บทที่ 5

การตรวจสอบ และการวิเคราะห์ผล

จุดประสงค์หลักของกระบวนการตรวจสอบ (Verification) และยืนยันความถูกต้อง (Validation) ของแบบจำลอง คือ เพื่อค้นหาข้อบกพร่องผิดพลาดของแบบจำลอง และเพื่อประเมินว่าแบบจำลองนั้นสามารถใช้งานได้จริง ตามสภาพการทำงานจริงหรือไม่ โดยกระบวนการตรวจสอบ (Verification) เป็นการตรวจสอบและประเมินว่า โปรแกรมหรือแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นมาตรงตามข้อกำหนดที่ตกลงกันไว้หรือไม่ ในขณะที่ กระบวนการยืนยันความถูกต้อง (Validation) เป็นการตรวจสอบว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นตรงกับความคาดหวังของผู้ใช้แบบจำลองหรือไม่ โดยกระบวนการทดสอบระบบอาจแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ คือ การทดสอบส่วนย่อย ๆ (Component) การทดสอบการทำงานร่วมกัน (Integration Testing) และการทดสอบเพื่อการยอมรับ (Acceptance Testing)

เนื้อหาในบทนี้ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1. การทดสอบส่วนย่อยและการทำงานร่วมกัน

2. การทดสอบเพื่อการยอมรับ

3. การวิเคราะห์การปฏิบัติงานแบบเกี่ยวและถอด

5.1 การทดสอบส่วนย่อยและการทำงานร่วมกันของโปรแกรม

การทดสอบส่วนย่อยต่าง ๆ (Component testing) เป็นการทดสอบส่วนย่อย (Unit testing) และชุดของหน่วยย่อยต่าง ๆ (Module testing) ที่เกี่ยวเนื่องกันอยู่ โดยการทดสอบแต่ละส่วนของโปรแกรมว่าสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องหรือไม่ โดยปกติแล้วแต่ละส่วนนี้จะมีความเป็นอิสระสมบรูณ์ในตัวเอง โดยการทดสอบนั้นไม่ต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์กับหน่วยอื่นๆ

การทดสอบการทำงานร่วมกัน (Integration Testing) การทดสอบในขั้นนี้เป็นการทดสอบการทำงานร่วมกันของโมดูลย่อย ๆ แต่ละส่วนงานย่อยนี้อาจจะถูกพัฒนาขึ้นมาอย่างเป็นอิสระต่อกัน และอาจนำมาติดตั้งใช้งานโดยอิสระไม่เกี่ยวข้องกันก็ได้ ดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นคือ การทำงานไม่สอดประสานกันระหว่างระบบงานย่อยต่าง ๆ นั้นเอง ในขั้นตอนนี้จึงเป็นการทดสอบปัญหาของการไม่สอดประสานกันของหน่อยย่อยต่างๆ นอกจากนี้ยังเป็นการตรวจสอบด้วยว่าระบบทั้งหมดทำงานได้ตรงตามข้อกำหนดหรือความต้องการของผู้ใช้อย่างแท้จริงหรือไม่

โปรแกรมงานที่พัฒนาขึ้นมานี้ได้มีการตรวจสอบในส่วนของการทดสอบส่วนย่อยต่าง ๆ แล้วในส่วนของขั้นตอนการพัฒนาในแต่ละหน่วยย่อยแล้ว ซึ่งจะไม่ขอกล่าวถึงในส่วนนี้ สำหรับการทดสอบการทำงานร่วมกันนั้นจะกล่าวถึงเฉพาะการทดสอบโมดูลหลัก ๆ ของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นดังนี้

- โมดูล EVA_TrTask() เป็นส่วนของโปรแกรมที่ทำการประเมินตารางการมอบหมายงานแต่ละรูปแบบว่าสามารถปฏิบัติงานได้จริงๆ หรือไม่ได้ตามเงื่อนไขการปฏิบัติงานต่าง ๆ ผลลัพธ์ที่ได้จากส่วนจะบอกว่าตารางที่ทำการประเมินเป็นไปได้ในทางปฏิบัติหรือไม่ รายละเอียดในการทดสอบโมดูลนี้แสดงอยู่ในตารางที่ 5.1

- โมดูล AddTask_TruckTask() เป็นส่วนของโปรแกรมที่นำตารางการมอบหมายงานที่เป็นไปได้แล้วมาทำการมอบหมายงานที่ยังไม่ได้ปฏิบัติงานเพิ่มให้กับรถหัวลากที่ยังไม่ได้ปฏิบัติงานหรือมีเวลาเสร็จงานเร็วที่สุด เพราะว่ารถคันดังกล่าวมีความเป็นไปได้ในการที่จะปฏิบัติงานได้มากที่สุด โดยมีเงื่อนไขว่าตารางใหม่นั้นจะต้องเป็นตารางที่เป็นไปได้ รายละเอียดในการทดสอบโมดูลนี้แสดงอยู่ในตารางที่ 5.1

- โมดูล TabuSearch_1Loop() เป็นส่วนของโปรแกรมที่ทำหน้าที่ในการปรับปรุงตารางการมอบหมายงานเริ่มต้นที่เป็นไปได้ให้ดีขึ้น โดยการสร้างตารางข้างเคียงเพื่อเป็นตัวเลือกในการเป็นตารางที่ดีที่สุดในและรอบของการค้นหา ทำการประเมินความเป็นไปได้ของตารางข้างเคียง และประเมินค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของตารางเพื่อเลือกตารางที่ดีที่สุดในแต่ละรอบการค้นหา รายละเอียดในการทดสอบโมดูลนี้แสดงอยู่ในตารางที่ 5.1

- โมดูล Optimization() เป็นส่วนหลักของโปรแกรมที่ทำหน้าที่ในการหาค่าตารางที่ดีที่สุด ซึ่งจะประกอบไปด้วยโปรแกรมย่อยตารางมากมาย เริ่มต้นแต่นำเข้างานและทรัพยากรที่ใช้ (รถหัวลากและหางลาก) การสร้างตารางเริ่มต้น การเพิ่มงานเข้าไปเรื่อยๆ และก็ทำการปรับปรุงตารางเริ่มต้นเพื่อหาค่าตารางที่ดีที่สุด ตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ รายละเอียดในการทดสอบโมดูลนี้แสดงอยู่ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 วิธีการทดสอบความถูกต้องของโมดูลหลัก ๆ ของโปรแกรม

โมดูลหลัก	ข้อมูลนำเข้า	วิธีการทดสอบความถูกต้อง
EVA_TrTask	ตารางการมอบหมายงาน ช่วงเวลาทำงานของรถ ช่วงเวลาห้ามวิ่ง EST และ LFT ของงาน จำนวนหัวลาก จำนวนหางลาก	ตรวจสอบเงื่อนไขการประเมินความเป็นไปได้ของตาราง
		- เวลาปฏิบัติงานของรถ จะต้องอยู่ในช่วงเวลาทำงานของรถ
		- ไม่มีรถคันใดวิ่ง ณ บริเวณที่ติดเวลาห้ามวิ่งในช่วงเวลาห้ามวิ่ง
		- เวลาเสร็จงาน <= เวลาปกติเสร็จงานช้าที่สุดของงานนั้น (LFT)
		- จำนวนทรัพยากรที่ใช้ต้องน้อยกว่าทรัพยากรที่มี (หัวลาก และ หางลาก)
		- เวลาเริ่มงาน >= เวลาเริ่มงานเร็วที่สุด (EST)
		- เวลารับ-จ่ายตู้ และเวลาขนถ่ายตู้ ต้องอยู่ในเวลาทำงานของสถานที่นั้น
		ทดสอบการเข้า-ออกของรถในการรับ-ส่งตู้ และบรรจุตู้เป็นแบบ FIFO
		ทดสอบการคำนวณเวลาปฏิบัติงานของรถแต่ละคันด้วยมือ
AddTask_TruckTask	ตารางการมอบหมายงาน งานที่ยังไม่ได้มอบหมาย	ตารางที่เป็นผลลัพธ์ออกจากส่วนนี้จะต้องเป็นตารางที่เป็นไปได้
		การมอบหมายงานเป็นไปตามเงื่อนไขการมอบหมายงานหรือไม่
		งานที่ได้รับมอบหมายใหม่ต้องถูกย้ายออกจากงานที่ยังไม่ได้รับมอบหมาย
TabuSearch_1Loop	ตารางการมอบหมายงาน	ตรวจสอบตารางข้างเคียงต้องเป็นไปตามเงื่อนไขการเรียงสลับเปลี่ยน
		ตรวจสอบจำนวนตารางข้างเคียง กับวิธีการคำนวณจำนวนตารางด้วยมือ
		ตรวจสอบตารางที่ดีที่สุดในแต่ละรอบจะต้องไม่ที่อยู่ใน Tabu List
		ตรวจสอบตารางการกำหนดตารางเริ่มต้นต้องเป็นไปได้
Optimization	งาน และทรัพยากรที่ใช้ จำนวนคำตอบซ้ำ จำนวนรอบการคำนวณ	ตรวจสอบเงื่อนไขการสิ้นสุดกระบวนการหาตารางที่ดีที่สุด
		- ได้ค่าตารางที่ดีที่สุดเดิมซ้ำในแต่ละรอบการคำนวณ
		- จำนวนรอบการคำนวณ เท่ากับที่กำหนดหรือไม่
		ตารางที่เป็นตารางที่ดีที่สุดจะต้องเป็นตารางที่เป็นไปได้

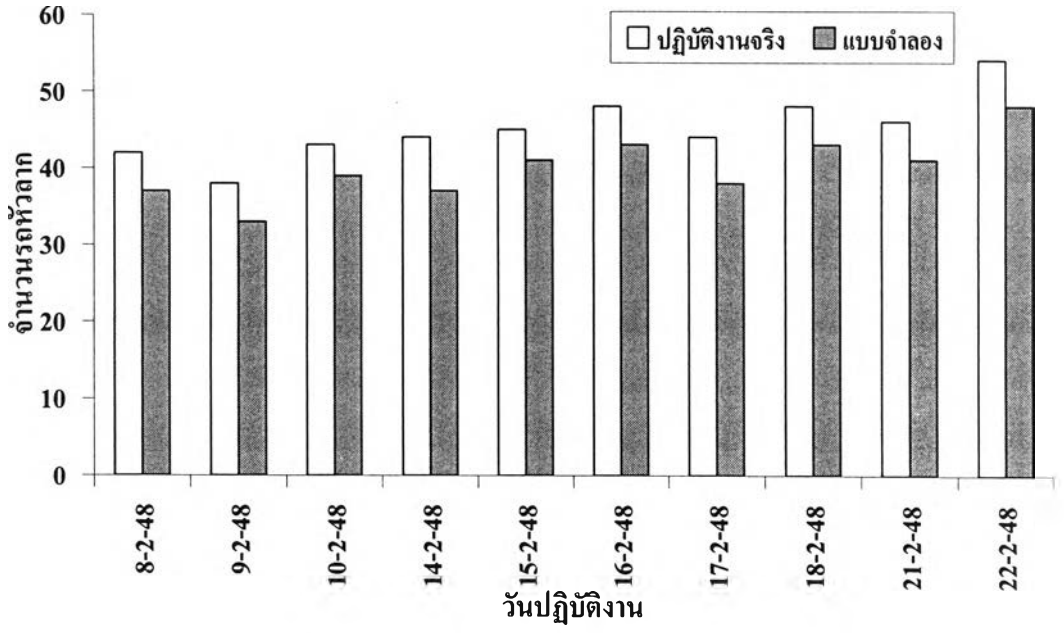
5.2 การทดสอบเพื่อการยอมรับ

ในขั้นตอนสุดท้ายนี้เป็นการทดสอบก่อนที่ระบบจะถูกยอมรับว่าสามารถใช้งานได้จริง การทดสอบอาจกระทำได้โดยการใช้ข้อมูลจริงป้อนเข้าสู่ระบบแทนที่จะใช้ข้อมูลตัวอย่าง การทดสอบเพื่อการยอมรับจะช่วยทำให้มองเห็นได้ว่า ระบบทั้งหมดมีความผิดพลาดอย่างไร และ/หรือ ยังไม่ได้ดำเนินการใดบ้างที่ไม่ตรงกับข้อตกลง

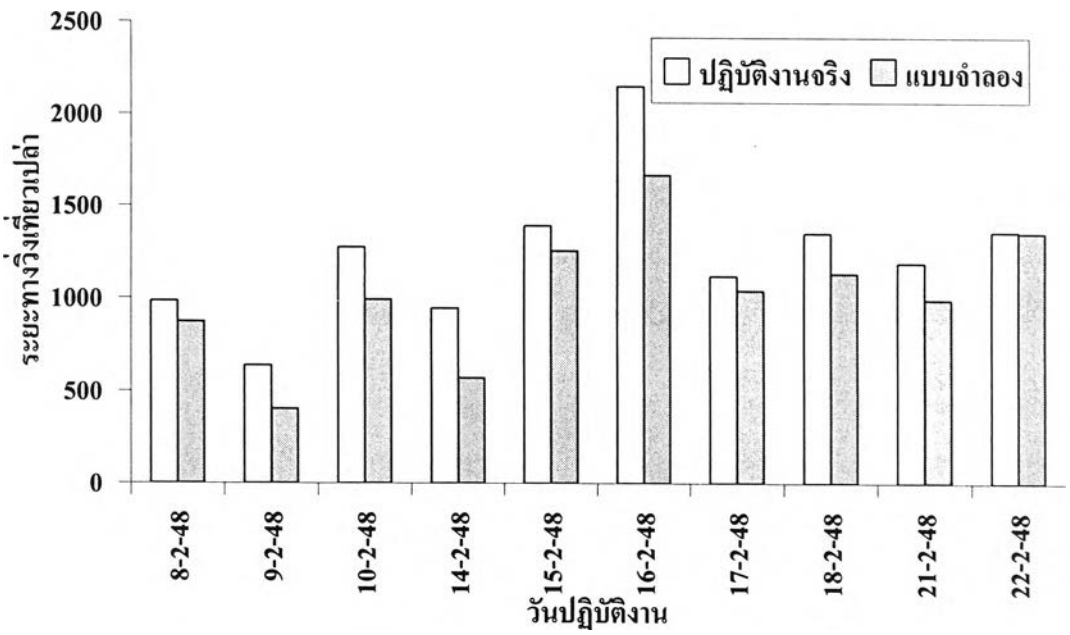
ในส่วนของการทดสอบเพื่อการยอมรับส่วนนี้ได้ใช้ข้อมูลการปฏิบัติงานจริงในระหว่างวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2548 ถึง 22 กุมภาพันธ์ 2548 เป็นตัวทดสอบ การทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงการจัดตารางโดยใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเทียบกับการปฏิบัติงานจริง ดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบผลการจัดตารางการโดยใช้แบบจำลองและการปฏิบัติงานจริง

วันปฏิบัติงาน	8/2/2548	9/2/2548	10/2/2548	14/2/2548	15/2/2548
จำนวนงาน (งาน)	60	43	77	59	77
- งานไม่เต็ม (งาน)	35	15	44	32	38
- งานเต็มช่วง (งาน)	25	28	33	27	39
ระยะวิ่งตู้ (กม.)	4,661	4,853	5,232	6,168	9,837
รถหัวลากใช้จริง (คัน)	42	38	43	44	45
- ระยะทางรวม (กม.)	5,645	5,492	6,505	7,113	11,227
- ระยะวิ่งเปล่า (กม.)	984	639	1,273	945	1,390
รถหัวลากแบบจำลอง (คัน)	37	33	39	37	41
- ระยะทางรวม (กม.)	5,534	5,258	6,225	6,740	11,092
- ระยะวิ่งเปล่า (กม.)	873	405	993	572	1,255
ระยะวิ่งหัวลาก (กม.)	0	0	11	33	0
ระยะวิ่งหัว+หาง (กม.)	873	405	993	539	1,255
วันปฏิบัติงาน	16/2/2548	17/2/2548	18/2/2548	21/2/2548	22/2/2548
จำนวนงาน (งาน)	81	65	65	62	84
- งานไม่เต็ม (งาน)	46	32	20	27	41
- งานเต็มช่วง (งาน)	35	33	45	35	43
ระยะวิ่งตู้ (กม.)	7,040	5,937	7,765	8,678	11,026
รถหัวลากใช้จริง (คัน)	48	44	48	46	54
- ระยะทางรวม (กม.)	9,188	7,054	9,114	9,866	12,383
- ระยะวิ่งเปล่า (กม.)	2,148	1,117	1,349	1,188	1,357
รถหัวลากแบบจำลอง (คัน)	43	38	43	41	48
- ระยะทางรวม (กม.)	8,706	6,977	8,896	9,670	12,377
- ระยะวิ่งเปล่า (กม.)	1,666	1,040	1,131	992	1,351
ระยะวิ่งหัวลาก (กม.)	568	273	0	0	0
ระยะวิ่งหัว+หาง (กม.)	1,098	767	1,131	992	1,351



รูปที่ 5.1 รถหัวลากที่ใช้ในการจัดตารางโดยใช้แบบจำลองเทียบกับการปฏิบัติงานจริง



รูปที่ 5.2 ระยะวิ่งเที่ยวเปล่าจากการจัดตารางโดยใช้แบบจำลองเทียบกับการปฏิบัติงานจริง

จากรูปที่ 5.1 แสดงถึงจำนวนรถหัวลากที่ใช้งานจริงเมื่อเทียบกับแบบจำลอง และรูปที่ 5.2 แสดงถึงระยะทางวิ่งเปล่าของรถหัวลากในการปฏิบัติงานจริงกับการปฏิบัติงานตามตารางที่ได้จัดโดยแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น พบว่าการจัดตารางการทำงานด้วยแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นให้จำนวนรถที่ใช้น้อยกว่าที่ปฏิบัติงานจริง และยังทำให้ระยะทางวิ่งเที่ยวเปล่าของรถหัวลากลดลงด้วย

จากการที่สามารถลดจำนวนรถหัวลากที่ใช้จริงได้ ทำให้สามารถประหยัดต้นทุนการใช้รถหัวลาก (เพราะสามารถที่จะนำรถหัวลากไปปฏิบัติงานส่วนอื่นที่ก่อให้เกิดประโยชน์เพิ่มขึ้นได้) และจากการที่สามารถลดระยะทางวิ่งเที่ยวเปล่าของรถหัวลากลงได้ทำให้สามารถค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าน้ำมันลงได้ รวมทั้งช่วยประหยัดเวลาในการเดินทางได้

แต่อย่างไรก็ตามการจัดตารางการทำงานของรถหัวลากโดยใช้แบบจำลองนั้นต้องการข้อมูลที่แน่นอน ซึ่งในการปฏิบัติงานจริงพบว่าข้อมูลจริงมีความไม่แน่นอนสูงมาก ซึ่งความไม่แน่นอนของข้อมูลในส่วนนี้ทำให้มีผลต่อการจัดตารางการทำงานจริง ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้การจัดตารางโดยใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นให้คุณภาพของตารางดีกว่าการจัดตารางการทำงานจริง ทั้งทางด้านจำนวนรถหัวลากที่ลดลงและระยะทางวิ่งเที่ยวเปล่าที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด สำหรับความไม่แน่นอนของข้อมูลที่พบมีดังนี้

1. ในการปฏิบัติงานจริงมีบางงานที่จะต้องรอการยืนยันก่อนที่จะปฏิบัติงาน โดยเฉพาะงานนำเข้า จะมีปัญหาเรื่องการออกตู้ที่ไม่สามารถกำหนดเวลาพร้อมปฏิบัติงานได้อย่างแน่นอน และบ้างครั้งก็ไม่สามารถออกตู้ได้ในวันปฏิบัติงานนั้นเลยก็มี ซึ่งทางบริษัทไม่สามารควบคุมในส่วนนี้ได้

2. ในการปฏิบัติงานจริงพบว่ามีเวลารอคอยที่โรงงานหรือคลังสินค้าของลูกค้าเป็นเวลานาน ในบ้างครั้งรถเข้าไปพร้อมบรรจุที่โรงงานในตอนเช้าแต่กว่าจะได้เริ่มบรรจุจริงก็เป็นเวลาบ่าย ซึ่งทางบริษัทไม่สามารถควบคุมความไม่แน่นอนในส่วนนี้ได้

3. ข้อมูลงานที่ต้องปฏิบัติไม่ถูกทราบทั้งหมด ซึ่งมีการรับคำสั่งขนส่งในวันปฏิบัติงานเลยซึ่งทำให้การวางแผนเป็นไปได้ยาก หรือไม่สามารถวางแผนล่วงน้าได้

จากปัญหา ดังกล่าวข้างต้นทำให้การวางแผนการปฏิบัติงานจริงเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและเป็นเหตุให้มีการใช้ทรัพยากรและการวิ่งเที่ยวเปล่ามากเกินความจำเป็นเมื่อเทียบกับตารางการทำงานที่จัดโดยแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนั่นเอง

กล่าวโดยสรุป การใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาช่วยจัดตารางการทำงานของรถหัวลากทำให้การใช้ทรัพยากรทางด้านการขนส่งเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นแต่การนำไปใช้จริงจะต้องคำนึงถึงความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นข้างต้นด้วย แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับวางแผนการทำงานของรถหัวลากและเสนอแนวทางการวางแผนให้กับผู้ปฏิบัติงาน แต่ในการตัดสินใจจริงๆ ก็ยังเป็นดุลพินิจของผู้ปฏิบัติงานประกอบด้วย

5.3 การวิเคราะห์การปฏิบัติงานแบบเกี่ยวและถอด

จากกรณีศึกษาของบริษัทตัวอย่าง พบว่าทางบริษัทมีการปฏิบัติงานแบบเกี่ยวและถอด แต่เป็นในลักษณะตามคำสั่งของลูกค้าซึ่งเป็นการทิ้งตู้และรถหางลากไว้ที่โรงงานของลูกค้าเพื่อทำการบรรจุและขนถ่ายตู้ และกลับมารับรถหางลากและตู้ที่บรรจุหรือขนถ่ายเสร็จแล้วในวันปฏิบัติงานถัดไป ซึ่งในกรณีนี้พบว่าการปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอดไม่ได้ทำให้การปฏิบัติงานของรถหัวลากเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานแต่อย่างไร ดังนั้นเนื้อหาในส่วนต่อไปนี้จะกล่าวถึงสถานการณ์จำลองเพื่อแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของรถหัวลากด้วยปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอด โดยใช้ข้อมูลการปฏิบัติงานจริงของทางบริษัท

ในการจำลองสถานการณ์จำลองการเพื่อให้เกิดการปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอดได้ กำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับการงานและพื้นที่ปฏิบัติงานตลอดจนจำนวนรถหัวลากและรถหางลากที่มีไว้ดังนี้ งานขนตู้จำนวน 46 ตู้ โดยแบ่งเป็นลักษณะงานนำเข้าแบบเต็มช่วง (ท่าเรือ-โรงงาน-ลานตู้เปล่า) จำนวน 23 ตู้ และงานส่งออกแบบเต็มช่วง (ลานตู้เปล่า-โรงงาน-ท่าเรือ) จำนวน 23 ตู้ โดยสถานประกอบการที่ใช้ในสถานการณ์จำลองนี้จะอยู่ในบริเวณกรุงเทพฯ และสมุทรปราการเป็นหลัก ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวอยู่ใกล้กับลานจอดรถหัวลากและรถหางลากของบริษัททำให้การวิ่งเที่ยวเปล่าในส่วนของการเปลี่ยนสถานะรถหัวลากนั้นมีระยะทางที่สั้นลง และเพิ่มความเป็นไปได้ที่จะเกิดการปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอดในการจัดตารางการทำงาน

จากสถานการณ์จำลองที่กำหนดตามข้อมูลข้างต้นได้ทำการจัดตารางการทำงานที่ดีที่สุดของรถหัวลากโดยทำการหาค่าตารางการทำงานที่ดีที่สุดในกรณีที่ไม่ปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอด และกรณีการปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอด ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 8 สถานการณ์ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 สถานการณ์ต่าง ๆ ในการปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอด

สถานการณ์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ปฏิบัติการแบบเกี่ยว&ถอด	ไม่ใช่	ไม่ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่
จำนวนรถหัวลาก (คัน)	39	38	37	39	38	37	36	35	34	33

ตารางที่ 5.4 ผลการจัดตารางการทำงานของรถหัวลากในสถานการณ์ต่าง ๆ

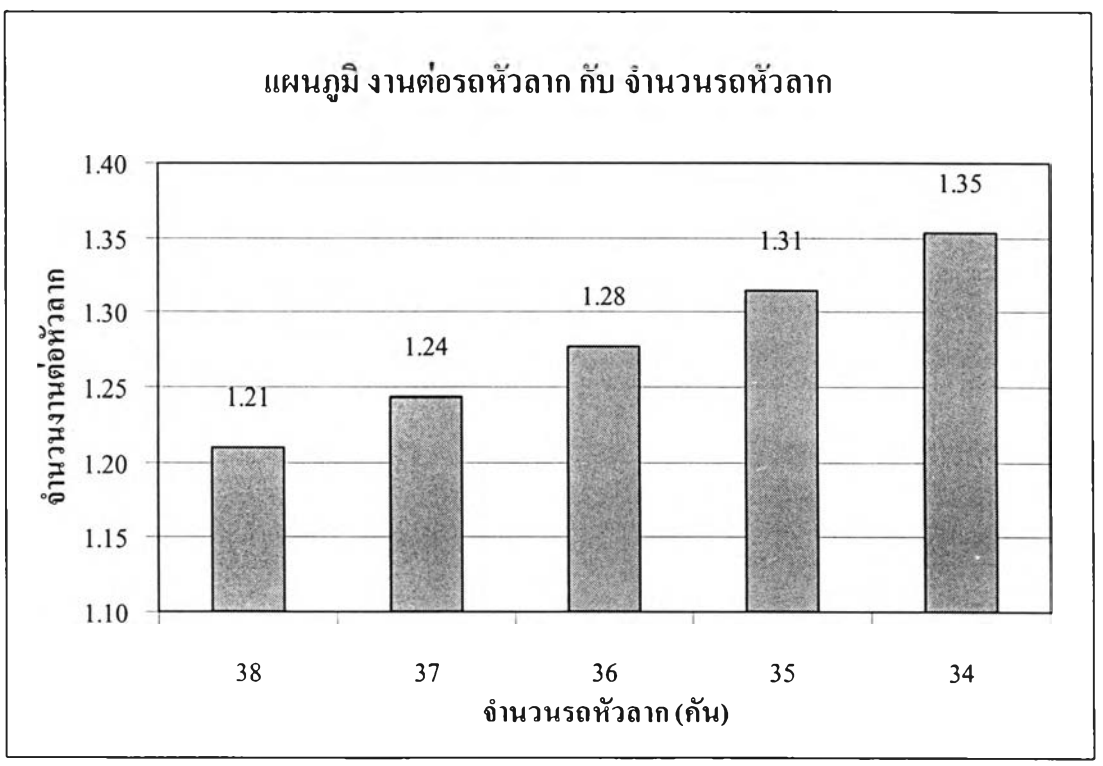
สถานการณ์ที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
รถหัวลากที่มี (คัน)	39	38	37	39	38	37	36	35	34	33
หัวลาก (คัน)	38	38	37	38	38	37	36	35	34	33
หางลาก (คัน)	38	38	37	38	38	38	39	38	38	36
งานทั้งหมด (งาน)	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
งานที่ปฏิบัติ (งาน)	46	46	45	46	46	46	46	46	46	44
ปฏิบัติการเกี่ยว-ถอด	ไม่ใช่	ไม่ใช่	ไม่ใช่	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่
ชั่วโมงล่วงเวลา (ช.ม.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เกี่ยวและถอด (ครั้ง)	38	38	37	39	38	41	48	47	42	39
ระยะทางวิ่งรวม (กม)	5,901	5,901	5,806	5,901	5,901	6,031	6,146	6,227	6,265	6,019
ระยะวิ่งเที่ยวเปล่า (กม)	1,334	1,334	1,300	1,334	1,334	1,464	1,579	1,660	1,698	1,598
- ระยะวิ่งหัวลาก (กม)	0	0	0	0	0	130	204	326	364	326
- ระยะวิ่งหางลาก (กม)	1,334	1,334	1,300	1,334	1,334	1,334	1,375	1,334	1,334	1,272
ระยะทางวิ่งตู้เปล่า (กม)	2,603	2,603	2,566	2,603	2,603	2,603	2,603	2,603	2,603	2,519
ระยะทางวิ่งตู้หนัก (กม)	1,964	1,964	1,940	1,964	1,964	1,964	1,964	1,964	1,964	1,902
เวลาปฏิบัติงานเป็นไปได้*	43,320	43,320	42,180	43,320	43,320	42,180	41,040	39,900	38,760	37,620
เวลาปฏิบัติงานจริง(นาที)	24,954	24,954	24,594	24,954	24,954	24,974	25,278	24,991	24,826	24,293
เวลาวิ่งเที่ยวเปล่า (นาที)	2,873	2,873	2,805	2,873	2,873	3,045	3,289	3,335	3,415	3,199
เวลาวิ่งเที่ยวตู้ (นาที)	6,904	6,904	6,821	6,904	6,904	6,904	6,904	6,904	6,904	6,638
เวลาขนถ่าย-บรรจุ (นาที)	7,103	7,103	6,935	7,103	7,103	6,923	6,663	6,653	6,493	6,323
เวลาเกี่ยวและถอด (นาที)	190	190	185	190	190	205	240	235	250	225
เวลารับตู้ (นาที)	963	963	936	963	963	963	963	963	963	909
เวลาส่งตู้ (นาที)	1,015	1,015	1,000	1,015	1,015	1,015	1,015	1,015	1,015	985
เวลารอคอย (นาที)	5,906	5,906	5,894	5,906	5,906	5,919	6,204	5,886	5,786	6,014
งาน/หัวลาก	1.21	1.21	1.22	1.21	1.21	1.24	1.28	1.31	1.35	1.33
เวลาก่อให้เกิดรายได้	8,882	8,882	8,757	8,882	8,882	8,882	8,882	8,882	8,882	8,532
% เวลา**	20.50%	20.50%	20.76%	20.50%	20.50%	21.06%	21.64%	22.26%	22.92%	22.68%
เวลาที่ไม่เกิดรายได้	16,072	16,072	15,819	16,072	16,072	16,092	16,396	16,109	15,944	15,761
% เวลา**	37.10%	37.10%	37.50%	37.10%	37.10%	38.15%	39.95%	40.37%	41.14%	41.90%

* เวลาปฏิบัติงานเป็นไปได้ เป็นเวลาที่สามารถทำงานได้ โดยพิจารณาจากช่วงเวลาทำงานปกติ คือ 5:00 น -24:00น

** เทียบกับเวลาปฏิบัติงานเป็นไปได้

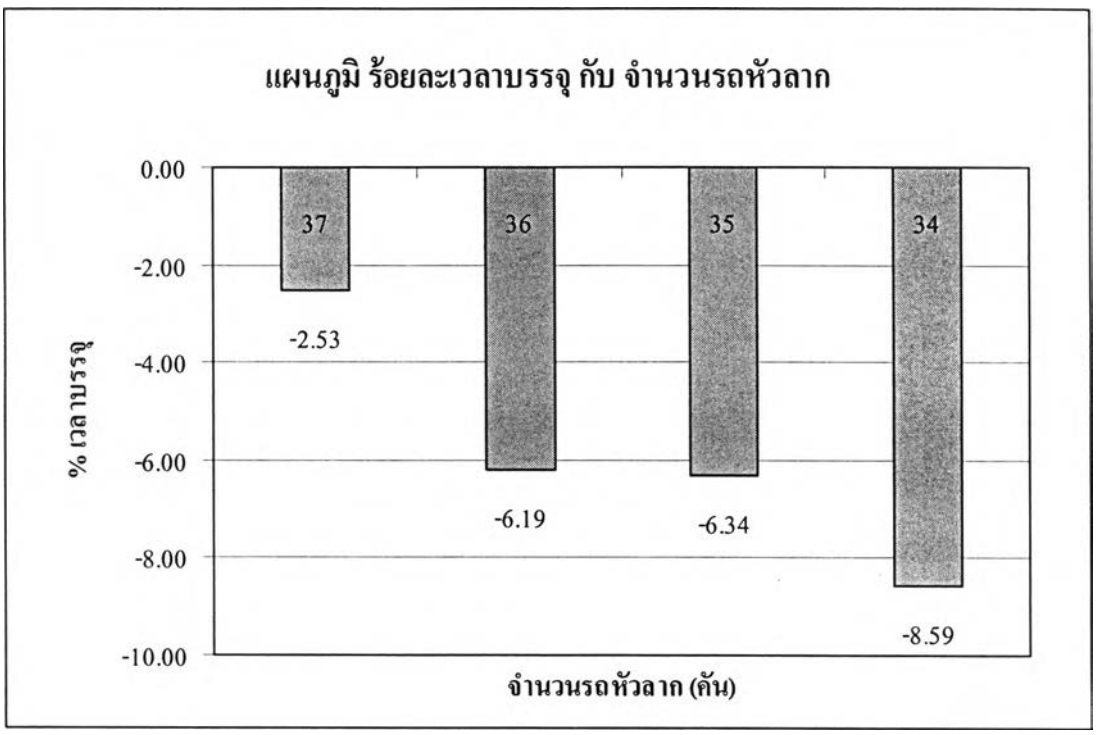
จากตารางที่ 5.4 เป็นตารางแสดงถึงผลการจัดตารางโดยใช้แบบจำลองภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนด ดังนี้คือในสถานการณ์ที่ 1 และ 2 เป็นสถานการณ์ที่ไม่สามารถปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอดได้นั้นจะต้องใช้รถหัวลากและหางลากอย่างละ 38 คันเพื่อที่จะสามารถปฏิบัติงาน 46 งานได้เสร็จทันเวลา และยังพบอีกว่าถ้าลดจำนวนรถหัวลากหรือรถหางลากลงต่ำกว่า 38 คันจะไม่สามารถปฏิบัติงาน 46 งานได้เสร็จทันเวลา

สำหรับสถานการณ์ที่สามารถปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอดได้นั้น พบว่าเมื่อจำนวนหัวรถหัวลากและรถหางลากมีอย่างเพียงพอ (มากกว่า 38 คัน) ดังสถานการณ์ที่ 4 ปรากฏว่าไม่มีการปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอดเกิดขึ้นเลย โดยตารางที่ดีที่สุดนี้ตารางเดียวกับตารางที่ดีที่สุดในสถานการณ์ที่ 1 นั่นเอง และเพื่อที่จะแสดงให้เป็นถึงการใช้รถหัวลากอย่างมีประสิทธิภาพ จากการปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอด ได้ทำการสร้างสถานการณ์ที่ 5 ถึงสถานการณ์ที่ 10 โดยมีการลดจำนวนรถหัวลากที่มีให้น้อยลงจนกระทั่งจำนวนรถหัวลากดังกล่าวไม่สามารถปฏิบัติงาน 46 งานได้เสร็จทันเวลา พบว่าจำนวนรถที่น้อยที่สุดที่สามารถปฏิบัติงานทั้งหมดได้ทันเวลาคือใช้รถหัวลาก 34 คันและรถหางลาก 38 คัน



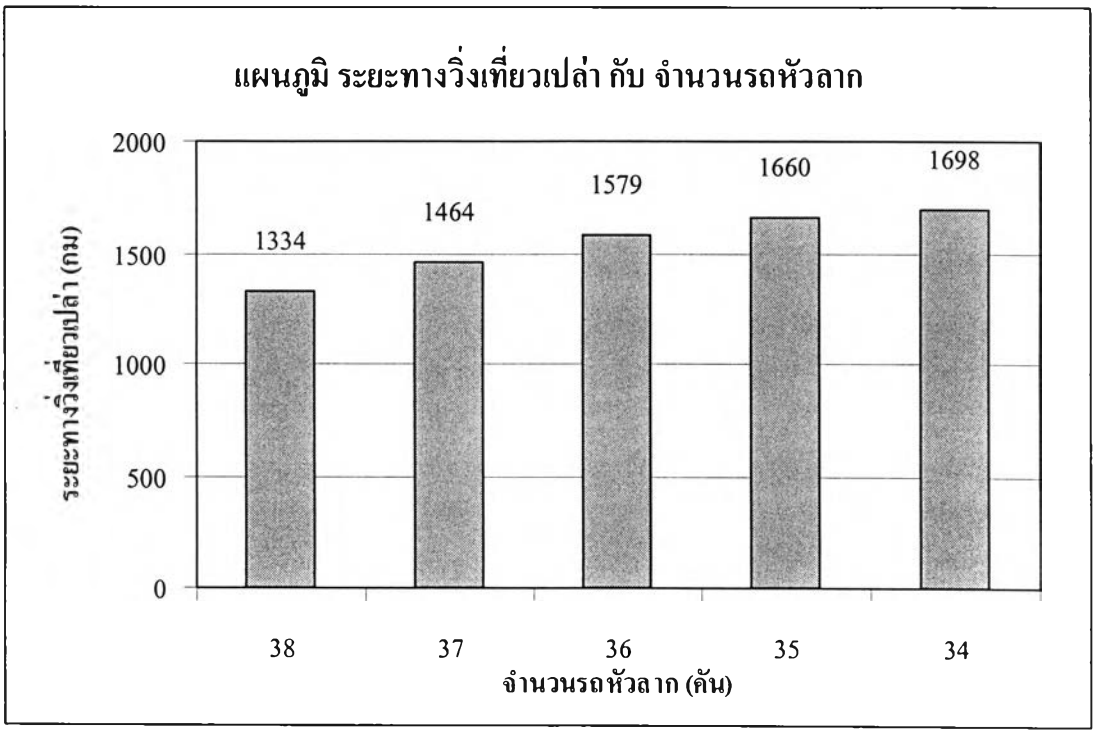
รูปที่ 5.3 แผนภูมิอัตราส่วนงานต่อรถหัวลากในสถานการณ์จำลองต่าง ๆ

การปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอดสามารถช่วยให้รถหัวลากสามารถปฏิบัติงานได้เพิ่มขึ้น โดยพิจารณาอัตราส่วนจำนวนงานต่อจำนวนรถหัวลากดังแสดงในรูปที่ 5.3 เนื่องจากจำนวนงานที่ปฏิบัติได้คือ 46 งานเท่ากัน ดังนั้นเมื่อสามารถลดจำนวนการใช้รถหัวลากลงได้จะทำให้อัตราส่วนนี้เพิ่มขึ้นนั่นเอง และเนื่องจากการปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอดจะเป็นการลดเวลาการรอบรรจุหรือขนถ่ายตู้ที่โรงงานลูกค้า รูปที่ 5.4 แสดงถึงเวลาขนถ่ายหรือบรรจุตู้ที่สามารถลดลงได้เทียบเป็นเทียบเป็นร้อยละ

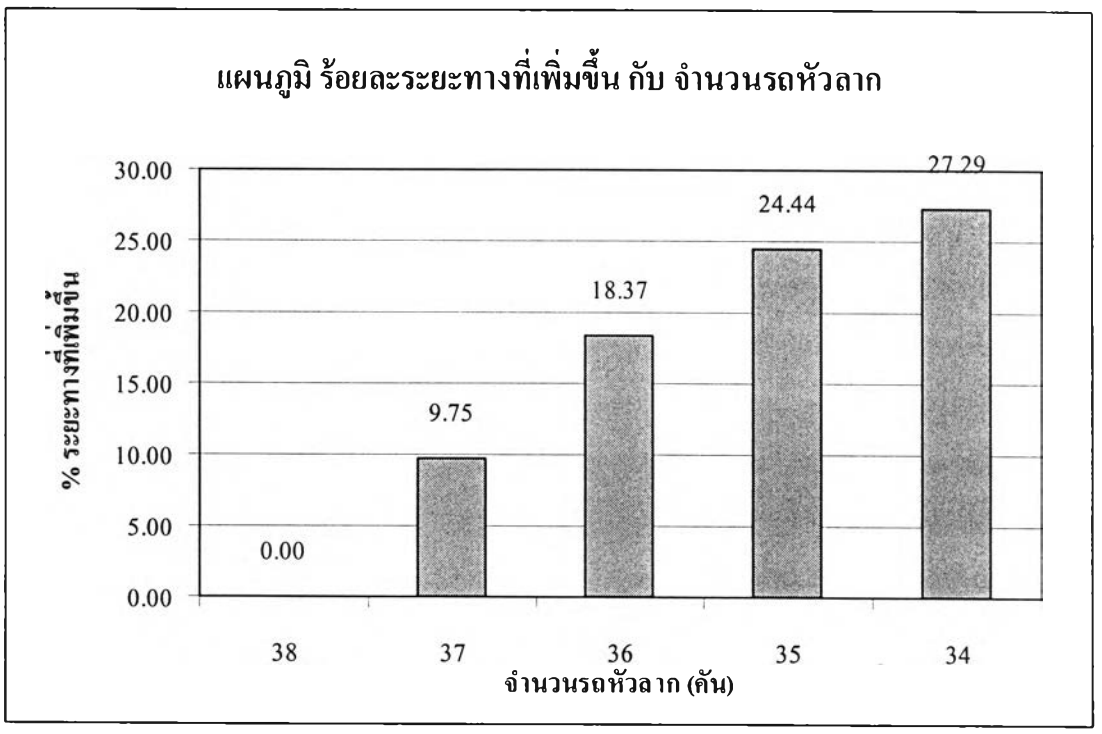


รูปที่ 5.4 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างเวลาขนถ่ายหรือบรรจุตู้ (ร้อยละ) กับจำนวนรถหัวลาก

การปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอดสามารถเวลารอคอยของรถในการบรรจุและขนถ่ายตู้ รวมทั้งช่วยทำให้รถหัวลากสามารถปฏิบัติงานได้เพิ่มขึ้นก็จริง แต่ว่าในการปฏิบัติงานแบบนี้ทำให้มีการวิ่งเที่ยวเปล่าเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5.5 โดยการวิ่งเที่ยวเปล่าในกรณีที่ไม่ปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอด (รถหัวลาก 38 คัน) เท่ากับ 1,334 กิโลเมตร และเมื่อทำการเปรียบเทียบการวิ่งเที่ยวเปล่าที่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละในการปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอดกับการไม่ปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอดได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.5 แผนภูมิแสดงระยะทางวิ่งเที่ยวเปล่ากับจำนวนรถหัวลากที่ใช้



รูปที่ 5.6 แผนภูมิแสดงระยะทางที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ) กับจำนวนรถหัวลากที่ใช้

การวิ่งเที่ยวเปล่าที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนสถานะรถหัวลากจากสถานะรถปัจจุบันให้เป็นสถานะรถที่พร้อมปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายต่อไปได้ รถหัวลากที่ไม่พร้อมปฏิบัติงานจะต้องกลับไปเปลี่ยนสถานะรถให้เป็นสถานะรถที่พร้อมปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายต่อไปได้ ในกรณีการปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอดจะมีการถอดรถหางลากทิ้งไว้ที่โรงงาน เมื่อถอดรถหางลากออกไปแล้วก็ต้องมาพิจารณางานที่ได้รับมอบหมายต่อไปว่ารถหัวลากคันนี้สามารถปฏิบัติงานได้นั่นหรือไม่ รายละเอียดการปฏิบัติการของรถหัวลากที่สถานะรถหัวลากต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 การปฏิบัติงานของรถที่สถานะรถต่าง ๆ

สถานะรถปัจจุบัน	สถานะสำหรับงานต่อไป	การปฏิบัติการ
รถหัวลาก+รถหางลาก	รถหัวลาก+รถหางลาก	เดินทางจากตำแหน่งปัจจุบันไปยังจุดรับงานได้เลย
รถหัวลาก	รถหัวลาก	เดินทางจากตำแหน่งปัจจุบันไปยังจุดรับงานได้เลย
รถหัวลาก	รถหัวลาก+รถหางลาก	เดินทางกลับไปเกี่ยวรถหางลากจากลานจอดรถของบริษัทก่อน สถานะรถกลายเป็นรถหัวลาก+รถหางลาก แล้วจึงเดินทางจากลานจอดรถไปยังจุดรับงานต่อไป
รถหัวลาก+รถหางลาก	รถหัวลาก	เดินทางกลับไปถอดรถหางลากทิ้งไว้ที่ลานจอดรถของบริษัทก่อน สถานะรถกลายเป็นรถหัวลาก แล้วจึงเดินทางจากลานจอดรถไปยังจุดรับงานต่อไป

สรุป ในปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอดสามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการทำงานปฏิบัติของรถหัวลากได้ โดยการลดเวลารอคอยอันเนื่องมาจากการบรรจุและขนถ่ายตู้ที่โรงงาน แต่ก็ทำให้การวิ่งเที่ยวเปล่าของรถหัวลากให้เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นในการเลือกว่าจะให้รถหัวลากถอดหางทิ้งไว้รอขนถ่ายหรือบรรจุที่โรงงานนั้นจะต้องพิจารณาถึงต้นทุนที่เพิ่มขึ้นในส่วนของการวิ่งเที่ยวเปล่าด้วย รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการเกี่ยวและถอดหางลาก น อกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงข้อจำกัดของโรงงานด้วยว่าสามารถที่จะถอดหางทิ้งไว้ได้หรือไม่ และยังต้องพิจารณาในปัจจัยของเวลาด้วย เพราะว่าการที่เวลาต่างกันเพียงเล็กน้อยอาจมีผลทำให้ติดเวลาห้ามวิ่งก็ได้ ซึ่งการปฏิบัติการแบบเกี่ยวและถอดอาจจะทำให้ช่วยประหยัดเวลาในส่วนนี้ได้ด้วย

จากสถานการณ์ข้างต้นได้เลือกในบริเวณที่อยู่ใกล้ลานจอดรถของบริษัท ทำให้ระยะทางในการวิ่งเที่ยวเปล่าไม่มากนักทำให้เกิดการปฏิบัติการแบบนี้ ทำให้ค่าใช้จ่ายในการวิ่งเที่ยวเปล่าน้อย และนอกจากนี้เนื่องของเวลาในการเดินทางก็เป็นปัจจัยสำคัญเพราะว่าเวลาต่างกันในส่วนเดินทางเพียงเล็กน้อยอาจจะมีผลมากได้เนื่องจากการติดเวลานั่นเอง