่เข้ามาแทรกอยู่เสมอๆ และเป็นงานที่ใช้เวลาน้อยกว่า ซึ่งหากใช้ SPT ในการจัดลำดับงานที่เข้ามาแทรกก็จะได้รับการจัดอันดับให้ทำก่อนทำให้งานที่ใช้เวลาในการผลิตนานๆ เกิดการรอคอยที่นานมากยิ่งขึ้นไปเรื่อยๆ

2.4.3 Earliest Due Date: EDD

หมายถึงการจัดลำดับความสำคัญในการทำงานโดยให้ทำงานที่มีกำหนดส่งมอบเร็วที่สุดก่อนแล้วจึงค่อยทำงานที่มีกำหนดส่งมอบนานกว่าเป็นลำดับถัดไป โดยทั่วไปแล้ว EDD เป็นวิธีที่มุ่งเน้นลดการล่าช้าจากกำหนดการส่งมอบงาน ถึงแม้ว่าวิธีนี้จะดูสมเหตุสมผล และเป็นวิธีที่นิยมใช้ปฏิบัติกันโดยทั่วไปก็จริง แต่วิธีการดังกล่าวอาจทำให้มีจำนวนงานที่เข้ามาในระบบมากกว่าวิธีการอื่นๆ (หมายถึง พนักงานจะมีงานยุ่งอยู่ตลอดเวลา) และทำให้เกิดสินค้าคงเหลือระหว่างผลิตสูง เนื่องจากในการจัดลำดับการทำงานตามหลักของ EDD นั้นไม่ได้มีการนำเอาเวลาที่ใช้ในการทำงานมาพิจารณาร่วมด้วย

2.4.4 Longest Processing Time: LPT

หมายถึงการจัดลำดับความสำคัญในการทำงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดเป็นอันดับแรกแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลาน้อยกว่าเป็นอันดับถัดมา โดยทั่วไปแล้ว LPT มักจะเป็นวิธีที่ส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพโดยรวมของการผลิตมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ เพราะการจัดงานแบบ LPT มักทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตงานทั้งหมดนานและยังทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานทรัพยากรด้านการผลิต (เครื่องจักร กำลังคน ฯลฯ) ต่ำอีกด้วย แต่ข้อดีของการจัดงานแบบ LPT ประการหนึ่งก็คือสามารถสร้างขวัญและกำลังใจในการทำงานให้แก่พนักงานได้เนื่องจากเมื่องาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยากๆ ที่ใช้เวลานานผ่านไปแล้วก็จะเหลือแต่งานง่ายๆ ที่ใช้เวลาไม่นาน ทำให้กำลังใจในการทำงานดีขึ้น

**3. ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพในการจัดลำดับความสำคัญ**

เกณฑ์การตัดสินใจในการเลือกการจัดลำดับของงานตามแบบหนึ่งแบบใดใน 4 แบบดังกล่าวข้างต้น สามารถพิจารณาได้จากค่าดัชนีชี้วัด 4 ตัว ดังต่อไปนี้

3.1 Average Completion Time

เวลาโดยเฉลี่ยทั้งหมดของการแล้วเสร็จของงาน ซึ่งหาได้จากการนำเอาเวลาที่ใช้ในการทำงาน (Processing Time) และเวลาที่ต้องรอคอยการเข้าผลิต (Idle Time) ของทุกๆ งานมารวมกัน ซึ่งเรียกรวมกันว่า “เวลาทั้งหมดในการทำงาน” (Total Flow Time) แล้วนำเวลาดังกล่าวนี้มาหารด้วยจำนวนงานทั้งหมดที่มี ก็จะได้ค่าเฉลี่ยของการทำงานในงานแต่ละงาน หรือสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

Average Completion Time = (Total Flow time) / (Number of Jobs)

3.2 Percent of Utilization

เป็นดัชนีชี้วัดความสามารถในการใช้ทรัพยากรต่างๆ ในการผลิต โดยจะเน้นหนักในเรื่องของเวลาที่ต้องสูญเสียไปเนื่องจากการรอคอย (Idle Time) เป็นสำคัญ ซึ่งหากจัดลำดับความสำคัญในการทำงานได้ดีก็จะส่งผลให้เวลาที่ต้องรอคอยการผลิตของแต่ละงานลดน้อยลงและทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานทรัพยากรในการผลิตต่างๆ สูงตามไปด้วย ในการหาค่าดัชนี Utilization สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

%Utilization = (Total Processing Time) / (Total Flow Time)

Total Processing Time = เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมดของแต่ละงานรวมกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Total Flow Time = เวลาที่ใช้ในการทำงานบวกกับเวลาที่ต้องสูญเสียไปเนื่องจากการรอคอยของแต่ละงานรวมกัน

3.3 Average Number of Jobs in System

ค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่เข้ามาในระบบต่อหน่วยเวลา เป็นดัชนีที่ชี้วัดปริมาณภาระงานที่มีแก่พนักงานว่ามากน้อยเพียงใด ในบางครั้งการจัดลำดับของการทำงานในแบบต่างๆ อาจจะให้เวลาแล้วเสร็จของงานเท่าๆ กัน แต่ถ้าหากมาพิจารณาดูที่ค่าดัชนีดังกล่าวนี้อาจพบว่าวิธีการจัดลำดับงานแบบหนึ่งอาจให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่ทำต่อหน่วยเวลาสูงกว่าอีกแบบหนึ่ง ซึ่งหมายความว่าในการจัดงานแบบที่ให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่ทำต่อหน่วยเวลาสูงนั้นพนักงานจะมีภาระงานหนัก (งานยุ่ง) มากกว่าแบบที่ให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่ทำต่อหน่วยเวลาน้อยกว่า ในการหาค่าดัชนีดังกล่าวสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

Average Number of Jobs in System = (Total Flow Time) / (Total Processing Time)

3.4 Average Job Lateness

ค่าเฉลี่ยของการล่าช้าของงานแต่ละงาน เมื่อเทียบกับกำหนดแล้วเสร็จ (Due Date) ค่าดัชนีตัวนี้มักได้รับความสนใจมากเป็นพิเศษ เนื่องจากในทางปฏิบัติแล้วการจัดงานโดยมุ่งเน้นในเรื่องของการลดการส่งมอบงานที่ล่าช้ามักเป็นสิ่งสำคัญเสมอ แต่ถึงกระนั้นก็ตาม หากเรามุ่งความสนใจในดัชนีชี้วัดตัวนี้มากจนเกินไปโดยไม่พิจารณาถึงค่าดัชนีตัวอื่นๆ ประกอบ แน่นอนว่าประสิทธิภาพโดยรวมของการผลิตย่อมต่ำแน่ถึงแม้ว่าเราจะไม่มีการส่งมอบงานที่ล่าช้าเลยก็ตามที ในการหาค่าดัชนี Average Job Lateness สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

Average Job Lateness = (Total Late Days) / (Number of Jobs)

Total Late Days คือ จำนวนวันทั้งหมดในการส่งมอบงานที่ล่าช้ากว่ากำหนดของทุกงานรวมกัน

Number of Jobs คือ จำนวนงานทั้งหมดที่มีในสถานีการทำงานนั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**4. การตัดสินใจเลือกการจัดงานที่เหมาะสม**

เมื่อผู้วิจัยได้ทดลองจัดงานทั้งหมดที่มีเข้ามาในสถานีการผลิตตามลักษณะของการจัดงานในแบบต่างๆแล้ว ทำการหาค่าดัชนีชี้วัดทั้ง 3 ตัวได้แก่ Average Cycle Time, Utilization, Average Work In Process สำหรับการจัดงานในแต่ละแบบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนถัดไปซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุด คือเราจะมาทำการเปรียบเทียบลักษณะของการจัดงานในแต่ละแบบว่าแบบใดให้ภาพรวมของประสิทธิภาพในการผลิตดีที่สุด ซึ่งทำได้โดยการพิจารณาจากค่าดัชนีชี้วัดทั้งสามตัวของการจัดงานในแต่ละแบบประกอบกัน หากการจัดงานแบบใดให้ภาพรวมของดัชนีชี้วัดทั้งสามตัวดีที่สุดก็ควรเลือกการจัดงานแบบดังกล่าว แต่หากยังไม่สามารถตัดสินชี้ชัดลงไปได้ว่าวิธีการจัดงานแบบใดดีที่สุด ทางออกของการแก้ปัญหาในจุดนี้คือการเลือกใช้เทคนิคของการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพเพื่อช่วยทำให้การเลือกวิธีการจัดงานที่เหมาะสมเป็นไปอย่างถูกต้องและตรงกับความต้องการมากขึ้น ซึ่งเทคนิคที่ว่านี้ก็คือ กระบวนการตัดสินใจลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process: AHP) ซึ่งเป็นวิธีที่พิสูจน์แล้วว่ามีประสิทธิภาพและเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในแขนงของการตัดสินใจต่างๆ มากมาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## เทคนิคการจำลองสถานการณ์

### 1. กระบวนการจำลองสถานการณ์

มณฑล (2549) ขั้นตอนต่างๆ ต่อไปนี้เป็นข้อเสนอแนะสำหรับการดำเนินการจำลองแบบปัญหาที่ใช้คอม พิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ

1.1 การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความหมายของระบบงาน (Problem Formulation and System Definition) เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบ ขอบเขต ข้อจำกัดต่างๆ และวิธีการวัดผลของระบบ

1.2 การสร้างแบบจำลอง (Model Formulation) จากลักษณะของระบบงานที่ต้องการศึกษา เป็นการเขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.3 การจัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation) วิเคราะห์หาข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองและจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถจะนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้

1.4 การแปรรูปแบบจำลอง (Model Translation) แปลงแบบจำลองให้อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.5 การทดสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้ผู้เขียนโปรแกรมและผู้ใช้แบบจำลองมั่นใจว่าแบบจำลองที่ได้นั้น สามารถใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้

1.6 การออกแบบการทดลอง (Strategic Planning) เป็นการออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้การวิเคราะห์หาผลลัพธ์ได้ตามที่ต้องการ

1.7 การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง (Tactical Planning) เป็นการวางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดลองอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ผลเพียงพอ (ด้วยระดับความเชื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มั่นในผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสม) ความแตกต่างระหว่างขั้นตอนนี้กับขั้นตอนการออกแบบการทดลองคือ การออกแบบการทดลองเป็นเพียงบอกเงื่อนไขของการทดลอง ส่วนขั้นตอนนี้เป็นการบอกว่าจะต้องดำเนินกรทดลองตามเงื่อนไข ดังกล่าวกี่ครั้งจึงจะได้ข้อมูลที่เหมาะสม

1.8 การดำเนินการทดลอง (Experimentation) เป็นการคำนวณหาข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการและความไวของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแบบจำลอง

1.9 การตีความผลการทดลอง (Interpretation) จากผลการทดลองตีความว่าระบบงานจริง มีปัญหาอย่างไรและแก้ปัญหาจะได้ผลอย่างไร

1.10 การนำไปใช้งาน (Implementation) จากผลการทดลอง เลือกวิธีการที่จะแก้ปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบงานจริง

1.11 การจัดทำเป็นเอกสารการใช้งาน (Documentation) เป็นการบันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลอง โครงสร้างแบบจำลอง วิธีการใช้งานและผลที่ได้จากการใช้งานเพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำแบบจำลองไปใช้งานและเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงดัดแปลงแบบจำลอง เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบ

**2. การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์**

โปรแกรมอารีน่า (ARENA® http://www.ARENAsimulation.com/academicprograms) ของบริษัทซีสเตม โมเดลลิ่ง (System Modeling Corporations) สามารถใช้สร้างแบบจำลองของระบบที่เวลาไม่ต่อเนื่อง (Discrete-Time Systems) ระบบที่เวลาต่อเนื่อง (Continuous-Time System) โปรแกรมอารีน่าสร้างแบบจำลองจะถูกแสดงในรูปแบบของแผนภูมิการไหล (Flowchart) และข้อมูลจะถูกเก็บในรูปแบบของสเปรดชีต (Spreadsheets) โดยสามารถใช้ร่วมกับโปรแกรมวิสิโอ (Visio) ได้

การสร้างแบบจำลองจะถูกสร้างจากวัตถุรูปกราฟิก ซึ่งถูกเรียกว่าโมดูล (Module) เพื่ออธิบายถึงตรรกะ (Logics) ของระบบ โดยที่โมดูลจะอยู่ในรูปของไอคอน (Icon) รวมกับข้อมูลที่อยู่ในรูปหน้าต่างไดอะล็อก (Dialog Window) ไอคอนเหล่านี้อยู่ในเทมเพลท (Template) โดยแต่ละ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เทมเพลทบ่งบอกถึงวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง ซึ่งในรุ่นมาตรฐานนี้จะมีการเพิ่มลักษณะพิเศษเข้าไป เช่น โมดูลทรัพยากร (Resource Module) โมดูลกระบวนการรอคอย (Queues Process Module) เป็นต้น ส่วนเทมเพลทที่โปรแกรมอารีน่าได้ให้มานั้น จะเน้นไปยังระบบงานอุตสาหกรรมและระบบการจัดการวัสดุ

หัวใจของโปรแกรมอารีน่าก็คือ ภาษา SIMAN ส่วนการสร้างรูปเคลื่อนไหว (Animation) แบบจำลองของอารีน่าจะมีการสร้างกราฟิก เพื่อแสดงรูปแถวคอย สถานะของทรัพยากร (Resource Status) และการไหลของเอนติตี้ (Entity Flow) ซึ่งกราฟิก 2 มิติของอารีน่าจะถูกสร้างจาก เครื่องมือวาด (Drawing Tool) ที่อารีน่ามีมาให้ และสามารถสร้างจากภายนอกได้ เช่น โปรแกรม AutoCAD และโปรแกรม Visio เป็นต้น นอกจากนี้แล้วโปรแกรมอารีน่าได้มีโปรแกรมเสริม ได้แก่ ตัววิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า (Input Analyzer) มีหน้าที่ในการหาการแจกแจงที่เหมาะสมกับข้อมูล ตัววิเคราะห์ผล (Output Analyzer) และ ตัววิเคราะห์กระบวนการ (Process Analyzer) ซึ่งใช้เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของระบบที่มีหลายทางเลือก

**การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดของ 2 แบบจำลอง**

มณฑล (2549) การเปรียบเทียบแบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลอง จำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อแยก แยะความแตกต่างของดัชนีชี้วัดที่เกิดขึ้น ว่าเกิดจากการออกแบบ หรือเกิดจากความไม่แน่นอนของการสุ่ม โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลอง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ผลลัพธ์จากแบบจำลองและดัชนีชี้วัดสำหรับการเปรียบเทียบ 2 แบบจำลอง

| ระบบที่ | รอบทำซ้ำที่ | | | | ค่าเฉลี่ยจากตัวอย่าง | ค่าความแปรปรวนจากตัวอย่าง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | ... | $R$ | | |
| 1 | $Y_{11}$ | $Y_{21}$ | ... | $Y_{R1}$ | $\bar{Y}_{\bullet 1}$ | $S_1^2$ |
| 2 | $Y_{12}$ | $Y_{22}$ | ... | $Y_{R2}$ | $\bar{Y}_{\bullet 2}$ | $S_2^2$ |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 1 กำหนดให้

$Y_{ri}$ คือ ค่าที่ได้จากการรันสิมูเลชั่น เช่น จำนวนลูกค้าในแถวเฉลี่ย ซึ่งเป็นค่าประมาณของค่าเฉลี่ยดัชนีชี้วัดของระบบที่ $i$ สำหรับ $i=$ 1(ระบบปัจจุบัน), 2 (ระบบเสนอแนะ) ของรอบทำซ้ำที่ $r$ สำหรับ $r = 1, 2, \ldots, R$

$\bar{Y}_{\bullet i}$ คือ ค่าเฉลี่ยจากตัวอย่าง (Sample Means) ของระบบที่ $i$ สำหรับ $i=$ 1, 2 ซึ่งคำนวณได้จากสมการ $\bar{Y}_{\bullet i} = \frac{1}{R}\sum_{r=1}^{R} Y_{ri}$

$S_i^2$ คือ ค่าความแปรปรวนจากตัวอย่างของระบบที่ $i$ สำหรับ $i = 1, 2$

$\theta_i$ คือ ค่าเฉลี่ยดัชนีชี้วัดของระบบที่ $i$ สำหรับ $i = 1, 2$

จุดมุ่งหมายของการรันสิมูเลชั่น ก็เพื่อประมาณผลต่างค่าเฉลี่ยของดัชนีชี้วัด ($\theta_1 - \theta_2$) ที่ใช้เปรียบเทียบว่าแบบจำลองทั้งสองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ จากกรณีดังต่อไปนี้ คือ

1. ถ้าช่วงความเชื่อมั่นมีค่าอยู่ทางซ้ายมือของค่าศูนย์ จะสรุปสมมติฐานได้ว่า $\theta_1 < \theta_2$
2. ถ้าช่วงความเชื่อมั่นมีค่าอยู่ทางขวามือของค่าศูนย์ จะสรุปสมมติฐานได้ว่า $\theta_1 > \theta_2$
3. ถ้าช่วงความเชื่อมั่นมีค่าศูนย์รวมอยู่ด้วย จะไม่สามารถสรุปได้ว่าระบบใดดีกว่า จึงจำเป็นต้องทำการเพิ่มรอบทำซ้ำ เพื่อทำให้ความแตกต่างที่ชัดเจนมากขึ้น

ช่วงความเชื่อมั่นของ $\theta_1 - \theta_2$ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบทางสถิติ ประมาณได้ดังนี้

$$\bar{Y}_{\bullet 1} - \bar{Y}_{\bullet 2} - t_{\alpha/2,v}\, s.e.(\bar{Y}_{\bullet 1} - \bar{Y}_{\bullet 2}) \le \theta_1 - \theta_2 \le \bar{Y}_{\bullet 1} - \bar{Y}_{\bullet 2} + t_{\alpha/2,v}\, s.e.(\bar{Y}_{\bullet 1} - \bar{Y}_{\bullet 2}) \qquad (1)$$

โดยค่า $s.e.(\bar{Y}_{\bullet 1} - \bar{Y}_{\bullet 2})$ คือค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) ของผลต่างค่าเฉลี่ยของดัชนีชี้วัดของ 2 แบบจำลอง ซึ่งจะมีค่าตามลักษณะของเทคนิคทางสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบ และค่า $t_{\alpha/2,v}$ คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ $100(1-\alpha/2)$ ของการแจกแจงแบบทีที่องศาเสรี $v$ และ $s.e.(\bar{Y}_{\bullet 1} - \bar{Y}_{\bullet 2})$ ที่ใช้การสุ่มแบบมีความสัมพันธ์ จะคำนวณได้จาก

$$s.e.(\bar{Y}_{\bullet 1} - \bar{Y}_{\bullet 2}) = s.e.(\bar{D}) = \frac{S_D}{\sqrt{R}} \qquad (2)$$

$$\bar{D} = \frac{1}{R}\sum_{r=1}^{R} D_r$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$D_r = Y_{r1} - Y_{r2}$$

$$S_D^2 = \frac{1}{R-1}\left(\sum_{r=1}^{R}(D_r^2 - R\overline{D})^2\right)$$

ดังนั้นเมื่อแทนค่า $s.e.(\overline{Y}_{\bullet 1} - \overline{Y}_{\bullet 2})$ ที่ได้จากสมการที่ (2) ลงในสมการที่ (1) ก็สามารถกำหนดช่วงความเชื่อมั่นของ $\theta_1 - \theta_2$ ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Eqbelu and Tanchoco (1984) เสนอวิธีทาง Heuristic สำหรับใช้ในการจัดการระบบขนส่งของรถเอจีวีโดยแบ่งเป็น 2 กรณีคือ

- ดูการจ่ายงานของ Work Center โดยการตัดสินใจจะอยู่ที่ความต้องการเรียกใช้รถของ work center ซึ่งจะใช้กฎในการตัดสินใจดังนี้ Random Vehicle Rule, Nearest Vehicle Rule, Farthest Vehicle Rule, Longest Vehicle Rule, Least Utilized Vehicle Rule

- ดูการจ่ายงานให้กับรถเอจีวี โดยการตัดสินใจจะอยู่ที่การเลือก Work Center ที่มีความต้องการคล้ายกัน ซึ่งจะใช้กฎในการตัดสินใจดังนี้ Random Work Center, Shortest Travel Time/Distance, Longest Travel Time/Distance, Maximum Outgoing Queue Size, Minimum Remaining Outgoing Queue Size, Modify FCFS

โดยทั้ง 2 กรณีจะใช้การจำลองสถานการณ์เพื่อเปรียบเทียบกฎต่างๆข้างต้นโดยมีดัชนีชี้วัดคือ Unit Load Throughput นอกจากนี้ยังทำการหาจำนวนรถเอจีวีที่เหมาะสมกับระบบการทำงานอีกด้วย

Golden *et al.* (1984) ได้เน้นถึงปัญหาของการจัดเส้นทางจากคลังสินค้ากลางไปยังลูกค้าเมื่อทราบความต้องการ มีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดที่คลังสินค้ากลาง มีข้อจำกัดด้านความจุของยานพาหนะ ซึ่งในงานวิจัยโดยทั่วไปจะกำหนดให้ยานพาหนะทุกคันเหมือนกัน แต่ในงานวิจัยนี้จะปล่อยวางเงื่อนไขนี้ เพราะมีวัตถุประสงค์เพื่อจะหาขนาดของยานพาหนะที่ดีที่สุดรวมกับการให้มีต้นทุนรวมน้อยที่สุด ต้นทุนดังกล่าวประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) และต้นทุนผันแปร (Variable Cost) โดยได้นำเสนอวิธีฮิวริสติกส์ที่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบมากมาย

Kannan and Lyman (1994) ได้ทำการตรวจสอบผลของการจัดกลุ่มเพื่อทำการผลิตโดยใช้กฎการจัดตารางการผลิตแบบกลุ่มไดนามิกใน Job Shop Cell โดยงานวิจัยได้ทำการจำลองสภาพแวดล้อมในการทำงานเป็นดังนี้ กำหนดให้มีสถานีทำงาน 5 สถานีทำงาน และแต่ละสถานีทำงานมีเครื่องจักร 1 เครื่องจักร และมีการไหลของงานซึ่งครอบคลุมการผลิตสินค้าทุกชนิดของทางโรงงาน ซึ่งผลสรุปออกมาว่าการแบ่งขนาดรุ่น และวิธีการจัดลำดับการผลิตมีผลต่อเวลาเฉลี่ยที่งานอยู่ในระบบ และความล่าช้าของงาน จะได้ว่าปัญหาการกำหนดขนาดรุ่นการผลิตนี้เองก็เป็นปัญหาลำดับแรกที่เราต้องทำการแก้ไขให้ได้ว่าเมื่อมีงานเข้ามาในโปรแกรมการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของเราจะมีเกณฑ์ในการแบ่งขนาดของงานออกเป็นอย่างไร ซึ่งการแบ่งขนาดของรุ่นโดยดูช่วงเวลาที่ใช้ในการผลิต และเวลาในการทำงานที่มีอยู่ดังงานวิจัยนี้แล้วค่อยทำการเปรียบเทียบว่าในเป้าหมายแบบนี้ ขนาดรุ่นที่ทำการกำหนดขึ้นแบบใดให้ผลดีที่สุดภายใต้วิธีการจัดลำดับงานที่ถูกกำหนดไว้แล้วก็ถือเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงการนำไปใช้งานจริง

Kim *et al.* (1999) ใช้วิธีทาง Heuristic เพื่อจัดการกับเส้นทางการวิ่งของรถเอจีวีของงานที่เป็นระบบ Job-Shop โดยใช้แนวคิด Workload Balancing ซึ่งพยายามที่จะจัดสมดุลของ Load ที่สถานีงาน และLoad ที่อยู่ระหว่างขนส่งให้สมดุลกันโดยใช้การจำลองสถานการณ์เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

Newaz *et al.* (1983) ได้ศึกษาถึงการจัดลำดับงานโดยทั่วไป ซึ่งงานทุกงานจะต้องผ่านไปผลิตยังเครื่องจักร หรือสถานีงานทุกสถานีโดยลำดับที่เหมือนกัน แต่ให้ความสำคัญกับงานที่เวลารวม (Processing Time) มากที่สุดก่อน ซึ่งผลที่ต้องการคือ จะจัดอย่างไรจึงจะให้ค่าเวลารวม (Makespan or Total Processing Time) ต่ำที่สุด ซึ่งวิธีการ Heuristic ที่ได้ศึกษานี้เป็นการแก้ปัญหาโดยไม่จำเป็นต้องได้ค่าที่ดีที่สุดเสมอแต่ต้องการให้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดโดยสามารถหาคำตอบที่ดีได้เช่นกัน วิธีการนี้จะให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลานานที่สุดก่อนและทำการลำดับงานเป็นส่วนๆ (Partial Schedule) ซึ่งจะช่วยลดเวลาลงได้มาก

Pararach (1997) ได้ศึกษาและจัดการวางผังสำหรับเส้นทางของเอจีวี ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถมอเตอร์ไซค์ ซึ่งเอจีวีใช้ในการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบจากโกดังไปยังจุดส่งมอบในหน่วยการผลิตและส่งชิ้นงานกึ่งสำเร็จรูปสำหรับใช้ในหน่วยการประกอบ การวางผังเส้นทางของเอจีวีจะเลือกโดยเส้นทางที่สั้นและเวลาเดินทางรวมน้อยที่สุดโดยใช้อัลกอริธึมในการคิดซึ่งใช้โปรแกรมลิงค์โก (LINGO) ในการคำนวณเส้นทาง ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้พีแอลซีเป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบ

Sabuncuoglu (1998) ทำการทดสอบกฎการจัดลำดับงานเพื่อวัดประสิทธิภาพของระบบ FMS โดยใช้การจำลองสถานการณ์เข้ามาจำลองระบบการทำงานของเครื่องจักรและลำดับการวิ่งของเอจี ซึ่งมีดัชนีชี้วัดคือ Mean Flow Time ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ Sensitivity เพื่อทดลองเปลี่ยนกฎและค่าต่างๆ คือ Processing Time, Breakdown Rate ที่แต่ละระดับ, ลำดับการทำงานของรถเอจีวี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ying-Chin Ho and Ta Wei Liao (2008) ทำการศึกษากลยุทธ์ในการป้องกันการชนกันของรถเอจีวีเพื่อกำหนดขอบเขตการวิ่งของรถเอจีวีโดยแบ่งเป็น 2 แนวทางคือ

- หาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและ Flow ของแต่ละสถานีงานเพื่อใช้ในการกำหนดขอบเขตการวิ่งของรถเอจีวีและใช้การจำลองสถานการณ์ในการหา Load ที่เหมาะสม

- ใช้การจำลองสถานการณ์เพื่อทำการ Balance Load ขณะที่ระบบกำลังทำงานเพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่เกิดปัญหารถชน ซึ่งดัชนีชี้วัดของระบบคือ Throughput Time, Work In Process, Flow Time

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# อุปกรณ์และวิธีการ

## อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนตัว

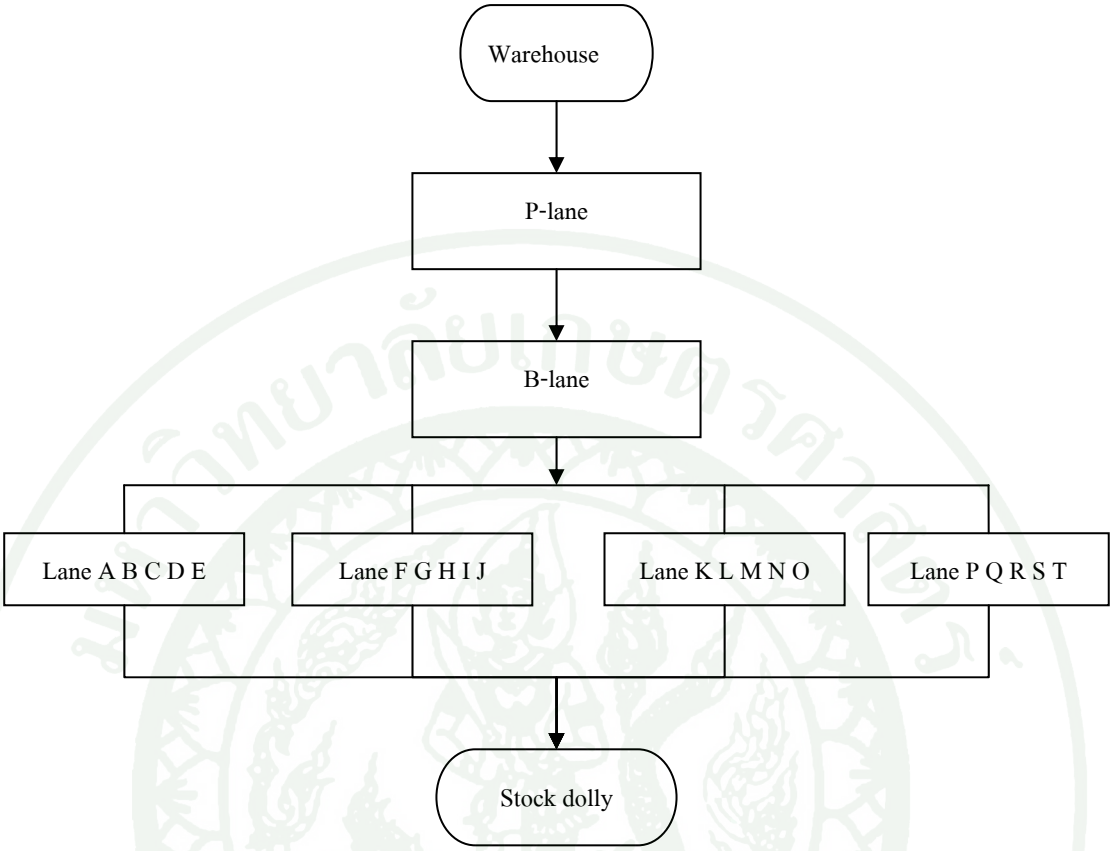
2. โปรแกรมสำเร็จรูป ARENA รุ่น 12.0

## วิธีการ

**1. อุตสาหกรรมการประกอบรถยนต์**

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นกรณีศึกษาของโรงงานอุตสาหกรรมการประกอบรถยนต์ โรงงานตัวอย่างทำการประกอบรถยนต์ โดยมีการรับชิ้นส่วนเข้ามาประกอบตามออร์เดอร์ลูกค้า จากนั้นวัตถุดิบจะถูกนำมาคัดแยกประเภทไว้ตามสถานีต่างๆ (ชิ้นส่วนเหล่านี้จะถูกนำไปใช้กับรถยนต์ทุกประเภท (Product Mixed)) การขนส่งวัตถุดิบระหว่างสถานีจะใช้รถเอจีวีเข้ามาทำงานร่วมกับคนงานเพื่อทำการขนส่งชิ้นส่วนระหว่างสถานี ในกรณีศึกษานี้จะพิจารณาเส้นทางการวิ่งของรถเอจีวีในส่วนของจุดแยกประเภทชิ้นงาน ( B-lane) ซึ่งมีการจัดกลุ่มชิ้นส่วนที่รถจะต้องบรรทุกเป็น 20 กลุ่มเท่ากับจำนวนรถเอจีวี (ตามตัวอักษร A-T) รถแต่ละคันจะทำการส่งชิ้นส่วนตามป้ายแสดงตำแหน่งสถานีปลายทาง (Address) ที่ติดมากับชิ้นส่วนซึ่งแสดงเป้าหมายของสถานีรับชิ้นส่วนมีทั้งหมด 26 สถานี โดยมีขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 1** ขั้นตอนการขนส่งชิ้นส่วนรถยนต์

ขั้นตอนการทำงานอธิบายดังนี้

1. คลังสินค้า (Warehouse) ทำหน้าที่รับชิ้นส่วนจากผู้ผลิต

2. P-lane ทำหน้าที่เรียงวัสดุเป็น 18 แถวเพื่อความสะดวกในการขนย้ายของรถเอจีวีไปยัง B-lane

3. B-lane ทำหน้าที่แยกชิ้นส่วนที่รับมาจาก P-lane เพื่อมาคัดแยกตามป้ายแสดงตำแหน่งสถานีปลายทางที่ติดมากับชิ้นส่วนโดยมีการจัดกลุ่มตามจำนวนรถตั้งแต่ A-T โดยจุดส่งชิ้นส่วน จำนวนชิ้นงาน และ ระยะทางของรถแต่ละคัน แสดงในตารางที่ 1 และเส้นทางตลอดการขนส่งแสดงในภาพที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. รถเอจีวีมารับชิ้นส่วนจาก B-lane ซึ่งได้ทำการแบ่งกลุ่มการปล่อยรถเพื่อไปส่งชิ้นส่วน (ลักษณะบรรทุกดังภาพที่ 2) ยังสถานีต่างๆตามป้ายแสดงตำแหน่งสถานีปลายทางออกเป็น 4 กลุ่ม ตามพื้นที่ของปลายทางที่รถจะต้องไปส่ง (Zoning) คือ

- lane A B C D E
- lane F G H I J
- lane K L M N O
- lane P Q R S T

โดยเริ่มต้นปล่อยรถครั้งละ 4 คัน และลำดับการปล่อยรถภายในกลุ่มเดียวกันเป็นแบบมาก่อนออกก่อน (First Come First Serve) และลำดับการปล่อยคันต่อไปจะห่างจากคันแรกเป็นเวลา 1.5 นาที เพื่อลดการติดขัดของเอจีวีบริเวณสถานีรับชิ้นส่วน สัญญาณการปล่อยรถจะแสดงบนป้ายไฟ (Andon) เพื่อไปส่งชิ้นส่วนตามสถานีที่ระบุไว้ตามป้ายแสดงตำแหน่งสถานีปลายทาง จากนั้นรถจะทำการปล่อยกล่องเปล่าบริเวณจุดปล่อยกล่อง (Stock Dolly) และกลับไปรับชิ้นส่วนที่ B-lane อีกครั้ง (โดยเฉลี่ยแล้วภายใน 1 วันรถวิ่งเก็บชิ้นส่วนเฉลี่ย 18 รอบและรอบเวลาในการวิ่งของเอจีวีแสดงดังภาพที่ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาพที่ 2** ลักษณะการบรรทุกชิ้นส่วนบนรถเอจีวี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**2. กรณีศึกษา**

โรงงานประสบปัญหาการติดขัดของเอจีวี เนื่องจากเวลาการออกของรถแต่ละคันไม่สัมพันธ์กันเป็นผลให้การขนส่งชิ้นส่วนทำได้ช้าลง ทำให้เวลาในการทำงานเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้รอบเวลาการทำงานของรถบางคันยังมีค่าสูงกว่ารอบเวลาที่กำหนดคือ 25.5 นาที ดังแสดงในภาพที่ 4 ผู้วิจัยจึงได้ใช้การจำลองสถานการณ์แสดงให้เห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้น และนำเสนอระบบใหม่ คือ จัดกลุ่มการออกรถใหม่โดยใช้กฎการจัดลำดับงานเข้ามาช่วย และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของระยะเวลารวมเฉลี่ยของรถแต่ละคัน (Average Cycle Time) ของระบบที่นำเสนอใหม่กับระบบเดิมโดยมีดัชนีชี้วัดเพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจในการเลือกระบบการผลิตที่เหมาะสมก่อนการนำไปใช้จริงคือ

- Average Cycle Time

$$\sum_{i=1}^{n} C_{ti}$$

- Average Number of Jobs in System

(Total Flow Time) / (Total Processing Time)

- Percent Utilization

(Total Processing Time) / (Total Flow Time)

โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยคือ

1. ศึกษาระบบการทำงานของบริษัท เพื่อให้ทราบเส้นทางการวิ่งของเอจีวี

2. จัดกลุ่มการออกรถตามข้อมูลต่อไปนี้

2.1 สมดุลของระยะทาง เวลา และจำนวนชิ้นงานที่รถแต่ละคันจะต้องบรรทุกโดยคำนวณจากสูตร

ค่าจากการคำนวณ (Data Balance) = (S/v) + (WL* SD Time)

โดยที่ S คือ ระยะทางรวมที่รถวิ่ง (เมตร)

v คือ ความเร็วรถ (เมตร/นาที)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

WL คือ จำนวนชิ้นงานที่รถต้องบรรทุก (กล่อง)

SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาที่ใช้ในการขนส่งชิ้นส่วน (นาที)

2.2 รอบเวลาในการขนส่งของรถแต่ละคัน (จากข้อมูลในอดีตของโรงงาน)

3. จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มโดยใช้กฎการจัดลำดับงานตามความสำคัญ (Priority Rule for Dispatching Jobs) คือ

3.1 ให้รถที่มีค่าจากการคำนวณต่ำที่สุดไปก่อน (Smallest Data Balance First: SDF) โดยทำการเรียงลำดับค่าที่คำนวณได้ในหัวข้อ 2.1 จากน้อยไปมากแล้วจึงแบ่งเป็น 4 กลุ่ม

3.2 ให้รถที่มีค่าจากการคำนวณมากที่สุดไปก่อน (Largest Data Balance First: LDF) โดยทำการเรียงลำดับค่าที่คำนวณได้ในหัวข้อ 2.1 จากมากไปน้อยแล้วจึงแบ่งเป็น 4 กลุ่ม

3.3 ให้รถที่มีเวลาในการขนส่งรวมน้อยที่สุดไปก่อน (Shortest Processing Time: SPT) โดยทำการเรียงลำดับค่าเวลาในการขนส่งในหัวข้อ 2.2 จากมากไปน้อยแล้วจึงแบ่งเป็น 4 กลุ่ม

3.4 ให้รถที่มีเวลาในการขนส่งรวมมากที่สุดไปก่อน (Longest Processing Time: LPT) โดยทำการเรียงลำดับค่าเวลาในการขนส่งในหัวข้อ 2.2 จากน้อยไปมากแล้วจึงแบ่งเป็น 4 กลุ่ม

4. ทำการจัดกลุ่มการออกรถจากกลุ่มที่แบ่งไว้โดย

4.1 ให้รถในลำดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มออกพร้อมกัน

4.2 ให้รถในกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกัน

5. เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เพื่อหาค่าเฉลี่ยเวลาการบรรทุกชิ้นส่วนของเอจีวี จากสถานีหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่ง

6. สร้างแบบจำลองเส้นทางและลำดับการวิ่งของเอจีวีในระบบเก่าและระบบนำเสนอใหม่ แล้วนำค่าดัชนีชี้วัดมาเปรียบเทียบกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

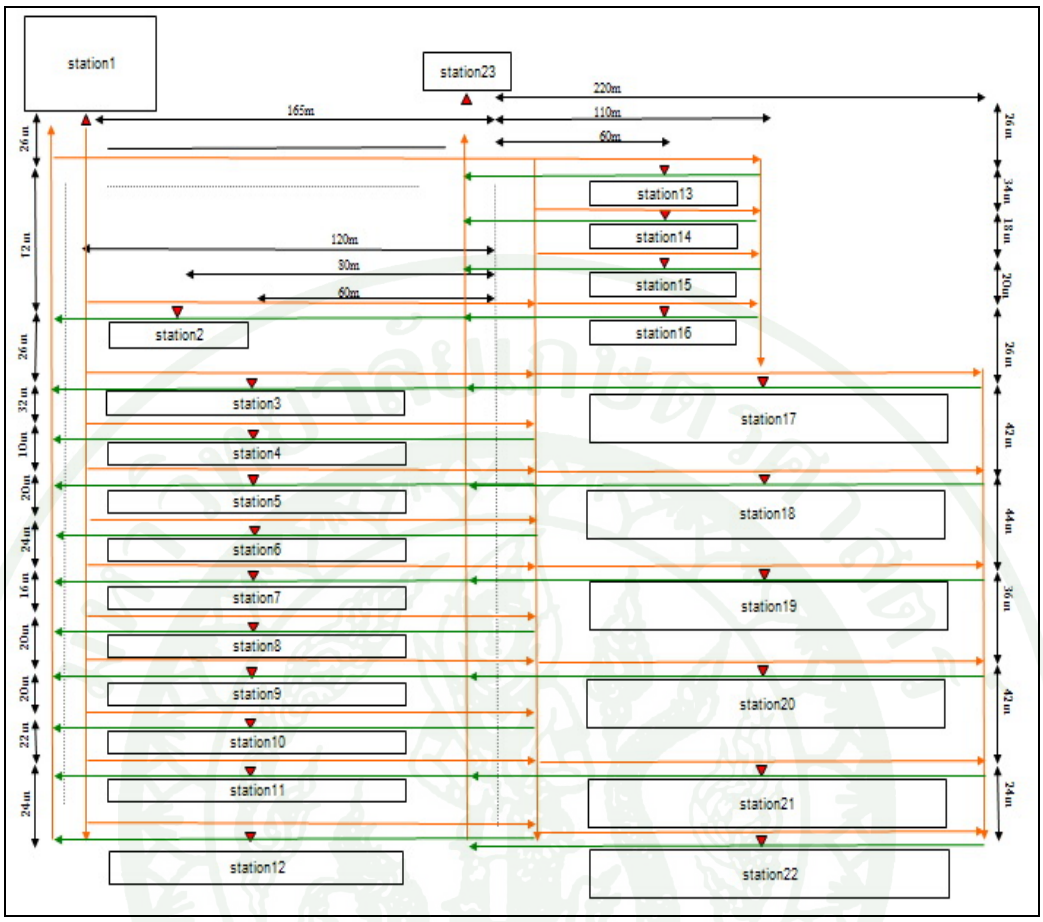
**3. ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง**

ข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยนี้ สามารถแบ่งข้อมูลได้เป็น 3 ข้อมูล คือ 1. จำนวนชิ้นงานที่รถต้องบรรทุก และจุดส่งชิ้นส่วนของรถแต่ละคัน (ตารางที่ 2) 2. เส้นทางในการส่งชิ้นส่วนของเอจีวีในแต่ละสถานี (ภาพที่ 3) 3. เวลาในการส่งชิ้นส่วนของรถเอจีวีแต่ละคัน (ภาพที่ 4)

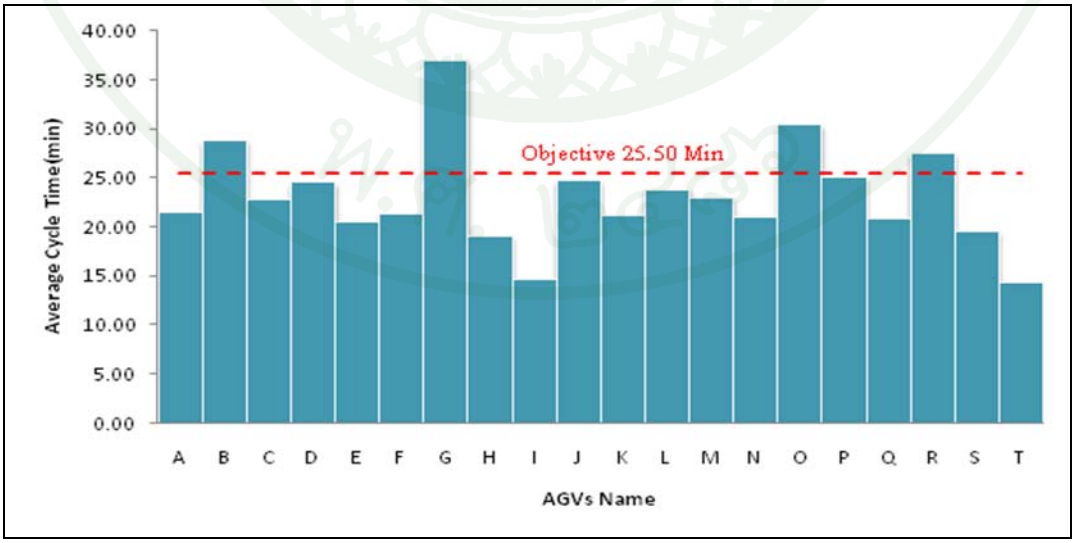
**ตารางที่ 2** จำนวนชิ้นงานที่รถต้องบรรทุก และจุดส่งชิ้นส่วนของรถแต่ละคัน

| ชื่อรถ AGV | ลำดับสถานีที่จอด | จำนวนกล่องที่ต้องจัดส่งในแต่ละสถานีตามลำดับ | ระยะห่างระหว่างสถานี (เมตร) | ระยะทางรวมที่รถวิ่งทั้งหมด (เมตร) |
|---|---|---|---|---|
| A | 2, 12 | 145, 425 | 128, 294 | 1027 |
| B | 19, 22, 23 | 144, 120, 8 | 426, 396, 262 | 1249 |
| C | 17, 18 | 902, 54 | 368, 246 | 955 |
| D | 18, 19, 20 | 204, 232, 38 | 394, 252, 246 | 1629 |
| E | 17, 18 | 517, 82 | 368, 246 | 1081 |
| F | 17, 18 | 472, 266 | 368, 246 | 933 |
| G | 17 | 301 | 368 | 933 |
| H | 13, 15, 16 | 24, 296, 289 | 230, 212, 140 | 901 |
| I | 14, 15 | 476, 487 | 240, 138 | 749 |
| J | 16, 17 | 80, 305 | 278, 160 | 1053 |
| K | 2, 3, 4 | 183, 437, 110 | 128, 166, 152 | 885 |
| L | 4, 5 | 441, 192 | 206, 130 | 905 |
| M | 7, 8, 9 | 305, 222, 156 | 260, 136, 140 | 1065 |
| N | 9 | 504 | 296 | 825 |
| O | 8, 10, 11 | 172, 167, 96 | 276, 160, 142 | 847 |
| P | 11, 12 | 400, 172 | 338, 154 | 1197 |
| Q | 10, 20, 21 | 540, 12, 3 | 316, 196, 246 | 1349 |
| R | 6, 7 | 379, 80 | 236, 144 | 993 |
| S | 5, 6 | 110, 429 | 216, 140 | 945 |
| T | 17 | 117 | 368 | 933 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 3** เส้นทางในการส่งชิ้นส่วนของเอจีวีในแต่ละสถานี

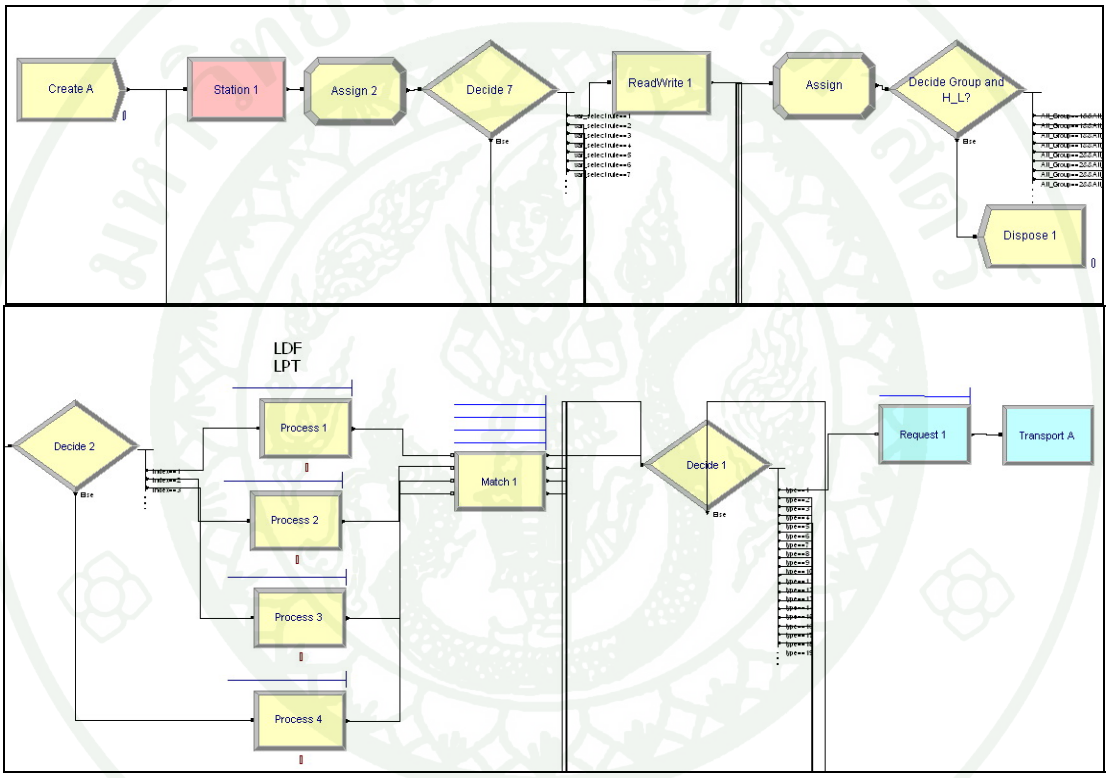



**ภาพที่ 4** เวลาในการส่งชิ้นส่วนของรถเอจีวีแต่ละคัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

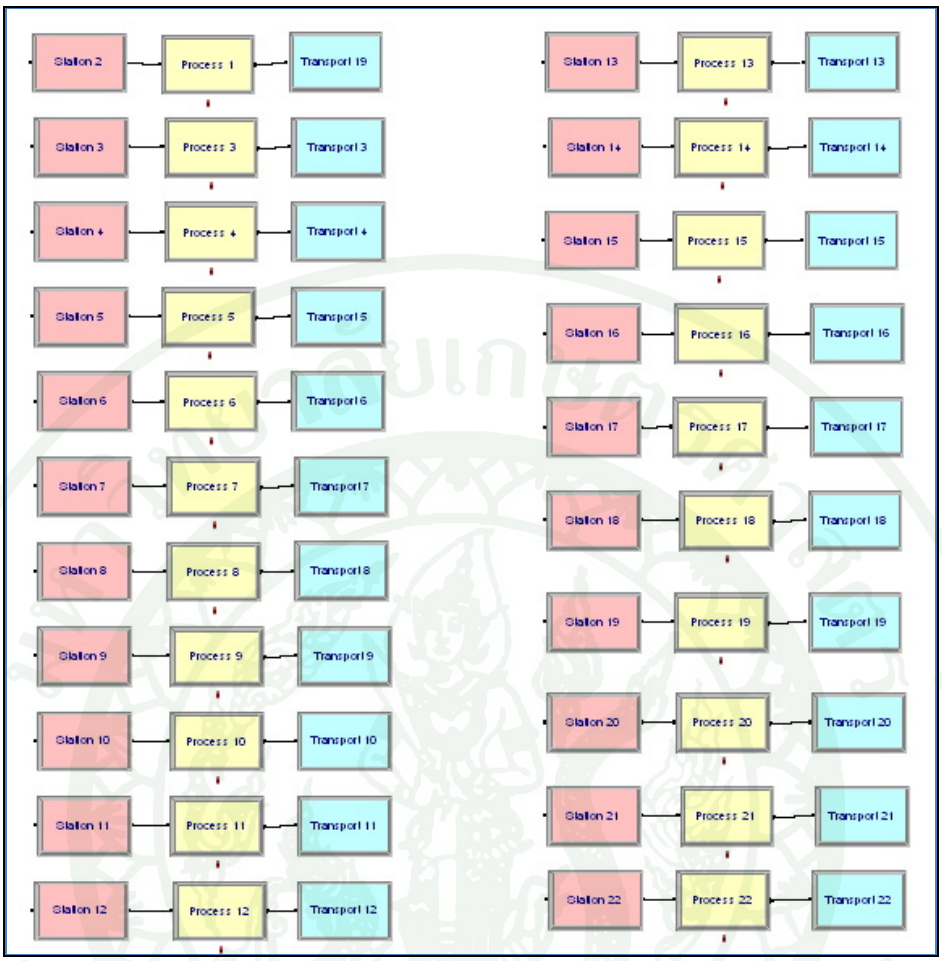
**4. การออกแบบและสร้างแบบจำลอง**

ศึกษากระบวนการขนส่งวัตถุดิบของโรงงาน เส้นทางการส่งวัตถุดิบ และขั้นตอนในการทำงาน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในโปรแกรม Arena เพื่อจำลองสถานการณ์ของระบบการขนส่งของรถเอจีวีภายใน 1 วัน ด้วยรอบทำซ้ำ 18 รอบ จากนั้นนำค่าเวลาในการทำงานมาเปรียบเทียบหาลำดับการทำงานของรถเอจีวีที่เหมาะสม




**ภาพที่ 5** ตัวอย่างแบบจำลองการออกรถด้วยกฎการออกรถแบบต่างๆ และการจองรถเอจีวี

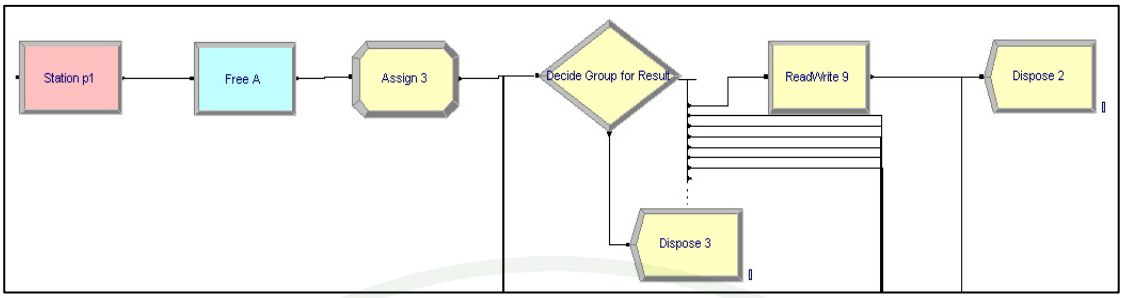
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 6** ตำแหน่งสถานีรับชิ้นส่วนของรถเอจีวีของแบบจำลอง

จากภาพที่ 5 และภาพที่ 6 เป็นการจำลองเส้นทางการวิ่งของรถเอจีวีในโปรแกรม Arena ซึ่งมีสถานีรับชิ้นส่วนทั้งหมด 23 สถานี และมีรถเอจีวีทั้งหมด 20 คัน โมดูล Create สร้างเอนติตี้วัตถุดิบที่เข้ามายังรถเอจีวีทั้ง 20 คัน เพื่อขนส่งชิ้นส่วนออกจากสถานีที่ 1 ไปยังสถานีงานต่างโดยกลุ่ม และ ลำดับการออกรถจะถูกกำหนดโดยโมดูล Match จากนั้นรถแต่ละคันจะถูกจองโดยสถานีรับชิ้นส่วนที่ถูกกำหนดไว้ในโมดูล Sequence Spreadsheet จากนั้นโมดูล Request และ Transport จะทำหน้าที่จองรถเพื่อขนส่งชิ้นส่วนไปยังสถานีที่กำหนด และสิ้นสุดการทำงานดังภาพที่ 7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 7** การสิ้นสุดการทำงานของรถ

โดยเส้นทางการวิ่งทั้งหมดของรถกำหนดโดยโมดูล Network Link Spreadsheet และกำหนดเส้นทางการวิ่งของรถเอจีวีแต่ละคันด้วยโมดูล Network จากนั้นกำหนดค่าระยะทางในโมดูล Distance

**5. การตรวจสอบความถูกต้อง**

ทำการสร้างโมเดลการทำงานของโรงงาน จากนั้นทดลองออกรถตามระบบเดิมของโรงงาน พบว่ามีค่าเวลาการทำงานเฉลี่ยของรถแต่ละคันแตกต่างจากข้อมูลจริงไม่เกิน 10% ดังแสดงในตารางที่ 3 จึงสรุปได้ว่าโมเดลมีความใกล้เคียงกับระบบการทำงานจริง

**ตารางที่ 3** เปรียบเทียบรอบเวลาการทำงานของรถแต่ละคันของแบบจำลองกับข้อมูลจริง

| รอบเวลาการทำงานของรถแต่ละคัน | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชื่อรถ | ระบบเดิม | แบบจำลอง | % แตกต่าง | ชื่อรถ | ระบบเดิม | แบบจำลอง | % แตกต่าง |
| A | 20.56 | 21.47 | -4.43 | K | 20.15 | 21.15 | -4.96 |
| B | 27.13 | 28.84 | -6.30 | L | 26.34 | 23.86 | 9.42 |
| C | 22.11 | 22.77 | -2.99 | M | 21.15 | 22.94 | -8.46 |
| D | 26.62 | 24.54 | 7.81 | N | 19.46 | 21.1 | -8.43 |
| E | 22.54 | 20.56 | 8.78 | O | 29.89 | 30.42 | -1.77 |
| F | 18.71 | 20.43 | -9.19 | P | 24.99 | 25.12 | -0.52 |
| G | 32.44 | 34.06 | -4.99 | Q | 20.66 | 20.86 | -0.97 |
| H | 17.55 | 19.11 | -8.89 | R | 25.57 | 27.52 | -7.63 |
| I | 14.66 | 14.71 | -0.34 | S | 21.11 | 19.52 | 7.53 |
| J | 23.70 | 24.72 | -4.30 | T | 13.77 | 14.4 | -4.58 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ผลและวิจารณ์

## ผล

จากการเปรียบเทียบการจัดกลุ่มการออกรถของกลุ่มในระบบเก่าของโรงงานในรูปที่ 1 กับการทดลองจัดกลุ่มของรถเอจีวีใหม่โดยใช้กฎการจัดลำดับความสำคัญ (Priority Rule) คือ ให้รถที่มีค่าจากการคำนวณต่ำที่สุดไปก่อน (Smallest Data balance First: SDF) ,ให้รถที่มีค่าจากการคำนวณมากที่สุดไปก่อน (Largest Data balance First: LDF), ให้รถที่มีเวลาในการขนส่งรวมน้อยที่สุดไปก่อน (Shortest Processing Time: SPT), ให้รถที่มีเวลาในการขนส่งรวมมากที่สุดไปก่อน (Longest Processing Time: LPT) โดยทำการแบ่งกลุ่มการออกรถเป็น 2 แบบ คือ ให้รถในลำดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มออกพร้อมกัน และให้รถในกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกัน ได้ผลของเวลาเฉลี่ยรวม, Utilization, จำนวนชิ้นงานในระบบ (WIP) ดังนี้ (เนื่องจากทำการจำลองระบบในระยะเวลาสั้นคือ 1 วันซึ่งถือเป็นระบบแบบ Terminating System จึงไม่มีค่าเวลา Warm-Up)

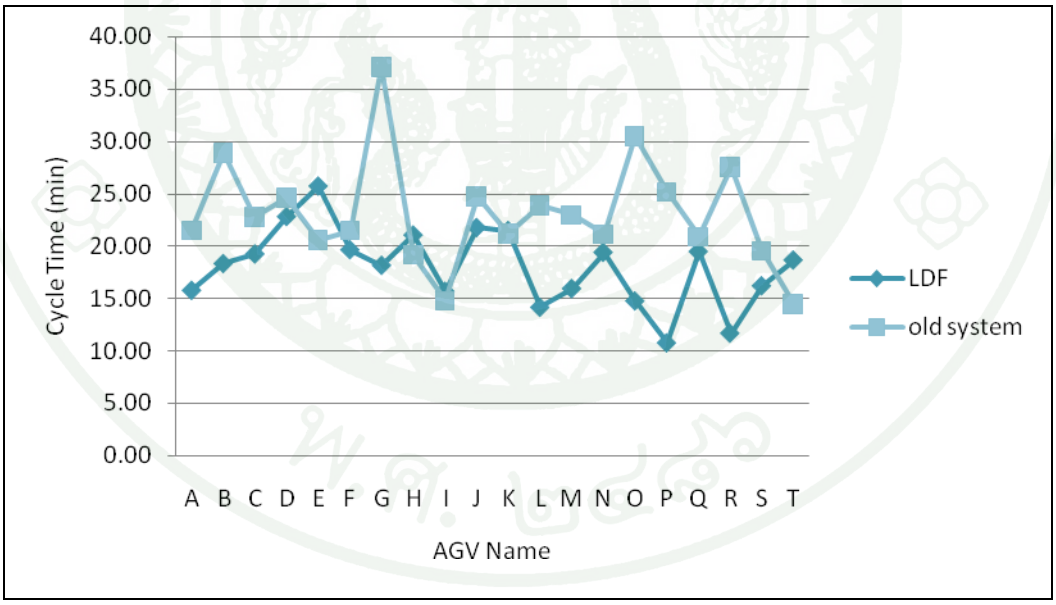
**ตารางที่ 4** เวลาเฉลี่ยรวม (นาที) ของรถเอจีวีแต่ละคันจากการใช้กฎการจัดลำดับการออกรถแบบต่างๆ เมื่อให้รถในลำดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มออกพร้อมกัน

| ชื่อรถ | ระยะเวลารวมในการทำงานของการทดลองใช้กฎการจัดลำดับงาน (นาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Old System | LDF | LPT | SDF | SPT |
| A | 21.47 | 15.77 | 16.9 | 16.38 | 17.41 |
| B | 28.84 | 18.31 | 18.91 | 18.3 | 18.75 |
| C | 22.77 | 19.23 | 19.91 | 21.76 | 19.66 |
| D | 24.54 | 22.79 | 21.99 | 21.01 | 21.85 |
| E | 20.56 | 23.70 | 23.81 | 23.15 | 22.3 |
| F | 21.43 | 19.63 | 20.5 | 22.27 | 22.08 |
| G | 37.06 | 18.15 | 16.76 | 18.92 | 20.02 |
| H | 19.11 | 21.04 | 22.11 | 21.74 | 20.97 |
| I | 14.71 | 15.67 | 16.19 | 15.64 | 15.72 |
| J | 24.72 | 21.75 | 24.85 | 21.67 | 19.2 |
| K | 21.15 | 21.46 | 20.13 | 20.48 | 21.13 |
| L | 23.86 | 14.15 | 15.20 | 16.73 | 15.59 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

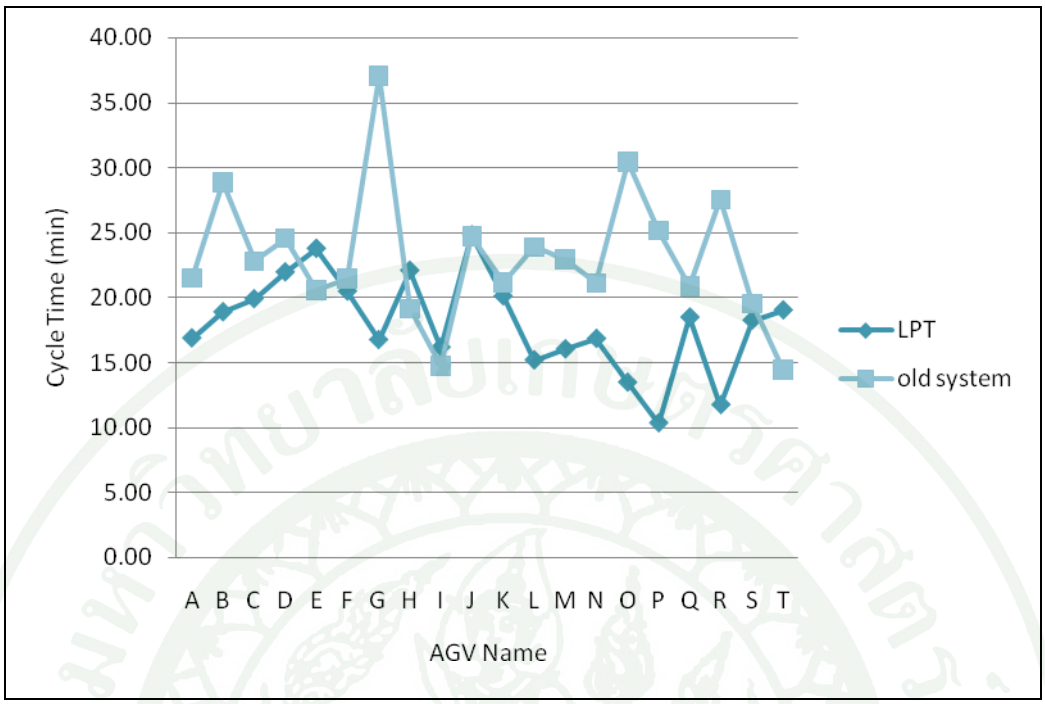
**ตารางที่ 4** (ต่อ)

| ชื่อรถ | ระยะเวลารวมในการทำงานของการทดลองใช้กฎการจัดลำดับงาน (นาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Old system | LDF | LPT | SDF | SPT |
| M | 22.94 | 15.93 | 16.05 | 16.5 | 17.42 |
| N | 21.10 | 19.39 | 16.85 | 17.00 | 18.57 |
| O | 30.42 | 14.76 | 13.47 | 16.10 | 15.97 |
| P | 25.12 | 10.76 | 10.34 | 13.98 | 14.28 |
| Q | 20.86 | 19.47 | 18.5 | 19.02 | 18.87 |
| R | 27.52 | 11.68 | 11.74 | 11.14 | 11.34 |
| S | 19.52 | 16.2 | 18.27 | 18.94 | 17.63 |
| T | 14.40 | 18.65 | 19.05 | 18.63 | 19.61 |
| เฉลี่ย | 23.10 | 18.02 | 18.08 | 18.47 | 18.42 |

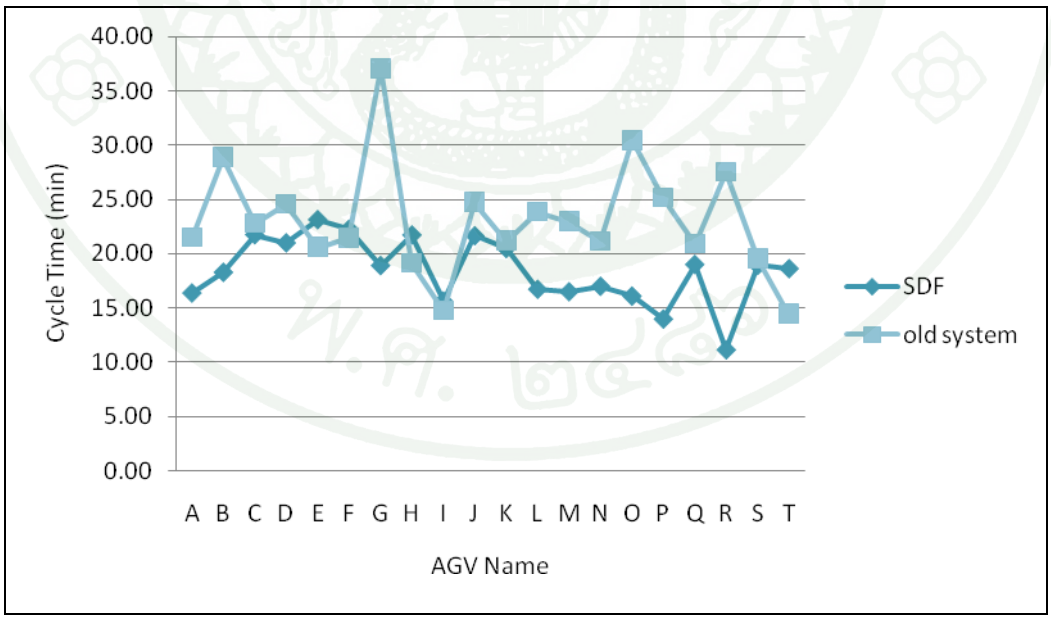



**ภาพที่ 8** เวลาการทำงานของรถแต่ละคัน (นาที) เมื่อทำการออกรถแบบรถในลำดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มออกพร้อมกันโดยใช้กฎ LDF

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

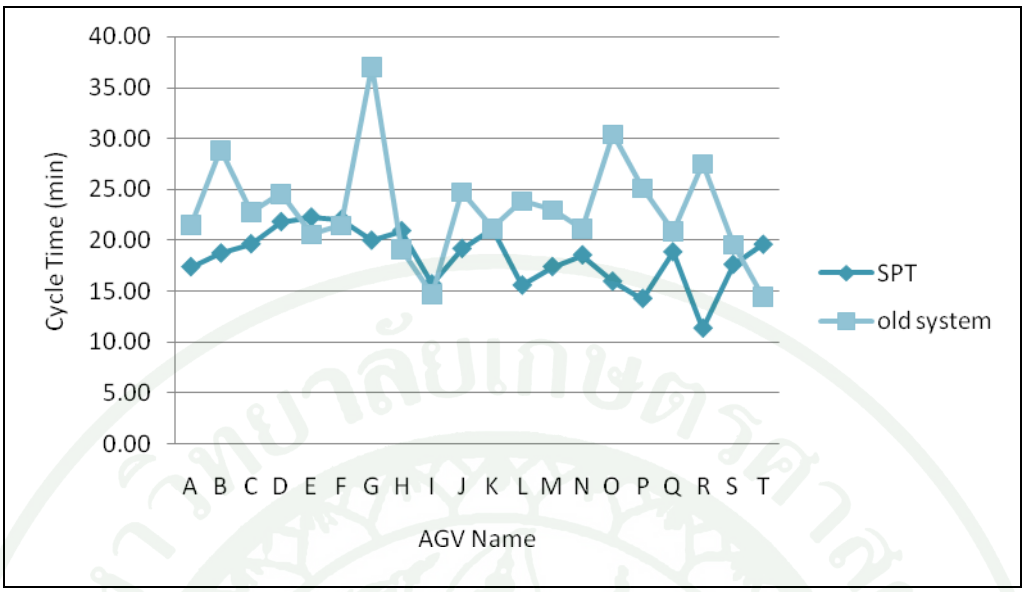



**ภาพที่ 9** เวลาการทำงานของรถแต่ละคัน (นาที) เมื่อทำการออกรถแบบรถในลำดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มออกพร้อมกันโดยใช้กฎ LPT




**ภาพที่ 10** เวลาการทำงานของรถแต่ละคัน (นาที) เมื่อทำการออกรถแบบรถในลำดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มออกพร้อมกันโดยใช้กฎ SDF

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 11** เวลาการทำงานของรถแต่ละคัน (นาที) เมื่อทำการออกรถแบบรถในลำดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มออกพร้อมกันโดยใช้กฎ SPT

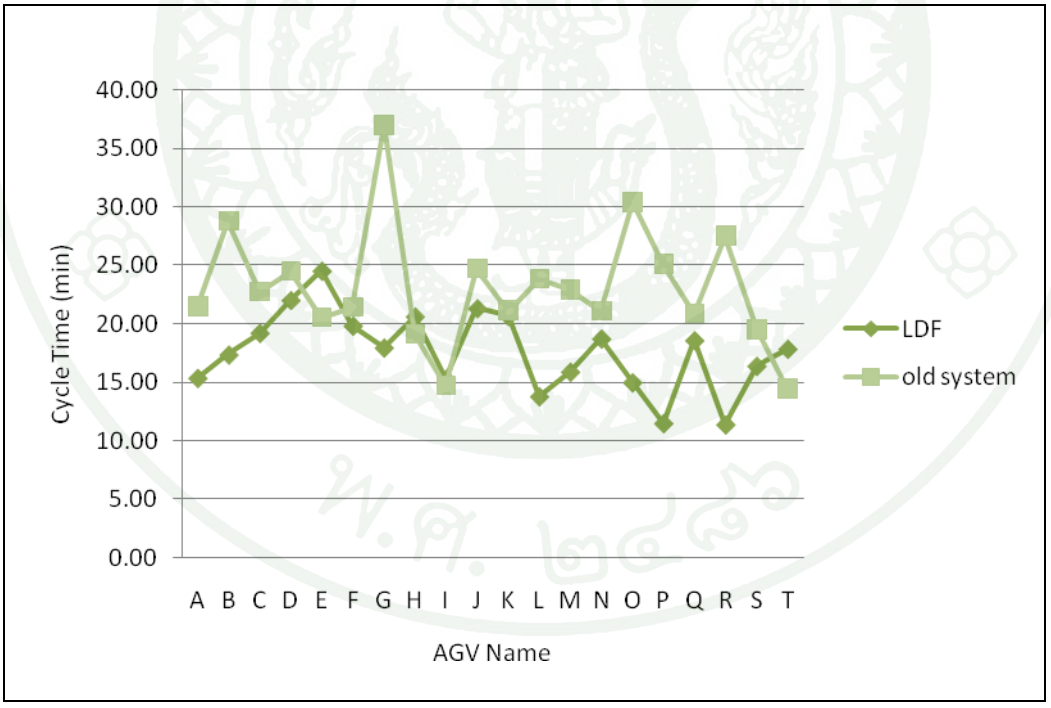
**ตารางที่ 5** เวลาเฉลี่ยรวม (นาที) ของรถเอจีวีแต่ละคันจากการใช้กฎการจัดลำดับการออกรถแบบต่างๆเมื่อให้รถในกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกัน

| ชื่อรถ | ระยะเวลารวมในการทำงานของการทดลองใช้กฎการจัดลำดับงาน (นาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Old system | LDF | LPT | SDF | SPT |
| A | 21.47 | 15.35 | 15.36 | 15.41 | 16.37 |
| B | 28.84 | 17.36 | 18.08 | 17.20 | 17.76 |
| C | 22.77 | 19.22 | 19.29 | 19.99 | 19.12 |
| D | 24.54 | 22.04 | 21.25 | 20.43 | 21.52 |
| E | 20.56 | 24.55 | 17.23 | 18.98 | 22.02 |
| F | 21.43 | 19.84 | 20.51 | 20.62 | 20.3 |
| G | 37.06 | 17.96 | 16.61 | 17.89 | 19.10 |
| H | 19.11 | 20.64 | 21.79 | 21.48 | 21.14 |
| I | 14.71 | 15.28 | 15.58 | 14.10 | 15.29 |
| J | 24.72 | 21.34 | 22.06 | 20.76 | 19.21 |
| K | 21.15 | 20.67 | 19.24 | 18.31 | 20.01 |
| L | 23.86 | 13.77 | 14.88 | 14.47 | 13.25 |
| M | 22.94 | 15.89 | 15.97 | 16.06 | 17.06 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

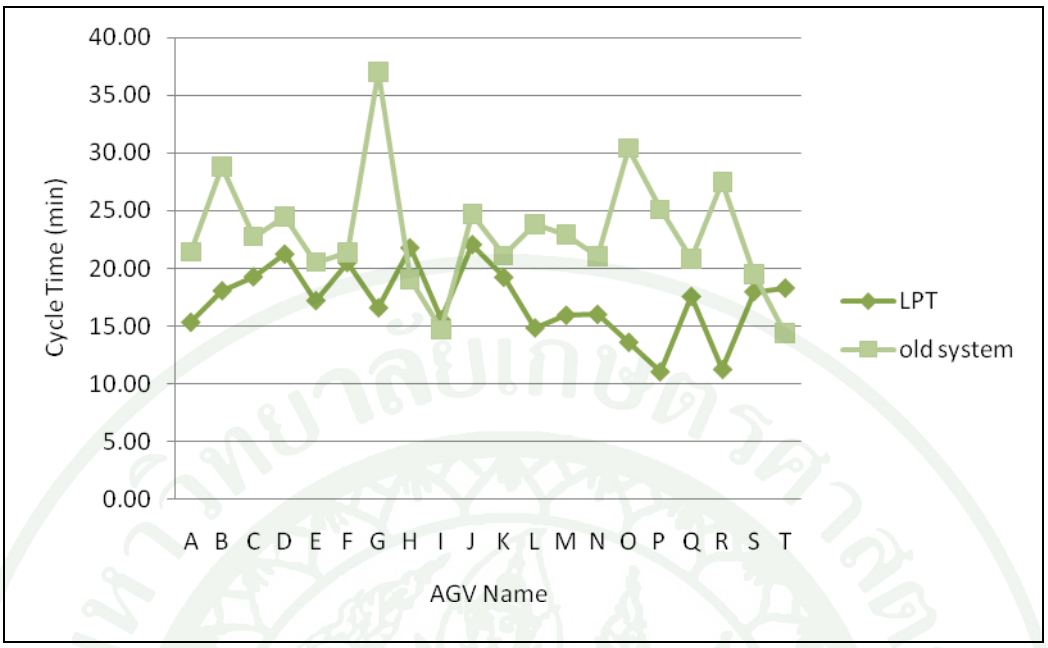
**ตารางที่ 5 (ต่อ)**

| ชื่อรถ | ระยะเวลารวมในการทำงานของการทดลองใช้กฎการจัดลำดับงาน (นาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Old system | LDF | LPT | SDF | SPT |
| N | 21.10 | 18.73 | 16.04 | 16.48 | 18.16 |
| O | 30.42 | 14.97 | 13.64 | 15.59 | 15.77 |
| P | 25.12 | 11.46 | 11.08 | 12.16 | 12.49 |
| Q | 20.86 | 18.59 | 17.59 | 17.22 | 17.89 |
| R | 27.52 | 11.36 | 11.29 | 11.61 | 11.8 |
| S | 19.52 | 16.39 | 17.99 | 17.39 | 16.29 |
| T | 14.4 | 17.86 | 18.31 | 17.09 | 19.10 |
| เฉลี่ย | 23.10 | 17.66 | 17.19 | 17.16 | 17.68 |

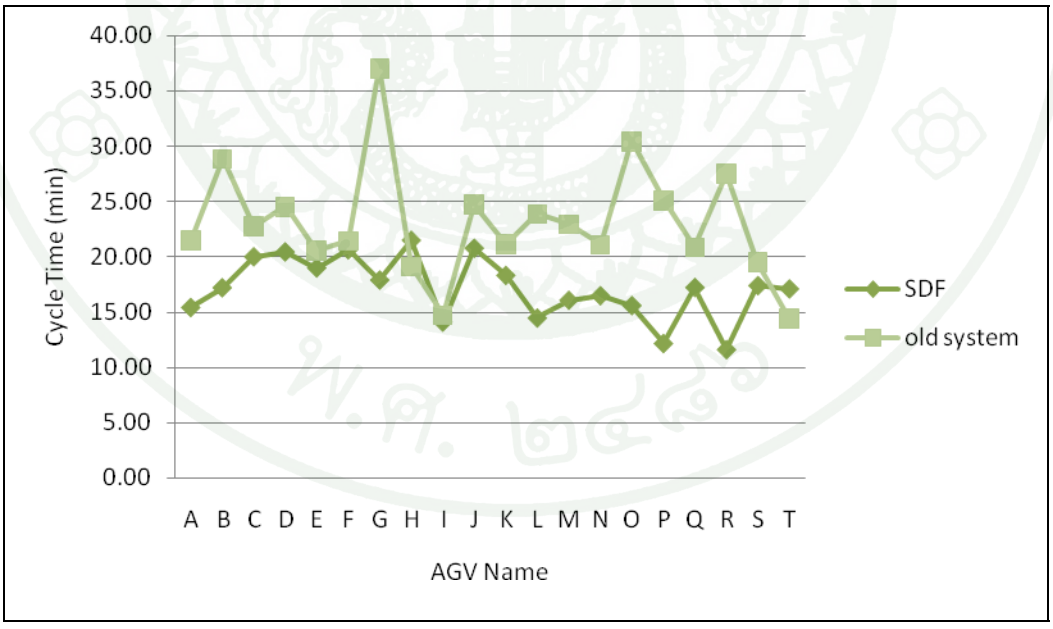



**ภาพที่ 12** เวลาการทำงานของรถแต่ละคัน (นาที) เมื่อทำการออกรถแบบกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกันโดยใช้กฎ LDF

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

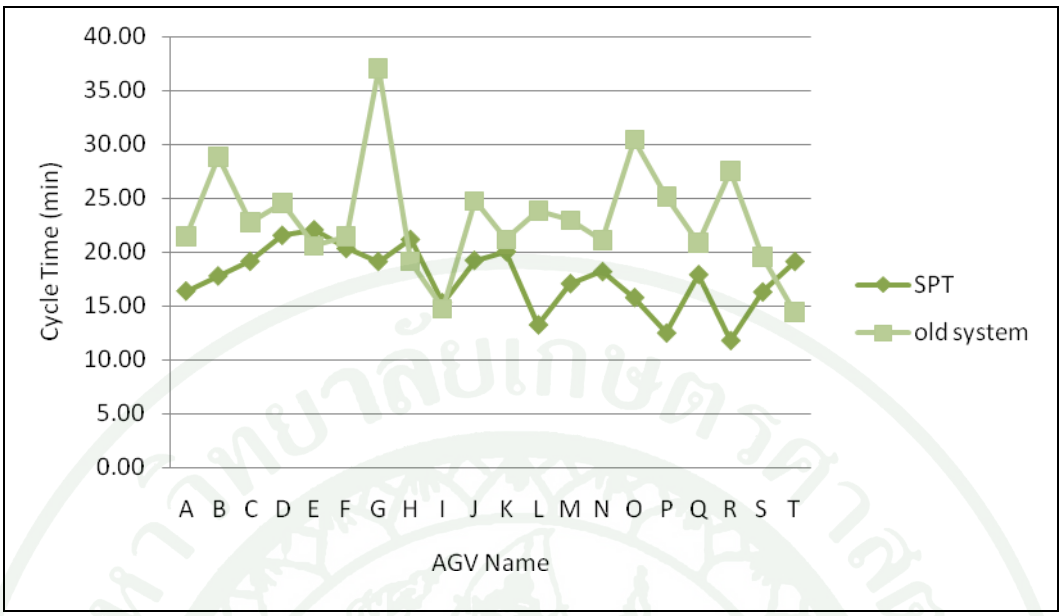



**ภาพที่ 13** เวลาการทำงานของรถแต่ละคัน (นาที) เมื่อทำการออกรถแบบกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกันโดยใช้กฎ LPT

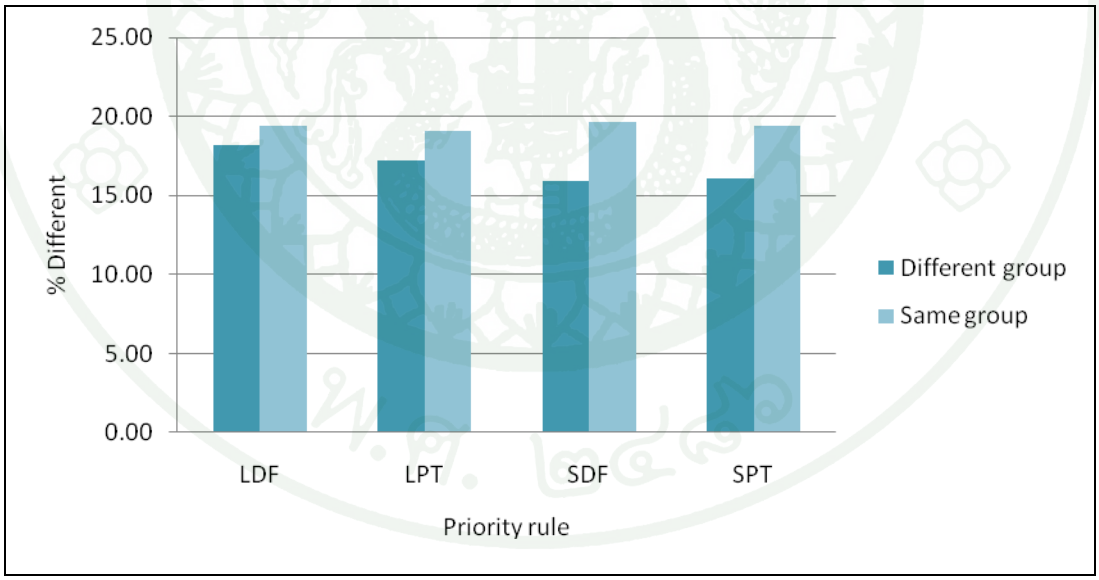



**ภาพที่ 14** เวลาการทำงานของรถแต่ละคัน (นาที) เมื่อทำการออกรถแบบกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกันโดยใช้กฎ SDF

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 15** เวลาการทำงานของรถแต่ละคัน (นาที) เมื่อทำการออกรถแบบกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกันโดยใช้ กฎ SPT




**ภาพที่ 16** เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเฉลี่ยเมื่อเทียบกับระบบเดิมของโรงงานเมื่อทดลองใช้กฎที่นำเสนอแบบต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 6** การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นความแตกต่างของการออกรถแบบเดิม กับกฎการออกรถของกฎที่นำเสนอ

| ชื่อรถ | เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการออกรถแต่ละกฎนำเสนอเมื่อเทียบกับระบบเดิม | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | LDF | LPT | SDF | SPT | LDF | LPT | SDF | SPT |
| A | 26.56 | 21.30 | 23.69 | 18.93 | 28.49 | 23.35 | 28.21 | 23.75 |
| B | 36.50 | 34.43 | 36.56 | 34.99 | 39.81 | 37.31 | 40.36 | 38.41 |
| C | 15.55 | 12.55 | 4.42 | 13.64 | 15.59 | 12.66 | 7.80 | 16.04 |
| D | 7.13 | 10.40 | 14.38 | 10.96 | 10.19 | 13.42 | 16.75 | 12.31 |
| E | -15.26 | -15.79 | -12.58 | -8.46 | -19.42 | -9.84 | -9.76 | -7.12 |
| F | 8.38 | 4.34 | -3.90 | -3.05 | 7.42 | 4.29 | 3.78 | 5.26 |
| G | 51.03 | 54.77 | 48.96 | 45.99 | 51.53 | 55.19 | 51.73 | 48.45 |
| H | -10.10 | -15.68 | -13.74 | -9.72 | -7.99 | -14.02 | -13.95 | -10.61 |
| I | -6.53 | -10.04 | -6.34 | -6.84 | -3.85 | -5.91 | -2.65 | -3.94 |
| J | 12.03 | -0.51 | 12.35 | 22.33 | 13.66 | 1.08 | 11.96 | 22.29 |
| K | -1.47 | 4.81 | 3.17 | 0.11 | 2.25 | 9.01 | 8.70 | 5.37 |
| L | 40.68 | 36.30 | 29.90 | 34.67 | 42.29 | 37.65 | 39.37 | 44.47 |
| M | 30.54 | 30.05 | 28.07 | 24.08 | 30.75 | 30.40 | 29.98 | 25.63 |
| N | 8.12 | 20.13 | 19.42 | 11.99 | 11.23 | 23.97 | 21.91 | 13.92 |
| O | 51.49 | 55.71 | 47.09 | 47.50 | 50.78 | 55.17 | 48.76 | 48.16 |
| P | 57.17 | 58.85 | 44.36 | 43.17 | 54.37 | 55.88 | 51.59 | 50.27 |
| Q | 6.66 | 11.32 | 8.83 | 9.53 | 10.90 | 15.69 | 13.66 | 14.23 |
| R | 57.57 | 57.33 | 59.52 | 58.78 | 58.72 | 58.96 | 57.81 | 57.13 |
| S | 17.00 | 6.43 | 2.99 | 9.68 | 16.04 | 4.24 | 10.92 | 16.57 |
| T | -29.55 | -32.31 | -29.36 | -36.19 | -24.01 | -27.17 | -24.60 | -32.66 |
| เฉลี่ย | 18.18 | 17.22 | 15.89 | 16.10 | 19.44 | 19.07 | 19.62 | 19.40 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 7** ผลจากการเปรียบเทียบ Utilization ของรถเอจีวีแต่ละคันเมื่อให้รถในลำดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มออกพร้อมกัน

| ชื่อรถ | Utilization ของการทดลองใช้กฎการจัดลำดับงาน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | LDF | LPT | SDF | SPT |
| A | 0.77 | 0.67 | 0.67 | 0.73 |
| B | 0.90 | 0.80 | 0.80 | 0.87 |
| C | 0.69 | 0.62 | 0.62 | 0.67 |
| D | 1.00 | 0.88 | 0.88 | 0.96 |
| E | 0.70 | 0.63 | 0.61 | 0.67 |
| F | 0.70 | 0.62 | 0.62 | 0.67 |
| G | 0.70 | 0.62 | 0.61 | 0.66 |
| H | 0.69 | 0.63 | 0.62 | 0.67 |
| I | 0.44 | 0.39 | 0.38 | 0.42 |
| J | 0.49 | 0.44 | 0.41 | 0.47 |
| K | 0.56 | 0.49 | 0.50 | 0.54 |
| L | 0.58 | 0.50 | 0.49 | 0.53 |
| M | 0.67 | 0.61 | 0.60 | 0.66 |
| N | 0.46 | 0.41 | 0.42 | 0.45 |
| O | 0.73 | 0.67 | 0.66 | 0.72 |
| P | 0.76 | 0.68 | 0.68 | 0.73 |
| Q | 0.90 | 0.78 | 0.78 | 0.86 |
| R | 0.62 | 0.55 | 0.54 | 0.59 |
| S | 0.59 | 0.52 | 0.50 | 0.57 |
| T | 0.70 | 0.63 | 0.61 | 0.67 |
| เฉลี่ย | 0.68 | 0.61 | 0.60 | 0.66 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 8** ผลจากการเปรียบเทียบ Utilization ของรถเอจีวีแต่ละคันเมื่อให้รถในกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกัน

| ชื่อรถ | Utilization ของการทดลองใช้กฎการจัดลำดับงาน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | LDF | LPT | SDF | SPT |
| A | 0.75 | 0.71 | 0.76 | 0.75 |
| B | 0.87 | 0.85 | 0.92 | 0.88 |
| C | 0.68 | 0.66 | 0.69 | 0.68 |
| D | 0.95 | 0.93 | 1.00 | 0.96 |
| E | 0.69 | 0.65 | 0.71 | 0.68 |
| F | 0.68 | 0.65 | 0.69 | 0.69 |
| G | 0.67 | 0.65 | 0.69 | 0.69 |
| H | 0.67 | 0.65 | 0.68 | 0.69 |
| I | 0.42 | 0.42 | 0.45 | 0.41 |
| J | 0.47 | 0.46 | 0.48 | 0.49 |
| K | 0.54 | 0.53 | 0.57 | 0.54 |
| L | 0.53 | 0.52 | 0.55 | 0.54 |
| M | 0.66 | 0.64 | 0.68 | 0.69 |
| N | 0.46 | 0.44 | 0.47 | 0.45 |
| O | 0.74 | 0.72 | 0.74 | 0.73 |
| P | 0.73 | 0.72 | 0.76 | 0.75 |
| Q | 0.85 | 0.84 | 0.90 | 0.87 |
| R | 0.58 | 0.58 | 0.63 | 0.60 |
| S | 0.56 | 0.54 | 0.60 | 0.57 |
| T | 0.67 | 0.65 | 0.69 | 0.67 |
| เฉลี่ย | 0.66 | 0.64 | 0.68 | 0.67 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 9** ผลจากการเปรียบเทียบจำนวนชิ้นงานในระบบ (WIP) ของรถเอจีวีแต่ละคันเมื่อให้รถในลำดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มออกพร้อมกัน

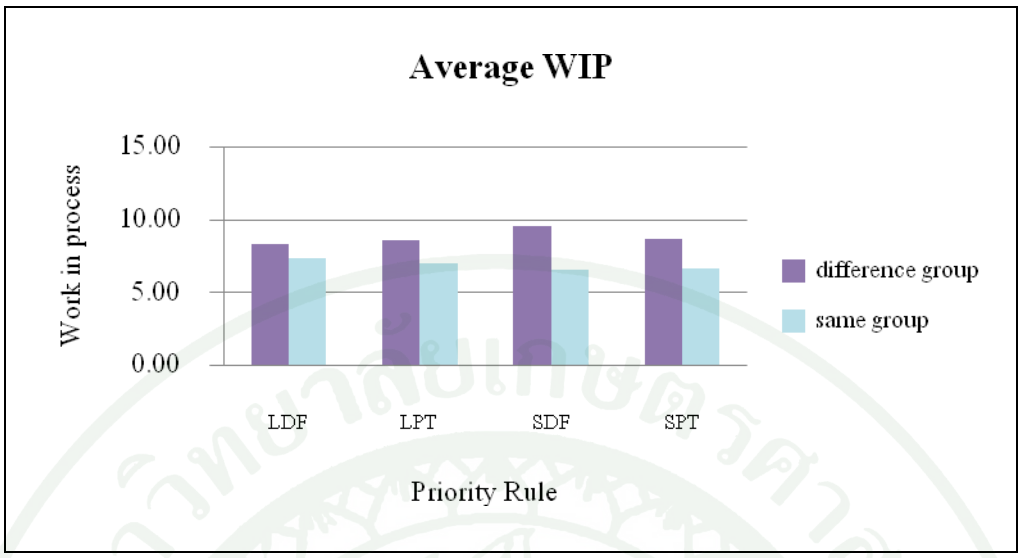
| ชื่อรถ | จำนวนชิ้นงานในระบบ (WIP) ของการทดลองใช้กฎการจัดลำดับงาน (ชิ้น/ชม.) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | LDF | LPT | SDF | SPT |
| A | 8.66 | 9.02 | 9.53 | 9.17 |
| B | 7.64 | 8.05 | 8.82 | 8.20 |
| C | 9.18 | 9.12 | 10.90 | 9.53 |
| D | 8.69 | 8.85 | 9.60 | 8.69 |
| E | 9.77 | 9.77 | 11.49 | 9.59 |
| F | 10.15 | 10.82 | 11.34 | 10.35 |
| G | 8.85 | 8.70 | 9.65 | 9.09 |
| H | 9.30 | 9.94 | 10.69 | 9.56 |
| I | 7.96 | 8.05 | 9.06 | 8.49 |
| J | 10.90 | 11.37 | 11.91 | 10.51 |
| K | 10.60 | 10.76 | 11.68 | 10.55 |
| L | 6.76 | 7.51 | 8.88 | 7.22 |
| M | 7.71 | 8.13 | 8.85 | 8.21 |
| N | 8.67 | 8.09 | 9.21 | 8.79 |
| O | 7.28 | 7.11 | 8.73 | 7.81 |
| P | 5.54 | 5.65 | 6.79 | 6.03 |
| Q | 7.55 | 7.68 | 9.04 | 7.84 |
| R | 5.29 | 5.52 | 6.52 | 5.85 |
| S | 8.13 | 8.52 | 9.34 | 8.50 |
| T | 8.73 | 9.01 | 9.50 | 9.24 |
| เฉลี่ย | 8.37 | 8.58 | 9.58 | 8.66 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

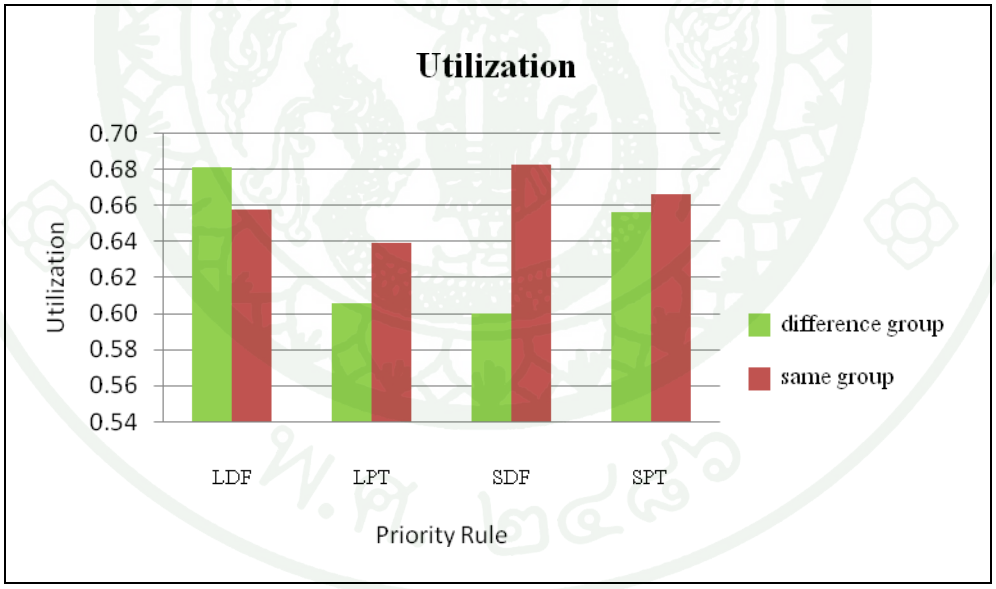
**ตารางที่ 10** ผลจากการเปรียบเทียบจำนวนชิ้นงานในระบบ (WIP) ของรถเอจีวีแต่ละคันเมื่อให้รถในกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกัน

| ชื่อรถ | จำนวนชิ้นงานในระบบ (WIP) ของการทดลองใช้กฎการจัดลำดับงาน (ชิ้น/ชม.) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | LDF | LPT | SDF | SPT |
| A | 5.95 | 6.02 | 5.30 | 5.73 |
| B | 6.73 | 6.61 | 5.92 | 6.21 |
| C | 8.38 | 8.18 | 8.12 | 7.52 |
| D | 8.00 | 7.28 | 6.59 | 7.06 |
| E | 10.11 | 8.78 | 8.25 | 8.19 |
| F | 8.17 | 7.97 | 7.53 | 7.55 |
| G | 7.40 | 6.45 | 6.54 | 7.10 |
| H | 8.50 | 8.47 | 7.96 | 7.86 |
| I | 6.66 | 6.41 | 5.84 | 6.02 |
| J | 10.75 | 11.38 | 10.02 | 9.30 |
| K | 9.01 | 7.92 | 7.47 | 7.88 |
| L | 6.00 | 6.12 | 5.60 | 5.22 |
| M | 6.15 | 5.84 | 5.52 | 5.97 |
| N | 8.16 | 6.60 | 6.37 | 7.15 |
| O | 6.53 | 5.61 | 6.03 | 6.21 |
| P | 4.72 | 4.31 | 4.44 | 4.64 |
| Q | 7.20 | 6.43 | 6.19 | 6.26 |
| R | 4.95 | 4.65 | 4.49 | 4.64 |
| S | 7.14 | 7.69 | 6.73 | 6.41 |
| T | 7.35 | 7.12 | 6.56 | 7.10 |
| เฉลี่ย | 7.39 | 6.99 | 6.57 | 6.70 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 17** เปรียบเทียบจำนวนชิ้นงานเฉลี่ยในระบบ (WIP) เมื่อใช้กฎที่นำเสนอแบบต่างๆของการออกรถทั้ง 2 แบบ




**ภาพที่ 18** เปรียบเทียบ Utilization เมื่อใช้กฎที่นำเสนอแบบต่างๆของการออกรถทั้ง 2 แบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## วิจารณ์

เมื่อพิจารณาการจัดลำดับการออกรถโดยทำการเปรียบเทียบผลจากวิธีการออกรถแบบเดิมของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา ซึ่งมีค่ารอบเวลารวมเฉลี่ย 23.10 นาที กับผลการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีแบบใหม่ที่นำเสนอทั้ง 8 วิธี พบว่ารอบเวลารวมเฉลี่ยของการแบ่งกลุ่มออกรถแบบกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกันแบบให้รถที่มีค่าจากการคำนวณต่ำที่สุดไปก่อน (Smallest Data balance First: SDF) มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเฉลี่ยสุดที่สุด คือ 19.62% ซึ่งหมายถึงระบบนี้สามารถลดรอบเวลาการทำงาน (Cycle Time) ของรถเอจีวีได้มากที่สุด และยังพบว่าการออกรถวิธีเดียวกันนี้ยังให้ค่าจำนวนชิ้นงานเฉลี่ยในระบบ (WIP) ต่ำที่สุดด้วยคือ 6.57 ชิ้น/ชม. นอกจากนี้ยังมีค่า Utilization สูงที่สุดอีกด้วย (เนื่องจากทางโรงงานจำกัดเวลาการวิ่งของรถแต่ละคันไม่ให้เกิน 25.50 นาที จึงทำให้ Utilization มีค่าไม่สูงนัก)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สรุปและข้อเสนอแนะ

## สรุป

การพัฒนาวิธีการจัดกลุ่มรถเอจีวีมี 4 วิธี ได้แก่

1. ให้รถที่มีค่าจากการคำนวณต่ำที่สุดไปก่อน (Smallest Data balance First: SDF)
2. ให้รถที่มีค่าจากการคำนวณมากที่สุดไปก่อน (Largest Data balance First: LDF)
3. ให้รถที่มีเวลาในการขนส่งรวมน้อยที่สุดไปก่อน (Shortest Processing Time: SPT)
4. ให้รถที่มีเวลาในการขนส่งรวมมากที่สุดไปก่อน (Longest Processing Time: LPT)

โดยจะทำการจัดกลุ่มการออกรถจากกลุ่มที่แบ่งไว้โดย

- ให้รถในลำดับเดียวกันของแต่ละกลุ่มออกพร้อมกัน
- ให้รถในกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกัน

เมื่อพิจารณาดัชนีชี้วัดทั้ง 3 ตัว คือค่าเฉลี่ยรอบระยะเวลาการผลิต (Average Cycle Time) ค่าเฉลี่ยปริมาณงานระหว่างผลิต (Average Work-In-Process) และ Utilization พบว่ารอบเวลารวมเฉลี่ยของการแบ่งกลุ่มออกรถแบบกลุ่มเดียวกันออกพร้อมกันแบบให้รถที่มีค่าจากการคำนวณต่ำที่สุดไปก่อน (Smallest Data balance First: SDF) มีรอบเวลาเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 17.64 นาที ซึ่งพบว่าลดลงจากเดิม 19.62 % จึงสรุปได้ว่าระบบนำเสนอสามารถลดรอบเวลาการทำงานของเอจีวีลงได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## ข้อเสนอแนะ

1. จากข้อจำกัดในหลายๆด้านทำให้ผู้วิจัยจำเป็นต้องกำหนดข้อจำกัดด้วยการตั้งสมมุติฐานในการดำเนินการขึ้นมาเพื่อความเหมาะสมในการดำเนินการวิจัย โดยเฉพาะการนำโครงสร้างของผลิตภัณฑ์มาใช้พิจารณาในการจัดลำดับการออกรถ หากมีการดำเนินการวิจัยส่วนนี้เพิ่มเติมจะทำให้ความสมบูรณ์ของตัวโปรแกรมมีมากขึ้น

2. กฎการจ่ายงานที่มีอยู่ในปัจจุบันมีอีกหลายกฎ โดยเฉพาะกฎการจ่ายงานในรูปแบบพลวัต (Dynamic Rule) ซึ่งในโปรแกรมนำเสนอเพียงบางกฎเท่านั้น หากมีการเพิ่มเติมกฎการจ่ายงานให้มากขึ้นจะทำให้กระบวนการหาคำตอบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3. ข้อกำหนดด้านค่าใช้จ่ายเป็นข้อกำหนดอีกข้อหนึ่งที่มักจะได้รับความสนใจจากผู้ประกอบการเป็นจำนวนมาก แต่เนื่องจากข้อมูลของทางโรงงานตัวอย่างไม่สามารถเปิดเผยได้จึงไม่สามารถเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของระบบปรับปรุงกับระบบเก่าได้หากมีการเพิ่มเติมในส่วนนี้เข้าไปจะทำให้เกิดประโยชน์กับผู้ประกอบการเป็นอย่างมาก อีกทั้งข้อมูลที่ได้สามารถส่งผ่านไปยังส่วนบัญชีได้อีกด้วย

4. การนำวิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอโดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตไปใช้งานในการผลิตจริงยังคงมีปัญหาและอุปสรรค ได้แก่

4.1 ปัญหาการทำความเข้าใจหลักการและขั้นตอนการคำนวณในการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอซึ่งต้องอาศัยการฝึกอบรมและใช้เวลาในการทำความเข้าใจ เนื่องจากวิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอมีขั้นตอนการคำนวณหลายขั้นตอน

4.2 ในอนาคตเมื่อมีการพัฒนาสามารถเพิ่มขีดความสามารถของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตและลดข้อจำกัดต่าง ๆ ของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต เช่น สามารถจัดตารางการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมหรือ โรงงานขนาดใหญ่ที่มีจำนวนงาน จำนวนขั้นตอนการทำงาน จำนวนสถานีงาน และจำนวนสถานีงานมากกว่าโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาได้ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# เอกสารและสิ่งอ้างอิง

พิภพ ลลิตาภรณ์. 2542. **ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต.** พิมพ์ครั้งที่ 4. บริษัท ดวงกมล สมัยจำกัด, กรุงเทพ ฯ.

มณฑล ยิ่งสูง. 2549. **การลดเวลารอคอยของลูกค้าเพื่อเข้าใช้บริการที่เคาน์เตอร์ในธนาคารพาณิชย์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ. 2551. **คู่มือการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมอารีน่า.** บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

สงกรานต์ บางศรัณย์ทิพย์. 2548. **การพัฒนาการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สันติ รัตนวารินทร์. 2550. **การพัฒนาการควบคุมระบบรถเอจีวีด้วยระบบชี้เฉพาะด้วยคลื่นวิทยุ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

Banks, J., J. S. Carson III, B.L. Nelson, and D.M. Nicol. 2005. **Discrete-Event System Simulation.** 4th ed. Prentice Hall International, Inc.

Down, D. G. and M.E. Lewis. 2006. Dynamic load balancing in parallel queuing systems: stability and optimal control. **European Journal of Operational Research** (168): 509-519.

Egbelu, P.J. and J.M.A.Tanchocos. 1984. Characterizations of automated guided vehicle dispatching rules**. International Journal of Production Research** (22): 359-374.

Golden, B. et al. 1984. The fleet size and mix vehicle routing problem. **Computer and Operations Research** 11(1): 49-66.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Khamyat, C. 2007. **The AGV scheduling problem with alternate pickup and delivery nodes.** Doctorate degree thesis, Kasetsart University.

Kim, C.W., J.M.A.Tanchoco and P.H.Koo. 1999. AGV dispatching based on workload balancing. **International Journal of Production Research** (37): 4053-4066.

Kim, S.H. and H. Hwang. 1999. An adaptive dispatching algorithm for automated guided vehicles based on an evolutionary process. **International Journal Production Economics** 60(61): 465–72.

Le-Anh, T. and M.B. Koster. 2006. A review of design and control of automated guided vehicle system. **European Journal of Operations Research** (171): 1–23.

Maza, S. and P.Castagna. 2005. A performance-based structural policy for conflict-free routing of bidirectional automated guided vehicles. **Computer and Industrial Engineering** (56): 719–33.

Sabuncuoglu, A. 1998. Study of scheduling rule of flexible manufacturing system: a simulation approach. **International Journal of Production Research** (36): 527-546.

Ying-Chin, H. and T.W. Liao. 2008. Zone design and control for vehicle collision prevention and load balancing in a zone control AGV system**. Computer and Industrial Engineering** : 417-432.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## คู่มือการใช้งานโปรแกรมช่วยในการเลือกวิธีการจัดลำดับงาน

ระบบที่ออกแบบเป็นรูปแบบของโปรแกรมสำเร็จรูปโดยใช้โปรแกรม Arena, Visual Basic on Arena, Microsoft Excel และ Visual Basic on Excel ในการออกแบบหน้าต่างส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรม

### 1. โครงสร้างโปรแกรมการจัดลำดับงานการผลิต

เมนูหลัก ๆ ของโปรแกรมการจัดลำดับงานการผลิต ประกอบด้วย

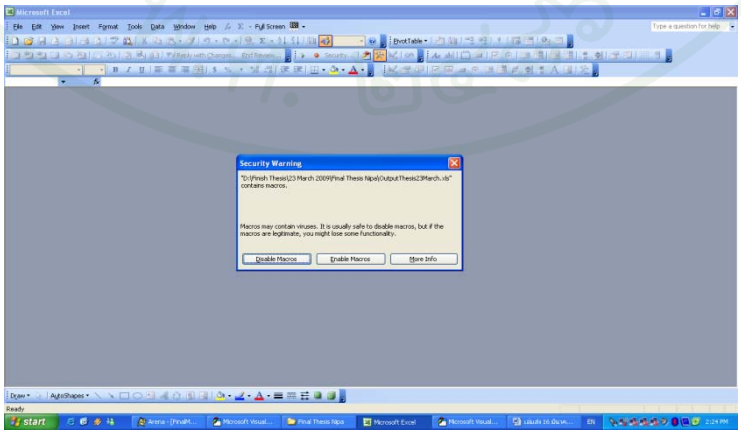
1.1 การป้อนข้อมูลดิบ (ระยะทางรวม, ความเร็วของรถเอจีวี, จำนวนชิ้นงานที่บรรทุก, S.D (time), Cycle Time)

1.3 แสดงผลสรุปเกณฑ์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพ

1.4 ออกจากโปรแกรม

### 2. ขั้นตอนการใช้งาน

เริ่มต้นด้วยการเปิดโปรแกรมการจัดลำดับงาน จะมีหน้าต่าง Security Warning ขึ้นมาดังภาพที่ 1 จะมีปุ่มให้เลือก 3 ปุ่ม คือ ปุ่มเปิดการใช้งานแมรโคร (Enable Macros), ปุ่มปิดการใช้งานแมรโคร (Disable Macros) และปุ่มข้อมูลเพิ่มเติม (More Info) คลิกที่ Enable Macros เพื่อเข้าสู่หน้าต่างโปรแกรม ดังภาพผนวกที่ 1




**ภาพผนวกที่ 1** หน้าต่าง Security Warning

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

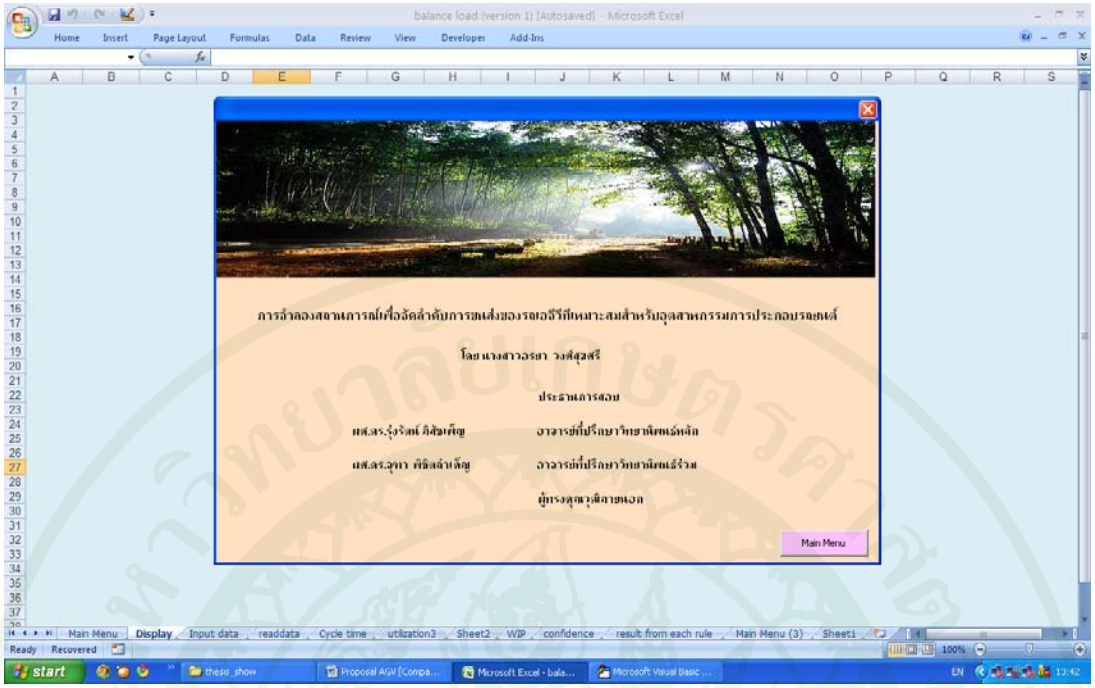
หลังจากคลิกปุ่มการใช้งานแมรโครแล้วหน้าจอจะปรากฏหน้าต่าง Main Menu ขึ้นมาดังภาพผนวกที่ 2

**ภาพผนวกที่ 2** หน้าต่าง Main Menu

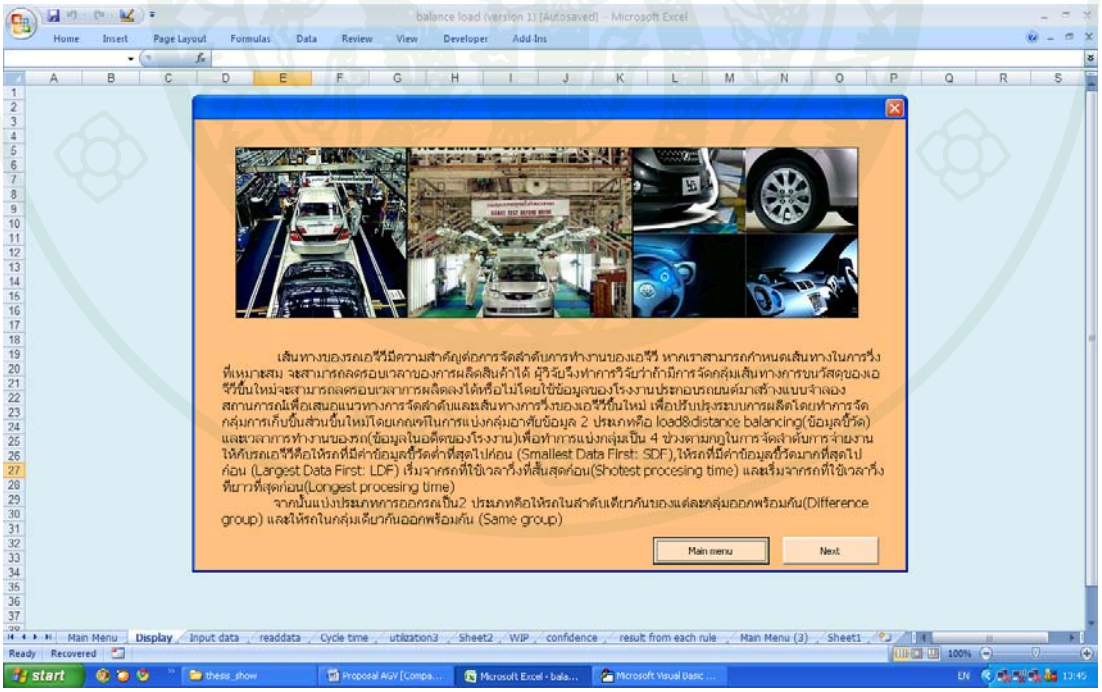
2.1 **Introducing** เลือกปุ่มนี้เมื่อต้องการทราบรายละเอียดเกี่ยวกับผู้จัดทำ แล้วจะปรากฏหน้าต่างเกี่ยวกับผู้จัดทำ ขึ้นมา ดังภาพผนวกที่ 3

2.2 **Information** เลือกปุ่มนี้หากต้องการทราบรายละเอียดและวิธีที่จะนำมาช่วยในการจัดตารางการผลิตแล้วจะปรากฏหน้าต่างขึ้นมา ดังภาพผนวกที่ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



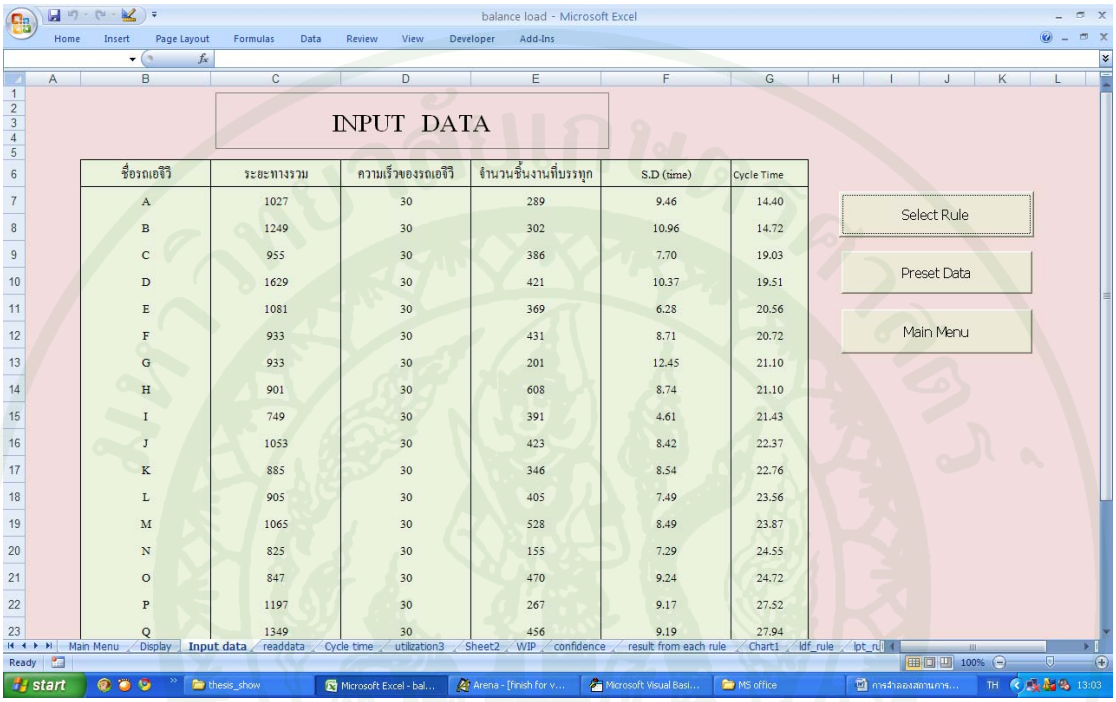

**ภาพผนวกที่ 3** หน้าต่างเกี่ยวกับผู้จัดทำ




**ภาพผนวกที่ 4** หน้าต่างบทนำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 Key data เลือกปุ่มนี้หากต้องการกรอกข้อมูลที่ใช้เกี่ยวกับโมเดลซึ่งได้แก่ระยะทางรวม, ความเร็วของรถเอจีวี, จำนวนชิ้นงานที่บรรทุก, S.D (time), Cycle Time แล้วจะปรากฏหน้าต่าง Input Data ดังภาพผนวกที่ 5




| ชื่อรถเอจีวี | ระยะทางรวม | ความเร็วของรถเอจีวี | จำนวนชิ้นงานที่บรรทุก | S.D (time) | Cycle Time |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 1027 | 30 | 289 | 9.46 | 14.40 |
| B | 1249 | 30 | 302 | 10.96 | 14.72 |
| C | 955 | 30 | 386 | 7.70 | 19.03 |
| D | 1629 | 30 | 421 | 10.37 | 19.51 |
| E | 1081 | 30 | 369 | 6.28 | 20.56 |
| F | 933 | 30 | 431 | 8.71 | 20.72 |
| G | 933 | 30 | 201 | 12.45 | 21.10 |
| H | 901 | 30 | 608 | 8.74 | 21.10 |
| I | 749 | 30 | 391 | 4.61 | 21.43 |
| J | 1053 | 30 | 423 | 8.42 | 22.37 |
| K | 885 | 30 | 346 | 8.54 | 22.76 |
| L | 905 | 30 | 405 | 7.49 | 23.56 |
| M | 1065 | 30 | 528 | 8.49 | 23.87 |
| N | 825 | 30 | 155 | 7.29 | 24.55 |
| O | 847 | 30 | 470 | 9.24 | 24.72 |
| P | 1197 | 30 | 267 | 9.17 | 27.52 |
| Q | 1349 | 30 | 456 | 9.19 | 27.94 |

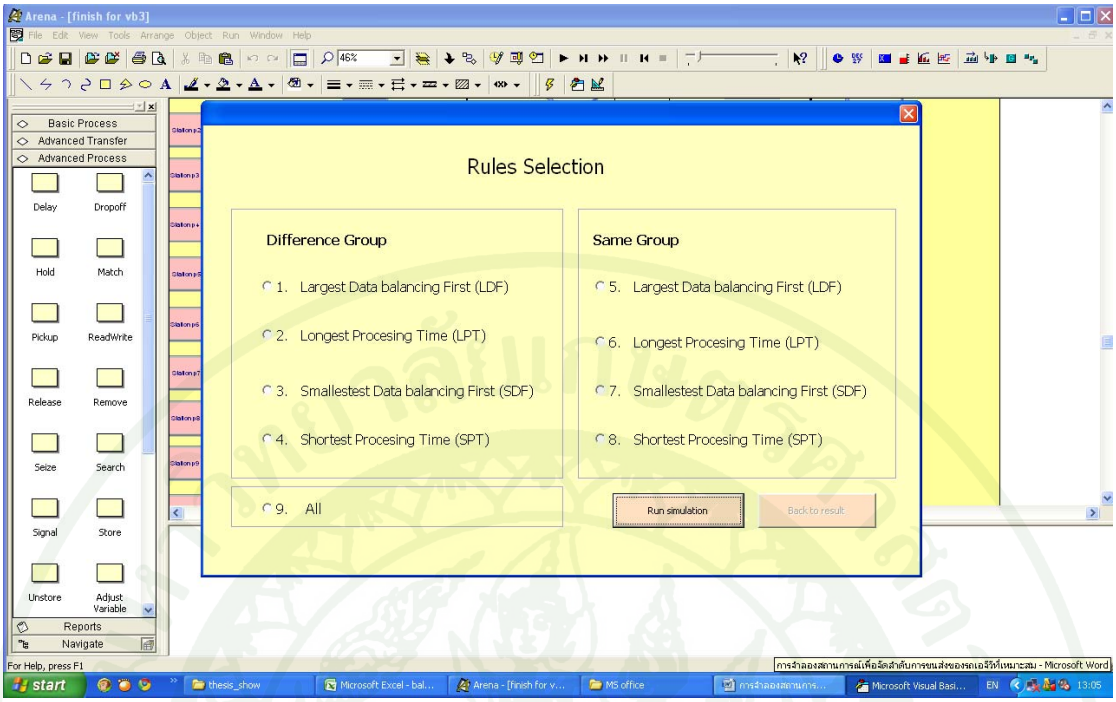
**ภาพผนวกที่ 5** หน้าต่าง Input Data

ป้อนข้อมูลให้ครบทั้ง 6 ช่องลงในตาราง

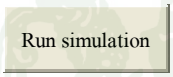
2.4 คลิกปุ่ม Preset Data เพื่อให้โปรแกรม set ค่าข้อมูลนำเข้าของกฎต่างๆ

2.5 คลิกปุ่ม Select Rule เพื่อเข้าสู่โปรแกรมอารีน่าหาวิธีการจัดลำดับการออกรถที่เหมาะสม โดยจะเข้าสู่หน้าต่างการเลือกกฎการทำงาน ซึ่งจะปรากฏหน้าต่างกฎการจัดลำดับการทำงานของรถเอจีวี ดังภาพผนวกที่ 6

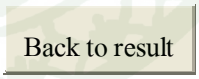
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

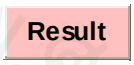



**ภาพผนวกที่ 6** กฎการจัดลำดับการทำงานของรถเอจีวี

2.6 คลิกปุ่ม 

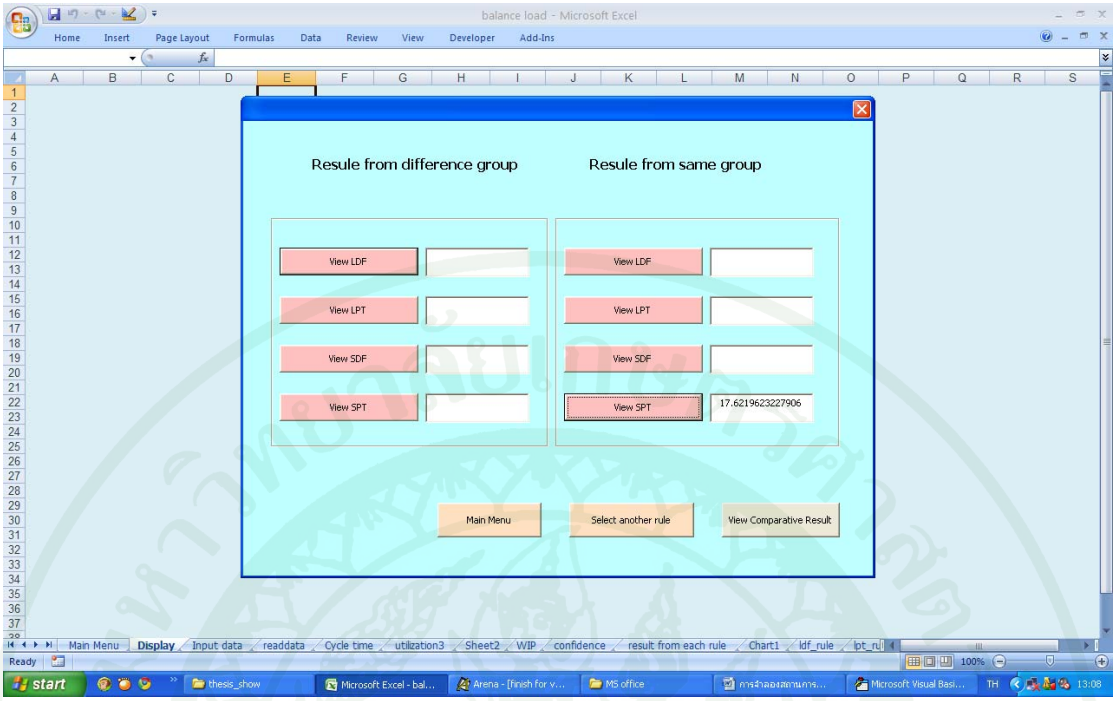
โดยเมื่อได้ทำการเลือกกฎเป็นที่เรียบร้อยแล้วก็จะทำการประมวลผลด้วยวิธีการจัดลำดับงานทั้ง 8 วิธี ที่นำเสนอ โดยจะเข้าสู่การรันโปรแกรมอารีน่า

2.7 เมื่อการรันโปรแกรมเสร็จสิ้น ปุ่ม 

จะทำงาน เลือกปุ่มนี้หากต้องการให้แสดงค่าผลลัพธ์ของแต่ละวิธีในการจัดลำดับงานซึ่งจะกลับไปปรากฏ หน้าต่าง Main menu เพื่อเลือกปุ่มการแสดงผล 

ดังภาพผนวกที่ 8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

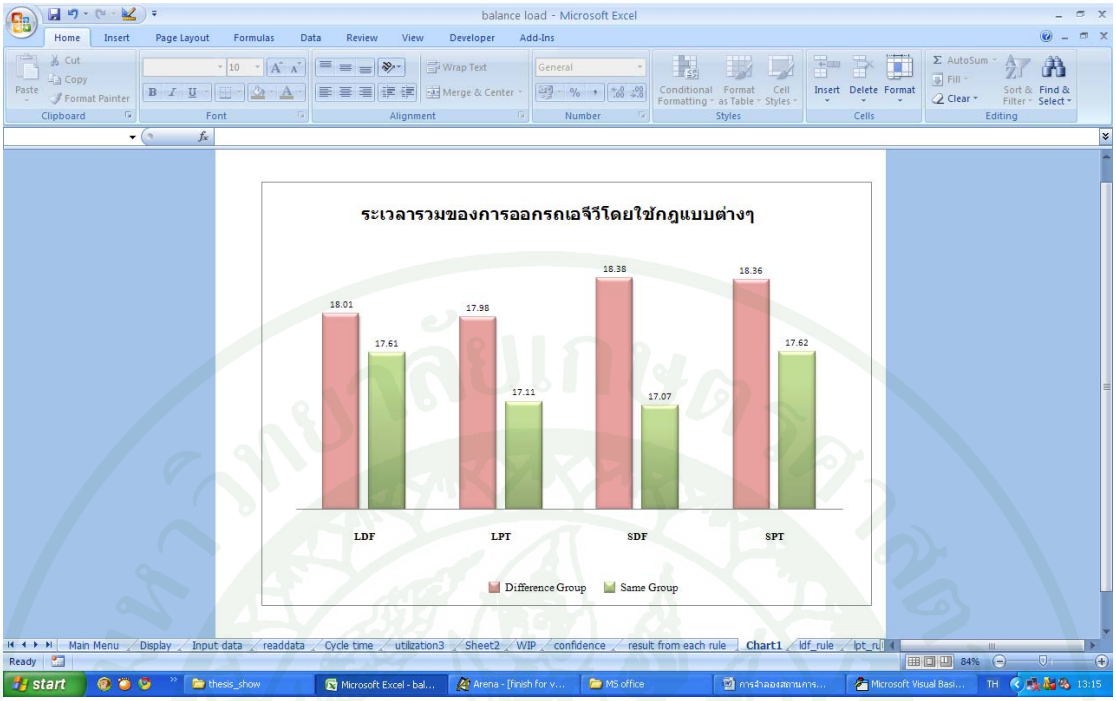



**ภาพผนวกที่ 7** หน้าต่าง ผลลัพธ์ของแต่ละวิธีในการจัดลำดับงาน

2.7 คลิกปุ่ม Select anather rule เพื่อทำการเลือกกฎอื่นๆต่อไป

2.8 คลิกปุ่ม View comparative result เพื่อดูกราฟเปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยของแต่ละกฎที่ทำการทดลองซึ่งจะปรากฏหน้าต่างกราฟเปรียบเทียบระเวลารวมของการออกรถเอจีวีโดยใช้กฎแบบต่างๆ ดังภาพผนวกที่ 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพผนวกที่ 8** กราฟเปรียบเทียบระเวลารวมของการออกรถเอจีวีโดยใช้กฎแบบต่างๆ

**3. ตัวอย่างของคำสั่งวิชวลเบสิกของเอ็กเซลและวิชวลเบสิกในอารีน่า**

3.1 การรับค่าของคำสั่งผ่านทาง User Interface

```
Private Sub CommandButton1_Click()
UserForm1.Hide
Sheet4.Activate
End Sub
Private Sub CommandButton2_Click()
Set App = CreateObject("ARENA.application")
With App
.Models.Open ThisWorkbook.Path & "\finish for vb2.doe"
End With
UserForm1.Hide
End Sub
Private Sub Frame1_Click()
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
End Sub
Private Sub Frame2_Click()
End Sub
Private Sub OptionButton1_Click()
Sheet1.Range("Q4:Q23").Value = 1
ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort.SortFields.Add Key:= _
Range("K3:K23"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption _
:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort
.Header = xlYes
.MatchCase = False
.Orientation = xlTopToBottom
.SortMethod = xlPinYin
.Apply
End With
End Sub
Private Sub OptionButton10_Click()
Sheet1.Range("Q4:Q23").Value = 3
ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort.SortFields.Add Key:= _
Range("K3:K23"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:= _
xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort
.Header = xlYes
.MatchCase = False
.Orientation = xlTopToBottom
.SortMethod = xlPinYin
.Apply
End With
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
End Sub
Private Sub OptionButton11_Click()
Sheet1.Range("Q4:Q23").Value = 2
ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort.SortFields.Add Key:= _
Range("L3:L23"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption _
:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort
.Header = xlYes
.MatchCase = False
.Orientation = xlTopToBottom
.SortMethod = xlPinYin
.Apply
End With
End Sub
Private Sub OptionButton12_Click()
Sheet1.Range("Q4:Q23").Value = 4
ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort.SortFields.Add Key:= _
Range("L3:L23"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:= _
xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort
.Header = xlYes
.MatchCase = False
.Orientation = xlTopToBottom
.SortMethod = xlPinYin
.Apply
End With
End Sub
Private Sub OptionButton13_Click()
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
Sheet1.Range("P4:P23").Value = 1
End Sub
Private Sub OptionButton14_Click()
Sheet1.Range("P4:P23").Value = 2
End Sub
Private Sub OptionButton2_Click()
Sheet1.Range("Q4:Q23").Value = 3
ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort.SortFields.Add Key:= _
Range("K3:K23"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:= _
xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort
.Header = xlYes
.MatchCase = False
.Orientation = xlTopToBottom
.SortMethod = xlPinYin
.Apply
End With
End Sub
Private Sub OptionButton3_Click()
Sheet1.Range("Q4:Q23").Value = 2

ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort.SortFields.Add Key:= _
Range("L3:L23"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption _
:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort
.Header = xlYes
.MatchCase = False
.Orientation = xlTopToBottom
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
.SortMethod = xlPinYin
.Apply
End With
End Sub
Private Sub OptionButton8_Click()
Sheet1.Range("Q4:Q23").Value = 4
ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort.SortFields.Add Key:= _
Range("L3:L23"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:= _
xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort
.Header = xlYes
.MatchCase = False
.Orientation = xlTopToBottom
.SortMethod = xlPinYin
.Apply
End With
End Sub
Private Sub OptionButton9_Click()
Sheet1.Range("Q4:Q23").Value = 1

ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort.SortFields.Add Key:= _
Range("K3:K23"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption _
:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("readdata").AutoFilter.Sort
.Header = xlYes
.MatchCase = False
.Orientation = xlTopToBottom
.SortMethod = xlPinYin
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
.Apply
End With
End Sub
Private Sub UserForm_Click()
End Sub
Private Sub CommandButton1_Click()
UserForm4.TextBox1.Value = Cells(1, 1)
End Sub
Private Sub CommandButton10_Click()
UserForm4.Hide
Sheet4.Activate
End Sub
Private Sub CommandButton2_Click()
UserForm4.TextBox5.Value = Cells(1, 4)
End Sub
Private Sub CommandButton3_Click()
UserForm4.TextBox4.Value = Cells(1, 3)
End Sub
Private Sub CommandButton4_Click()
UserForm4.TextBox3.Value = Cells(1, 2)
End Sub
Private Sub CommandButton5_Click()
UserForm4.TextBox2.Value = Cells(1, 5)
End Sub
Private Sub CommandButton6_Click()
UserForm4.TextBox8.Value = Cells(1, 8)
End Sub
Private Sub CommandButton7_Click()
UserForm4.TextBox7.Value = Cells(1, 7)
End Sub
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
Private Sub CommandButton8_Click()
UserForm4.TextBox6.Value = Cells(1, 6)
End Sub
Private Sub CommandButton9_Click()
UserForm4.Hide
UserForm1.Show
End Sub
Private Sub TextBox1_Change()
End Sub
Private Sub TextBox2_Change()
End Sub
Private Sub TextBox3_Change()
End Sub
Private Sub TextBox4_Change()
End Sub
Private Sub TextBox5_Change()
End Sub
Private Sub TextBox6_Change()
End Sub
Private Sub TextBox7_Change()
End Sub
Private Sub TextBox8_Change()
End Sub
Private Sub UserForm_Click()
End Sub
```

3.2 การสั่งงานโปรแกรมอารีน่า

```
Private Sub ModelLogic_DocumentOpen()
UserForm1.Show
End Sub
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
Public xRunAll As String
Public xAllEnd As String
Private Sub CommandButton1_Click()
Dim m As Model
Dim theMod As Module
Dim i As Long
Set m = ThisDocument.Model
If xRunAll = "All" Then
For x = 1 To 8
i = m.Modules.Find(smFindTag, "rule")
Set theMod = m.Modules(i)
theMod.Data("Value") = x
If x = 8 Then xAllEnd = "Yes"
m.Go
m.End
Next x
xRunAll = ""
m.Save
MsgBox ("Run complete Please back to check Result ")
UserForm1.Hide
Else
xAllEnd = "No"
i = m.Modules.Find(smFindTag, "rule")
Set theMod = m.Modules(i)
theMod.Data("Value") = TextBox1.value
m.Go
m.End
MsgBox ("Run complete All Rule Please back to check Result ")
m.Save
End If
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
xAllEnd = ""
UserForm1.CommandButton2.Enabled = True
UserForm1.CommandButton1.Enabled = False
End Sub
Private Sub CommandButton2_Click()
ARENA.Quit
Set ExcelApp = CreateObject(CurDir("D") & "\balance load.xlsm")
ExcelApp.Sheets("Main Menu").Activate
End Sub
Private Sub Frame1_Click()
End Sub
Private Sub OptionButton1_Click()
xRunAll = ""
TextBox1.Text = "1"
TextBox1.Enabled = OptionButton1.value
End Sub
Private Sub OptionButton10_Click()
End Sub
Private Sub OptionButton2_Click()
xRunAll = ""
TextBox1.Text = "2"
TextBox1.Enabled = OptionButton2.value
End Sub
Private Sub OptionButton3_Click()
xRunAll = ""
TextBox1.Text = "3"
TextBox1.Enabled = OptionButton3.value
End Sub
Private Sub OptionButton4_Click()
xRunAll = ""
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
TextBox1.Text = "4"
TextBox1.Enabled = OptionButton4.value
End Sub
Private Sub OptionButton5_Click()
xRunAll = ""
TextBox1.Text = "5"
TextBox1.Enabled = OptionButton5.value
End Sub
Private Sub OptionButton6_Click()
xRunAll = ""
TextBox1.Text = "6"
TextBox1.Enabled = OptionButton6.value
End Sub
Private Sub OptionButton7_Click()
xRunAll = ""
TextBox1.Text = "7"
TextBox1.Enabled = OptionButton7.value
End Sub
Private Sub OptionButton8_Click()
xRunAll = ""
TextBox1.Text = "8"
TextBox1.Enabled = OptionButton8.value
End Sub
Private Sub OptionButton9_Click()
xRunAll = "All"
End Sub
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ประวัติการศึกษา และการทำงาน

| | |
|---|---|
| ชื่อ –นามสกุล | นางสาวอรยา วงศ์สุขศรี |
| วัน เดือน ปี ที่เกิด | วันที่ 1 พฤษภาคม 2526 |
| สถานที่เกิด | พระนครศรีอยุธยา |
| ประวัติการศึกษา | วศ.บ. (วิศวกรรมการอาหาร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน | - |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน | - |
| ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ | - |
| ทุนการศึกษาที่ได้รับ | ทุนผู้ช่วยสอนภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหาการ ปีการศึกษา 2552 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์