สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

บทที่ 4
ผลการศึกษา

จากบทที่ 3 ผู้วิจัยได้กล่าวถึงวิธีการออกแบบการทดลองและส่วนประกอบของปัจจัยที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองปัญหา ซึ่งผู้วิจัยได้นำปัจจัยที่กำหนดไปทำการทดลองเชิงแฟคทอเรียล จากนั้นทำการเก็บรวบรวมผลการทดลองทั้งหมดที่ได้จากการทดลองแบบจำลองปัญหาไปทำการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้วิธีการทางด้านสถิติ โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

4.2 การวิเคราะห์ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

จากที่กล่าวในข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยโดยใช้วิธีการทดลองเชิงแฟคทอเรียล ซึ่งมีรูปแบบการทดลองทั้งหมด 40 การทดลอง โดยนำผลการทดลองที่ได้ทั้งหมดไปใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆ รวมทั้งนำผลที่ได้จากการปรับเปลี่ยนปัจจัยที่ใช้ในการทดลองนำไปเปรียบเทียบ โดยการเปรียบเทียบจากค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบในด้านต่างๆ ว่าค่าที่ได้จะส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ซึ่งในการวิเคราะห์ครั้งนี้จะใช้ตารางค่า P - value ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยค่าที่ได้จากตาราง P - value ที่มีค่าต่ำกว่า 0.05 แสดงว่ามีการปรับเปลี่ยนระดับของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองมีค่า P - Value ดังแสดงในตารางที่ 4.1

จากตารางที่ 4.1 จะพบว่าปัจจัยทางด้านจำนวนรถ AGV (Number of AGV) จะส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบในทุกๆ ด้านอย่างมีนัยสำคัญ โดยในส่วนของกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน (Pick-up) และกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Drop-off) จะส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบในทุกๆ ด้านอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของ AGV (AGV Utilization) เพียงค่าเดียว นอกจากปัจจัยหลักทั้งหมดแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในส่วนของปัจจัยร่วม โดยในการวิเคราะห์ครั้งนี้ ผลการทดลองจากตารางค่า P - Value สรุปได้ว่า ปัจจัยร่วมทุกปัจจัยไม่ว่าจะเป็น ปัจจัยร่วมระหว่างจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน จำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน หรือกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานกับกฎเกณฑ์

การวางชิ้นงานพบว่า ค่าที่ได้จะส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบทุกๆ ค่าอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของรถ AGV (AGV Utilization) เพียงค่าเดียวเช่นกัน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้กล่าวถึงรายละเอียดของปัจจัยหลัก และปัจจัยร่วมไว้ในหัวข้อที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยที่ได้ทำการทดลอง

ตารางค่า P ของค่าวัดประสิทธิภาพ						
ปัจจัย	AGV Utilization	Flow time	WIP	Earliness	Tardiness	Throughput
จำนวนรถ AGV	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน	0.361	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน	0.760	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
จำนวนรถ AGV x กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน	0.760	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.023*
จำนวนรถ AGV x กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน	0.760	0.000*	0.231	0.000*	0.000*	0.000*
กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน x กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน	0.760	0.000*	0.020*	0.000*	0.000*	0.004*

หมายเหตุ: * หมายความว่า ปัจจัยดังกล่าวส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพอย่างมีนัยสำคัญ

4.2 การวิเคราะห์ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล เกิดจากการทดลองปัจจัยหลักทั้งหมด 3 ปัจจัย คือ จำนวนรถ AGV กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานและกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน รวมทั้งการพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่าง 2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบแตกต่างกันออกไป โดยสามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นได้ดังต่อไปนี้

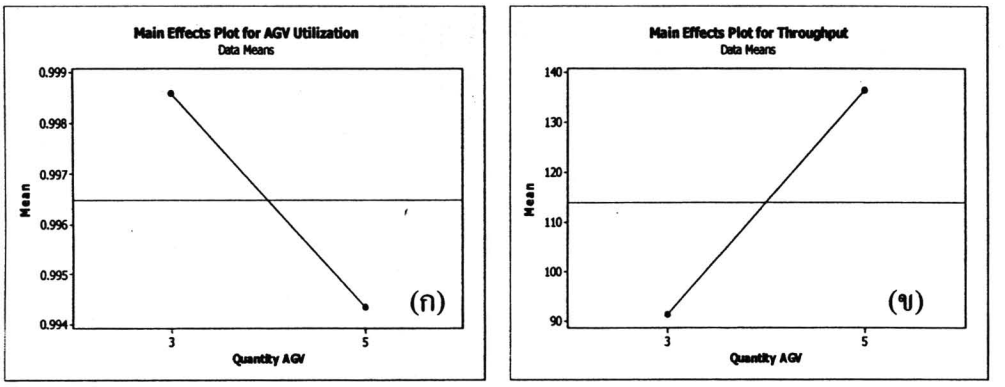
4.2.1 ปัจจัยด้านจำนวนรถ AGV (Number of AGV) เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพในทุกๆ ด้านอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 โดยปริมาณการใช้จำนวนรถ AGV ที่ลดลงส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) มีค่าเพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.1 (ก) เนื่องจากในระบบการผลิตมีการเรียกใช้งานรถ AGV อย่างต่อเนื่อง ปริมาณการใช้งานรถ AGV ที่ลดลงทำให้รถ AGV สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพตลอดเวลา โดยไม่มีการหยุดพักจึงส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของรถเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การใช้จำนวนรถ AGV ที่ลดลงยังส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเสร็จเร็วกว่า

กำหนดรวม (Earliness) มีค่าวัดประสิทธิภาพที่ดีกว่าการเพิ่มจำนวนรถ AGV ในระบบ เนื่องจากการเพิ่มจำนวนรถ AGV ในระบบทำให้สามารถผลิตสินค้าได้เสร็จเร็วกว่ากำหนดมากขึ้น แต่ในการทำงานการที่มีสินค้าเสร็จเร็วกว่ากำหนดมากขึ้นทำให้โรงงานต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้ามากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามการเพิ่มจำนวนรถ AGV ทำให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต (Mean Flow time) ค่าวัดประสิทธิภาพจำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ (Number of WIP) และค่าวัดประสิทธิภาพเวลาล่าช้ารวมที่เกิดขึ้น (Tardiness) มีค่าลดลง นอกจากนี้ยังส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) มีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการเพิ่มจำนวนรถ AGV ในระบบทำให้สามารถขนส่งชิ้นงานได้รวดเร็วมากขึ้น จึงส่งผลให้สามารถผลิตชิ้นงานได้มากขึ้นและระยะเวลาในการผลิตชิ้นงาน รวมทั้งชิ้นงานที่ค้างในระบบลดลงซึ่งจะแสดงดังภาพที่ 4.1 (ข)

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยและลำดับของค่าวัดประสิทธิภาพจากปัจจัยจำนวนรถ AGV

ปัจจัยหลัก จำนวนรถ AGV	AGV Utilization (%)	Mean Flow time (ชั่วโมง)	WIP (ชิ้น)	Earliness (ชั่วโมง)	Tardiness (ชั่วโมง)	Throughput (ชิ้น)
3	99.86(1)	23.76(2)	44.65(2)	186.68(1)	180.63(2)	91.2(2)
5	99.43(2)	16.09(1)	44.50(1)	896.97(2)	7.60(1)	136.65(1)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ ( ) แสดงลำดับที่ส่งผลดีต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ



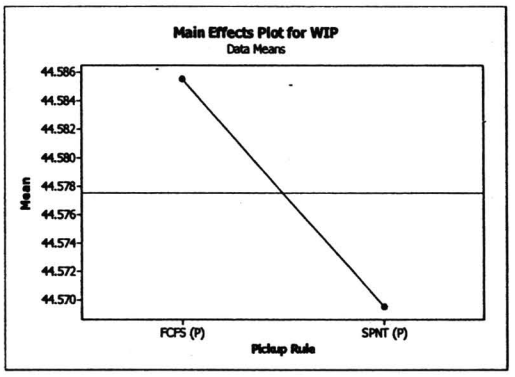
ภาพที่ 4.1 กราฟปัจจัยจำนวนรถ AGV ที่ส่งผลต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ

4.2.2 ปัจจัยด้านกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน (Pick-up Rules) เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพทุกๆ ด้าน ยกเว้นค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.3 โดยในการเปรียบเทียบกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานพบว่าการใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเสร็จเร็วกว่ากำหนดรวม (Earliness) ลดลงและค่าวัดประสิทธิภาพผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) เพิ่มขึ้นมากกว่ากฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT เนื่องจากในระบบการผลิต การผลิตชิ้นงานให้เสร็จทันเวลาพอดีสามารถช่วยลดต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าได้มากขึ้น ในส่วนของผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานทั้ง 2 แบบอาจให้ผลผลิตที่ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ในทางทฤษฎีถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต (Mean Flow time) ค่าวัดประสิทธิภาพจำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ (Number of WIP) และค่าวัดประสิทธิภาพเวลาล่าช้ารวมที่เกิดขึ้น (Tardiness) ลดลงดีกว่ากฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS เนื่องจากกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT เป็นกฎเกณฑ์ที่ให้รถ AGV เลือกหยิบชิ้นงานจากระยะเวลาการทำงานที่สั้นที่สุดของชิ้นงานในสถานีถัดไป การเลือกหยิบชิ้นงานที่มีระยะเวลาทำงานที่สั้นที่สุดก่อน ทำให้ระบบสามารถขนถ่ายชิ้นงานได้รวดเร็วมากขึ้น ทำให้ระยะเวลาเฉลี่ยในการผลิต และจำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบลดลง ส่งผลให้สามารถผลิตสินค้าได้ทันเวลามากขึ้น ซึ่งจะแสดงดังภาพที่ 4.2 อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบใดก็ตามจะไม่ส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลงไปไม่ได้ส่งผลกระทบต่อการใช้งานรถ AGV ในระบบ

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยและลำดับของค่าวัดประสิทธิภาพจากปัจจัยกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน

ปัจจัยหลัก / กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน	AGV Utilization (%)	Mean Flow time (ชั่วโมง)	WIP (ชิ้น)	Earliness (ชั่วโมง)	Tardiness (ชั่วโมง)	Throughput (ชิ้น)
FCFS	99.66(1)	20.25(2)	44.59(2)	541.42(1)	99.10(2)	115.35(1)
SPNT	99.64(1)	19.60(1)	44.57(1)	542.23(2)	89.19(1)	112.50(2)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ ( ) แสดงลำดับที่ส่งผลดีต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ



ภาพที่ 4.2 กราฟปัจจัยกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานที่ส่งผลต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ

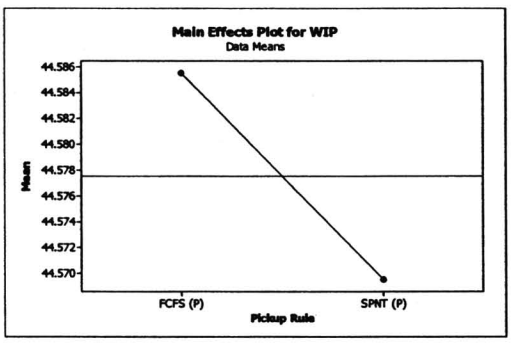
ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยและลำดับของค่าวัดประสิทธิภาพจากปัจจัยกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน

ปัจจัยหลัก กฎเกณฑ์ การวางชิ้นงาน	AGV Utilization (%)	Mean Flow time (ชั่วโมง)	WIP (ชิ้น)	Earliness (ชั่วโมง)	Tardiness (ชั่วโมง)	Throughput (ชิ้น)
FCFS	99.65(1)	20.25(2)	44.59(2)	509.97(1)	105.58(2)	111.60(2)
SPNT	99.64(1)	19.60(1)	44.56(1)	573.67(2)	86.67(1)	116.25(1)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ ( ) แสดงลำดับที่ส่งผลดีต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

4.2.3 ปัจจัยด้านกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Drop-off Rules) เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพทุกๆ ด้าน ยกเว้นค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.4 โดยในการเปรียบเทียบกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานพบว่าการเลือกใช้กฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต (Mean Flow time) ค่าวัดประสิทธิภาพจำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ (Number of WIP) ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาล่าช้ารวมที่เกิดขึ้น (Tardiness) ลดลงและผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) เพิ่มขึ้น ดีกว่ากฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS เนื่องจากกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT จะกำหนดให้รถ AGV ทำการวางชิ้นงานจากระยะเวลาในการทำงานที่สั้นที่สุดของสถานีถัดไป จะทำให้ระบบการผลิตสามารถผลิตชิ้นงานได้จำนวนมากขึ้น และทำให้งานเสร็จก่อนกำหนดมากขึ้นด้วย เนื่องจากชิ้นงานจะถูกส่งเข้ากระบวนการผลิตตามระยะเวลาจากน้อยไปหามาก และยังช่วยลดระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตอีก ดังแสดงในภาพที่ 4.3 ในส่วนค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเสร็จเร็ว

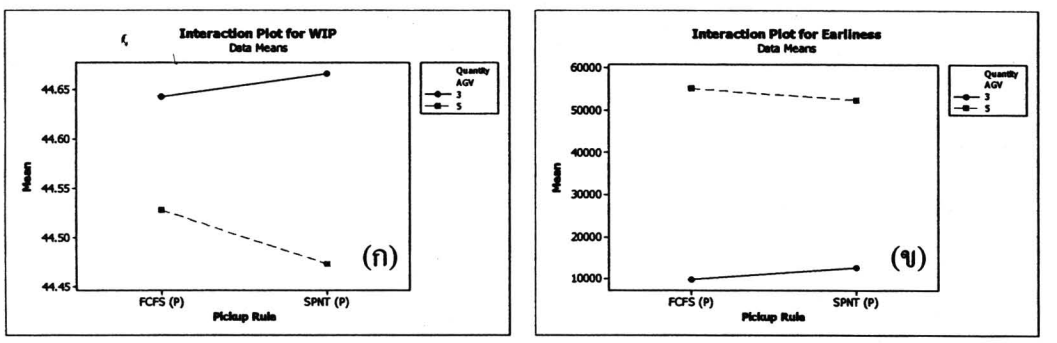
กว่ากำหนดรวม (Earliness) กฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS ให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลางานเสร็จเร็วกว่ากำหนดรวมลดลง ดีกว่ากฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT เนื่องจากการผลิตชิ้นงานให้เสร็จทันเวลาพอดีสามารถช่วยลดต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเลือกใช้กฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบใดก็ตามจะไม่ส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลงไปไม่ได้ส่งผลกระทบต่อการใช้งานรถ AGV ในระบบ



ภาพที่ 4.3 กราฟปัจจัยกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานที่ส่งผลต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ

4.2.4 ปัจจัยร่วมระหว่างจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน (Number of AGV x Pick-up Rules) ปรากฏว่า ปัจจัยร่วมระหว่างจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพทุกๆ ค่าอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) ดังตารางที่ 4.5 ซึ่งแตกต่างกับตารางค่า P - value ในตารางที่ 4.1 เนื่องจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงจำนวนรถ AGV จากตารางที่ 4.2 ที่ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพทุกค่าในระบบ เมื่อนำมาใช้ร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน จึงส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยการลดจำนวนรถ AGV ในระบบร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบใดก็ตามจะทำให้ค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) เพิ่มขึ้น ในส่วนของค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต (Mean Flow time) ค่าวัดประสิทธิภาพจำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ (Number of WIP) และค่าวัดประสิทธิภาพเวลาล่าช้ารวมที่เกิดขึ้น (Tardiness) การเลือกใช้จำนวนรถ AGV แบบ 5 คันร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพทั้ง 3 ลดลงดีกว่าการเลือกจำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบอื่นดังภาพที่ 4.4 (ก) เนื่องจากจำนวนรถ AGV ที่เพิ่มขึ้นเมื่อนำมาใช้ร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานที่จะเลือกหยิบชิ้นงานจากระยะเวลาทำงานสถานีถัดไปที่สั้นที่สุด ทำให้ลดระยะเวลาในการผลิตจึงส่งผลให้สามารถผลิต

ชิ้นงานได้ทันเวลามากขึ้น ในส่วนของค่าวัดประสิทธิภาพผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) การเลือกจำนวนรถ AGV แบบ 5 คันร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) เพิ่มขึ้นดีกว่าการเลือกจำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบอื่น นอกจากนี้เมื่อมีการเลือกใช้จำนวนรถ AGV แบบ 3 คันร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS จะส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเสร็จเร็วกว่ากำหนดรวม (Earliness) ลดลงดีกว่าการเลือกจำนวนรถ AGV และกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบอื่นดังภาพที่ 4.4 (ข) เนื่องจากการผลิตชิ้นงานให้เสร็จทันเวลาพอดีสามารถช่วยลดต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าได้มากขึ้น



ภาพที่ 4.4 กราฟปัจจัยร่วมจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานที่ส่งผลต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยและลำดับของค่าวัดประสิทธิภาพจากการใช้ปัจจัยจำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน

ปัจจัยร่วม จำนวนรถ AGV x กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน	AGV Utilization (%)	Mean Flow time (ชั่วโมง)	WIP (ชิ้น)	Earliness (ชั่วโมง)	Tardiness (ชั่วโมง)	Throughput (ชิ้น)
3 คัน - FCFS	99.87(1)	24.22(4)	44.64(3)	163.78(1)	184.82(4)	92.30(3)
5 คัน - FCFS	99.44(2)	16.62(2)	44.53(2)	919.05(4)	13.29(2)	138.40(1)
3 คัน - SPNT	99.85(1)	23.29(3)	44.67(4)	209.58(2)	176.47(3)	90.10(4)
5 คัน - SPNT	99.43(2)	15.90(1)	44.47(1)	874.88(3)	1.91(1)	134.90(2)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ ( ) แสดงลำดับที่ส่งผลดีต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

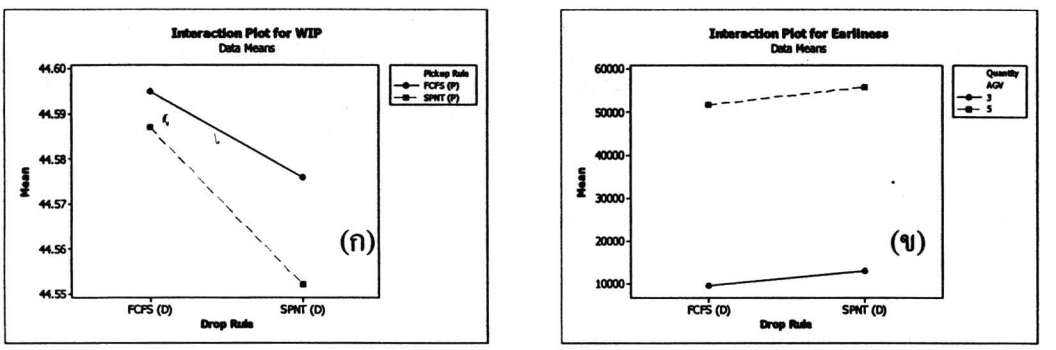
ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยและลำดับของค่าวัดประสิทธิภาพจากปัจจัยจำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน

ปัจจัยร่วม จำนวนรถ AGV x กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน	AGV Utilization (%)	Mean Flow time (ชั่วโมง)	WIP (ชิ้น)	Earliness (ชั่วโมง)	Tardiness (ชั่วโมง)	Throughput (ชิ้น)
3 คัน - FCFS	99.86(1)	24.39(4)	44.67(4)	157.65(1)	211.05(4)	90.40(4)
5 คัน - FCFS	99.44(2)	16.12(2)	44.52(2)	862.30(3)	0.10(1)	132.80(2)
3 คัน - SPNT	99.86(1)	23.12(3)	44.64(3)	215.72(2)	150.24(3)	92(3)
5 คัน - SPNT	99.43(2)	16.07(1)	44.48(1)	931.63(4)	15.10(2)	140.50(1)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ ( ) แสดงลำดับที่ส่งผลดีต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

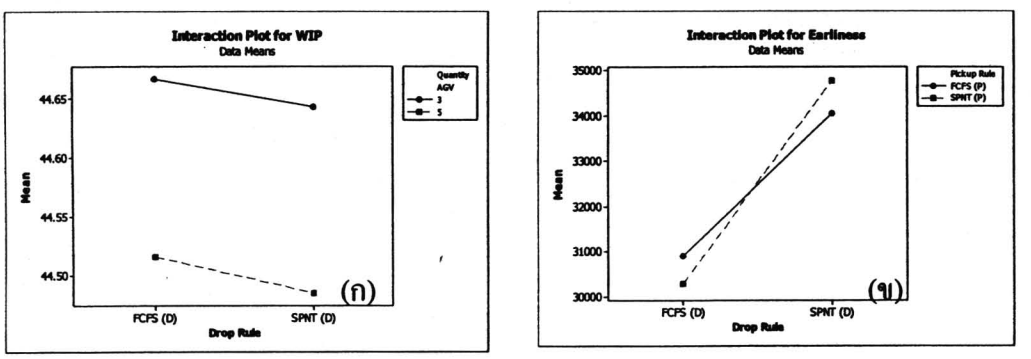
4.2.5 ปัจจัยร่วมระหว่างจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Number of AGV x Drop-off Rules) ปรากฏว่า ปัจจัยร่วมระหว่างจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพทุกๆ ค่าอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) และค่าวัดประสิทธิภาพจำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ (WIP) ดังตารางที่ 4.6 ซึ่งจะแตกต่างกับตารางค่า P - value ในตารางที่ 4.1 เนื่องจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงจำนวนรถ AGV จากตารางที่ 4.2 ที่ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพทุกค่าในระบบ เมื่อนำมาใช้ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานจึงส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยการลดจำนวนรถ AGV ในระบบร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบใดก็ตามจะให้ค่าวัดประสิทธิภาพในการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) เพิ่มขึ้น ในขณะที่การเลือกใช้จำนวนรถ AGV 5 คันร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT จะทำให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต (Mean Flow time) ค่าวัดประสิทธิภาพจำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ (Number of WIP) ลดลงและค่าวัดประสิทธิภาพผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) เพิ่มขึ้นดีกว่าการเลือกจำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบอื่นดังภาพที่ 4.5 (ก) เนื่องจากจำนวนรถ AGV ที่เพิ่มขึ้นเมื่อนำมาใช้ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานที่จะเลือกวางชิ้นงานจากระยะเวลาทำงานสถานีถัดไปที่สั้นที่สุด ทำให้ลดระยะเวลาในการผลิตและสามารถผลิตชิ้นงานได้เพิ่มมากขึ้น ในส่วนของค่าวัดประสิทธิภาพเวลาล่าช้ารวมที่เกิดขึ้น (Tardiness) การเลือกจำนวนรถ AGV แบบ 5 คันร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS จะให้

ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาล่าช้ารวมที่เกิดขึ้น (Tardiness) ลดลงดีกว่าการเลือกจำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบอื่น นอกจากนี้เมื่อมีการเลือกใช้จำนวนรถ AGV แบบ 3 คัน ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS จะส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเสร็จเร็วกว่ากำหนดรวม (Earliness) ลดลง ดีกว่าการเลือกจำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบอื่นดังภาพที่ 4.5 (ข) เนื่องจากการผลิตชิ้นงานให้เสร็จทันเวลาพอดีสามารถช่วยลดต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าได้มากขึ้น



ภาพที่ 4.5 กราฟปัจจัยร่วมระหว่างจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานที่ส่งผลต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ

4.2.6 ปัจจัยร่วมระหว่างกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Pick-up x Drop-off Rules) ปรากฏว่าปัจจัยร่วมระหว่างกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพทุกๆ ค่าอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.7



ภาพที่ 4.6 กราฟปัจจัยร่วมระหว่างกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานที่ส่งผลต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยและลำดับของค่าวัดประสิทธิภาพจากปัจจัยกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน

ปัจจัยร่วม กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน x กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน	AGV Utilization (%)	Mean Flow time (ชั่วโมง)	WIP (ชิ้น)	Earliness (ชั่วโมง)	Tardiness (ชั่วโมง)	Throughput (ชิ้น)
FCFS(P) – FCFS(D)	99.66(1)	20.46(3)	44.60(3)	515.12(2)	106.29(4)	112.60(3)
FCFS(P) – SPNT(D)	99.65(1)	20.04(2)	44.57(2)	567.72(3)	91.82(2)	118.10(1)
SPNT(P) – FCFS(D)	99.64(1)	20.05(2)	44.59(3)	504.83(1)	104.86(3)	110.60(4)
SPNT(P) – SPNT(D)	99.64(1)	19.15(1)	44.55(1)	579.63(4)	73.51(1)	114.40(2)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ ( ) แสดงลำดับที่ส่งผลดีต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

จากตารางที่ 4.7 ค่าวัดประสิทธิภาพระหว่างจำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับตารางค่า P - value ในตารางที่ 4.1 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานและกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานรถ AGV ในระบบ จึงส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งาน AGV (AGV Utilization) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต (Mean Flow time) ค่าวัดประสิทธิภาพจำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ (Number of WIP) และค่าวัดประสิทธิภาพเวลาล่าช้ารวมที่เกิดขึ้น (Tardiness) การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT และกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพทั้ง 3 ลดลงดีกว่าการเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบอื่นดังภาพที่ 4.6 (ก) เนื่องจากกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานและกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT จะทำการหยิบและวางชิ้นงานจากระยะเวลาการทำงานของชิ้นงานที่สั้นที่สุดในสถานีถัดไป ส่งผลให้สามารถลดระยะเวลาในการผลิตและสามารถผลิตชิ้นงานได้ทันเวลามากขึ้น ในส่วนของค่าวัดประสิทธิภาพผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) เพิ่มขึ้น ดีกว่าการเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบอื่น นอกจากนี้เมื่อมีการเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS จะส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเสร็จเร็วกว่า

กำหนดรวม (Earliness) ลดลงดีกว่าการเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบอื่นดังภาพที่ 4.6 (ข) เนื่องจากการผลิตชิ้นงานให้เสร็จทันเวลาพอดีสามารถช่วยลดต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าได้มากขึ้น

ในส่วนของบทที่ 4 ผู้วิจัยได้นำเสนอในส่วนของการแสดงผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองจากปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย โดยแสดงผลการทดลองเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลองทั้งหมด รวมถึงการวิเคราะห์ผลการทดลองทางด้านความน่าเชื่อถือของข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ ซึ่งผู้วิจัยจะกล่าวถึงในบทต่อไป