

วิธีวิฤตติกสำหรับการจัดตารางเดินรถประจำทาง

ว่าที่ร้อยตรีหญิง ธนิสรา บุตรสิงขรณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2555

A HEURISTIC METHOD FOR BUS SCHEDULING

Tanissara Butsingkorn

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Transportation Engineering**

Suranaree University of Technology

Academic Year 2012

วิธีวิฤตติคสำหรับการจัดตารางเดินรถประจำทาง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ. ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห)

ประธานกรรมการ

(อ. ดร.รัฐพล ภูบุบผาพันธ์)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.อำพล การุณสุนทวงษ์)

กรรมการ

(ดร.เอกชัย ศิริกิจพาณิชย์กุล)

กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิ้มปีจางค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ธนิสรา บุตรสิงขรณ์ : วิธีฮิวริสติกสำหรับการจัดตารางเดินรถประจำทาง (A HEURISTIC METHOD FOR BUS SCHEDULING) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.รัฐพล ภูบุพผพันธ์, 165 หน้า.

ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ เป็นการนำวิธีของ Transportation Research Board (TRB, 1998) มาประยุกต์ใช้เพื่อให้เหมาะสม และเสนอแนวคิดและวิธีการเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง โดยการกำหนดตัวแปรและข้อจำกัดต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และง่ายต่อการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงข้อมูล มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางให้มีประสิทธิภาพและมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานน้อยที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น เวลาในการทำงาน เวลาในการจอดพักหรือซ่อมบำรุง การเปลี่ยนเส้นทางเดินรถประจำทาง เป็นต้น โดยนำวิธีฮิวริสติก 3 วิธี คือ วิธีการแทรก (Insert Block) วิธีการตัด (Cut Block) และวิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut) มาทดสอบกับข้อมูลของ ขสมก. สาย 68, 76, 105, 111, 140 และ 141 ผลลัพธ์จากการทดลองพบว่าวิธีการแทรกและตัดมีประสิทธิภาพดีที่สุด คือใช้รถประจำทางน้อยที่สุดเท่ากับ 194 คัน ประหยัดกว่าการจัดตารางเดินรถประจำทางด้วยมือ เท่ากับ 58% และทดลองโดยการอนุญาตให้รถประจำทางวิ่งสลับสายได้ ผลลัพธ์ที่ได้คือวิธีการแทรกและตัดมีประสิทธิภาพดีที่สุด ใช้รถประจำทางจำนวน 155 คัน และประหยัดกว่าการจัดตารางเดินรถประจำทางด้วยมือ เท่ากับ 67%

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง
ปีการศึกษา 2555

ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

TANISSARA BUTSINGKORN : A HEURISTIC METHOD FOR BUS
SCHEDULING. THESIS ADVISOR : RATTAPHOL PHUEBOOBPAPHAN.,
Ph.D., 165 PP.

BUS SCHEDULING/INSERT BLOCK/CUT BLOCK/ INSERT AND CUT BLOCK/
INTERLINING/NON INTERLINING

This thesis has applied the Transportation Research Board (TRB, 1998) method to ensure and solve the problem of bus scheduling by specifying the parameters and limitations which are suitable for computer programming and easy to update or change information. It aims to be efficient in bus scheduling and reduces cost during the process under the constraints such as working time, bus driver rest stops, and maintenance or bus route diversions. The Heuristic method includes Insert Block, Cut Block, and Insert and Cut Block were adopted to test with the BMTA's bus routes data line 68, 76, 105, 111,140 and 141. The test results shown that the Insert and Cut Block is the most effective method. This technique offered the smallest number of buses used with only 194 buses with non-interlining and 155 buses with interlining and it saved greater cost comparing with scheduled bus by 58 percent and 67 percent respectively

School of Transportation Engineering

Academic Year 2012

Student's Signature_____

Advisor's Signature_____

Co-advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอขอบคุณ ผศ.ดร.อำพล การุณสุนทวงษ์ และ อาจารย์ ดร.รัฐพล ภูบุพผาพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห และ อาจารย์ เอกชัย ศิริกิจพาณิชย์กุล คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ทำนี้ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งให้ความสนับสนุนทั้งด้านการเงิน และกำลังใจแก่ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์เสมอมาจนสำเร็จ

ธนิสรา บุตรสิงขรณ์



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 หลักการและเหตุผล.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
2 วรรณกรรมปริทัศน์.....	4
2.1 การจัดการเชิงลำดับ (Sequential Approach).....	5
2.2 การแก้ปัญหาเชิงบูรณาการ (Integrated Approach).....	14
3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	16
3.1 สมมติฐานในการศึกษา.....	16
3.2 นิยามคำศัพท์.....	16
3.3 การจัดตารางเวลาเดินทาง.....	17
4 การวิเคราะห์วิธีการจัดตารางเวลาเดินทาง.....	71
4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง.....	71
4.2 ขั้นตอนและผลการทดลอง.....	85
5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	92
5.1 สรุปผล.....	92
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	93

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

รายการอ้างอิง.....	95
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ตัวอย่างการจัดตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้น.....	97
ภาคผนวก ข. ตัวอย่างการปรับปรุงการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง แบบแทรก (Insert Block)	113
ภาคผนวก ค. ตัวอย่างการปรับปรุงการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง แบบตัด (Cut Block)	120
ภาคผนวก ง. ตัวอย่างการปรับปรุงการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง แบบแทรกและตัด (Insert and Cut Block)	127
ภาคผนวก จ. ตารางเวลาเดินรถประจำทางสาย 68, 76, 105, 111, 140, 141	138
ภาคผนวก ฉ. รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	156
ประวัติผู้เขียน.....	165

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตัวอย่างข้อมูลนำเข้าในรูปแบบตารางข้อมูลการเดินทาง	18
3.2 ตัวอย่างข้อมูลนำเข้าในรูปแบบตารางเวลาเดินทางจากท่าต้นทางหนึ่ง ไปยังท่าปลายทางหนึ่ง โดยที่ไม่มีผู้โดยสารหรือไม่รับผู้โดยสารระหว่างทาง (Deadhead Time) มีหน่วยเป็นชั่วโมง	20
3.3 การนำเข้าข้อมูลในรูปแบบของตัวเลข	21
3.4 แสดงตัวอย่างการเลือกหมายเลขการเดินทางเริ่มต้น	24
3.5 แสดงหมายเลขการเดินทางของตารางเวลาการเดินทางประจำทาง เบื้องต้นทั้งหมด	28
3.6 แสดงตัวอย่าง Output ของตารางเวลาการเดินทางเบื้องต้นทั้งหมด	29
3.7 ตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลในขั้นตอนการจัดตารางเดินทางประจำทาง	32
3.8 แสดงตัวอย่างข้อมูลนำเข้าของการจัดตารางเดินทาง (Improvement Block)	37
3.9 ตารางแสดงผลการจัดตารางเดินทางโดยใช้วิธี Insert Block	44
3.10 ตารางแสดงผลของการจัดตารางเดินทางโดยใช้วิธี Cut Block	52
3.11 ตารางแสดงผลการจัดตารางเดินทางโดยใช้วิธี Insert and Cut Block	64
4.1 ตารางแสดงข้อจำกัด ในการจัดตารางเดินทาง	83

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
4.2	ตารางแสดงข้อมูลนำเข้าของเวลาในการเดินทางจากท่าต้นทางหนึ่งไปยังท่าปลายทางหนึ่ง โดยที่ไม่มีผู้โดยสารหรือไม่รับผู้โดยสารระหว่างทาง (Deahead Time) มีหน่วยเป็นชั่วโมง.....	84
4.3	ตารางแสดงผลลัพธ์ของการจัดตารางเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Insert Block, Cut Block และ Insert and Cut Block มีหน่วยเป็น คัน	86
4.4	ตารางเปรียบเทียบการจัดตารางเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Insert Block, Cut Block และ Insert and Cut Block กับการจัดตารางเดินรถประจำทางด้วยมือ มีหน่วยเป็นคัน.....	87
4.5	ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์ ของการจัดตารางเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Insert Block, Cut Block และ Insert and Cut Block เปรียบเทียบกับการจัดตารางเดินรถประจำทางจริง.....	88
4.6	ตารางแสดงจำนวนของรถประจำทาง เมื่อมีการปรับค่าของ Spread Max โดยใช้วิธี การแทรกและตัด (Insert and Cut Block) มีหน่วยเป็นคัน.....	90

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1	แผนภาพขั้นตอนการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น 23
3.2	แผนภาพขั้นตอนการปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทาง โดยใช้วิธี Insert Block 34
3.3	แผนภูมิแสดงเวลาในการเริ่ม/หยุด การทำงานของตารางเดินรถ ประจำทางเบื้องต้น (Initial Blocking) 43
3.4	แผนภูมิแสดงผลของเวลาในการเริ่ม/หยุด ของการปรับปรุงตารางเดินรถ ประจำทาง (Improvement Blocking) โดยใช้วิธี Insert Block 48
3.5	แผนภาพขั้นตอนการปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทาง โดยใช้วิธี Cut Block 50
3.6	แผนภูมิแสดงผลของเวลาในการเริ่ม/หยุด ของการปรับปรุงตารางเดินรถ ประจำทาง (Improvement Blocking) โดยใช้วิธี Cut Block 59
3.7	ขั้นตอนการปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางโดยใช้ วิธี Insert and Cut Block 61
3.8	แผนภูมิแสดงผลของเวลาในการเริ่ม/หยุด ของการปรับปรุงตาราง เดินรถประจำทาง (Improvement Blocking) โดยใช้วิธี Insert and Cut Block 70
4.1	แสดงลักษณะเส้นทางการเดินประจำทางสาย 68 (อู่แสมดำ-บางลำพู) 72
4.2	แสดงลักษณะเส้นทางการเดินประจำทางสาย 68 (อู่แสมดำ-ประตูน้ำ) 74
4.3	แสดงลักษณะเส้นทางการเดินประจำทางสาย 105 (อู่แสมดำ-เมืองใหม่, อู่แสมดำ-คลองสาน) 77
4.4	แสดงลักษณะเส้นทางการเดินประจำทางสาย 1 (อู่แสมดำ-เจริญนครวนขวา, อู่แสมดำ-เจริญนครวนซ้าย) 11 79
4.5	แสดงลักษณะเส้นทางการเดินประจำทางสาย 140 (อู่แสมดำ-อนุสาวรีย์๑, อู่แสมดำ-การเคหะ) 80
4.6	แสดงลักษณะเส้นทางการเดินประจำทางสาย 141 (อู่แสมดำ-จุฬาฯ) 81

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.7	แสดงลักษณะเส้นทางการเดินรถ (Route) และสถานี (Location) ที่สามารถเปลี่ยนเส้นทางการเดินรถประจำทางได้.....	84
4.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของ Spread Max กับ No. Block.....	91



บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

การจัดตารางเวลาการทำงานของรถประจำทาง เป็นปัญหาที่มีความสำคัญในการให้บริการขนส่งสาธารณะ โดยทั่วไปแล้ว การวางแผนการให้บริการของรถประจำทางจะเกี่ยวข้องกับนโยบายและการพัฒนาการจัดตารางเวลาการให้บริการรถประจำทาง ซึ่งการวางแผนการให้บริการของรถประจำทางจะประกอบด้วย 5 ขั้นตอน (TRB, 1998) คือ การกำหนดเส้นทางและความถี่ในการให้บริการ, การกำหนดตารางเวลาเดินรถ, การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Blocking) การจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทาง (Run cutting) และการจัดกลุ่มงานของพนักงานเดินรถประจำทาง (Rostering) ในขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นนี้ มีความสัมพันธ์กันและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดำเนินงานของบริษัทขนส่งสาธารณะ ซึ่งในขั้นตอนแรกและขั้นตอน 1 และ 2 เป็นการวางแผนเชิงนโยบาย อาจจะทำขึ้นก่อนล่วงหน้า ส่วนขั้นตอนที่ 3, 4 และ 5 เป็นการวางแผนเชิงปฏิบัติการอาจจะทำขึ้นก่อนล่วงหน้าก็ได้ การวางแผนทั้ง 5 ขั้นตอนนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีต้นทุนในการดำเนินงานน้อยที่สุด

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพิจารณาปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Bus scheduling Problem) โดยการกำหนดตัวแปรและข้อจำกัดต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา เพื่อให้เหมาะสมในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และให้ง่ายต่อการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้เหมาะกับรูปแบบปัญหาการจัดตารางเวลาการเดินรถประจำทาง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อนำวิธีการวางแผนการ จัดตารางเวลาเดินรถประจำทางของ TRB, 1998 มาประยุกต์ใช้ โดยกำหนดข้อจำกัดและตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ให้สามารถใช้ได้กับปัญหาการจัดตารางเดินรถประจำทางทั่วไป โดยการวิเคราะห์ปัญหาผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ประยุกต์จากวิธีการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางของ TRB, 1998 ที่สร้างขึ้น

1.2.2 เพื่อจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางให้มีประสิทธิภาพ ลดจำนวนของรถประจำทางที่ให้บริการ และมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานน้อยที่สุด โดยใช้วิธีการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางที่ดัดแปลงจาก TRB, 1998

1.2.3 เพื่อนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้น มาวิเคราะห์ข้อมูลการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางจำนวนมาก โดยใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์น้อยกว่าและมีประสิทธิภาพมากกว่าการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางด้วยมือ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเป็นการนำวิธีการของ TRB, 1998 มาประยุกต์ใช้ในการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง ได้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block) และ 2) ขั้นตอนการปรับปรุงการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Improvement Block) โดยขั้นตอนการปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทาง ได้แบ่งวิธีการออกเป็น 3 ทางเลือก คือ วิธีการแทรก (Insert Block) วิธีการตัด (Cut Block) วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut)

โดยการนำข้อมูลของตารางเดินรถโดยสารประจำทางที่อยู่ในอู่แสมดำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับตารางรถ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาจากขั้นตอนการจัดตารางเดินรถประจำทาง TRB, 1998 ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมดมีเส้นทางเดินรถประจำทางทั้งหมด 6 สาย ได้แก่ สาย 68 เป็นเส้นทางเดินรถจากอู่แสมดำ-บางลำพู, สาย 76 เป็นเส้นทางเดินรถจากอู่แสมดำ-ประตูน้ำคอมเพล็กซ์-อู่แสมดำ, สาย 105 เป็นเส้นทางเดินรถจากอู่แสมดำ-มหาชัย-คลองสาน และ จากอู่แสมดำ-มหาชัย-เมืองใหม่, สาย 111 เป็นเส้นทางเดินรถจากอู่แสมดำ-เจริญนครวนขวา และ จากอู่แสมดำ-เจริญนครวนซ้าย, สาย 140 เป็นเส้นทางเดินรถจากอู่แสมดำ-อนุสาวรีย์ชัยฯ และ จากอู่แสมดำ-การเคหะ, สาย 141 เป็นเส้นทางเดินรถจากอู่แสมดำ-จุฬาฯ

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างเส้นทางในการเดินรถประจำทางนั้นได้แบ่งเส้นทางเดินรถแต่ละสาย ออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ ซึ่งในการกำหนดเส้นทางเดินรถ และรายละเอียดในการเดินทางของรถประจำทางแต่ละสายนั้นก่อน ต่อมาใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบทั้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธีการแทรก (Insert Block) วิธีการตัด (Cut Block) และ วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) นำมาวิเคราะห์กับข้อมูลของตารางเดินรถประจำทางในอู่แสมดำโดยมีเงื่อนไข คือ การทดลองจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบไม่อนุญาตให้วิ่งสลับสายและแบบอนุญาตให้วิ่งสลับสายได้ โดยพิจารณาระยะเวลาในการเดินทางที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงวัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถจัดตารางเดินรถประจำทางให้สามารถใช้ได้กับปัญหาการจัดตารางเดินรถประจำทางทั่วไปที่มีข้อมูลจำนวนมาก โดยการวิเคราะห์ปัญหาผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ประยุกต์จากวิธีการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางของ TRB, 1998 ที่สร้างขึ้นได้

1.4.2 สามารถจัดตารางเวลาเดินทางให้มีประสิทธิภาพ ลดจำนวนของรถประจำทางที่ให้บริการ และมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานน้อยที่สุด โดยใช้วิธีการจัดตารางเวลาเดินทางประจำทางที่ดัดแปลงจาก TRB, 1998

1.4.3 สามารถสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อมาวิเคราะห์ข้อมูลการจัดตารางเวลาเดินทางประจำทางจำนวนมาก โดยใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์น้อยกว่าและมีประสิทธิภาพมากกว่าการจัดตารางเวลาเดินทางประจำทางด้วยมือ



บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมามีการวางแผนการจัดการตารางรถโดยสารประจำทาง มีเป้าหมายเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และหาความถี่ของการให้บริการของรถประจำทางที่เหมาะสม ซึ่งการจัดการตารางรถโดยสารประจำทางจะมีขั้นตอนในการวางแผนการให้บริการทั้งหมด 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การกำหนดเส้นทางและความถี่ในการให้บริการ (2) การกำหนดตารางเวลาการเดินรถ (3) การจัดการเวลาการเดินรถประจำทาง (4) การจัดการเวลาการทำงาน of พนักงานเดินรถประจำทาง (5) การจัดกลุ่มงานของพนักงานเดินรถประจำทาง TRB (1998)

การกำหนดเส้นทางและความถี่ในการให้บริการ โดยกำหนดนโยบายและพัฒนารูปแบบตารางรถโดยสารประจำทาง รวมทั้งการกำหนดความถี่ในการให้บริการ และขั้นตอนต่อไปจะเป็นขั้นตอนการกำหนดตารางเวลาการเดินรถซึ่งเป็นวิธีการที่จะระบุว่าเมื่อไหร่และที่ไหนที่รถจะเดินทางไปถึงในแต่ละจุดของเส้นทางนั้น ๆ ขั้นตอนแรกและขั้นตอนที่สองเป็นหลักการที่นำมาใช้วางแผนเส้นทางเดินรถและเป็นการวางแผนในเชิงนโยบาย ซึ่งนาน ๆ ครั้งจึงจะมีการจัดทำขึ้นหรืออาจทำไว้หลายเดือนล่วงหน้า เกรียงศักดิ์และณกร (2008)

การจัดการตารางเวลาการเดินรถประจำทางเป็นวิธีการที่ช่วยในการกำหนดตารางเวลาการทำงาน of รถแต่ละคัน ซึ่งการสร้างตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Bus timetabling) จะกำหนดจำนวนเที่ยวรถประจำทางทั้งหมดที่ต้องการให้บริการต่อวัน TRB (1998) การจัดการตารางรถโดยสารประจำทาง เป็นขั้นตอนการวางแผนเชิงปฏิบัติงาน ซึ่งจะเกิดขึ้นภายหลังจากการกำหนดความถี่ของการให้บริการ การจัดการตารางรถโดยสารประจำทางเป็นการตัดและรวมเส้นทางเพื่อสร้างเส้นทางที่ต่อเนื่องกันหรือแยกเส้นทางในการเดินรถประจำทาง ซึ่งความสำคัญของการจัดการตารางรถโดยสารประจำทางจะมีความสำคัญในเชิงของอัตราประโยชน์ของรถ และเป็นตัวกำหนดจำนวนคนขับรถที่ต้องการในการดำเนินงาน ซึ่งการบริการจะแสดงให้เห็นเป็นตารางเวลาเดินรถประจำทาง

การจัดการตารางเวลาการทำงาน of พนักงานเดินรถประจำทาง การพัฒนาการปฏิบัติงานของพนักงานเดินรถประจำทาง โดยการตัดหรือรวมกันของเส้นทางเพื่อสร้างเส้นทางใหม่ที่เป็นการเดินทางแบบตรง (Straight runs) และการเดินรถแบบแยกส่วน (Split runs) ซึ่งเส้นทางเดินรถแบบตรงเป็นแบบที่เดินรถอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน โดยปกติแล้วการเดินทางแบบตรงจะมีเพียง block เดียว และจะเดินรถเสร็จภายในเวลา 8 ชั่วโมงหรือมากกว่า การเดินรถแบบตรงสามารถแบ่งเป็นสอง block ได้ และจะมี paid break ขึ้นระหว่างกลาง ส่วนการเดินทางแบบแยกส่วน TRB (1998)

การจัดกลุ่มงานของพนักงานเดินรถประจำทาง เป็นกระบวนการจัดกลุ่มงานในแต่ละวันที่พนักงานเดินรถประจำทาง โดยเปลี่ยนให้ เป็นสัปดาห์ หรือเป็นชุด ในการเลือก Run package อาจจะให้คนที่อาวุโสก่อนเลือก หรืออาจจะ เป็นคนที่ควบคุมการดำเนินงานเป็นคนเลือกให้ว่าจะทำงานในช่วงเวลาใด วันทำงานของการจัดกลุ่มงานของพนักงานเดินรถประจำทาง อาจจะประกอบด้วย การรวมกันของเวลาในการเดินรถในแต่ละแบบ เช่น เดินรถเฉพาะวันทำงานเพียงอย่างเดียว เดินรถเฉพาะวันทำงานและวันเสาร์ เดินรถเฉพาะวันทำงาน วันเสาร์ และวันอาทิตย์ เป็นต้น บางครั้งอาจจะทำวันธรรมดา 8 ชั่วโมง หรือทำ 10 ชั่วโมง 4 วัน หรือทำเป็น part-time 2-3 วัน TRB (1998)

เพื่อให้่ายในการศึกษาจึงได้มีแบ่งการจัดการตารางรถโดยสารประจำทางออกเป็น 2 ประเภท คือ การจัดการเชิงลำดับ (Sequential Approach) และการแก้ปัญหาเชิงบูรณาการ (Integrated Approach) อำพล (2009) โดยปัญหาการจัดการเชิงลำดับเป็นการใช้ผลลัพธ์ของขั้นตอนหนึ่งเป็นข้อมูลนำเข้าของข้อมูลถัดไป ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนในการวางแผน 5 ขั้นตอนได้แก่ (1) การกำหนดเส้นทางและความถี่ในการให้บริการ (2) การกำหนดตารางเวลาการเดินรถ (3) การจัดการตารางเวลาการเดินรถประจำทาง (4) การจัดการตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทาง (5) การจัดกลุ่มงานของพนักงานเดินรถประจำทาง TRB (1998) โดยแต่ละขั้นตอนมีความสัมพันธ์กันและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการดำเนินงานของผู้ให้บริการขนส่งสาธารณะ ซึ่งอธิบายรายละเอียดในหัวข้อที่ 2.1

การแก้ปัญหาเชิงบูรณาการเป็นการพิจารณาปัญหาของการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทาง และตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทางเข้าด้วยกัน เนื่องจากทั้งสองปัญหามีความสัมพันธ์กัน โดยคำตอบที่ได้จากปัญหาการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทางจะเป็นข้อมูลนำเข้าของปัญหาตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทาง ทำให้คำตอบที่ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และช่วยให้ต้นทุนในการดำเนินงานลดลง ซึ่งอธิบายรายละเอียดในหัวข้อที่ 2.2

2.1 การจัดการเชิงลำดับ (Sequential Approach)

เป็นการใช้ผลลัพธ์ของขั้นตอนหนึ่งเป็นข้อมูลนำเข้าของข้อมูลถัดไป ข้อดีคือเป็นการแยกปัญหาการเดินรถที่ซับซ้อนออกเป็นปัญหาย่อย ซึ่งมีความง่ายในการหาผลเฉลย แต่จะทำให้คุณภาพของผลเฉลยต่ำกว่าการแก้ปัญหาเชิงบูรณาการ อำพล (2009) ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนในการวางแผน 5 ขั้นตอนได้แก่ (1) การกำหนดเส้นทางและความถี่ในการให้บริการ (2) การกำหนดตารางเวลาการเดินรถ (3) การจัดการตารางเวลาการเดินรถประจำทาง (4) การจัดการตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทาง (5) การจัดกลุ่มงานของพนักงานเดินรถประจำทาง TRB (1998) โดยแต่ละขั้นตอนมีความสัมพันธ์กันและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการดำเนินงานของผู้ให้บริการขนส่งสาธารณะ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 การกำหนดเส้นทางและความถี่ในการให้บริการ

การกำหนดเส้นทางและความถี่ในการให้บริการ เป็นการกำหนดนโยบายการจัดตารางและความถี่ของการให้บริการการเดินรถประจำทาง ประกอบด้วย 3 นโยบาย ได้แก่

(1) Route Structure

- Route Cycle Time เป็นเวลาที่พนักงานเดินรถประจำทางทำงานในแต่ละรอบรวมกับเวลาที่พนักงานเดินรถประจำทางหยุดพักตามตารางเวลา
- Route Configurations เป็นโครงสร้างของเส้นทางภายนอก
- Interlining เป็นระยะเวลาที่ใช้สำหรับตารางเดินรถ โดยให้บริการจากเส้นทางที่ 1 ไปยังเส้นทางอื่น ๆ ในการให้บริการในแต่ละวัน บางครั้งรถคันหนึ่งอาจจะสลับเส้นทางจากเส้นทางที่ 1 ไปยังเส้นทางที่ 2 ก็ได้

(2) Service Frequency

- Policy (or minimum) frequency) เป็นนโยบายที่บอกว่าความถี่ระหว่างรถแต่ละคัน จะมาถึงตอนไหน และมีระยะห่างกี่นาที
- Demand-based frequency (headways) เป็นความต้องการของผู้โดยสารที่ขึ้นรถประจำทางในช่วงเวลานั้น ๆ โดยบอกความจุของรถสำหรับการบรรทุกผู้โดยสาร และระดับการให้บริการ ซึ่งขึ้นกับจำนวนผู้โดยสาร

(3) Service Timing

- Transfer connection ระบบขนส่งขนาดใหญ่จะขึ้นอยู่กับขนาดของระบบ โดยทั่วไปแล้วความสำคัญของการเปลี่ยนการเชื่อมต่อ (สถานที่และเวลา) ซึ่งเป็นความสำคัญของคำสั่งเป็นการนำไปสู่โครงข่ายการให้บริการที่ประสบความสำเร็จ
- Truck intertiming เป็นการเดินทางของรถประจำทางใน 1 เส้นทางหรือมากกว่า โดยการให้บริการจะคำนึงถึงทางเดินเชื่อมที่ผู้โดยสารเดินเข้ามาใช้บริการรถประจำทาง โดยที่เวลาของการเดินทางสามารถให้ผลลัพธ์ของการให้บริการได้
- Clock frequency เป็นการเลือกสถานที่หรือป้ายรถเมล์ เพื่อให้เป็นไปตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ โดยมีระยะห่างทุก ๆ 1 ชั่วโมง
- Service timing hierarchy เป็นการระบุ key time point ที่พนักงานเดินรถประจำทางจะทำงานตามตารางเวลาเดินรถของแต่ละบุคคล TRB (1998)

การกำหนดเส้นทางและความถี่ในการให้บริการ โดยกำหนดนโยบายและพัฒนาการจัดตารางการให้บริการการเดินรถประจำทาง รวมทั้งการกำหนดความถี่ในการให้บริการ ซึ่งในขั้นตอนนี้อยู่ในขั้นตอนการวางแผนเชิงนโยบาย

2.1.2 การกำหนดตารางเวลาการเดินทาง

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการวางแผนการกำหนดตารางเวลาเดินทางประจำทาง ซึ่งเป็นวิธีการที่จะระบุว่าเมื่อไหร่และที่ไหนที่รถจะเดินทางไปถึงในแต่ละจุดของเส้นทางนั้น ๆ ซึ่งอาศัยหลักการ ดังต่อไปนี้

- Span of service เป็นระยะห่างของการให้บริการของรถประจำทาง โดยมีหน่วยเป็นชั่วโมงหรือนาที
- Maximum load point (MLPs) เป็นจุดที่บอกว่าจุดนี้เชื่อมไปยังจุดใดบ้าง โดยใช้ป้ายในการบอก ซึ่งข้อมูล MLPs จะนำไปกำหนดตารางเวลา เพื่อหาจำนวนรถประจำทางที่ผ่านให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้โดยสาร ที่มีความต้องการใช้บริการรถโดยสารประจำทาง
- Headway คือระยะห่างของเวลา หรือเรียกว่า ความถี่ของการให้บริการ (service frequency) และมี Policy-base frequencies เป็นตัวกำหนดตารางเวลาโดยการกำหนดช่องว่างระหว่างรถแต่ละคันในแต่ละเส้นทาง ว่าจะต้องมีระยะห่างเป็นเวลาเท่าไร ซึ่งการจัด Headway สำหรับ Demand-based headway จะขึ้นกับจำนวนความต้องการของผู้โดยสาร, จำนวนพื้นที่ว่างในรถ, จำนวนที่นั่งและยืน (ความแน่นอนของเวลาระหว่างความแน่นอนของรถ) ดังสมการ

$$\text{Loading standard} = \frac{\text{Space}}{\text{Seat}}, \text{ Vehicle} = \frac{\text{rider (spaced needed)}}{\text{space per loading standard}} \quad (2.1)$$

- Route Pattern ประกอบด้วยเส้นทางหลัก คล้ายกับความถี่ของการให้บริการในเส้นทางที่ยาว การเปลี่ยนการเดินทางจากเส้นทางหนึ่งไปยังเส้นทางหนึ่ง ในแต่ละรูปแบบโดยทั่วไปมีการเปลี่ยนเส้นทางตามรูปแบบดังนี้ คือ branches, loops, short term เป็นต้น
- Terminal points คือการพิจารณาจุดสิ้นสุดของเส้นทางโดยการหาที่ตั้งของจุดเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุดว่าจะอยู่ตรงจุดไหนของการเดินทางโดยปกติแล้วจะให้เป็นที่จุดพักรถ
- Cycle time คือ เวลาของการเดินทางที่วิ่งรอบเส้นทาง โดยรวม layover/recovery time ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Vehicle} = \frac{\text{Cycle time}}{\text{Desired Headway}} \quad (2.2)$$

หลักการต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นนี้ เป็นหลักการที่นำมาใช้วางแผนเส้นทางเดินรถ ซึ่งนอกจากหลักการที่กล่าวมาข้างต้นยังต้องใช้ข้อมูลต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการวางแผน เช่น Intermediate time point, Running time, Controlling time point, Relief point เป็นต้น โดยขั้นตอนนี้ จะเป็นการวางแผนในเชิงนโยบาย บางครั้งนาน ๆ ครั้งถึงจะทำขึ้นหรืออาจทำไว้หลายเดือนล่วงหน้า TRB (1998)

2.1.3 การจัดการตารางเวลาการเดินรถประจำทาง

เป็นวิธีการที่ช่วยในการกำหนดตารางเวลาการทำงานของรถประจำทางแต่ละคัน คือใน 1block เป็นการทำงานของรถประจำทาง 1 คัน ซึ่งการสร้างตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Bus timetabling) จะกำหนดจำนวนเที่ยวรถประจำทางทั้งหมดที่ต้องการให้บริการต่อวัน ซึ่ง blocking มีความจำเป็นในขั้นตอนของตารางเวลาเพียงเล็กน้อย เพราะส่วนประกอบหลักคือความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายและการดำเนินงาน ซึ่งในกระบวนการดำเนินงานของ blocking จะมีนโยบายที่เกี่ยวข้องอยู่ 3 นโยบาย คือ

(1) **Layover and recovery time** คือเวลาที่ขอมให้รถประจำทางมาเร็วหรือล่าช้าได้ โดยขึ้นอยู่กับความแน่นอนของป้ายรถเมล์ (Location) หรือป้ายรถเมล์แต่ละป้ายบนเส้นทาง โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับสถานี

- layover time คือการหยุดชั่วขณะหรือหยุดเวลาโดยพนักงานเดินรถประจำทางจะกำหนดเวลาของเส้นทางโดยประมาณ โดยปกติจะหยุดที่สถานีปลายทางหรือจุดสิ้นสุดการเดินทาง

- Recovery time คือการหยุดที่เกิดขึ้นจากตารางเวลา อาจขึ้นอยู่กับพนักงานเดินรถประจำทางหรือไม่ก็ได้ ซึ่งถ้ารถล่าช้ากว่าตารางเวลาก็จะต้องเร่งความเร็วเพื่อจะให้ทันตามตารางเวลา แต่ถ้ามาเร็วกว่ากำหนดอาจมีการพักเพื่อที่จะให้รถเข้าตรงตามตารางเวลา

(2) **Layover locations** คือการหยุดเพื่อรอรับส่งผู้โดยสาร ซึ่งจะเหมาะสมกับเส้นทางที่มีการจราจรแออัดในพื้นที่ใจกลางเมือง

(3) **Interlinking** คือการจัดการปฏิบัติงานของรถแต่ละคันในหนึ่งเส้นทางหรือมากกว่าหนึ่งเส้นทาง ในบางครั้งก็เป็นตัว Optimize Blocking และความสะดวกสบายของผู้โดยสาร TRB (1998)

ในงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาเกี่ยวกับปัญหาการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทาง โดยใช้วิธีการต่าง ๆ มาช่วยในการแก้ปัญหา ได้แก่ การจำลองปัญหาให้อยู่ในรูปเงื่อนไขหลักและเงื่อนไขรอง และใช้วิธี Constraint Local Search การใช้ duster-reschedule heuristics

หาสมการทางคณิตศาสตร์ใหม่ เพื่อให้การหาคำตอบเร็วขึ้นจาก standard optimization software เป็นต้น ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เกรียงศักดิ์ วัฒนชากรพงศ์และฉกร อินทร์พยุง (2007) เป็นการพิจารณาปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางโดยใช้กลยุทธ์การวิ่งสลับสายและใช้รถร่วมกันระหว่างกองการเดินรถ เพื่อให้ได้ต้นทุนในการดำเนินงานน้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไข เช่น ความถี่หรือจำนวนเที่ยวของการให้บริการ, เวลาในการทำงานของรถประจำทาง, ช่วงเวลาพักระหว่างทำงาน, การอนุญาตให้รถประจำทางบางคันวิ่งสลับสายและใช้รถร่วมกันระหว่างกองการเดินรถ เป็นต้น โดยจำลองปัญหาให้อยู่ในรูปเงื่อนไขหลักและเงื่อนไขรอง และใช้วิธี Constraint Local Search ในการแก้ปัญหา ประเมินเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากระบบที่พัฒนาขึ้นกับตารางเวลาเดินรถประจำทางของ BMTA การใช้ระบบ Decision support system: DSS ช่วยให้ BMTA ทราบต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของตารางเวลาการเดินรถที่สร้างขึ้น โดยทันที นักวางแผนสามารถปรับเพิ่มหรือลดจำนวนรถประจำทางที่ใช้งานหรือปรับจำนวนเที่ยวการให้บริการของรถประจำทาง เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานใน Scenario ที่แตกต่างกัน แม้ว่าความแปรปรวนของเวลาในการเดินทางจะถูกแก้ไขโดยการใช้อัลกอริทึม เวลาในการเดินทาง ที่อาศัยข้อมูลในอดีต อย่างไรก็ตาม เวลาในการเดินทางอาจจะแตกต่างจากค่าที่ได้จากการพยากรณ์ โดยปัจจัยภายนอกอื่น ๆ ที่ไม่สามารถคาดคะเนได้ล่วงหน้า ดังนั้น การใช้ข้อมูลการเดินทางของรถประจำทางแบบเรียลไทม์ จึงมีความจำเป็นที่จะทำให้ตารางการเดินรถประจำทาง (โดยเฉพาะในเขตเมืองหลวง) มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการพัฒนาระบบ DSS ให้สามารถอัปเดตแผนการเดินรถได้อัตโนมัติ ตามข้อมูลการเดินทางที่เปลี่ยนแปลง

Dennis, Richard and Albert Wagelmans (2004) เป็นการแสดงการหาคำตอบสำหรับ Dynamic vehicle scheduling problem ในการหาคำตอบจะประกอบด้วยคำตอบของปัญหา optimization โดยจะกล่าวถึงการเปรียบเทียบวิธีการหาระดับของผลกำไรของแบบเดิม คือสมมติให้เวลาในการเดินทางคงที่ ซึ่งจะใช้ duster-reschedule heuristics หาสมการทางคณิตศาสตร์ใหม่ เพื่อให้การหาคำตอบเร็วขึ้นจาก standard optimization software ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณกับข้อมูลจริงในการเปรียบเทียบการหาค่าและการวิเคราะห์ความอ่อนไหวแสดงให้เห็นความผิดปกติของเวลาในการเดินทางจริง จากการประมาณค่าเพียงอย่างเดียว ผลคือสามารถลดจำนวนของความล่าช้าของการเริ่มต้นการเดินทาง และค่าใช้จ่ายของความล่าช้า โดยใช้รถน้อยมาก ถ้าใช้ dynamic method แทน traditional static อย่างเดียวและใช้ multiple scenarios สำหรับเวลาการเดินทางในอนาคตโดยละเอียด อย่างไรก็ตามวิธีการที่ใช้นี้จะใช้กับเวลาในการเดินทางจริง คือ รู้เวลาที่แน่นอนเห็นได้ชัดว่าเป็นวิธีที่ชัดเจนกว่าการทำ static อย่างเดียว

ไฟโรจน์, ฌกรและเอกชัย เป็นการหาความถี่ที่เหมาะสม โดยหาจากความต้องการของข้อมูลการเดินทาง และใช้กฎที่ง่ายในการเพิ่มหรือลดจำนวนความถี่ของรถประจำทางในแต่ละเส้นทางที่มีการให้บริการที่แตกต่างกัน พิจารณาค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดของความถี่ในการให้บริการ โดยจะขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของอัตราส่วนระหว่างความต้องการกับความจุ โดยประมาณค่าเป็นระดับการให้บริการ ซึ่งจะประมาณค่าโดยวัดจาก อัตราส่วนระหว่างรายได้กับค่าใช้จ่าย เพื่อที่จะพยากรณ์ความต้องการของรถประจำทาง

Mauro, Matteo and Paolo (1993) เป็นปัญหาแบบ NP-Hard โดยพิจารณาปัญหาคตารางเวลาเดินรถประจำทางซึ่งมีรถหลายคู่ มีการกำหนด เขตของตารางเวลาในการเดินทาง โดยมีการจัดให้รถประจำทางในสถานีที่แตกต่างกัน เพื่อให้อยู่ในรูปแบบของการใช้จำนวนรถประจำทาง และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานมีค่าน้อยที่สุด โดยบางคุณสมบัติของโครงสร้างของปัญหาจะศึกษา และใช้สำหรับการออกแบบ polynomial-time heuristics algorithm ใหม่ ซึ่งปกติจะใช้สำหรับหาจำนวนของการใช้รถประจำทางน้อยที่สุด

ขั้นตอนของการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง เป็นขั้นตอนการวางแผนเชิงปฏิบัติงาน ซึ่งจะเกิดขึ้นหลังจากการกำหนดความถี่ของการให้บริการ การจัดตารางการเดินทางเป็นการตัดและรวมเส้นทางเพื่อสร้างเส้นทางที่ต่อเนื่องกันหรือแยกเส้นทางในการเดินรถประจำทาง ซึ่งความสำคัญของการจัดตารางการเดินทางจะมีความสำคัญในเชิงของอัตราประโยชน์ของรถ และเป็นตัวกำหนดจำนวนพนักงานเดินรถประจำทางที่ต้องการในการดำเนินงาน ซึ่งการบริการจะแสดงให้เห็นเป็นตารางเวลาเดินรถประจำทาง

2.1.4 การจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทาง

การพัฒนาการปฏิบัติงานของพนักงานขับรถ โดยการตัดหรือรวมกันของเส้นทางเพื่อสร้างเส้นทางใหม่ที่เป็นการเดินทางแบบตรง (Straight runs) และการเดินรถแบบแยกส่วน (Split runs) ซึ่งเส้นทางเดินรถแบบตรงเป็นแบบที่เดินรถอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน โดยปกติแล้วการเดินทางแบบตรงจะมีเพียง block เดียว และจะเดินรถเสร็จภายในเวลา 8 ชั่วโมงหรือมากกว่า การเดินรถแบบตรงสามารถแบ่งเป็นสอง block ได้ และจะมี paid break ขึ้นระหว่างกลาง ส่วนการเดินทางแบบแยกส่วน โดยปกติจะประกอบด้วย 2 หรือ 3 block และจะมี unpaid break (swing time) มาขึ้นกลาง ซึ่งคนขับรถจะหมดหน้าที่ที่จุด swing

ในกระบวนการกำหนดตารางเวลาเดินรถ จะมีกฎในการทำงานอยู่ 5 กระบวนการดังต่อไปนี้

(1) **Minimum and Maximum Platform time** คือ ตัวที่กำหนดความยาว (หน่วยเป็นเวลา) ในการวัดจาก Platform time ซึ่งประกอบด้วย pull-in และ pull-out

(2) Report and Turn-in allowance

- Report allowance คือ ผลรวมของเวลาที่คิดเป็นค่าแรงของพนักงานเดินรถประจำทางตั้งแต่เริ่มงานจนเสร็จงาน

- Turn-in allowance คือ เวลาที่คิดเป็นค่าแรงของพนักงานเดินรถประจำทางที่รายงานไปยังคนควบคุมเพื่อที่จะสรุปเวลาในการเดินรถ เพื่อกลับรถหรือเปลี่ยนสายรถประจำทาง

(3) Spread time and penalty

- Spread time โดยปกติแล้วคือ ผลรวมของเวลาที่ผ่านไประหว่าง first time report และ final turn-in time ของการเดินรถประจำทาง

- Spread penalty คือผลรวมของค่าใช้จ่ายที่ยอมจ่ายให้กับพนักงานเดินรถประจำทางที่ทำงานเกิน โดยเฉพาะ spread time

(4) Make-up time

- เป็นการจ่ายค่าจ้างให้กับเวลา เพื่อให้ได้เวลาขั้นต่ำที่สุด เช่น 8 ชั่วโมงต่อวัน ในการจ่ายค่าจ้าง TRB (1998)

ในขั้นตอนการจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทางนั้น มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแต่ละงานวิจัยจะอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทาง ในวิธีการที่แตกต่างกันออกไป เช่น การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมพันธุกรรม โดยใช้สมการของ set covering และ set partitioning โดยใช้หลักการที่สลับซับซ้อนหลายอย่างมาพิจารณารวมกัน, การหาค่าโดยวิธี heuristics และ ZEST สำหรับการประมาณค่า ใช้ TRACS II ในการรวมกันของ heuristics และ integer linear programming ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Dias, Sousa and Cunha (2009) เป็นการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ในการปัญหาการจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทาง (Bus Crew Scheduling Problem) โดยใช้สมการของ set covering และ set partitioning โดยใช้หลักการที่สลับซับซ้อนหลายอย่างมาพิจารณารวมกัน และทำการทดลองเพื่อประมาณค่าของอัลกอริทึมพันธุกรรมที่ออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่อหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทาง โดยใช้รูปแบบของโค้ดแบบใหม่ในการ relaxed partitioning problem และพิจารณาความซับซ้อนของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และรวมรูปแบบของปัญหาสำหรับคำตอบที่มีคุณภาพ ลักษณะของอัลกอริทึมพันธุกรรม หาค่าได้จากการทดสอบมาตรฐานของ airline crew scheduling และบริษัทขนส่งผู้โดยสารที่โปรตุเกส ซึ่งเป็นปัญหามานกลาง อัลกอริทึมพันธุกรรมสามารถให้คำตอบที่น่าพอใจ ตอบสนองสุดท้ายหาได้โดยอัตโนมัติจากความคาดหวังในการวางแผน อย่างไรก็ตาม การใช้อัลกอริทึมพันธุกรรมนำเสนอโครงสร้าง สำหรับคำนวณค่าที่ขนานกัน กำหนด

ความซับซ้อนแบบที่ต้องการและได้คำตอบเป็นที่น่าพอใจ รูปแบบนี้มีสำหรับการตรวจสอบโดยเพิ่มการเปรียบเทียบกับกรหาทางเลือกไปยังการปฏิบัติในรูปแบบที่ใกล้เคียง

เกรียงศักดิ์ วัฒนชากรพงศ์และณกร อินทร์พุง (2008) เป็นการพิจารณาการจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทาง โดยสร้างแบบจำลองการตัดสินใจและพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อใช้ในการหาคำตอบ เป็นการแปลงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความพอใจของพนักงานและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดให้อยู่ในรูปเงื่อนไขรอง (Soft Constraints) และข้อกำหนดหรือข้อจำกัดในการทำงานทั้งหมดอยู่ในรูปของเงื่อนไขหลัก (Hard Constraints) และนำข้อมูลตารางเวลาการทำงานของพนักงานองค์กรขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครมาใช้ทดสอบ และประเมินประสิทธิภาพ โดยประยุกต์ใช้วิธี Constraint Local Search ที่อยู่ในกลุ่มของวิธีวิวิธวิธี ในการจัดตารางการทำงานของพนักงานขับรถประจำทาง โดยเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งผลการทดสอบที่ได้แสดงให้เห็นว่าวิธีที่นำเสนอสามารถช่วยให้บริษัทลดจำนวนพนักงาน และต้นทุนในการดำเนินการลงได้ อย่างไรก็ตาม การพิจารณาปัจจัยทางด้านบุคคล โดยการกำหนดค่าความขัดแย้งสำหรับเงื่อนไขรอง ยังทำได้ยาก เพราะในบางกรณี คำตอบที่ได้อาจจะไม่มีเงื่อนไขรองบางตัวที่ให้คุณภาพไม่ดี อาจทำให้ตารางการทำงานที่สร้างขึ้นไม่สามารถนำไปใช้งานได้ทันที โดยนักวางแผนอาจจะต้องปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์และรันโปรแกรมทดสอบอีกจำนวนหลายครั้งเพื่อเปรียบเทียบผล และเลือกคำตอบที่ต้องการ

Liping (2006) เป็นการหาค่าโดยวิธี heuristics และ ZEST สำหรับการประมาณค่าคือการพัฒนาเพื่อวิเคราะห์ปัญหาตารางการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทางและก่อให้เกิดการประมาณค่าของจำนวนพนักงานเดินรถประจำทางที่ต้องการสำหรับตารางเวลาเดินรถประจำทาง โดยจะขึ้นอยู่กับการทำงานมากที่สุดของพนักงานเดินรถที่ต้องการในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าหรือบ่าย ZEST ได้แบ่งตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทางในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าหรือบ่ายเป็นปัญหารองจะมีคำตอบที่เป็นอิสระต่อกัน ZEST สามารถใช้ผู้ประมาณค่าคนเดียวสำหรับการทำหน้าที่ของพนักงานประจำรถประจำทางหรือประกอบกับตารางเวลาการทำงานของพนักงานประจำรถประจำทางคนอื่น

Helena, Jose and Rita (2001) เป็นการนำวิธีวิวิธวิธีแบบใหม่มาหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทางในบริษัทขนส่งสาธารณะ และใช้ mathematical programming ต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับเทคนิคในการหาคำตอบลักษณะพิเศษของสมการ set covering ในทางปฏิบัติต้องการให้แก้ไขรูปแบบประสิทธิภาพของผลการคำนวณและความจุของคำตอบของตัวอย่าง large scale ยังคงอยู่ นอกจากนี้ ปัญหาการจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทางสามารถแสดงการพิจารณาในแง่ของ set covering สำหรับความแตกต่างของฟังก์ชัน หมายความว่า มีการพัฒนาตัวเลือกในวิธีการหาคำตอบ โดยเสนอ mathaheuristics ซึ่งมี

พื้นฐานในการหาของ: GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) การทดสอบการคำนวณใน Tabu และอัลกอริทึมพันธุกรรม ทำให้ผลลัพธ์ที่ดีในเวลาที่เหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์กับ actual LP-based solutions

Raymond, Anthony and Ann (2000) เป็นการแก้ปัญหาตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทางและรถไฟ โดยใช้ TRACS II ในการรวมกันของ heuristics และ integer linear programming โดยอภิปรายข้อจำกัดเพียงเล็กน้อยของระบบ เพื่อหาเหตุผลและขอบเขตของ metaheuristics และ constraint programming approaches แสดงให้เห็นว่า hybrid genetic algorithm ประสบความสำเร็จในการให้เอาชนะของข้อจำกัดในการหาคำตอบ การพัฒนา heuristics มาใช้ใน TRACS II เป็นการเลือกเปลี่ยนรูปแบบตารางเวลาการทำงานของโมเดลที่เป็น set covering problem และผ่อนคลายโดยไม่ใส่ใจเงื่อนไข อัลกอริทึมพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ได้พัฒนา คำตอบของตารางการทำงาน โดยจะขึ้นอยู่กับ relaxed solution

Babara, Smith and Anthony (1987) การแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทางที่ใช้ mathematical programming ระบบจะขึ้นอยู่กับสมการของ set covering และประกอบด้วย heuristic ที่ใช้สำหรับควบคุมปัญหาให้มีขนาดพอที่จะควบคุมได้ และได้นำ IMPACS ที่ใช้ในการปัญหาการจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทาง คือ (1) การจำกัดความเป็นไปได้ทั้งหมดของโอกาสที่เหมาะสม (relief opportunity) ในการเปลี่ยนพนักงานขับรถซึ่งคำตอบที่เป็นไปได้น้อยที่สุดจะเป็นคำตอบที่มีประสิทธิภาพ (2) การสร้างเซตของความเป็นไปได้ให้มีขนาดใหญ่ (3) การกำจัดหน้าที่ทุก ๆ ตัว ซึ่งก็คือหน้าที่ที่ไม่มีราคาแพงมาก (4) กำจัดทุก ๆ หน้าที่ (5) ใช้ integer linear programming เลือกจากหน้าที่ที่เหลืออยู่ในสับเซตที่ครอบคลุมทั้งหมดของการทำงานของรถประจำทางและผลรวมของค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (6) ประยุกต์ใช้เทคนิค heuristic สำหรับแก้ไขผลลัพธ์ของตารางการทำงาน (7) ตรวจสอบและแก้ไข ตารางการทำงานสำหรับการเปลี่ยนแปลงที่ไม่สำคัญ และ IMPACS สามารถพิสูจน์สำหรับการสร้างผลลัพธ์ที่ดีภายในประเภทที่กว้างออกไปของเงื่อนไขตารางการทำงาน

Martin Desrochers, Francois Soumis (1987) เป็นการทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัด ตารางเวลาการทำงานของพนักงานขับรถประจำทางให้มีค่าน้อยที่สุด คือ ข้อตกลงระหว่างบริษัทกับ สหภาพแรงงาน และได้เสนอ column generation ในการหาคำตอบของปัญหา Transit Crew Scheduling โดย column generation ทำให้ปัญหาทั้งสองอย่างนี้แยกออกจากกัน set covering problem เป็นตัวที่เลือกตารางเวลาการทำงานจาก feasible workday ที่ทราบแล้ว และปัญหาสำรอง เป็นปัญหา shortest path กับกระบวนการของข้อจำกัด ใช้สำหรับเสนอ feasible workday ใหม่ สำหรับแก้ไขคำตอบปัจจุบันของ set covering problem

2.1.5 การจัดกลุ่มงานของพนักงานเดินรถประจำทาง

เป็นกระบวนการจัดกลุ่มงานในแต่ละวันที่พนักงานเดินรถประจำทางทำงาน โดยเปลี่ยนให้เป็นสัปดาห์ หรือเป็นชุด ในการเลือก Run package อาจจะให้คนที่อาวุโสก่อนเลือก หรือ อาจจะเป็นคนที่ควบคุมการดำเนินงานเป็นคนเลือกให้ว่าจะทำงานในช่วงเวลาใด วันทำงานของการจัดกลุ่มงานของพนักงานเดินรถประจำทางอาจจะประกอบด้วยการทำงานร่วมกันของเวลาในการเดินรถในแต่ละแบบ เช่น เดินรถเฉพาะวันทำงานเพียงอย่างเดียว เดินรถเฉพาะวันทำงานและวันเสาร์ เดินรถเฉพาะวันทำงาน วันเสาร์ และวันอาทิตย์ เป็นต้น บางครั้งอาจจะทำวันธรรมดา 8 ชั่วโมง หรือทำ 10 ชั่วโมง 4 วัน หรือทำเป็น part-time 2-3 วัน

2.2 การแก้ปัญหาเชิงบูรณาการ (Integrated Approach)

ปัญหาเชิงบูรณาการของการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางและการจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทางสำหรับกรณีที่มี อุ้อจครตเดี่ยว (Single depot) และหลายอุ้อจครต (multi depot) อัมพล (2009) เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษา เนื่องจากทั้งสองปัญหามีความสัมพันธ์กัน เพราะคำตอบที่ได้จากปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางจะเป็นข้อมูลนำเข้าของปัญหาตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทาง ทำให้คำตอบที่ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และช่วยให้ต้นทุนในการดำเนินงานลดลง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 อุ้อจครตเดี่ยว (Single depot)

Dennis, Albert and Wagelmans (2004) เป็นการแสดงปัญหาการจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทางและการเปลี่ยนสายการเดินรถประจำทาง โดยใช้วิธีการหาคำตอบของปัญหา Optimization และได้อธิบายถึงประโยชน์ในการพิจารณา dynamic approach กับ static และแสดงการวิเคราะห์ความอ่อนไหวบนสมมติฐานหลักกับเวลาในการเดินทางที่รู้เวลาอย่างแน่นอน ก่อนที่จะดำเนินงานจริง การให้เหตุผลเกี่ยวกับความไม่เหมาะสมของการใช้วิธี Dynamic Approach หาคำตอบในทางปฏิบัติคือ การหาคำตอบโดยใช้ duster-reschedule heuristics เช่น จำนวนการเดินทางทั้งหมดที่จัดล่วงหน้าสำหรับท่ารถที่แน่นอน โดยทั่วไปแล้วผลลัพธ์ที่ได้จะขึ้นอยู่กับหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงคำตอบไม่ค่อยดีเท่าไรนัก และยากต่อการทดสอบสมมติฐานในการใช้กับสิ่งแวดล้อม ดังนั้น dynamic approach จึงเหมาะสมกับตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก

Richard, Dennis and Albert (2003) เป็นการ ใช้ model, relaxation และ Algorithm ในการหาค่าของการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Bus Scheduling) และการจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทาง (Bus Crew Scheduling) สำหรับระบบการขนส่งในเมืองขนาดใหญ่ ที่มีอุ้อจครตเดี่ยว (Single depot) และได้สร้างสมการทางคณิตศาสตร์ใหม่เพื่อใช้ในการ

หาค่าของสมการ โดยอธิบายความคล้ายกันระหว่าง Lagrangian Relaxations และ Lagrangian Heuristics ในการหาคำตอบของ Lagrangian Relaxations โดยใช้ column generation ในการกำหนดการแยกประเภทของโมเดลจากการศึกษาการคำนวณโดยใช้ข้อมูลจริง โดยผลลัพธ์จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างค่าใช้จ่ายคงที่ของรถและพนักงานขับรถ ซึ่งผลกำไรของวิธีการแก้สมการอาจจะมีนัยสำคัญคือ เมื่อไรที่มีการเปลี่ยนแปลงก็จะไม่เป็นที่ยอมรับและบ่อยครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเนื่องจากกระยะทางหรือไม่ถูกต้องกฎหมาย อย่างไรก็ตาม แม้ว่ามุมมองของคนว่าจ้างอาจจะคัดค้าน แต่เมื่อไรที่เขาบอกพนักงานขับรถให้ประหยัด โดยใช้วิธีการตามการแก้สมการ ความแตกต่างระหว่างจุดคือ การประหยัดค่าใช้จ่ายช่วยในการเพิ่มขึ้นของระดับการให้บริการ แต่พนักงานขับรถต้องการงาน

2.2.2 หลายอู่จอดรถ (Multi depot)

Dennis, Richard and Albert (2005) เป็นการแสดงความแตกต่างระหว่างสองโมเดล และ Algorithm ที่หาค่ารวมกันระหว่างกระบวนการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทาง และการจัดการตารางเวลาการทำงาน of พนักงานเดินรถประจำ ในกรณีหลายอู่จอดรถ (Multi depot) โดยมีพื้นฐานของ column generation และ Lagrangian Relaxations และเปรียบเทียบปัญหาเชิงบูรณาการ (Integration Approach) ด้วยกันเองกับผลเดิมที่ได้จากการสุ่มอย่างไม่มีรูปแบบ ข้อสมมติฐานคือ พนักงานเดินรถประจำทางทั้งหมดจะมีอู่จอดรถเป็นของตัวเองและยอมให้ปฏิบัติงานในอู่จอดรถของพวกเขา โดยการตัดสินใจครั้งที่ 1 เป็นสมมติฐานที่ไม่มีเหตุผล ปัญหากระบวนการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทาง และการจัดการตารางเวลาการทำงาน of พนักงานเดินรถประจำทาง ไม่สามารถหาคำตอบที่เป็นอิสระต่อกันได้ สำหรับอู่จอดรถต่าง ๆ จะมีข้อจำกัดเชื่อมระหว่างรถประจำทางกับพนักงานเดินรถประจำทางสำหรับข้อแตกต่างของอู่จอดรถจะไม่เป็นอิสระต่อกัน

ในงานวิจัยนี้เราได้นำเสนอแนวคิดและวิธีการเกี่ยวกับการแก้ปัญหาของการจัดการตารางเดินรถประจำทาง เพื่อให้ลดต้นทุนในการดำเนินงาน และประเมินประสิทธิภาพ โดยการใช้ขั้นตอนทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นจากการใช้ข้อมูลขององการขนส่งมวลชนกรุงเทพ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการแก้ปัญหาการจัดการจัดตารางเวลาการเดินทาง (Blocking) ได้นำวิธีการของ Transportation Research Board (TRB, 1998) มาประยุกต์ใช้เพื่อให้เหมาะสม โดยเสนอแนวคิดและวิธีการเกี่ยวกับการแก้ปัญหาของการจัดการจัดตารางการเดินทาง พร้อมทั้งกำหนดตัวแปรและข้อจำกัดต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา เพื่อให้ลดต้นทุนในการดำเนินงาน และประเมินประสิทธิภาพ โดยการใช้ขั้นตอนทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นจากการใช้ข้อมูลขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพฯ

3.1 สมมติฐานในการศึกษา

สามารถจัดตารางเวลาการเดินทาง (Blocking) ที่ประยุกต์ใช้วิธีการของ (TRB, 1998) โดยการกำหนดตัวแปรและข้อจำกัดเพิ่มเติม เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนทางคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพ และลดต้นทุนในการดำเนินงานได้มากกว่าการจัดตารางเวลาการเดินทางและตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินทางในปัจจุบัน

3.2 นิยามคำศัพท์

ในการจัดตารางเวลาการเดินทางและตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินทาง มีการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ที่มีความหมายและหน้าที่ที่แตกต่างกันออกไป เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจความหมาย สามารถอธิบายรายละเอียดของตัวแปรได้ ดังต่อไปนี้

- Arrival Time คือ เวลาที่มาถึงท่าปลายทาง
- Allowance Deadhead คือ เวลามากที่สุดที่ยอมให้มีการ เดินทางจากท่าปลายทางหนึ่งไปยังท่าต้นทางหนึ่ง โดยที่ไม่มีผู้โดยสารหรือไม่รับผู้โดยสารระหว่างทางได้
- Break Max คือ เวลาในการพักของรถประจำทางมากที่สุด
- Break Min คือ เวลาในการพักขั้นต่ำของรถประจำทาง
- Deadhead Time คือ เวลาเดินทางจากท่าปลายทางหนึ่ง ไปยังท่าต้นทางหนึ่ง โดยที่ไม่มีผู้โดยสารหรือไม่รับผู้โดยสารระหว่างทาง
- Departure Time คือ เวลาที่ออกจากท่าต้นทาง
- Initial Block No. คือ หมายเลขของตารางเวลาการเดินทางเบื้องต้น

- Insert Max คือ จำนวนครั้งที่อนุญาตให้รถประจำทางสามารถวิ่งสลับสาย ได้มากที่สุด
- Location End คือ ท่าปลายทาง
- Location Start คือ ท่าต้นทาง
- Location Max คือ จำนวนท่าจอดรถมากที่สุด
- MAX_N_TRIPS คือ จำนวนการเดินทางมากที่สุด
- No. Insert Block คือ จำนวนในการแทรกตารางเวลาเดินรถประจำทาง
- Route No. คือ หมายเลขของเส้นทางในการเดินรถประจำทาง
- Running Time คือ เวลาของการเดินทางในแต่ละเที่ยวการเดินทางของรถประจำทาง
- Running Min คือ เวลาขั้นต่ำของการเดินทางในแต่ละเที่ยวการเดินทางของรถประจำทาง ในกรณีที่รถเปลี่ยนสาย
- Spread Max คือ เวลาทั้งหมดในการทำงานของรถประจำทาง รวมเวลาพัก มากที่สุด
- Spread Min คือ เวลาทั้งหมดในการทำงานของรถประจำทาง รวมเวลาพัก น้อยที่สุด
- Total Break คือ ผลรวมของเวลาพักในตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น
- Total worked Time คือ ผลรวมของเวลาในการเดินทางในตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น
- Trip No. คือ หมายเลขของเที่ยวการเดินทาง
- Vehicle Break คือ ค่าคงที่ของเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งาน
- Vehicle Break Max คือ ที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งานมากที่สุด
- Vehicle Break Min คือ เวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งานน้อยที่สุด
- Worked Time คือ เวลาในการทำงานตั้งแต่หมายเลขการเดินทางเริ่มต้น (Initial Trip No.) จนถึงหมายเลขการเดินทางปัจจุบัน (Current Trip) สำหรับรถประจำทางคันที่พิจารณา

3.3 การจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทาง

การจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทางเป็นการนำวิธีการของ TRB, 1998 มาประยุกต์ โดยเพิ่มตัวแปรและข้อจำกัดในตอนของการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทาง เพื่อให้ง่ายและเหมาะสมกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทางนี้ได้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block) และ 2) ขั้นตอนการปรับปรุงการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Improvement Block)

ขั้นตอนแรกเป็นการพิจารณาข้อมูลของเวลาที่ออกจากท่าต้นทาง (Departure Time From first Stop) และเวลาที่มาถึงท่าปลายทาง (Arrival Time At Last Stop) ในแต่ละช่วงเวลา โดยนำเวลาในการเดินทางที่เป็นไปได้มาเชื่อมต่อกันให้อยู่ในรูปของการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทาง

เบื่องตัน (Initial Blocking) เมื่อได้ผลของขั้นตอนที่ 1 แล้ว นำผลที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาพิจารณาในขั้นตอนที่ 2 โดยในขั้นตอนที่ 2 คือการปรับเปลี่ยนตารางเวลาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 ขั้นตอนการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื่องตัน (Initial Block)

ในขั้นตอนนี้ เป็นการพิจารณาเวลาในการเดินทางที่เป็นไปได้มาเชื่อมต่อกัน โดยคำนึงถึงเวลาที่ออกจากท่าต้นทาง (Departure Time) เวลาที่มาถึงท่าปลายทาง (Arrival Time) เวลาพัก (Break Time) ท่าต้นทาง ท่าปลายทาง ฯลฯ และมีการกำหนดข้อจำกัด เพื่อให้ง่ายต่อการนำมาใช้แก้ปัญหาที่ใช้ขั้นตอนทางคอมพิวเตอร์

การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื่องตันเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่ง เนื่องจากผลของขั้นตอนนี้จะเป็นตัวแปรนำเข้าสู่ของขั้นตอนถัดไปทุกขั้นตอน ดังนั้น จึงต้องพิจารณาตัวแปรและข้อจำกัดให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลของข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ซึ่งขั้นตอนการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื่องตัน ได้แบ่งขั้นตอนในการพิจารณาเป็นขั้นตอนย่อย ๆ หลายขั้นตอน คือ การกำหนดข้อมูลนำเข้า (Input) ข้อจำกัดต่าง ๆ กระบวนการหาคำตอบ และผลของคำตอบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ข้อมูลนำเข้า

เป็นกระบวนการบันทึกข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ และบันทึกข้อมูลไว้ในตัวแปรที่เกี่ยวข้อง โดยการกำหนดข้อมูลนำเข้าในขั้นตอนของการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื่องตัน ซึ่งเป็นข้อมูลเกี่ยวกับตารางเวลา สถานี และข้อจำกัดต่าง ๆ โดยการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางนั้น มีตัวแปรที่เป็นข้อมูลนำเข้า คือ Trip No., Departure Time, Arrival Time, Running Time, Route No., Location Start, Location End, Deadhead Time, Break Max, Break Min, Allowance Deadhead, Running Min, Vehicle Break Max, Spread Max, MAX_N_TRIPS

โดยการนำเข้าข้อมูลในรูปแบบของตาราง เป็นการจัดข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องการ โดยในขั้นตอนจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื่องตันนั้น จะต้องมีการนำเข้าข้อมูลดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างข้อมูลนำเข้าในรูปแบบตารางข้อมูลการเดินทาง

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
1	4:15	5:56	1:41	2	1	1
2	5:00	6:35	1:35	3	1	1
3	6:00	8:18	2:18	2	1	1
4	6:35	8:53	2:18	3	1	1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างข้อมูลนำเข้าในรูปแบบตารางข้อมูลการเดินทาง (ต่อ)

5	7:00	9:43	2:43	2	1	1
6	8:23	10:45	2:22	2	1	1
7	8:53	11:15	2:22	3	1	1
8	9:45	12:02	2:17	2	1	1
9	10:45	13:39	2:54	2	1	1
10	11:15	13:10	1:55	3	1	1
11	11:18	13:56	2:38	1	1	2
12	12:09	15:01	2:52	2	1	1
13	13:40	14:02	0:22	9	1	5
14	14:00	17:33	3:33	1	2	1
15	14:16	15:41	1:25	7	3	1
16	15:09	15:57	0:48	6	1	1
17	15:45	19:20	3:35	2	1	1
18	16:00	18:26	2:26	3	1	1
19	17:38	19:52	2:14	2	1	1
20	18:27	21:17	2:50	2	1	1
21	19:20	20:41	1:21	6	1	1
22	19:56	22:22	2:26	2	1	1
23	20:48	21:49	1:01	7	1	3
24	21:18	22:08	0:50	6	1	1
25	22:30	23:30	1:00	1	1	2

จากตารางที่ 3.1 เป็นตารางข้อมูลการเดินทาง ซึ่งแต่ละคอลัมน์ได้บันทึกค่าของข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ หมายเลขของการเดินทาง (Trip No.) เวลาที่ออกจากท่าต้นทาง (Departure Time) เวลาที่มาถึงท่าปลายทาง (Arrival Time) เวลาของการเดินทางในแต่ละเที่ยวการเดินทางของรถประจำทาง (Running Time) เส้นทางในการเดินรถ (Route) ท่าต้นทาง (Location Start) ท่าปลายทาง (Location End) เป็นต้น โดยที่ความยาวของแถวนั้น จะขึ้นอยู่กับจำนวนของเที่ยวการเดินทางทั้งหมด ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ สามารถเปลี่ยนแปลงค่าหรือกำหนดค่าใหม่ได้ เพื่อให้ใช้กับข้อมูลการเดินทางรถประจำทางทั่วไป

ตารางที่สอง เป็นตารางข้อมูลของเวลาเดินทางจากท่าปลายทางหนึ่ง ไปยังท่าต้นทางหนึ่ง โดยที่ไม่มีผู้โดยสารหรือไม่รับผู้โดยสารระหว่างทาง (Deadhead Time) ซึ่งตารางนี้จะเก็บข้อมูลในรูปแบบของเวลา (ชั่วโมง) โดยคอลัมน์คือท่าต้นทาง (Location Start) และแถวคือท่าปลายทาง (Location End)

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างข้อมูลนำเข้าในรูปแบบตารางเวลาเดินทางจากท่าต้นทางหนึ่ง ไปยังท่าปลายทางหนึ่ง โดยที่ไม่มีผู้โดยสารหรือไม่รับผู้โดยสารระหว่างทาง (Deadhead Time) มีหน่วยเป็นชั่วโมง

End/Start	1	2	3	4	5
1	x	1:00	1:10	2:05	1:00
2	1:00	x	0:07	0:10	0:10
3	1:10	0:07	x	0:08	0:08
4	2:05	0:10	0:08	X	0:09
5	1:00	0:10	0:08	0:09	x

โดยข้อมูลจากตารางที่ 3.2 เป็นตารางที่เก็บข้อมูลของเวลาในการเดินทางจากท่าต้นทางไปยังท่าปลายทาง เพื่อใช้ในการพิจารณาการเปลี่ยนเส้นทางในการเดินรถประจำทาง ค่าของ x ในตารางข้อมูลหมายถึงเวลาในการเดินทางจากท่าต้นทางไปยังท่าปลายทางเดียวกัน เช่น จากท่าต้นทางที่ 1 ไปยังท่าต้นทางที่ 1 เป็นต้น ดังนั้น ค่า x ในตารางคือค่าที่ไม่นำมาพิจารณาในการเปลี่ยนเส้นทางเดินรถประจำทาง เนื่องจากเป็นเวลาในการเดินทางจากท่าต้นทางไปยังท่าปลายทางเดียวกัน

การนำเข้าข้อมูลในรูปแบบของตัวเลขนี้ เป็นบันทึกค่าของตัวแปรแต่ละตัวที่ต้องการนำเข้าให้อยู่ในรูปแบบของตัวเลข เช่น BREAK_MAX, BREAK_MIN, ALLOWANCE_DEADHEAD อยู่ในรูปแบบของเวลา (นาทื) เป็นต้น

ตารางที่ 3.3 การนำเข้าข้อมูลในรูปแบบของตัวเลข

ข้อมูล	
Break_Max	0:10 hr.
Break_Min	0:00 hr.
Allowance_Deadhead	0:10 hr.
Running_Min	5:00 hr.
Location_Max	5
VBreak_Max	04:00 hr.
VBreakMin	0:00 hr
SpreadMax	16:00 hr.
SpreadMin	00:00 hr
InsertMax	2
Max_N_Trips	2000 trips
ข้อมูล	
Break_Max	0:10
Break_Min	0:00
Allowance_Deadhead	0:10
Running_Min	5:00
Location_Max	5

ในการกำหนดข้อมูลนำเข้าในแต่ละรูปแบบนั้น เป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในแต่ละตัวทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เปลี่ยนแปลงเสมอ ดังนั้นเมื่อเรากำหนดรูปแบบของตัวแปรและข้อมูลนำเข้าเหมาะสมแล้ว ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงข้อมูลนำเข้าได้สะดวก ถูกต้องและเหมาะสม

- **วิธีการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block)**

ในขั้นตอนการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block) เป็นการนำข้อมูลการเดินทางของรถประจำทางในแต่ละการเดินทางมาเชื่อมต่อกัน เพื่อให้เวลาในการเดินทางของแต่ละครั้ง สามารถเชื่อมต่อกันอย่างมีประสิทธิภาพ โดยอยู่ภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนดขึ้นได้แก่

$$\text{Break Min} \leq \text{Break Time} \leq \text{Break Max} \quad (3.1)$$

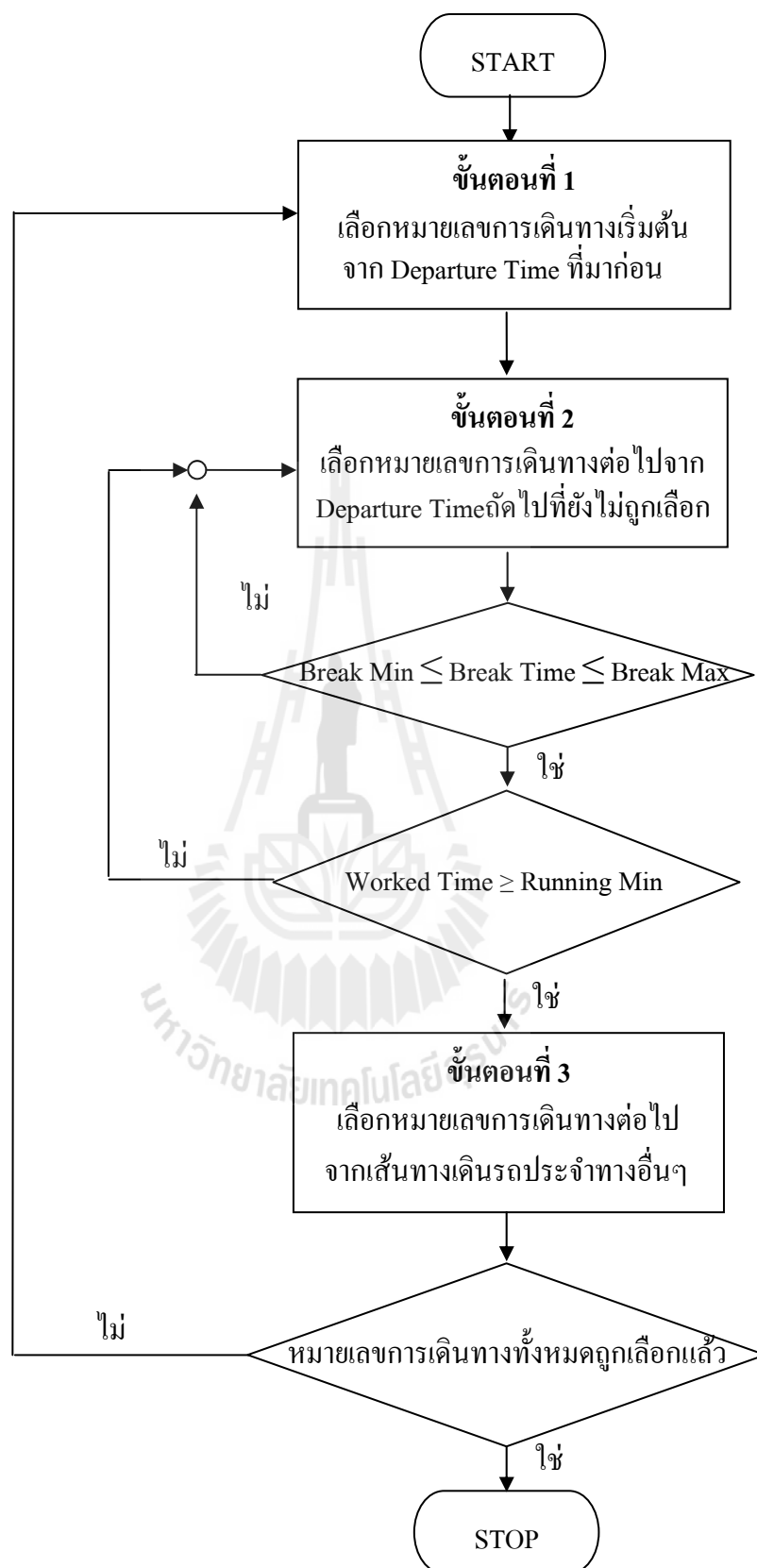
$$\text{Deadhead Time} \leq \text{Allowance Deadhead} \quad (3.2)$$

$$\sum \text{Worked Time} \geq \text{Running Min} \quad (3.3)$$

จากข้อจำกัดที่ 3.1 เป็นการกำหนดขอบเขตของเวลาพัก คือเวลาพักต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับเวลาพักขั้นต่ำ และมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับเวลาพักสูงสุด จึงสามารถเลือกหมายเลขของการเดินทางต่อไปได้ ข้อจำกัดที่ 3.2 คือเวลาเดินทางจากท่าปลายทางหนึ่ง ไปยังท่าต้นทางหนึ่ง โดยที่ไม่มีผู้โดยสารหรือไม่รับผู้โดยสารระหว่างทาง จะต้องมิต่าน้อยกว่าหรือเท่ากับเวลาที่ยอมให้มีการ Deadhead จึงจะยอมให้มีการวิ่งสลับสายได้ ข้อจำกัดที่ 3.3 คือเวลาในการทำงานของรถประจำทางจะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับเวลาขั้นต่ำในการเดินทางของรถประจำทาง จึงจะยอมให้มีการเดินรถสลับสายได้

จากข้อจำกัดข้างต้น สามารถนำมาพิจารณาหาค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Blocking) โดยแบ่งขั้นตอนในการหาค่าออกเป็น 3 ขั้นตอน ซึ่งแบ่งการพิจารณาเงื่อนไขและข้อจำกัดในแต่ละขั้นตอน โดยสรุปในแผนภาพ (Flow Chart) ดังรูปที่ 3.1





รูปที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 1 : เลือกหมายเลขการเดินทางเริ่มต้น

ในการเลือกหมายเลขการเดินทางเริ่มต้น เป็นการเลือกจากเวลาที่ออกจากท่าต้นทาง (Departure Time) ก่อนไปหลัง ต่อมาตรวจสอบหมายเลขการเดินทางว่าได้ถูกเลือกแล้วหรือยังถ้าถูกเลือกแล้วให้เลือกหมายเลขการเดินทางเริ่มต้นใหม่อีกครั้งโดยเลือกจากหมายเลขการเดินทางถัดไปที่ยังไม่ถูกเลือก

ตารางที่ 3.4 แสดงตัวอย่างการเลือกหมายเลขการเดินทางเริ่มต้น

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
1	4:15	5:56	1:41	2	1	1
2	5:00	6:35	1:35	3	1	1
3	6:00	8:18	2:18	2	1	1
4	6:35	8:53	2:18	3	1	1
5	7:00	9:43	2:43	2	1	1
6	8:23	10:45	2:22	2	1	1
7	8:53	11:15	2:22	3	1	1
8	9:45	12:02	2:17	2	1	1
9	10:45	13:39	2:54	2	1	1
10	11:15	13:10	1:55	3	1	1
11	11:18	13:56	2:38	1	1	2
12	12:09	15:01	2:52	2	1	1
13	13:40	14:02	0:22	9	1	5
14	14:00	17:33	3:33	1	2	1
15	14:16	15:41	1:25	7	3	1
16	15:09	15:57	0:48	6	1	1
17	15:45	19:20	3:35	2	1	1
18	16:00	18:26	2:26	3	1	1
19	17:38	19:52	2:14	2	1	1
20	18:27	21:17	2:50	2	1	1
21	19:20	20:41	1:21	6	1	1

ตารางที่ 3.4 แสดงตัวอย่างการเลือกหมายเลขการเดินทางเริ่มต้น (ต่อ)

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
22	19:56	22:22	2:26	2	1	1
23	20:48	21:49	1:01	7	1	3
24	21:18	22:08	0:50	6	1	1
25	22:30	23:30	1:00	1	1	2

ขั้นตอนที่ 2 : เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไป

การหาค่าหมายเลขการเดินทางต่อไป เริ่มจากการเลือกหมายเลขการเดินทางที่ ถัดลงมาจากหมายเลขการเดินทางก่อนหน้าที่ถูกเลือกไปแล้วทีละตัว โดยตรวจสอบว่าหมายเลขการเดินทางนั้น ๆ ได้ถูกเลือกแล้วหรือยัง ถ้าถูกเลือกแล้วให้กลับไปเลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปใหม่อีกครั้ง โดยเลือกจากหมายเลขการเดินทางถัดไปที่ยังไม่ถูกเลือก ถ้ายังไม่ถูกเลือกให้ตรวจสอบกับเงื่อนไขดังต่อไปนี้

$$\text{Break Time}_{\text{Current Trip, Next Trip}} = \text{Departure Time}_{(\text{Next Trip})} - \text{Arrival Time}_{(\text{Current Trip})} \quad (3.4)$$

$$\text{Location End}_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}} \quad (3.5)$$

เมื่อ Break Time คือ เวลาในการพัก, $\text{Departure Time}_{(\text{Next Trip})}$ คือเวลาที่ออกจากท่าต้นทางของหมายเลขการเดินทางต่อไป และ $\text{Arrival Time}_{(\text{Current Trip})}$ คือ เวลาที่มาถึงท่าปลายทางของหมายเลขการเดินทางปัจจุบัน

จากสมการที่ 3.4 เป็นสมการที่ใช้ในการหาค่าของเวลาในการพัก ผลต่างของเวลาที่ออกจากท่าต้นทางของหมายเลขการเดินทางต่อไปกับเวลาที่มาถึงท่าปลายทางของหมายเลขการเดินทางปัจจุบัน และข้อจำกัดที่ 3.5 เป็นการตรวจสอบว่าหมายเลขท่าปลายทางของการเดินทางปัจจุบัน ($\text{Location End}_{\text{current Trip}}$) และหมายเลขท่าต้นทางของการเดินทางต่อไป ($\text{Location Start}_{\text{next Trip}}$) จะต้องเท่ากัน

ต่อมานำค่าของเวลาพัก (Break Time) ที่ได้จากสมการที่ 3.4 มาตรวจสอบเงื่อนไขในข้อจำกัดที่ 3.1 ถ้าเวลาในการพักอยู่ในเงื่อนไขให้กลับไปเลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง แต่ถ้าเวลาในการพักไม่อยู่ในเงื่อนไข ให้ตรวจสอบข้อจำกัดที่ 3.3 ว่าเวลาในการทำงานของรถประจำทาง (Worked Time) จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับเวลาเวลาของการเดินทางในแต่ละเที่ยวการเดินทางของรถประจำทาง (Running Min) คือ $\sum \text{Worked Time} \geq \text{Running Min}$ จากการ

จัดตารางเวลาการเดินทางประจำทางในขั้นตอนที่ 2 โดยหาค่าของเวลาในการทำงาน (Worked Time) ได้จากสมการต่อไปนี้

$$\sum \text{Worked Time} = \text{worked time}_{\text{Trip A}} + \text{worked time}_{\text{Trip B}} + \dots + \text{worked time}_{\text{Current Trip}} \quad (3.7)$$

เมื่อ Trip A คือ หมายเลขการเดินทางเริ่มต้นที่ถูกเลือก

Trip B คือ หมายเลขการเดินทางต่อไปที่ถูกเลือก

Current Trip คือหมายเลขการเดินทางปัจจุบันที่ถูกเลือก

ถ้าไม่อยู่ในเงื่อนไข ให้กลับไปเลือกหมายเลขการเดินทางต่ออีกครั้ง จนกว่า หมายเลขการเดินทางทั้งหมดถูกเลือกแล้ว ถ้าอยู่ในเงื่อนไข สามารถเดินรถสลับสายได้ โดยรายละเอียดของขั้นตอนการเดินทางสลับสายอยู่ในขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 : เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปจากเส้นทางรถ

ประจำทางอื่น ๆ

ในขั้นตอนนี้เป็นการหาค่าหมายเลขการเดินทางถัดไป ต่อเนื่องจากขั้นตอนที่ 2 โดยให้สามารถเดินรถสลับสายได้ เมื่อท่าปลายทางของการเดินทางปัจจุบันไม่เท่ากับท่าต้นทางของการเดินทางต่อไป ($\text{Location End}_{\text{current Trip}} \neq \text{Location Start}_{\text{next Trip}}$)

ตรวจสอบเวลาในการเดินทาง (Deadhead Time) ว่าอยู่ในข้อจำกัดที่ 3.2 คือเวลาเดินทางจากท่าปลายทางหนึ่ง ไปยังท่าต้นทางหนึ่ง โดยที่ไม่มีผู้โดยสารหรือไม่รับผู้โดยสารระหว่างทาง จะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับเวลาที่ขอมให้มีการ Deadhead จึงจะขอมให้มีการวิ่งสลับสายได้

ต่อมาเรียงค่า Deadhead Time จากค่าน้อยไปหาค่ามาก เมื่อเรียงค่าเสร็จแล้ว ให้นำค่า Deadhead Time ที่มีค่าน้อยที่สุดรวมกับเวลาที่มาถึงท่าปลายทางของการเดินทางปัจจุบัน ($\text{Arrival Time}_{\text{Current Trip}}$) ตามลำดับ ดังสมการที่ 3.6

$$\text{Arrival Time}_{\text{for Next Trip}} = \text{Arrival Time}_{\text{Current Trip}} + \text{Deadhead Time}_{\text{Location Start Next Trip}} \quad (3.6)$$

เมื่อ $\text{Arrival Time}_{\text{for Next Trip}}$ คือ เวลาที่มาถึงท่าปลายทางของการเดินทางปัจจุบันรวมกับ Deadhead Time ของหมายเลขท่าต้นทางสำหรับหมายเลขการเดินทางต่อไป

จากสมการที่ 3.6 ตรวจสอบว่า หมายเลขท่าปลายทางของ Deadhead Time ของหมายเลขท่าต้นทางสำหรับหมายเลขการเดินทางต่อไป จะต้องเท่ากับหมายเลขท่าต้นทางของ

หมายเลขการเดินทางต่อไป ($\text{Location End (Arrival Time)}_{\text{for Next Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}}$) ต่อมา ตรวจสอบเวลาในการพัก ในข้อจำกัดที่ 3.1 ถ้าอยู่ในเงื่อนไข ให้เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้งในขั้นตอนที่ 2 จนกระทั่งหมายเลขของการเดินทางทั้งหมดถูกเลือกแล้ว แต่ถ้าไม่อยู่ในเงื่อนไข ให้กลับไปเลือก Deadhead Time ที่ยังไม่ถูกเลือกใหม่อีกครั้ง จนกระทั่งเลือก Deadhead Time ถูกเลือกทั้งหมดแล้ว ให้หยุด

จากขั้นตอนการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่กล่าวมาข้างต้น เป็นการหาค่าข้อมูลของตารางเวลาเดินรถประจำทางในแต่ละรอบ โดยคำนึงถึงเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่ได้กำหนดไว้ ในการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางในแต่ละครั้ง จะใช้วิธีการที่อยู่ภายใต้ข้อจำกัดเดียวกัน ทำให้การหาค่าตอบง่ายและสะดวกขึ้น ซึ่งรายละเอียดในการคำนวณและการหาค่าตอบ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 3.1 เป็นการหาค่าตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น โดยจะใช้ข้อมูลนำเข้าจาก ตารางที่ 3.1, 3.2 และข้อจำกัดในการหาค่าจะใช้ข้อมูลจากตารางที่ 3.3

ซึ่งตัวอย่างในการคำนวณ โดยละเอียดอยู่ในภาคผนวก ก. โดยในการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นนั้น เมื่อทำการหาค่าเรียบร้อยแล้ว

สรุปได้ว่า การตารางเวลาเดินรถประจำทางแต่ละครั้งมีข้อมูลของหมายเลขการเดินทางต่าง ๆ ดังนี้ ตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 1 มีหมายเลขการเดินทางที่ 1, 3, 6, 9, 13, 14, 15, 17, 21, 20 ตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 2 มีหมายเลขการเดินทางที่ 2, 4, 7, 10 ตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 3 มีหมายเลขการเดินทางที่ 5, 8, 12, 16, 18, 20, 24 และตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 4 มีหมายเลขการเดินทางที่ 11, 14, 19, 22, 25 โดยมีข้อมูลสรุปดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.5 แสดงหมายเลขการเดินทางของตารางเวลาการเดินทางประจำทางเบื้องต้นทั้งหมด

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
1	4:15	5:56	1:41	2	1	1
2	5:00	6:35	1:35	3	1	1
3	6:00	8:18	2:18	2	1	1
4	6:35	8:53	2:18	3	1	1
5	7:00	9:43	2:43	2	1	1
6	8:23	10:45	2:22	2	1	1
7	8:53	11:15	2:22	3	1	1
8	9:45	12:02	2:17	2	1	1
9	10:45	13:39	2:54	2	1	1
10	11:15	13:10	1:55	3	1	1
11	11:18	13:56	2:38	1	1	2
12	12:09	15:01	2:52	2	1	1
13	13:40	14:02	0:22	9	1	5
14	14:00	17:33	3:33	1	2	1
15	14:16	15:41	1:25	7	3	1
16	15:09	15:57	0:48	6	1	1
17	15:45	19:20	3:35	2	1	1
18	16:00	18:26	2:26	3	1	1
19	17:38	19:52	2:14	2	1	1
20	18:27	21:17	2:50	2	1	1
21	19:20	20:41	1:21	6	1	1
22	19:56	22:22	2:26	2	1	1
23	20:48	21:49	1:01	7	1	3
24	21:18	22:08	0:50	6	1	1
25	22:30	23:30	1:00	1	1	2

- เมื่อ → ตารางเวลาการเดินทางเบื้องต้นครั้งที่ 1
 → ตารางเวลาการเดินทางเบื้องต้นครั้งที่ 2
 → ตารางเวลาการเดินทางเบื้องต้นครั้งที่ 3
 → ตารางเวลาการเดินทางเบื้องต้นครั้งที่ 4

- รูปแบบผลลัพธ์ของการจัดตารางเวลาเดินทางเบื้องต้น
 (Initial Block)

ผลลัพธ์ของการจัดตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นนั้น เป็นการกำหนดรูปแบบของคำตอบเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมและเป็นไปตามความต้องการ เพื่อที่จะนำผลของข้อมูลมาพิจารณาในขั้นตอนถัดไป คือ ขั้นตอนการปรับปรุงการจัดตารางเวลาเดินทาง (Improvement Block)

ในการกำหนดรูปแบบผลลัพธ์ของข้อมูลนั้น เป็นการระบุถึงความต้องการของข้อมูลในขั้นตอนถัดไป โดยการเก็บค่าของผลลัพธ์ไว้ในตัวแปรต่าง ๆ เพื่อช่วยให้กระบวนการในการวิเคราะห์หาคำตอบและตรวจสอบผลลัพธ์ให้ทำได้ง่ายขึ้น ซึ่งตัวแปรแต่ละตัวจะมีหน้าที่แตกต่างกันออกไป ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.6 แสดงตัวอย่าง Output ของตารางเวลาการเดินทางเบื้องต้นทั้งหมด

Initial Block No.: 1
Trip No.: 1, 3, 6, 9, 13, 15, 17, 21, 23
Departure Time: 4:15, 6:00, 8:23, 10:45, 13:40, 14:16, 15:45, 19:20, 20:48
Arrival Time: 5:56, 8:18, 10:45, 13:39, 14:02, 15:41, 19:20, 20:41, 21:49
Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 3, 1, 1, 1
Location End: 1, 1, 1, 1, 5, 1, 1, 1, 3
Route No. : 2, 2, 2, 2, 9, 7, 2, 6, 7
Worked Time: 1:41, 2:18, 2:22, 2:54, 0:22, 1:25, 3:35, 1:21, 1:01
Break Time: 0:00, 0:04, 0:05, 0:00, 0:01, 0:06, 0:04, 0:00, 0:07
Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:08, 0:00, 0:00, 0:00
Total worked Time: 17:07
Total Break: 0:27

Total Deadhead : 0:08

Spread Time: 17:42

Initial Block No.: 2

Trip No.: 2, 4, 7

Departure Time: 5:00, 6:35, 8:53

Arrival Time: 6:35, 8:53, 11:15

Location Start: 1, 1, 1

Location End: 1, 1, 1

Route No. : 3, 3, 3

Worked Time: 1:35, 2:18, 2:22

Break Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00

Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00

Total worked Time: 6:15

Total Break: 0:00

Total Deadhead : 0:00

Spread Time: 6:15

Initial Block No.: 3

Trip No.: 5, 8, 12, 16, 18, 20, 24

Departure Time: 7:00, 9:45, 12:09, 15:09, 16:00, 18:27, 21:18

Arrival Time: 9:43, 12:02, 15:01, 15:57, 18:26, 21:17, 22:08

Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1

Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1

Route No. : 2, 2, 2, 6, 3, 2, 6

Worked Time: 2:43, 2:17, 2:52, 0:48, 2:26, 2:50, 0:50

Break Time: 0:00, 0:02, 0:07, 0:08, 0:03, 0:01, 0:01

Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00

Total worked Time: 14:46

Total Break: 0:22

Total Deadhead : 0:00
 Spread Time: 15:08

Initial Block No.: 4
 Trip No.: 11, 14, 19, 22, 25
 Departure Time: 11:18, 14:00, 17:38, 19:56, 22:30
 Arrival Time: 13:56, 17:33, 19:52, 22:22, 23:30
 Location Start: 1, 2, 1, 1, 1
 Location End: 2, 1, 1, 1, 2
 Route No. : 1, 1, 2, 2, 1
 Worked Time: 2:38, 3:33, 2:14, 2:26, 1:00
 Break Time: 0:00, 0:04, 0:05, 0:04, 0:08
 Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00
 Total worked Time: 11:51
 Total Break: 0:21
 Total Deadhead : 0:00
 Spread Time: 12:12

จากตารางที่ 3.6 เป็นการแสดงผลลัพธ์ในการจัดการตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block) ของตัวอย่างที่ 3.1 จะเห็นได้ว่ามีตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้นทั้งหมด 4 ตาราง โดยในแต่ละตารางจะบอกรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับ หมายเลขการเดินทาง, เวลาที่ออกจากท่าต้นทางและท่าปลายทาง, หมายเลขเส้นทาง, เวลาในการทำงาน, เวลาพัก ฯลฯ โดยข้อมูลทั้งหมดนี้จะเป็นข้อมูลนำเข้าไปในขั้นตอนต่อไป

จากขั้นตอนการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น ทำให้ได้ข้อมูลของตารางเวลาเดินรถโดยสรุป เพื่อนำมาเป็นข้อมูลนำเข้าไปในขั้นตอนถัดไปคือการปรับปรุงการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Improvement Block) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นำข้อมูลของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block) มาพิจารณาเพื่อให้ได้ตารางเวลาเดินรถประจำทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

3.3.2 ขั้นตอนการปรับปรุงการ จัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Improvement Block)

ขั้นตอนการปรับปรุงการ จัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง เป็นขั้นตอนในการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block) เนื่องจากค่าของผลลัพธ์จากขั้นตอนการ จัดตารางเวลาเดินรถเบื้องต้น เป็นการคำนวณค่าจากคอมพิวเตอร์ ทำให้ค่าที่ได้มา ยังไม่ค่อยมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนั้น เพื่อให้ตารางเวลาเดินรถประจำทางมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น จึงนำค่าของตารางเวลาเดินรถเบื้องต้นมาพิจารณาอีกครั้ง โดยการนำค่าที่ได้ของตารางเวลา มาเชื่อมต่อกัน และให้อยู่ภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ในการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางนั้น ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลอีกครั้งจะต้องมีการนำเข้าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและการเพิ่มเติมข้อจำกัดต่าง ๆ ได้แก่

ตารางที่ 3.7 ตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลในขั้นตอนการ จัดตารางเดินรถประจำทาง

ข้อมูล	
Vehicle Break Max	4:00
Vehicle Break Min	0:00
Spread Max	16:00
Spread Min	0:00

จากการกำหนดตัวแปรในการนำเข้าข้อมูลทำให้สามารถกำหนดข้อจำกัด เพื่อช่วยในการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ให้สะดวกและแม่นยำขึ้น ในการปรับปรุงการ จัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Improvement Block) ได้มีการกำหนดข้อจำกัด ดังต่อไปนี้

$$\text{Vehicle Break Min} \leq \text{Vehicle Break} \leq \text{Vehicle Break Max} \quad (3.8)$$

$$\text{Spread Min} \leq \text{Spread Time} \leq \text{Spread Max} \quad (3.9)$$

$$\text{Deadhead Time} \leq \text{Vehicle Break} \quad (3.10)$$

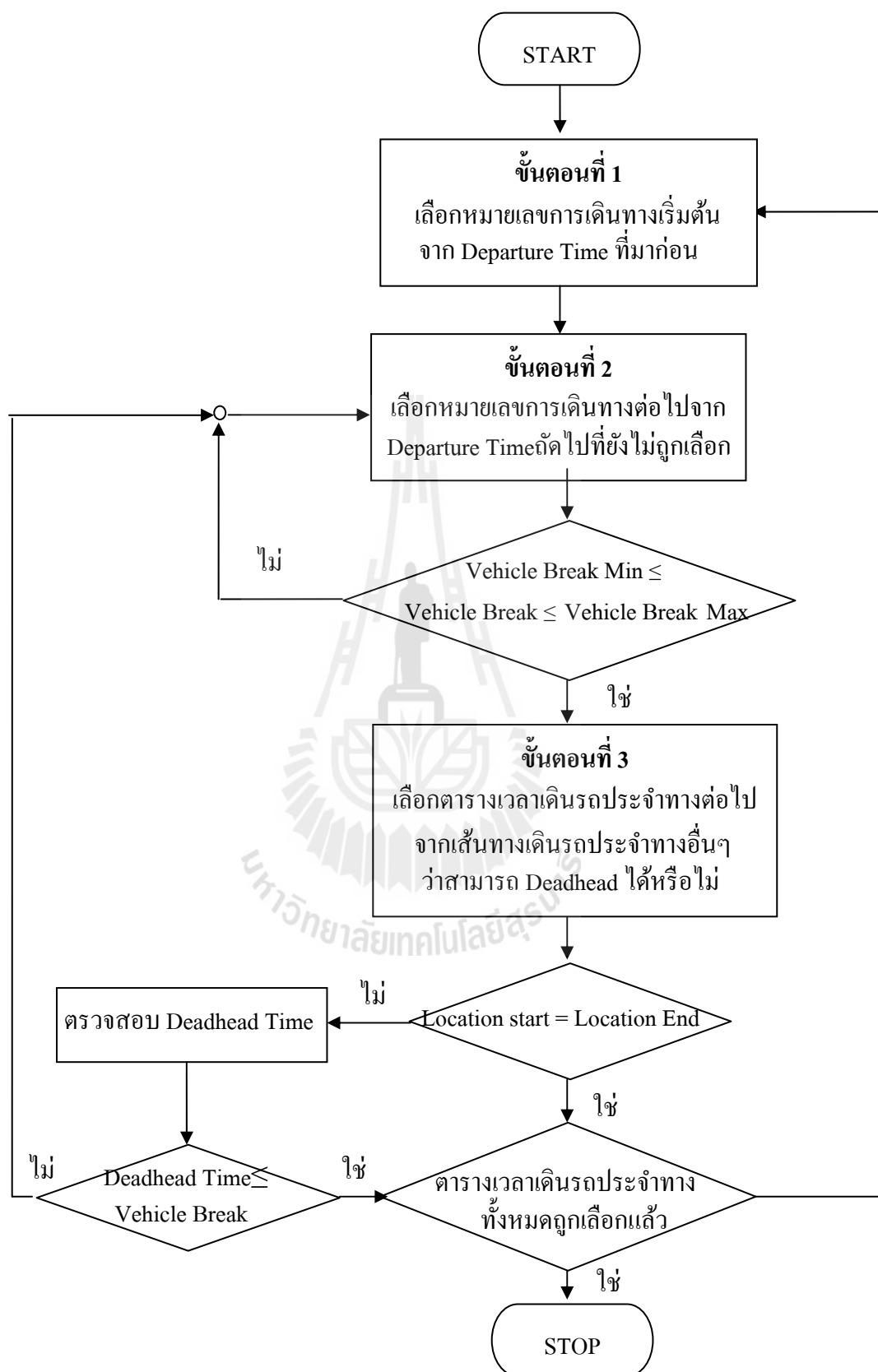
จากข้อจำกัดที่ (3.8) เป็นข้อจำกัดของเวลาในการจอดรถ (vehicle Break) จะต้องมีย่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าของ เวลาในการจอดรถ โดยไม่ได้ใช้งานมากที่สุด (Vehicle Break Max) และจะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับเวลาในการจอดรถ โดยไม่ได้ใช้งานน้อยที่สุด (Vehicle Break

Min) ข้อจำกัดที่ (3.9) คือ เวลาทั้งหมดในการทำงานของรถประจำทาง รวมเวลาพัก (Spread Time) จะต้องมีย่านน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าของคือ เวลาทั้งหมดในการทำงานของรถประจำทาง รวมเวลาพักมากที่สุด (Spread Max) และข้อจำกัดที่ (3.10) เป็นตัวที่กำหนดว่าสามารถเปลี่ยนเส้นทางเดินรถประจำทางได้หรือไม่ โดยตรวจสอบว่าค่าของเวลาเดินทางจากท่าปลายทางหนึ่ง ไปยังท่าต้นทางหนึ่ง โดยที่ไม่มีผู้โดยสารหรือไม่รับผู้โดยสารระหว่างทาง (Deadhead Time) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งาน (vehicle Break) เพื่อต้องการไม่ให้มีรถที่จอดพักเป็นเวลานานและทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้รถประจำทางอีกด้วย

จากการหาค่าตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้น สามารถนำค่าที่ได้มาปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง โดยการนำตัวแปรและข้อจำกัดดังกล่าวเป็นตัวแปรที่ต้องการนำเข้ามาเพิ่มเติม มาช่วยกำหนดในขั้นตอนของทั้งหมด และได้แบ่งวิธีการออกเป็น 3 ทางเลือก คือ วิธีการแทรก (Insert Block), วิธีการตัด (Cut Block), วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut) จากทางเลือกในการปรับปรุงการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Improvement Block) ทั้ง 3 ทางเลือกโดยแต่ละทางเลือกจะมีข้อแตกต่างทางด้านวิธีการในการจัดตารางเวลา เช่น วิธี Insert Block คือการนำค่าของตารางเวลาเดินรถมาปรับปรุงใหม่ โดยใช้วิธีการแทรกตาราง หรือเชื่อมต่อตารางเวลาที่เป็นไปได้ มารวมกันให้เป็นตารางเวลาเดียวกัน วิธี Cut Block เป็นวิธีการในการช่วยปรับปรุงตารางเวลาเดินรถอีกวิธีหนึ่งเช่นกัน โดยเป็นการตัดค่าของตารางเวลาเดินรถเบื้องต้นให้อยู่ภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนดไว้ และนำส่วนที่เหลือจากการตัดค่าของตารางเวลามารวมกับตารางเวลาอื่น ๆ ที่สามารถเชื่อมต่อกันได้ และวิธีสุดท้ายคือการรวมทางเลือกทั้งสองทางเลือก คือ Insert และ Cut เป็นวิธีที่ทำการตัดตารางเวลาเดินรถที่เป็นไปได้ก่อนและหลังจากนั้นก็นำเศษ (Leftover) จากการตัดค่า มาทำการแทรกหรือรวมค่าที่เป็นไปได้ โดยรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) วิธีการแทรก (Insert Block)

เป็นวิธีการที่นำค่าของขั้นตอนการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่หามาได้ นำมาปรับปรุง โดยการใช้วิธีแทรกหรือเชื่อมต่อตารางเวลา เพื่อให้กระบวนการทางคอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ในวิธีการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบ Insert Block ขั้นตอนในการการคำนวณ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนภาพขั้นตอนการปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Insert Block

ขั้นตอนที่ 1 : เลือกตารางเวลาเดินทางประจำทางเริ่มต้น

(Select First Initial Block)

ขั้นตอนนี้เป็นการเลือกตารางเวลาเดินทางประจำทางเริ่มต้น จากหมายเลขของ ตารางเวลาเดินทางเบื้องต้น (Initial Block) โดยเลือกจากเวลาเดินทางออกจากท่าต้นทาง (Departure Time) จากก่อนไปหลัง จากนั้นตรวจสอบว่าตารางเวลานั้นถูกเลือกหรือยัง ถ้าถูกเลือกแล้วให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินทางประจำทางเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 2 : เลือกตารางเวลาเดินทางต่อไป

(Select Next Initial Block)

เป็นการเลือกตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นต่อไป โดยเลือกเรียงจากค่าของ เวลาที่ออกจากท่าต้นทาง (Departure Time) ที่มาก่อนไปหลัง จากนั้นตรวจสอบว่าตารางเวลานั้นถูกเลือกหรือยัง ถ้าถูกเลือกแล้วให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินทางประจำทางเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง แต่ถ้ายังไม่ถูกเลือก ให้ตรวจสอบข้อจำกัดที่ 3.8 คือ

$$\text{Vehicle Break Min} \leq \text{Vehicle Break} \leq \text{Vehicle Break Max} \quad (3.8)$$

โดยค่าของ Vehicle Break หาได้จากสมการที่ 3.11

$$\text{Vehicle Break} = \text{Departure Time}_{(\text{Next Initial Block})} - \text{Arrival Time}_{(\text{Current Initial Block})} \quad (3.11)$$

ถ้าเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งาน (Vehicle Break) ไม่อยู่ในเงื่อนไข ให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินทางต่อไป ถ้าอยู่ในเงื่อนไขให้ตรวจสอบข้อจำกัดของท่าต้นทางและท่าปลายทางในขั้นตอนที่ 3 เพื่อเลือกตารางเวลาเดินทางจากเส้นทางเดินทางอื่น ๆ

ขั้นตอนที่ 3 : เลือกตารางเวลาเดินทางต่อไปจากเส้นทาง
เดินทางประจำทางอื่น ๆ

เป็นขั้นตอนการเลือกตารางเวลาเดินทางจากเส้นทางเดินทางประจำทางอื่น ๆ โดยการตรวจสอบเงื่อนไขของท่าต้นทางและท่าปลายทางว่าเป็นจุดเดียวกันหรือไม่จากเงื่อนไขที่ 3.12

$$\text{Location End}_{(\text{Current Block})} = \text{Location Start}_{(\text{Next Block})} \quad (3.12)$$

If $\text{Location End}_{(\text{Current Block})} = \text{Location Start}_{(\text{Next Block})}$
; No deadhead (3.12.1)

Else $\text{Location End}_{(\text{Current Block})} \neq \text{Location Start}_{(\text{Next Block})}$
; Check: deadhead time \leq Vehicle Break (3.12.2)

จากสมการที่ 3.12 เป็นการตรวจสอบว่าท่าปลายทางนั้น สามารถนำรถประจำทางวิ่งในเส้นทางอื่นได้หรือไม่ คือถ้า $\text{Location End}_{(\text{Current Block})} = \text{Location Start}_{(\text{Next Block})}$ หมายถึงท่าต้นทางและท่าปลายทางเป็นจุดเดียวกันจึงสามารถเปลี่ยนเส้นทางการเดินทางได้โดยไม่ต้องทำการ Deadhead แต่ถ้า $\text{Location End}_{(\text{Current Block})} \neq \text{Location Start}_{(\text{Next Block})}$ หมายถึงท่าต้นทางและท่าปลายทางไม่เป็นจุดเดียวกัน ดังนั้นต้องทำการตรวจสอบว่าสามารถเปลี่ยนเส้นทางเดินทางได้หรือไม่ โดยการตรวจสอบ Deadhead time ว่ามีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งานหรือไม่ ถ้าใช่ก็สามารถเปลี่ยนเส้นทางการเดินทางไปยังเส้นทางเดินทางอื่น ๆ ได้ ถ้าไม่ใช่ให้หยุดการเลือกตารางเวลาเดินทาง และกลับไปเลือกตารางเวลาเดินทางประจำทางเริ่มต้นใหม่อีกครั้งในขั้นตอนที่ 1 จนกว่าตารางเวลาเดินทางจะถูกเลือกทั้งหมด

ตัวอย่างที่ 3.2 จากขั้นตอนการจัดตารางเดินทางเบื้องต้น โดยจะได้ค่าต่าง ๆ ที่ต้องการในการนำเข้าข้อมูล ดังนี้

กำหนดให้: Vehicle Break Max = 4:00,

Vehicle Break Min = 0:00,

No. Insert Block \leq 2

ซึ่งตัวอย่างในการคำนวณ โดยละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข.

ตารางที่ 3.8 แสดงตัวอย่างข้อมูลนำเข้าของการจัดตารางเดินรถประจำทาง (Improvement Block)

Initial Block No.: 1

Trip No.: 12, 95, 276, 400, 524, 718, 88 , 949

Departure Time: 4:20, 6:09, 8:30, 10:45, 12:54, 15:48, 18:25, 19:38

Arrival Time: 6:02, 8:24, 10:45, 12 52, 15:46, 18:16, 19:36, 22:21

Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 1

Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 4, 1, 2

Route No.: 3, 3, 3, 3, 2, 8, 7, 1

Worked Time: 1:42, 2:15, 2:15, 2:07, 2:52, 2:28, 1:11, 2:43

Break Time: 0:00, 0:07, 0:06, 0:00, 0:02, 0:02, 0:01, 0:02

Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:08, 0:00

Total Worked Time: 17:33 hr.

Total Break: 0:28 hr.

Total Deadhead: 0:08

Spread Time: 18:01 hr.

Initial Block No.: 2

Trip No.: 30, 76, 140, 222, 309, 370, 458, 605, 827, 1015

Departure Time: 5:00, 5:50, 6:42, 7:42, 9:00, 10:12, 11:40, 14:08, 17:27, 21:00

Arrival Time: 5:48, 6:38, 7:41, 8:59, 10:11, 11:26, 14:03, 17:23, 20:52, 22:45

Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 4, 1, 2, 1

Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 5, 1, 2, 1, 2

Route No.: 6, 6, 6, 6, 6, 9, 8, 1, 1, 1

Worked Time: 0:48, 0:48, 0:59, 1:17, 1:11, 1:14, 2:23, 3:15, 3:25, 1:45

Break Time: 0:00, 0:02, 0:04, 0:01, 0:01, 0:01, 0:05, 0:05, 0:04, 0:08

Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:09, 0:00, 0:00, 0:00

Total Worked Time: 17:05 hr.

Total Break: 0:40 hr.

Total Deadhead: 0:09

Spread Time: 17:45 hr.

Initial Block No.: 3

Trip No.: 56, 120, 201, 274, 338, 393, 445, 560, 784, 838, 905, 987, 1067, 1073

Departure Time: 5:30, 6:28, 7:28, 8:28, 9:36, 10:36, 11:30, 13:25, 16:45, 17:40, 18:48, 20:21, 22:30, 23:30

Arrival Time: 6:22, 7:26, 8:25, 9:28, 10:35, 11:30, 13:25, 16:45, 17:34, 18:48, 20:18, 22:23, 23:20, 0:31

Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 1, 1

Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 1, 1, 3

Route No.: 5, 5, 5, 5, 5, 5, 4, 3, 6, 5, 7, 7, 6, 7

Worked Time: 0:52, 0:58, 0:57, 1:00, 0:59, 0:54, 1:55, 3:20, 0:49, 1:08, 1:30, 2:02, 0:50, 1:01

Break Time: 0:00, 0:06, 0:02, 0:03, 0:08, 0:01, 0:00, 0:00, 0:00, 0:06, 0:00, 0:03, 0:07, 0:10

Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00

Total Worked Time: 18:15 hr.

Total Break: 0:46 hr.

Total Deadhead: 0:00

Spread Time: 19:01 hr.

Initial Block No.: 4

Trip No.: 142, 314, 448, 612

Departure Time: 6:45, 9:09, 11:30, 14:15

Arrival Time: 9:03, 11:26, 14:11, 17:01

Location Start: 1, 1, 1, 1

Location End: 1, 1, 1, 1

Route No.: 2, 2, 2, 2

Worked Time: 2:18, 2:17, 2:41, 2:46

Break Time: 0:00, 0:06, 0:04, 0:04

Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00

Total Worked Time: 10:02 hr.

Total Break: 0:14 hr.

Total Deadhead: 0:00

Spread Time: 10:16 hr.

Initial Block No.: 5

Trip No.: 434, 597

Departure Time: 11:18, 14:00

Arrival Time: 13:56, 17:33

Location Start: 1, 2

Location End: 2, 1

Route No.: 1, 1

Worked Time: 2:38, 3:33

Break Time: 0:00, 0:04

Deadhead Time: 0:00

Total Worked Time: 6:11 hr.

Total Break: 0:04 hr.

Total Deadhead: 0:00

Spread Time: 6:15 hr.

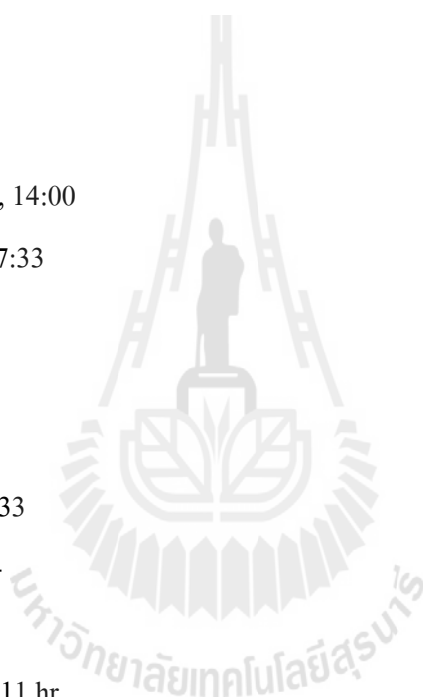
Initial Block No.: 6

Trip No.: 467, 534, 602, 663, 725

Departure Time: 11:50, 13:00, 14:00, 15:00, 15:54

Arrival Time: 12:57, 13:58, 15:00, 15:48, 16:42

Location Start: 1, 1, 1, 1, 1



Location End: 1, 1, 1, 1, 1

Route No.: 6, 6, 6, 6, 6

Worked Time: 1:07, 0:58, 1:00, 0:48, 0:48

Break Time: 0:00, 0:03, 0:02, 0:00, 0:06

Deadhead Time: 0:00

Total Worked Time: 4:41 hr.

Total Break: 0:11 hr.

Total Deadhead: 0:00

Spread Time: 4:52 hr.

Initial Block No.: 7

Trip No.: 803, 860

Departure Time: 17:00, 18:00

Arrival Time: 17:53, 19:03

Location Start: 1, 1

Location End: 1, 1

Route No.: 6, 6

Worked Time: 0:53, 1:03

Break Time: 0:00, 0:07

Deadhead Time: 0:00

Total Worked Time: 1:56 hr.

Total Break: 0:07 hr.

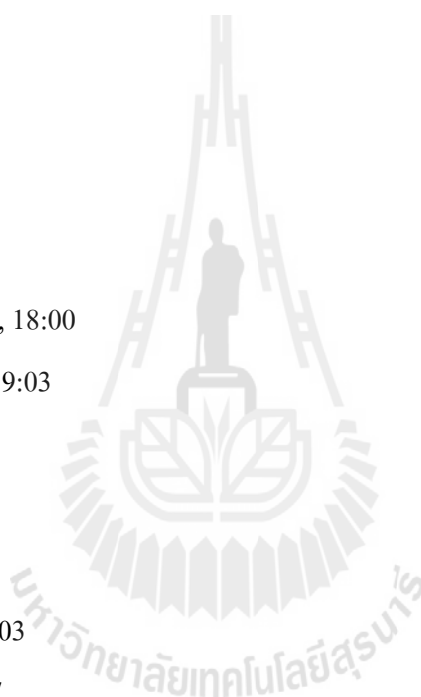
Total Deadhead: 0:00

Spread Time: 2:03 hr.

Initial Block No.:8

Trip No.: 891

Departure Time: 18:32



Arrival Time: 19:36

Location Start: 1

Location End: 1

Route No.: 5

Worked Time: 1:04

Break Time: 0:00

Deadhead Time: 0:00

Total Worked Time: 1:04 hr.

Total Break: 0:00 hr.

Total Deadhead: 0:00

Spread Time: 1:04 hr.

Initial Block No.:9

Trip No.: 944

Departure Time: 19:30

Arrival Time: 21:23

Location Start: 5

Location End: 1

Route No.: 9

Worked Time: 1:53

Break Time: 0:00

Deadhead Time: 0:00

Total Worked Time: 1:53 hr.

Total Break: 0:00 hr.

Total Deadhead: 0:00

Spread Time: 1:53 hr.

Initial Block No.:10



Trip No.: 980
Departure Time: 20:13
Arrival Time: 20:58
Location Start: 1
Location End: 1
Route No.: 5
Worked Time: 0:45
Break Time: 0:00
Deadhead Time: 0:00
Total Worked Time: 0:45 hr.
Total Break: 0:00 hr.
Total Deadhead: 0:00
Spread Time: 0:45 hr.

จากตารางที่ 3.8 เป็นตัวอย่างที่ใช้ข้อมูลนำเข้าของขั้นตอนการปรับปรุงการจัดตารางเดินรถประจำทาง (Improvement Block) เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจสามารถนำข้อมูลนำเข้าจากตารางที่ 3.12 มาเขียนเป็นแผนภูมิได้ ดังรูปที่ 3.3

Block No.	Start/End Time																				Spread Time		
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23	0
1	4:20 _____ 22:21																				18:01		
2	5:00 _____ 22:45																				17:45		
3	5:30 _____ 0:31																				19:01		
4	6:45 _____ 17:03																				10:16		
5	11:18 _____ 17:33																				6:15		
6	11:50 _____ 16:42																				4:52		
7	17:00 _____ 19:03																				2:03		
8	18:32 _____ 19:36																				1:04		
9	19:30 _____ 21:23																				1:53		
10	20:13 _____ 20:58																				0:45		

รูปที่ 3.3 แผนภูมิแสดงเวลาในการเริ่ม/หยุด การทำงานของตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Blocking)

จากการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นโดยใช้วิธี Insert Block สามารถปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางให้มีค่าน้อยลง ซึ่งจากการใช้วิธี Insert ทำให้ได้ค่าต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.9 ตารางแสดงผลการจัดตารางเดินรถประจำทาง โดยใช้วิธี Insert Block

Improvement Block No.: 1
Initial Block No.: 1
Trip No.: 12, 95, 276, 400, 524, 718, 883, 949
Departure Time: 4:20, 6:09, 8:30, 10:45, 12:54, 15:48, 18:25, 19:38
Arrival Time: 6:02, 8:24, 10:45, 12:52, 15:46, 18:16, 19:36, 22:21
Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 1
Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 4, 1, 2
Route No.: 3, 3, 3, 3, 2, 8, 7, 1
Worked Time: 1:42, 2:15, 2:15, 2:07, 2:52, 2:28, 1:11, 2:43
Break Time: 0:00, 0:07, 0:06, 0:00, 0:02, 0:02, 0:01, 0:02
Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:08, 0:00
Vehicle Break: 0:00
Total Worked Time: 17:33 hr.
Total Break: 0:28 hr.
Total Deadhead: 0:08
Total Vehicle Break: 0:00
Spread Time: 18:01 hr.
Improvement Block No.: 2
Initial Block No.: 2
Trip No.: 30, 76, 140, 222, 309, 370, 458, 605, 827, 1015
Departure Time: 5:00, 5:50, 6:42, 7:42, 9:00, 10:12, 11:40, 14:08, 17:27, 21:00
Arrival Time: 5:48, 6:38, 7:41, 8:59, 10:11, 11:26, 14:03, 17:23, 20:52, 22:45
Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 4, 1, 2, 1

Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 5, 1, 2, 1, 2

Route No.: 6, 6, 6, 6, 6, 9, 8, 1, 1, 1

Worked Time: 0:48, 0:48, 0:59, 1:17, 1:11, 1:14, 2:23, 3:15, 3:25, 1:45

Break Time: 0:00, 0:02, 0:04, 0:01, 0:01, 0:01, 0:05, 0:05, 0:04, 0:08

Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:09, 0:00, 0:00, 0:00

Vehicle Break: 0:00

Total Worked Time: 17:05 hr.

Total Break: 0:40 hr.

Total Deadhead: 0:09

Total Vehicle Break: 0:00

Spread Time: 17:45 hr.

Improvement Block No.: 3

Initial Block No.: 3

Trip No.: 56, 120, 201, 274, 338, 393, 445, 560, 784, 838, 905, 987, 1067, 1073

Departure Time: 5:30, 6:28, 7:28, 8:28, 9:36, 10:36, 11:30, 13:25, 16:45, 17:40, 18:48, 20:21, 22:30, 23:30

Arrival Time: 6:22, 7:26, 8:25, 9:28, 10:35, 11:30, 13:25, 16:45, 17:34, 18:48, 20:18, 22:23, 23:20, 0:31

Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 1, 1

Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 1, 1, 3

Route No.: 5, 5, 5, 5, 5, 5, 4, 3, 6, 5, 7, 7, 6, 7

Worked Time: 0:52, 0:58, 0:57, 1:00, 0:59, 0:54, 1:55, 3:20, 0:49, 1:08, 1:30, 2:02, 0:50, 1:01

Break Time: 0:00, 0:06, 0:02, 0:03, 0:08, 0:01, 0:00, 0:00, 0:00, 0:06, 0:00, 0:03, 0:07, 0:10

Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00

Vehicle Break: 0:00

Total Worked Time: 18:15 hr.

Total Break: 0:46 hr.

Total Deadhead: 0:00

Total Vehicle Break: 0:00

Spread Time: 19:01 hr.

Improvement Block No.: 4

Initial Block No.: 4, 8, 10

Trip No.: 142, 314, 448, 612, 891, 980

Departure Time: 6:45, 9:09, 11:30, 14:15, 18:32, 20:13

Arrival Time: 9:03, 11:26, 14:11, 17:01, 19:36, 20:58

Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1

Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 1

Route No.: 2, 2, 2, 2, 5, 5

Worked Time: 2:18, 2:17, 2:41, 2:46, 1:04, 0:45

Break Time: 0:00, 0:06, 0:04, 0:04, 0:00, 0:00

Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00

Vehicle Break: 1:31, 0:37

Total Worked Time: 11:51 hr.

Total Break: 0:14 hr.

Total Deadhead: 0:00

Total Vehicle Break: 2:08

Spread Time: 14:13 hr.

Improvement Block No.: 5

Initial Block No.: 5, 9

Trip No.: 434, 597, 944

Departure Time: 11:18, 14:00, 19:30

Arrival Time: 13:56, 17:33, 21:23

Location Start: 1, 2, 5

Location End: 2, 1, 1

Route No.: 1, 1, 9

Worked Time: 2:38, 3:33, 1:53

Break Time: 0:00, 0:04, 0:00

Deadhead Time: 0:00, 0:00

Vehicle Break: 1:57

Total Worked Time: 8:04 hr.

Total Break: 0:04 hr.

Total Deadhead: 0:00

Total Vehicle Break: 1:57

Spread Time: 10:05 hr.

Improvement Block No.: 6

Initial Block No.: 6, 7

Trip No.: 467, 534, 602, 663, 725, 803, 860

Departure Time: 11:50, 13:00, 14:00, 15:00, 15:54, 17:00, 18:00

Arrival Time: 12:57, 13:58, 15:00, 15:48, 16:42, 17:53, 19:03

Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1

Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1

Route No.: 6, 6, 6, 6, 6, 6, 6

Worked Time: 1:07, 0:58, 1:00, 0:48, 0:48, 0:53, 1:03

Break Time: 0:00, 0:03, 0:02, 0:00, 0:06, 0:00, 0:07

Deadhead Time: 0:00, 0:00

Vehicle Break: 0:18

Total Worked Time: 6:37 hr.

Total Break: 0:18 hr.

Total Deadhead: 0:00

Total Vehicle Break: 0:18

Spread Time: 7:13 hr.

Block No.	Start/End Time																					Spread Time	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		0
1	4:20 _____ 22:21																					18:01	
2	5:00 _____ 22:45																					17:45	
3	5:30 _____ 0:31																					19:01	
4	6:45 _____ 20:58																					14:13	
5	11:18 _____ 21:23																					10:05	
6	11:50 _____ 19:03																					7:13	

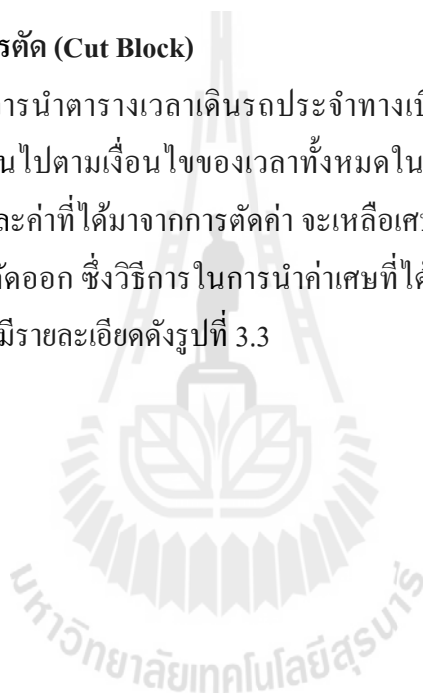
รูปที่ 3.4 แผนภูมิแสดงผลของเวลาในการเริ่ม/หยุด ของการปรับปรุงตารางเดินรถประจำทาง (Improvement Blocking) โดยใช้วิธี Insert Block

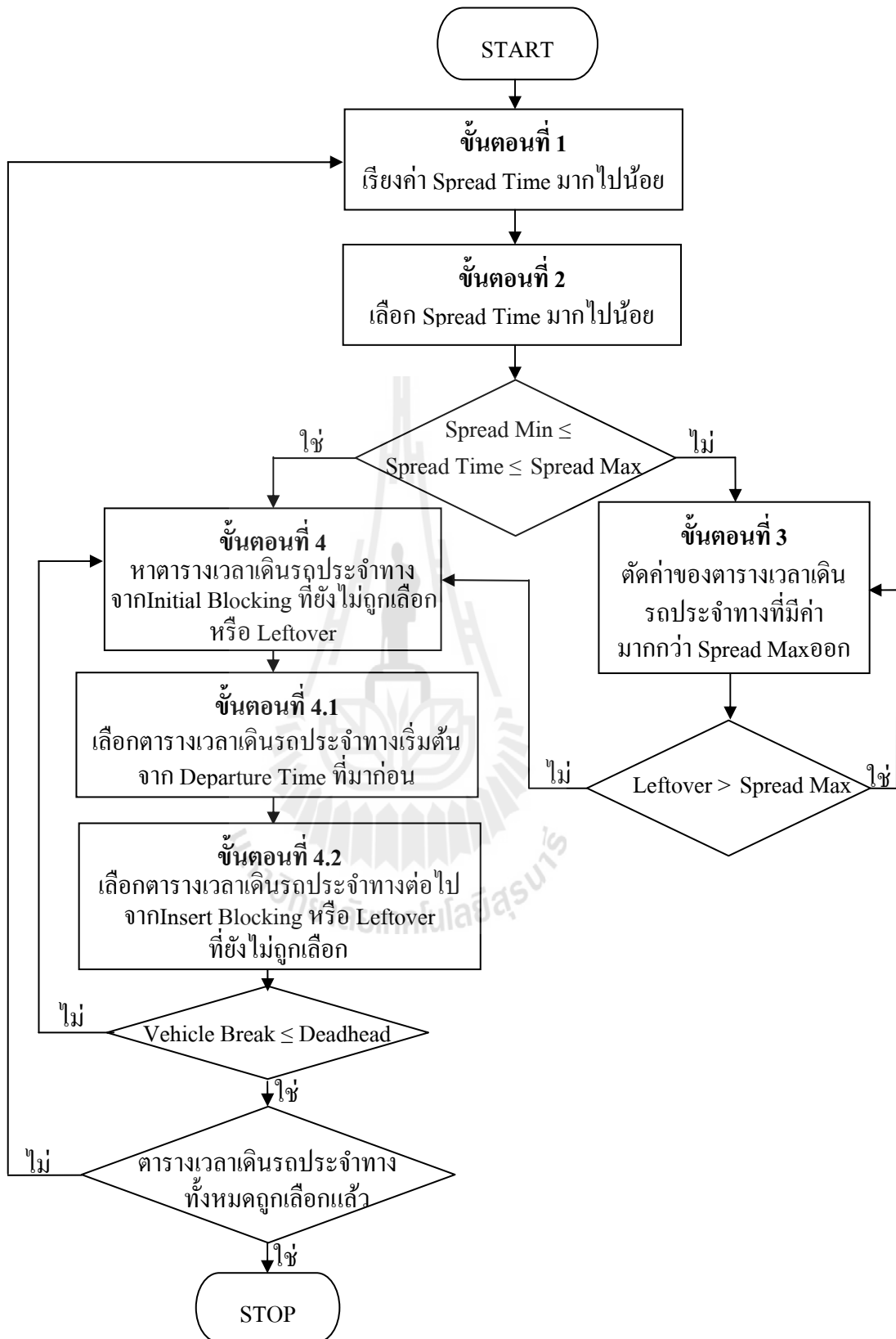
จากตารางที่ 3.9 จะเห็นได้ว่าเมื่อได้ทำการปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทาง โดยการใช่วิธี Insert Block สามารถลดจำนวนตารางเวลาได้ ซึ่งจากเดิมมีทั้งหมด 10 Block ลดลงเหลือ 6 Block จากการใช้ข้อจำกัดต่าง ๆ เพื่อช่วยในการกำหนดขอบเขตของข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การใช่วิธีการ Insert Block ในการปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางในแต่ละครั้ง จะต้องอาศัยข้อจำกัดด้านเวลาในการพัก เพื่อช่วยในการกำหนดเวลาในการพักแต่ละครั้งให้เหมาะสม โดยการปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบ Insert Block นี้ สามารถลดจำนวนรถโดยสารประจำทางที่ใช้และประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทางอีกด้วย

(2) วิธีการตัด (Cut Block)

เป็นการนำตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block) มาปรับปรุงโดยใช่วิธีการตัดค่าให้เป็นไปตามเงื่อนไขของเวลาทั้งหมดในการทำงานของรถประจำทาง รวมเวลาพัก (Spread Time) และค่าที่ได้มาจากการตัดค่า จะเหลือเศษ (Leftover) ของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่ถูกตัดออก ซึ่งวิธีการในการนำค่าเศษที่ได้จากการตัดมาเชื่อมต่อกัน โดยการกำหนดข้อจำกัดต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 3.3





รูปที่ 3.5 แผนภาพขั้นตอนการปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Cut Block

ขั้นตอนที่ 1 : เรียงตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่มีค่าของ Spread Time
ที่มีค่ามากที่สุดไปยังค่าน้อยที่สุด

ขั้นตอนนี้เป็นารเรียงค่าของ Spread Time ที่มีค่ามากที่สุดไปยังน้อยที่สุด เมื่อทำ
การเรียงค่าเสร็จแล้วให้ทำขั้นตอนที่ 2 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 : เลือกค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นจาก Spread
Time ที่มีค่ามากที่สุด

เป็นการเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่มี Spread Time ที่มีค่าที่
มากที่สุด โดยที่ยังไม่ถูกเลือก มาตรวจสอบเงื่อนไขที่ 3.9 คือ

$$\text{Spread Min} \leq \text{Spread Time} \leq \text{Spread Max} \quad (3.9)$$

จากเงื่อนไขที่ 3.9 เมื่อเราได้ค่า Spread time ที่มีค่ามากที่สุดแล้ว ให้นำมา
ตรวจสอบคุณสมบัติของ Spread time คือถ้า Spread time มีค่าน้อยกว่าค่าของ Spread Max ให้นำค่า
ของ Spread Time เก็บไว้ในขั้นตอนที่ 4 แต่ถ้ามีค่าของ Spread Time มากกว่า Spread Max ให้นำ
ค่าที่ได้มาตัดค่าในขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 : การตัดค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่มีค่า Spread
Time มากกว่า Spread Max

เป็นการตัดค่าของตารางเวลาการเดินรถประจำทางเบื้องต้น โดยการตรวจสอบ
จากค่าของ Spread Time โดยมีหลักการอยู่ว่า ในการตัดค่าตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นของ
Spread Time มากกว่า Spread Max จะเป็นการตัดค่าของ หมายเลขการเดินทาง (Trip No.) จาก
หมายเลขการเดินทางที่อยู่ท้ายสุด (หลังสุด) ออกทีละหมายเลขการเดินทาง โดยการหาค่า Spread
Time ของตารางเวลาที่ถูกต้องแล้ว เป็นดังสมการที่ 3.13

$$\text{Spread Time}_{\text{Initial Block No.(L)}} = \text{Arrival Time}_{\text{Last Trip No.}} - \text{Departure Time}_{\text{First Trip No.}} \quad (3.13)$$

จากสมการที่ 3.13 ค่าของ Spread time หาได้จาก ค่าของ Arrival Time ของ
หมายเลขการเดินทางสุดท้ายลบกับ Departure Time ของหมายเลขการเดินทางเริ่มต้น ในการตัด
ออกแต่ละครั้งของหมายเลขการเดินทางตัวสุดท้าย ให้ตรวจสอบค่าของ Spread Time ตารางเวลาที่
ถูกต้องออกจนกว่าจะได้ค่าของ Spread Time ที่อยู่ในเงื่อนไขที่ 3.9

ขั้นตอนที่ 4 : ขั้นตอนการรวมค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทาง
เบื้องต้นกับเศษเหลือ

ขั้นตอนนี้เป็นการเรียงค่าของ Departure Time ของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่อยู่ในเงื่อนไขที่ 3.9 (จากขั้นตอนที่ 2) และเศษเหลือ (Leftover) จากการตัดค่าของขั้นตอนที่ 3 ที่มาก่อนไปหลัง จากนั้นเลือกตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้นหรือ Leftover ที่มีค่าของ Departure Time ที่มาก่อน

ต่อมานำค่าที่ได้มาเชื่อมกับตารางเวลาเดินรถประจำทางหรือ leftover ในเงื่อนไขที่ 3.8 เมื่อรวมค่าเสร็จแล้วให้ตรวจสอบค่าของ Spread Time อีกครั้งในเงื่อนไขที่ 3.9 ถ้าค่าของ Spread time มีค่ามากกว่า Spread Max ให้เลือกตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้นหรือ Leftover ถัดไปจนกว่าอีกครั้ง แต่ถ้าอยู่ในเงื่อนไขให้รวมค่าได้ และกลับไปเลือกค่าของตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้นหรือ Leftover อีกครั้ง จนกว่าจะครบ

ตัวอย่างที่ 3.3 จากตารางที่ 3.12 จะได้ค่าของการจัดตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้น และค่าต่าง ๆ ที่ต้องการในการนำเข้าสู่ข้อมูล มีดังนี้

กำหนดให้ Vehicle Break Max = 4:00

Vehicle Break Min = 0:00

Spread Max = 16:00

Spread Min = 0:00

ซึ่งตัวอย่างในการคำนวณโดยละเอียดอยู่ในภาคผนวก ก.

ตารางที่ 3.10 ตารางแสดงผลของการจัดตารางเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Cut Block

Improvement Block No.: 1

Initial Block No.: 3L

Trip No.: 56, 120, 201, 274, 338, 393, 44 , 560, 7 4, 838, 905, 987

Departure Time: 5:30, 6:28, 7:28, 8:28, 9:36, 10:36, 11:30, 13:25, 16:45, 17:40, 18:48

Arrival Time: 6:22, 7:26, 8:25, 9:28, 10:35, 11:30, 13:25, 16:45, 17:34, 18:48, 20:18

Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1

Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3

Route No.: 5, 5, 5, 5, 5, 5, 4, 3, 6, 5, 7

Worked Time: 0:52, 0:58, 0:57, 1:00, 0:59, 0:54, 1:55, 3:20, 0:49, 1:08, 1:30

Break Time: 0:00, 0:06, 0:02, 0:03, 0:08, 0:01, 0:00, 0:00, 0:00, 0:06, 0:00

Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00

Vehicle Break: 0:00

Total Worked Time: 15:22 hr.

Total Break: 0:26 hr.

Total Deadhead: 0:00

Total Vehicle Break: 0:00

Spread Time: 15:48hr.

Improvement Block No.: 2

Initial Block No.: 1L

Trip No.: 12, 95, 276, 400, 524, 718, 883

Departure Time: 4:20, 6:09, 8:30, 10:45, 12:54, 15:48, 18:25

Arrival Time: 6:02, 8:24, 10:45, 12:52, 15:46, 18:16, 19:36

Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3

Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 4, 1

Route No.: 3, 3, 3, 3, 2, 8, 7

Worked Time: 1:42, 2:15, 2:15, 2:07, 2:52, 2:28, 1:11

Break Time: 0:00, 0:07, 0:06, 0:00, 0:02, 0:02, 0:01

Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:08

Vehicle Break: 0:00

Total Worked Time: 14:50 hr.

Total Break: 0:18 hr.

Total Deadhead: 0:08

Total Vehicle Break: 0:00

Spread Time: 15:16 hr.

Improvement Block No.: 3

Initial Block No.: 2L

Trip No.: 30, 76, 140, 222, 309, 370, 458, 605, 827, 1015

Departure Time: 5:00, 5:50, 6:42, 7:42, 9:00, 10:12, 11:40, 14:08, 17:27

Arrival Time: 5:48, 6:38, 7:41, 8:59, 10:11, 11:26, 14:03, 17:23, 20:52

Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 4, 1, 2

Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 5, 1, 2, 1

Route No.: 6, 6, 6, 6, 6, 9, 8, 1, 1

Worked Time: 0:48, 0:48, 0:59, 1:17, 1:11, 1:14, 2:23, 3:15, 3:25

Break Time: 0:00, 0:02, 0:04, 0:01, 0:01, 0:01, 0:05, 0:05, 0:04

Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:09, 0:00, 0:00

Vehicle Break: 0:00

Total Worked Time: 15:20 hr.

Total Break: 0:23 hr.

Total Deadhead: 0:09

Total Vehicle Break: 0:00

Spread Time: 15:52 hr.

Improvement Block No.: 4

Initial Block No.: 4, 8

Trip No.: 142, 314, 448, 612, 891

Departure Time: 6:45, 9:09, 11:30, 14:15, 18:32

Arrival Time: 9:03, 11:26, 14:11, 17:01, 19:36

Location Start: 1, 1, 1, 1, 1

Location End: 1, 1, 1, 1, 1

Route No.: 2, 2, 2, 2, 5

Worked Time: 2:18, 2:17, 2:41, 2:46, 1:04

Break Time: 0:00, 0:06, 0:04, 0:04, 0:00

Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00

Vehicle Break: 1:31

Total Worked Time: 11:06hr.

Total Break: 0:14 hr.

Total Deadhead: 0:00

Total Vehicle Break:

Spread Time: 13:51hr.

Improvement Block No.: 5

Initial Block No.: 5, 9

Trip No.: 434, 597, 944

Departure Time: 11:18, 14:00, 19:30

Arrival Time: 13:56, 17:33, 21:23

Location Start: 1, 2, 5

Location End: 2, 1, 1

Route No.: 1, 1, 9

Worked Time: 2:38, 3:33, 1:53

Break Time: 0:00, 0:04, 0:00

Deadhead Time: 0:00, 0:00

Vehicle Break: 1:57

Total Worked Time: 8:04 hr.

Total Break: 0:04 hr.

Total Deadhead: 0:00

Total Vehicle Break: 1:57

Spread Time: 10:05 hr.

Improvement Block No.: 6

Initial Block No.: 6, 7

Trip No.: 467, 534, 602, 663, 725, 803, 860

Departure Time: 11:50, 13:00, 14:00, 15:00, 15:54, 17:00, 18:00

Arrival Time: 12:57, 13:58, 15:00, 15:48, 16:42, 17:53, 19:03

Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1

Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1

Route No.: 6, 6, 6, 6, 6, 6

Worked Time: 1:07, 0:58, 1:00, 0:48, 0:48, 0:53, 1:03

Break Time: 0:00, 0:03, 0:02, 0:00, 0:06, 0:00, 0:07

Deadhead Time: 0:00, 0:00

Vehicle Break: 0:18

Total Worked Time: 6:37 hr.

Total Break: 0:18 hr.

Total Deadhead: 0:00

Total Vehicle Break: 0:18

Spread Time: 7:13 hr.

Improvement Block No.: 7

Initial Block No.: 1R

Trip No.: 949

Departure Time: 19:38

Arrival Time: 22:21

Location Start: 1

Location End: 2

Route No.: 1

Worked Time: 2:43

Break Time: 0:00

Deadhead Time: 0:00

Vehicle Break: 0:00

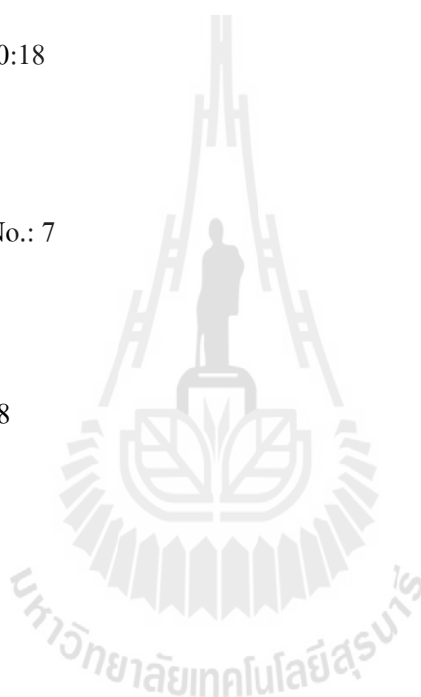
Total Worked Time: 2:43 hr.

Total Break: 0:00 hr.

Total Deadhead: 0:00

Total Vehicle Break: 0:00

Spread Time: 2:43 hr.



Improvement Block No.: 8

Initial Block No.: 10, 2R

Trip No.: 980, 1015

Departure Time: 20:13, 21:00

Arrival Time: 20:58, 22:45

Location Start: 1, 1

Location End: 1, 2

Route No.: 5, 1

Worked Time: 0:45, 1:45

Break Time: 0:00, 0:00

Deadhead Time: 0:00, 0:00

Vehicle Break: 0:00,0:02

Total Worked Time: 2:30 hr.

Total Vehicle Break: 0:00 hr.

Spread Time: 2:32 hr.

Improvement Block No.: 9

Initial Block No.: 3R

Trip No.: 987, 1067, 1073

Departure Time: 20:21, 22:30, 23:30

Arrival Time: 22:23, 23:20, 0:31

Location Start: 3, 1, 1

Location End: 1, 1, 3

Route No.: 7, 6, 7

Worked Time: 2:02, 0:50, 1:01

Break Time: 0:07, 0:10

Deadhead Time: 0:00, 0:00

Vehicle Break: 0:00

Total Worked Time: 3:53 hr.

Total Break: 0:17 hr.

Total Deadhead: 0:00

Total Vehicle Break: 0:00

Spread Time: 4:10 hr.



Block No.	Start/End Time																			Spread Time			
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		22	23	0
1	5:30 _____ 20:18																			15:48			
2	4:20 _____ 19:36																			15:16			
3	5:00 _____ 20:52																			15:52			
4	6:45 _____ 19:36																			13:51			
5	11:18 _____ 21:23																			10:05			
6	11:50 _____ 19:03																			7:13			
7	19:38 _____ 22:21																			2:43			
8	20:13 _____ 22:45																			2:32			
9	20:21 _____ 0:31																			4:10			

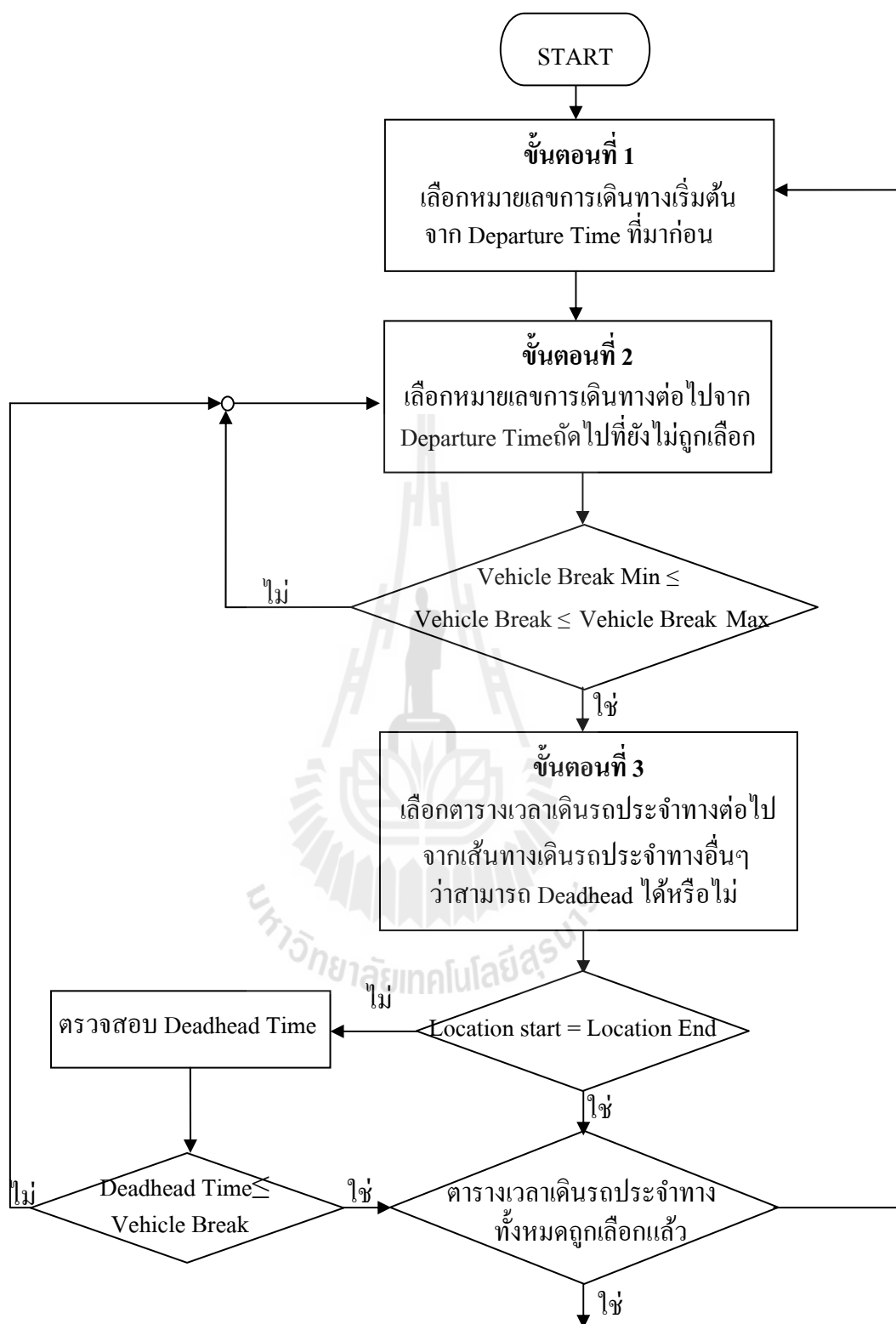
รูปที่ 3.6 แผนภูมิแสดงผลของเวลาในการเริ่ม/หยุด ของการปรับปรุงตารางเดินรถประจำทาง (Improvement Blocking) โดยใช้วิธี Cut Block

จากการใช้วิธีการ Cut Block มาช่วยในการปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทาง จุดเด่นของวิธีนี้คือ สามารถกำหนดเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทำงานของรถแต่ละคัน เพื่อหยุดพักหรือซ่อมบำรุง ซึ่งการกำหนดเวลาในการทำงานมากที่สุดนี้ สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสมของตารางเวลาเดินรถประจำทาง

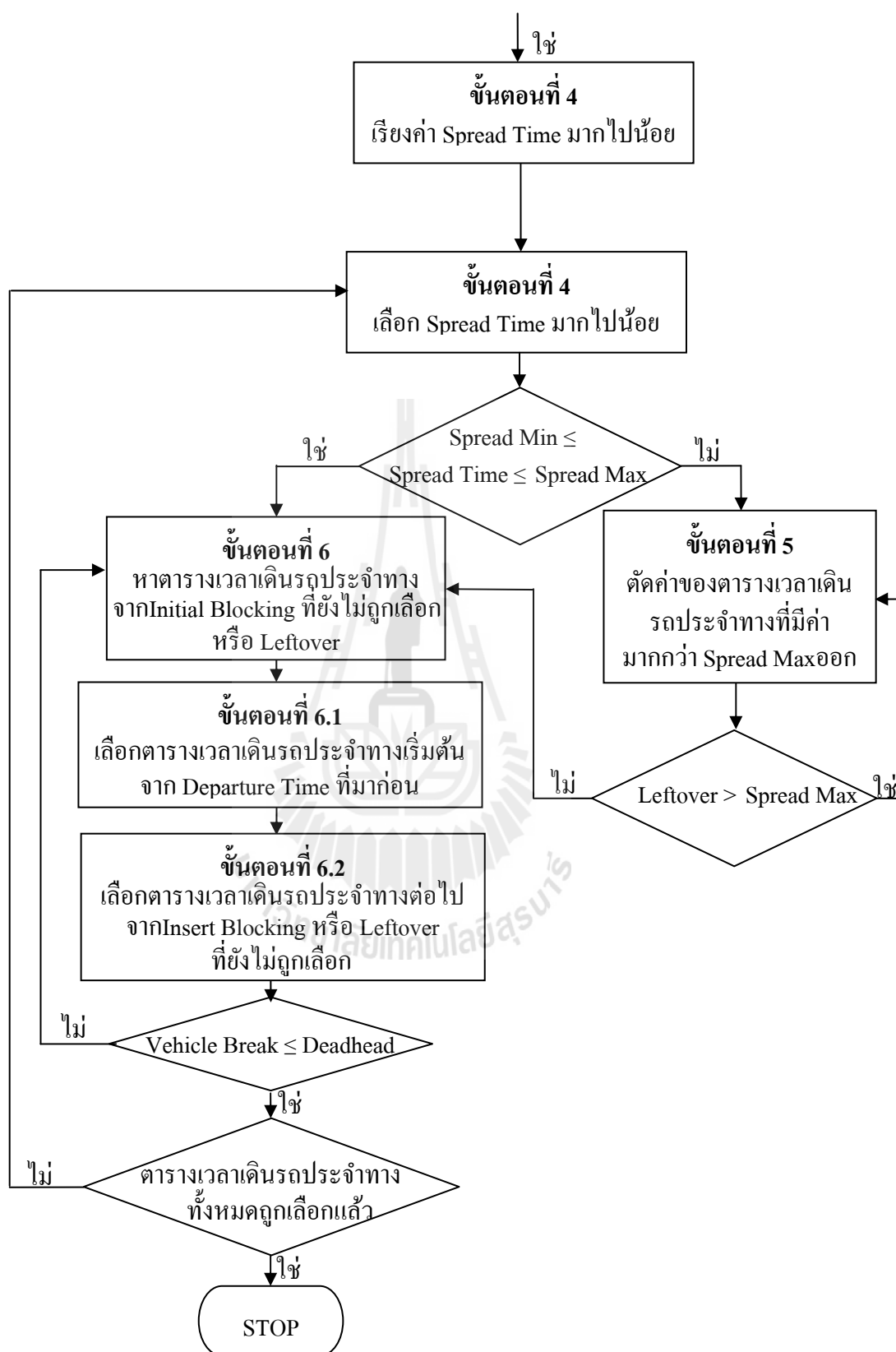
(3) Insert and Cut Block

เป็นการรวมวิธีการ Insert และ Cut Block ในการหาค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Improvement Blocking) โดยนำจุดเด่นของวิธีการทั้งสองมารวมกัน เพื่อให้ค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทาง ที่ได้ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีขั้นตอนในการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง ดังรูปที่ 3.7





รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Insert and Cut Block



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Insert and Cut Block (ต่อ)

ขั้นตอนที่ 1 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น

(Select First Initial Block)

เป็นการเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น จากหมายเลขของตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Blocking) โดยเลือกจากเวลาเดินทางออกจากท่าต้นทาง (Departure Time) จากก่อนไปหลัง จากนั้นตรวจสอบว่าตารางเวลาเดินรถนั้นถูกเลือกหรือยัง ถ้าถูกเลือกแล้วให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 2 : เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางต่อไป

(Select Next Initial Blocking)

เป็นการเลือกตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้นต่อไป โดยเลือกเรียงจากค่าของเวลาที่ออกจากท่าต้นทาง (Departure Time) ที่มาก่อนไปหลัง จากนั้นตรวจสอบว่าตารางเวลาเดินรถนั้นถูกเลือกหรือยัง ถ้าถูกเลือกแล้วให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง แต่ถ้ายังไม่ถูกเลือก ให้ตรวจสอบข้อจำกัดที่ 3.8 และหาค่าของ Vehicle Break ได้จากสมการที่ 3.11 ถ้าเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งาน (Vehicle Break) ไม่อยู่ในเงื่อนไข ให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางต่อไป ถ้าอยู่ในเงื่อนไขให้ตรวจสอบข้อจำกัดของท่าต้นทางและท่าปลายทางในขั้นตอนที่ 3 เพื่อเลือกตารางเดินรถประจำทางจากเส้นทางเดินรถอื่น ๆ

ขั้นตอนที่ 3 : เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางต่อไปจากเส้นทางเดินรถประจำทางอื่น ๆ

เป็นขั้นตอนการเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางจากเส้นทางเดินรถประจำทางอื่น ๆ โดยการตรวจสอบเงื่อนไขของท่าต้นทางและท่าปลายทางว่าเป็นจุดเดียวกันหรือไม่จากเงื่อนไขที่ 3.12

ขั้นตอนที่ 4 : เรียงตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่มีค่าของ

Spread Time ที่มีค่ามากที่สุดไปยังค่าน้อยที่สุด

ขั้นตอนนี้เป็นการเรียงค่าของ Spread Time ที่มีค่ามากที่สุดไปยังน้อยที่สุด เมื่อทำการเรียงค่าเสร็จแล้ว ให้เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่มี Spread Time ที่มีค่ามากที่สุด โดยที่ยังไม่ถูกเลือก ตรวจสอบค่าของ Spread Time ว่าอยู่ในเงื่อนไขที่ 3.9 หรือไม่

ขั้นตอนที่ 5 : การตัดค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่มีค่า

Spread Time มากกว่า Spread Max

เป็นการตัดค่าของตารางเวลาการเดินรถประจำทางเบื้องต้น โดยการตรวจสอบจากค่าของ Spread Time โดยมีหลักการอยู่ว่า ในการตัดค่าตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นของ Spread Time มากกว่า Spread Max จะเป็นการตัดค่าของ หมายเลขการเดินทาง (Trip No.)

จากหมายเลขการเดินทางที่อยู่ท้ายสุด (หลังสุด) ออกที่ละหมายเลขการเดินทาง โดยการหาค่า Spread Time ของตารางเวลาที่ถูกต้องออกแล้ว เป็นดังสมการที่ 3.13

ขั้นตอนที่ 6 ขั้นตอนการรวมค่าของตารางเวลาเดินทางประจำทาง
เบื้องต้นกับเศษเหลือ

ขั้นตอนนี้เป็นการเรียงค่าของ Departure Time ของตารางเวลาเดินทางประจำทางเบื้องต้นที่อยู่ในเงื่อนไขที่ 3.9 (จากขั้นตอนที่ 2) และเศษเหลือ(Leftover) จากการตัดค่าของขั้นตอนที่ 3 ที่มาก่อนไปหลัง จากนั้นเลือกตารางเดินทางเบื้องต้นหรือ Leftover ที่มีค่าของ Departure Time ที่มาก่อน ต่อมานำค่าที่ได้มาเชื่อมกับตารางเวลาเดินทางหรือ leftover ในเงื่อนไขที่ 3.8 เมื่อรวมค่าเสร็จแล้วให้ตรวจสอบค่าของ Spread Time อีกครั้งในเงื่อนไขที่ 3.9 ถ้าค่าของ Spread time มีค่ามากกว่า Spread Max ให้เลือกตารางเดินทางเบื้องต้นหรือ Leftover ถัดไปจนกว่าอีกครั้ง แต่ถ้าอยู่ในเงื่อนไขให้รวมค่าได้ และกลับไปเลือกค่าของตารางเดินทางเบื้องต้นหรือ Leftover อีกครั้ง จนกว่าจะครบ

ตัวอย่างที่ 3.4 จากตารางที่ 3.12 เป็นข้อมูลของ Initial Block ที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้า และมีการกำหนดข้อจำกัดในการหาค่าดังต่อไปนี้

กำหนดให้:

Vehicle Break Max = 4:00,

Vehicle Break Min = 0:00,

No. Insert Block ≤ 2

Spread Max = 16:00

Spread Min = 0:00 ซึ่งตัวอย่างในการคำนวณ โดยละเอียดอยู่ในภาคผนวก ง.

ตารางที่ 3.11 ตารางแสดงผลการจัดตารางเดินทางประจำทาง โดยใช้วิธี Insert and Cut Block

Improvement Block No.: 1

Initial Block No.: 3L

Trip No.: 56, 120, 201, 274, 338, 393, 445, 560, 784, 838, 905, 987

Departure Time: 5:30, 6:28, 7:28, 8:28, 9:36, 10:36, 11:30, 13:25, 16:45, 17:40, 18:48

Arrival Time: 6:22, 7:26, 8:25, 9:28, 10:35, 11:30, 13:25, 16:45, 17:34, 18:48, 20:18

Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1

Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3

Route No.: 5, 5, 5, 5, 5, 4, 3, 6, 5, 7

Worked Time: 0:52, 0:58, 0:57, 1:00, 0:59, 0:54, 1:55, 3:20, 0:49, 1:08, 1:30

Break Time: 0:00, 0:06, 0:02, 0:03, 0:08, 0:01, 0:00, 0:00, 0:00, 0:06, 0:00
 Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00
 Vehicle Break: 0:00
 Total Worked Time: 15:22 hr.
 Total Break: 0:26 hr.
 Total Deadhead: 0:00
 Total Vehicle Break: 0:00
 Spread Time: 15:48hr.

Improvement Block No.: 2

Initial Block No.: 1L

Trip No.: 12, 95, 276, 400, 524, 718, 883

Departure Time: 4:20, 6:09, 8:30, 10:45, 12:54, 15:48, 18:25

Arrival Time: 6:02, 8:24, 10:45, 12:52, 15:46, 18:16, 19:36

Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3

Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 4, 1

Route No.: 3, 3, 3, 3, 2, 8, 7

Worked Time: 1:42, 2:15, 2:15, 2:07, 2:52, 2:28, 1:11

Break Time: 0:00, 0:07, 0:06, 0:00, 0:02, 0:02, 0:01

Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:08

Vehicle Break: 0:00

Total Worked Time: 14:50 hr.

Total Break: 0:18 hr.

Total Deadhead: 0:08

Total Vehicle Break: 0:00

Spread Time: 15:16 hr.

Improvement Block No.: 3

Initial Block No.: 2L

Trip No.: 30, 76, 140, 222, 309, 370, 458, 605, 827, 1015
 Departure Time: 5:00, 5:50, 6:42, 7:42, 9:00, 10:12, 11:40, 14:08, 17:27
 Arrival Time: 5:48, 6:38, 7:41, 8:59, 10:11, 11:26, 14:03, 17:23, 20:52
 Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 4, 1, 2
 Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 5, 1, 2, 1
 Route No.: 6, 6, 6, 6, 6, 9, 8, 1, 1
 Worked Time: 0:48, 0:48, 0:59, 1:17, 1:11, 1:14, 2:23, 3:15, 3:25
 Break Time: 0:00, 0:02, 0:04, 0:01, 0:01, 0:01, 0:05, 0:05, 0:04
 Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:09, 0:00, 0:00
 Vehicle Break: 0:00
 Total Worked Time: 15:20 hr.
 Total Break: 0:23 hr.
 Total Deadhead: 0:09
 Total Vehicle Break: 0:00
 Spread Time: 15:52 hr.
 Improvement Block No.: 4
 Initial Block No.: 4, 8, 10, 2R
 Trip No.: 142, 314, 448, 612, 891, 980, 10:15
 Departure Time: 6:45, 9:09, 11:30, 14:15, 18:32, 20:13, 21:00
 Arrival Time: 9:03, 11:26, 14:11, 17:01, 19:36, 20:58, 22:45
 Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
 Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2
 Route No.: 2, 2, 2, 2, 5, 5, 1
 Worked Time: 2:18, 2:17, 2:41, 2:46, 1:04, 0:45, 1:45
 Break Time: 0:00, 0:06, 0:04, 0:04, 0:00, 0:00, 0:00
 Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00, 0:00
 Vehicle Break: 1:31, 0:37, 0:02
 Total Worked Time: 13:36 hr.
 Total Break: 0:14 hr.

Total Deadhead: 0:00

Total Vehicle Break: 2:10

Spread Time: 16:00 hr.

Improvement Block No.: 5

Initial Block No.: 5, 9

Trip No.: 434, 597, 944, 949

Departure Time: 11:18, 14:00, 19:30

Arrival Time: 13:56, 17:33, 21:23

Location Start: 1, 2, 5, 1

Location End: 2, 1, 1, 2

Route No.: 1, 1, 9, 1

Worked Time: 2:38, 3:33, 1:53, 2:43

Break Time: 0:00, 0:04, 0:00, 0:00

Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00

Vehicle Break: 1:57,

Total Worked Time: 8:04 hr.

Total Break: 0:04 hr.

Total Deadhead: 0:00

Total Vehicle Break: 1:57

Spread Time: 10:05 hr.

Improvement Block No.: 6

Initial Block No.: 6, 7, 1R

Trip No.: 467, 534, 602, 663, 725, 803, 860, 949

Departure Time: 11:50, 13:00, 14:00, 15:00, 15:54, 17:00, 18:00, 19:38

Arrival Time: 12:57, 13:58, 15:00, 15:48, 16:42, 17:53, 19:03, 22:21

Location Start: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1

Location End: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2

Route No.: 6, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 1

Worked Time: 1:07, 0:58, 1:00, 0:48, 0:48, 0:53, 1:03, 2:43

Break Time: 0:00, 0:03, 0:02, 0:00, 0:06, 0:00, 0:07, 0:00

Deadhead Time: 0:00, 0:00, 0:00

Vehicle Break: 0:18, 0:35

Total Worked Time: 9:20 hr.

Total Break: 0:18 hr.

Total Deadhead: 0:00

Total Vehicle Break: 0:53

Spread Time: 10:31 hr.

Improvement Block No.: 7

Initial Block No.: 3R

Trip No.: 987, 1067, 1073

Departure Time: 20:21, 22:30, 23:30

Arrival Time: 22:23, 23:20, 0:31

Location Start: 3, 1, 1

Location End: 1, 1, 3

Route No.: 7, 6, 7

Worked Time: 2:02, 0:50, 1:01

Break Time: 0:07, 0:10

Deadhead Time: 0:00, 0:00

Vehicle Break: 0:00

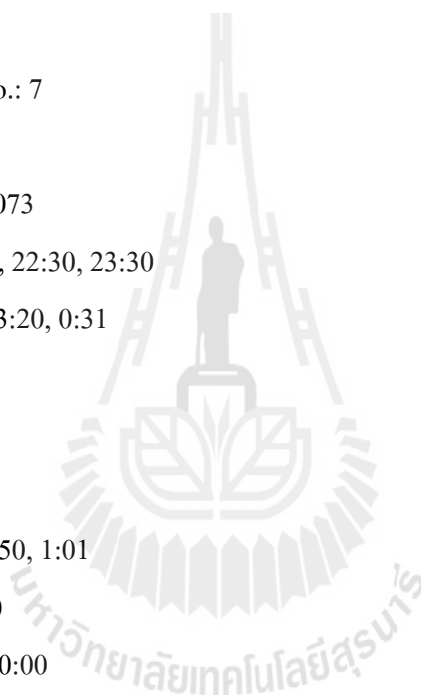
Total Worked Time: 3:53 hr.

Total Break: 0:17 hr.

Total Deadhead: 0:00

Total Vehicle Break: 0:00

Spread Time: 4:10 hr.



การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางโดยการรวมทั้งสองวิธีเข้าด้วยกัน คือ วิธี Insert และ Cut Block เข้าไว้ด้วยกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางคือ นอกจากจะสามารถลดจำนวนของตารางเวลาเดินรถประจำทางแล้ว ยังสามารถกำหนดเวลาในการทำงานมากที่สุดของรถประจำทางได้อีกด้วย



Block No.	Start/End Time																				Spread Time			
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23	0	1
1	5:30 _____ 20:18																			15:48				
2	4:20 _____ 19:36																			15:16				
3	5:00 _____ 20:52																			15:52				
4	6:45 _____ 22:45																			16:00				
5											11:18 _____ 21:23										10:05			
6											11:50 _____ 22:21										10:31			
7																		20:21 _____ 0:31			4:10			

รูปที่ 3.8 แผนภูมิแสดงผลของเวลาในการเริ่ม/หยุด ของการปรับปรุงตารางเดินรถประจำทาง (Improvement Blocking) โดยใช้วิธี Insert and Cut Block

บทที่ 4

การวิเคราะห์วิธีการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง

4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

การวิเคราะห์ตารางเดินรถประจำทาง เป็นการนำข้อมูลของตารางเดินรถโดยสารประจำทางที่อยู่ในอุ้งแสมดำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับการจัดตารางรถ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาจากขั้นตอนการจัดตารางเดินรถประจำทาง TRB, 1998 ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมดมีเส้นทางการเดินรถประจำทางทั้งหมด 6 สาย ได้แก่

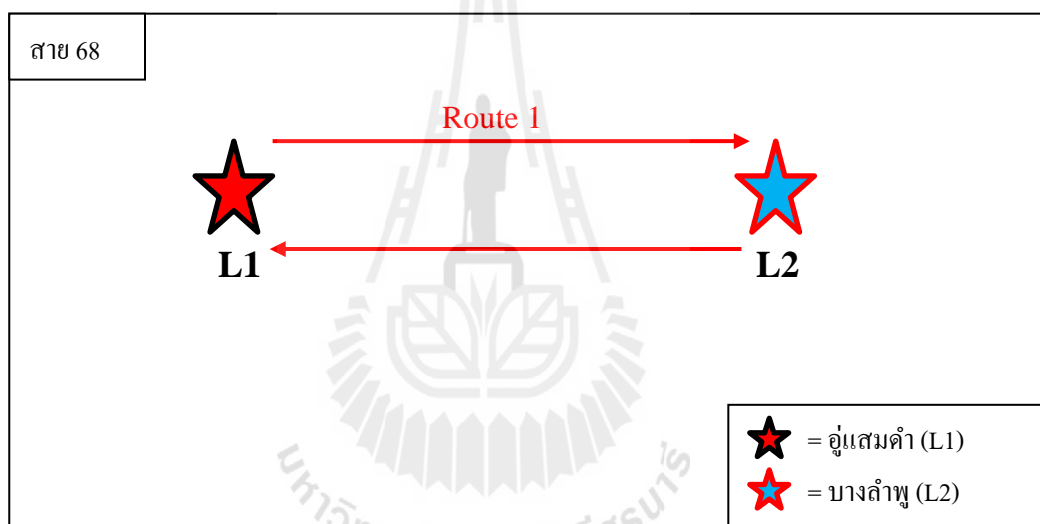
- สาย 68 เป็นเส้นทางเดินรถจากอุ้งแสมดำ-บางลำพู
- สาย 76 เป็นเส้นทางเดินรถจากอุ้งแสมดำ-ประตูน้ำคอมเพล็กซ์-อุ้งแสมดำ
- สาย 105 เป็นเส้นทางเดินรถจากอุ้งแสมดำ-มหาชัย-คลองสาน และ จากอุ้งแสมดำ-มหาชัย-เมืองใหม่
- สาย 111 เป็นเส้นทางเดินรถจากอุ้งแสมดำ-เจริญนครวนขวา และ จากอุ้งแสมดำ-เจริญนครวนซ้าย
- สาย 140 เป็นเส้นทางเดินรถจากอุ้งแสมดำ-อนุสาวรีย์ชัยฯ และ จากอุ้งแสมดำ-การเคหะ
- สาย 141 เป็นเส้นทางเดินรถจากอุ้งแสมดำ-จุฬาฯ

ในการวิเคราะห์การจัดตารางเดินรถประจำทางนั้น จะต้องมีการเตรียมข้อมูลนำเข้า (Input) เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และเพื่อให้ข้อมูลเป็นรูปแบบเดียวกัน ก่อนการวิเคราะห์การจัดตารางเดินรถประจำทางนั้น จะต้องมีการกำหนดเส้นทาง (Route) ทำรถหรืออยู่รถ (Location) ที่สามารถมีการจอดพักหรือสามารถเปลี่ยนเส้นทางได้ ซึ่งการกำหนดเส้นทางและทำรถหรืออยู่รถก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ เป็นดังต่อไปนี้

- Route 1: เป็นเส้นทางเดินรถจากอุ้งแสมดำ-บางลำพู
- Route 2: เป็นเส้นทางเดินรถจากอุ้งแสมดำ-ประตูน้ำคอมเพล็กซ์-อุ้งแสมดำ
- Route3: เป็นเส้นทางเดินรถจากอุ้งแสมดำ-มหาชัย-คลองสาน
- Route4: เป็นเส้นทางเดินรถจากอุ้งแสมดำ-มหาชัย-เมืองใหม่
- Route5: เป็นเส้นทางเดินรถจากอุ้งแสมดำ-เจริญนครวนขวา
- Route6: เป็นเส้นทางเดินรถจากอุ้งแสมดำ-เจริญนครวนซ้าย
- Route7: เป็นเส้นทางเดินรถจากอุ้งแสมดำ-อนุสาวรีย์ชัยฯ
- Route8: เป็นเส้นทางเดินรถจากอุ้งแสมดำ-การเคหะ

- Route9: เป็นเส้นทางเดินรถจากอู่แสมดำ-จุฬาฯ
- Location 1: แสมดำ
- Location 2: บางลำพู
- Location 3: อนุสาวรีย์ชัยฯ
- Location 4: การเคหะ
- Location 5: จุฬาฯ

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างเส้นทางในการเดินรถประจำทางนั้นได้แบ่งเส้นทางเดินรถแต่ละสาย ออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ ซึ่งในการกำหนดเส้นทางเดินรถ และรายละเอียดในการเดินทางของรถประจำทางแต่ละสายนั้น มีรายละเอียดดังรูปที่ 4.1



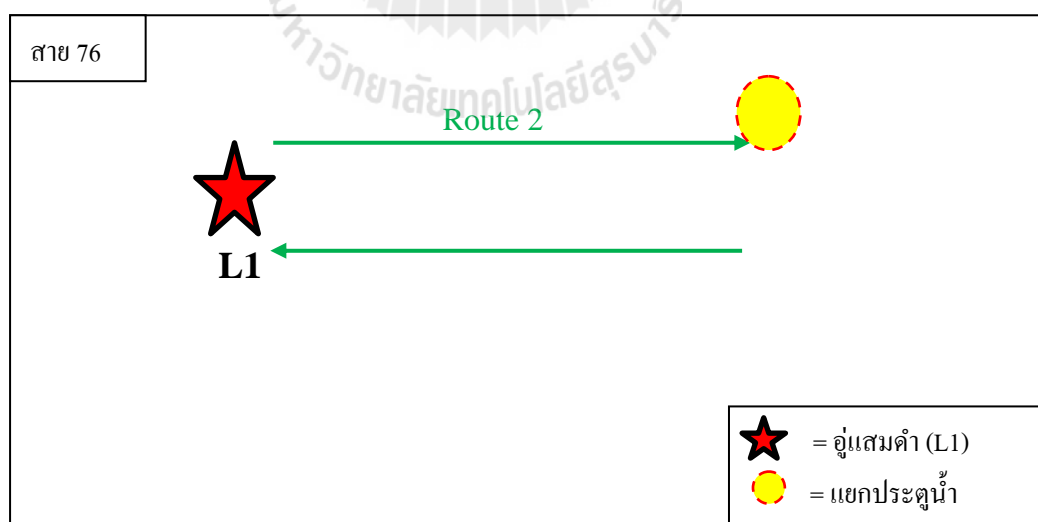
รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะเส้นทางเดินรถประจำทางสาย 68 (อู่แสมดำ-บางลำพู)

เที่ยวไป : อู่แสมดำ คลองระหาร ซอยโพธิ์โมส บางกระดี่ อมรชัย 4 หมู่บ้านพระราม 2 สะแกงาม เคหะชนบุรี โรงพยาบาลพระราม 2 แยกบางขุนเทียน-พระราม 2 พระราม 2 ซอย 58 โรงพยาบาลนครชนพระราม 2 สำนักงานเขตบางขุนเทียน ห้างเซ็นทรัลพระราม 2 ห้างบิ๊กซีพระราม 2 โรงพยาบาลสัตว์พระราม 2 พระราม 2 ซอย 48 วัดเลา พระราม 2 ซอย 46 โรงเรียนวัดเลา พระราม 2 ซอย 44 สถานีตำรวจบางมด โรงพยาบาลบางมด พระราม 2 ซอย 36 หมู่บ้านบางมด พระราม 2 ซอย 30 อาคารเอเชียกรู๊ป 1999 หมู่บ้านชิชา แยกถนนรัตนกวี-พระราม 2 วัดสี่สุม โรงเรียนบางมดวิทยา พระราม 2 ซอย 20 แยกพุทธบูชา-พระราม 2 พระราม 2 (ด้านทางด่วน) โรงพยาบาลเวชศาสตร์ โรงพยาบาลบางปะกอก 9 พระราม 2 ซอย 16 ตลาดไอ้เอ๋ พระราม 2 ซอย 2 วัดโพธิ์แก้ว แยกบางปะ

แก้ว ตลาดบางปะแก้ว โรงพยาบาลธนบุรี (สุขสวัสดิ์) สุขสวัสดิ์ ซอย 14 สุขสวัสดิ์ ซอย 12 สุขสวัสดิ์ ซอย 10 สุขสวัสดิ์ ซอย 8 สุขสวัสดิ์ ซอย 4 ดาวคะนอง แยกจอมทอง-ตากสิน ตากสิน ซอย 44 ห้างบึกชีดาวคะนอง ตากสิน ซอย 38 สมาคมพุทธธรรมบุคคโล ตากสิน ซอย 40 แยกมไหสวรรค์ ซอยโกบือ รัชดาภิเษก ซอย 5 วิทยาลัยพยาบาลทหารเรือ (รัชดาภิเษก) รัชดาภิเษก ซอย 7 วัดสุทธาวาส กรุงเทพมหานครเพ็ล็กซ์ รัชดาภิเษก ซอย 9 รัชดาภิเษก ซอย 11 การไฟฟ้าอ้อมไหสวรรค์ ห้างเดอะมอลล์ท่าพระ แยกราชพฤกษ์-รัชดาภิเษก วัดบางสะแกนอก รัชดาภิเษก ซอย 17 อาคารธนบุรีพลาซ่า คอนโดไลฟ์ (ท่าพระ) วัดก้นตราบาราม แยกตลาดพลู สำนักงานเขตบางกอกใหญ่ หมู่บ้านรวมพล รัชดาภิเษก ซอย 21 หมู่บ้านวานา (สาทร-ท่าพระ) รัชดาภิเษก ซอย 21 รัชดาภิเษก ซอย 23 รัชดาภิเษก ซอย 25 โรงเรียนสายประสิทธิ์วิทยา (รัชดาภิเษก) แยกท่าพระ สำนักงานไปรษณีย์ท่าพระ โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม แยกจรัญสนิทวงศ์ ซอย 13 วัดบางเสาธง จรัญสนิทวงศ์ ซอย 23 จรัญสนิทวงศ์ ซอย 25 แยกจรัญสนิทวงศ์ ซอย 28 แยกไฟฉาย โรงพยาบาลศรีวิชัย 1 จรัญสนิทวงศ์ ซอย 33 จรัญสนิทวงศ์ ซอย 35 จรัญสนิทวงศ์ ซอย 37 ห้างแมคโครจรัญสนิทวงศ์ จรัญสนิทวงศ์ ซอย 39 แยกบางขุนศรี แยกบางขุนนนท์ สถานีตำรวจบางขุนนนท์ สถานีตำรวจบางกอกน้อย จรัญสนิทวงศ์ ซอย 39 สำนักงานเขตบางกอกน้อย วัดใหม่ยายแป้น โรงเรียนศิษย์วัฒนา โรงเรียนจรัญสนิทวงศ์บริหารธุรกิจ จรัญสนิทวงศ์ ซอย 45 จรัญสนิทวงศ์ ซอย 47 แยกบรมราชชนนี ห้างพาด้าปิ่นเกล้า แยกอรุณอมรินทร์ โรงเรียนวัดคูลีตาราม กระทรวงวัฒนธรรม ท่าสะพานพระปิ่นเกล้า สะพานพระปิ่นเกล้า สนามหลวง โรงแรมรัตนโกสินทร์ วิทยาลัยศิลปหัตถกรรมกรุงเทพ แยกถนนบูรศาสตร์-ราชดำเนิน กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ (ราชดำเนิน) สำนักงานสลากกินแบ่งรัฐบาล อนุสรณ์สถาน 14 ตุลา แยกคอกวัว โรงเรียนสตรีวิทยา ศึกษาภัณฑ์ อนุสาวรีย์ประชาธิปไตย โรงเรียนสตรีวิทยา แยกสะพานวันชาติ วัดบวร (พระสุเมรุ) แยกเจริญสวน แยกบางลำพู

ที่เกี่ยวข้อง : แยกบางลำพู แยกเจริญสวน วัดบวร (พระสุเมรุ) แยกสะพานวันชาติ โรงเรียนสตรีวิทยา อนุสาวรีย์ประชาธิปไตย ศึกษาภัณฑ์ โรงเรียนสตรีวิทยา แยกคอกวัว อนุสรณ์สถาน 14 ตุลา สำนักงานสลากกินแบ่งรัฐบาล กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ (ราชดำเนิน) แยกถนนบูรศาสตร์-ราชดำเนิน วิทยาลัยศิลปหัตถกรรมกรุงเทพ โรงแรมรัตนโกสินทร์ สนามหลวง สะพานพระปิ่นเกล้า ท่าสะพานพระปิ่นเกล้า กระทรวงวัฒนธรรม โรงเรียนวัดคูลีตาราม แยกอรุณอมรินทร์ ห้างพาด้าปิ่นเกล้า แยกบรมราชชนนี จรัญสนิทวงศ์ ซอย 47 จรัญสนิทวงศ์ ซอย 45 โรงเรียนจรัญสนิทวงศ์บริหารธุรกิจ โรงเรียนศิษย์วัฒนา วัดใหม่ยายแป้น สำนักงานเขตบางกอกน้อย จรัญสนิทวงศ์ ซอย 39 สถานีตำรวจบางกอกน้อย สถานีตำรวจบางขุนนนท์ แยกบางขุนนนท์ แยกบางขุนศรี จรัญสนิทวงศ์ ซอย 39 ห้างแมคโครจรัญสนิทวงศ์ จรัญสนิทวงศ์ ซอย 37 จรัญสนิทวงศ์ ซอย 35 จรัญสนิทวงศ์ ซอย 33 โรงพยาบาลศรีวิชัย 1 แยกไฟฉาย แยกจรัญสนิทวงศ์ ซอย 28 จรัญสนิทวงศ์ ซอย 25 จรัญสนิทวงศ์ ซอย 23 วัดบางเสาธง แยกจรัญสนิทวงศ์ ซอย 13 โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม

สำนักงานไปรษณีย์ท่าพระ แยกท่าพระ โรงเรียนสายประสิทธิ์วิทยา (รัชดาภิเษก) รัชดาภิเษก ซอย 25 รัชดาภิเษก ซอย 23 รัชดาภิเษก ซอย 21 หมู่บ้านวานา (สาทร-ท่าพระ) รัชดาภิเษก ซอย 21 หมู่บ้านรวมพล สำนักงานเขตบางกอกใหญ่ แยกตลาดพลู วัดกัณฑ์ธาราราม คอนโดไลฟ์ (ท่าพระ) อาคารธนบุรีพลาซ่า รัชดาภิเษก ซอย 17 วัดบางสะแกนอก แยกราชพฤกษ์-รัชดาภิเษก ห้างเดอะมอลล์ท่าพระ การไฟฟ้าอ้อมใหญ่ไฮสแควร์ รัชดาภิเษก ซอย 11 รัชดาภิเษก ซอย 9 กรุงเทพมหานครพลีชีพ วัดสุทธาวาส รัชดาภิเษก ซอย 7 วิทยาลัยพยาบาลทหารเรือ (รัชดาภิเษก) รัชดาภิเษก ซอย 5 ซอย โกบ้อ แยกมไหสวรรค์ ดากสิน ซอย 40 สมาคมพุทธธรรมบุคคล โด ดากสิน ซอย 38 ห้างบิ๊กซี ดาวคะนอง ดากสิน ซอย 44 แยกจอมทอง-ดากสิน ดาวคะนอง สุขสวัสดิ์ ซอย 4 สุขสวัสดิ์ ซอย 8 สุขสวัสดิ์ ซอย 10 สุขสวัสดิ์ ซอย 12 สุขสวัสดิ์ ซอย 14 โรงพยาบาลธนบุรี (สุขสวัสดิ์) ตลาดบางปะแก้ว แยกบางปะแก้ว วัดโพธิ์แก้ว พระราม 2 ซอย 2 ตลาดโอ้เอ้ พระราม 2 ซอย 16 โรงพยาบาลเวช สวัสดิ์ พระราม 2 (ด้านทางด่วน) แยกพุทธบูชา-พระราม 2 พระราม 2 ซอย 20 โรงเรียนบางมดวิทยา วัดสี่กั๊ก แยกถนนรัตนกวี-พระราม 2 หมู่บ้านชีวา อาคารเอเชียกรู๊ป 1999 พระราม 2 ซอย 30 หมู่บ้านบางมด พระราม 2 ซอย 36 โรงพยาบาลบางมด สถานีตำรวจบางมด พระราม 2 ซอย 44 โรงเรียนวัดเลา พระราม 2 ซอย 46 วัดเลา พระราม 2 ซอย 48 โรงพยาบาลสัตว์พระราม 2 ห้างบิ๊กซี พระราม 2 ห้างเซ็นทรัลพระราม 2 สำนักงานเขตบางขุนเทียน โรงพยาบาลนครธนพระราม 2 พระราม 2 ซอย 58 แยกบางขุนเทียน-พระราม 2 โรงพยาบาลพระราม 2 เคหะธนบุรี สะแกงาม หมู่บ้านพระราม 2 อมรัชย์ 4 บางกระดี ซอยโพธิ์โมศ คลองระหาร อู่เสมดำ

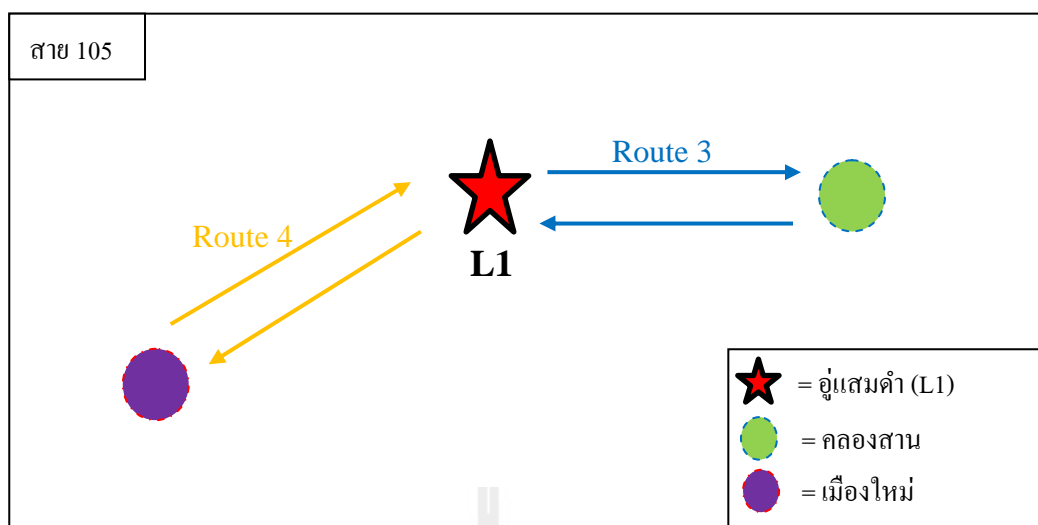


รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะเส้นทางการเดินประจำทางสาย 76 (อู่เสมดำ-แยกประตูน้ำ)

ทั่วไป : อุ้แสมคำ คลองระหาร ซอยโพธิ์โมส บางกระดี่ อมรชัย 4 หมู่บ้านพระราม 2
 สะแกงาม เคหะชนบุรี โรงพยาบาลพระราม 2 แยกบางขุนเทียน-พระราม 2 พระราม 2 ซอย 58
 โรงพยาบาลนครชนพระราม 2 สำนักงานเขตบางขุนเทียน ห้างเซ็นทรัลพระราม 2 ห้างบิ๊กซีพระราม
 2 โรงพยาบาลสัตว์พระราม 2 พระราม 2 ซอย 48 วัดเลา พระราม 2 ซอย 46 โรงเรียนวัดเลา พระราม
 2 ซอย 44 สถานีตำรวจบางมด โรงพยาบาลบางมด พระราม 2 ซอย 36 หมู่บ้านบางมด พระราม 2
 ซอย 30 อาคารเอเชียกรู๊ป 1999 หมู่บ้านชิชา แยกถนนรัตนกวี-พระราม 2 วัดสี่สุก โรงเรียนบางมด
 วิทยา พระราม 2 ซอย 20 แยกพุทธบูชา-พระราม 2 พระราม 2 (ด้านทางด่วน) โรงพยาบาลเวชศาสตร์
 โรงพยาบาลบางปะกอก 9 พระราม 2 ซอย 16 ตลาดไอ้เอ๋ พระราม 2 ซอย 2 วัดโพธิ์แก้ว แยกบางปะ
 แก้ว ตลาดบางปะแก้ว โรงพยาบาลธนบุรี (สุขสวัสดิ์) สุขสวัสดิ์ ซอย 14 สุขสวัสดิ์ ซอย 12 สุข
 สวัสดิ์ ซอย 10 สุขสวัสดิ์ ซอย 8 สุขสวัสดิ์ ซอย 4 ดาวคะนอง แยกจอมทอง-ตากสิน ตากสิน ซอย 44
 ห้างบิ๊กซีดาวคะนอง ตากสิน ซอย 38 สมาคมพุทธธรรมบุคคลโล ตากสิน ซอย 40 แยกมไหสวรรค์
 กรมแพทย์ทหารเรือ ตากสิน ซอย 20 โรงพยาบาลกรุงธน 1 สำนักงานไปรษณีย์สำหรับ ตากสิน
 ซอย 14 อาคารอนุวัตร ตากสิน ซอย 10 แยกตากสิน-กรุงธนบุรี กรุงธนบุรี ซอย 2 สถานีรถไฟฟ้า
 BTS. วงเวียนใหญ่ กรุงธนบุรี ซอย 4 สิ้นสาทรทาวเวอร์ กรุงธนบุรี ซอย 6 กรุงธนบุรี ซอย 8 สถานี
 รถไฟฟ้า BTS. กรุงธนบุรี แยกเจริญนคร-กรุงธนบุรี สะพานตากสิน สถานีรถไฟฟ้า BTS. สะพาน
 ตากสิน ท่าสาทร แยกสุรศักดิ์ สีลม ซอย 12 แยกรามย์ อาคารบุญมิตร สีลม ซอย 8 ยูไนเต็ททาว
 เวอร์ โรงพยาบาลกรุงเทพคริสเตียน แยกพัฒนาพงษ์-สีลม ซี.พี. ทาวเวอร์ สีลม ซอย 4 สถานีรถไฟฟ้า
 BTS. ศาลาแดง ห้างเซ็นทรัลสีลม สีลมคอมเพล็กซ์ อาคารสีลมเซ็นเตอร์ แยกศาลาแดง โรงแรมดุสิต
 ธานี อาคารอ้อจ้อเหลียง แยกวิทยุ สวนลุมพินี (วิทยุ) สถานีตำรวจลุมพินี แยกสารสิน อาคารสินธร
 สถานทูตอเมริกา สถานทูตเนเธอร์แลนด์ โรงแรมคอนราด อาคารไวร์เลสโรด อาคารวิวิธ วิทยุ ซอย
 1 สถานทูตเวียดนาม สถานทูตสเปน อาคารเซ็นเตอร์พอยท์ อาคารเพลินจิต (วิทยุ) แยกเพลินจิต
 อาคารเวฟเพลส สถานทูตอังกฤษ สถานทูตสวิสเซอร์แลนด์ ธนาคารอเมริกา ท่าเรือวิทยุ อาคารวานิช
 (วิทยุ) อาคารวิทยุคอมเพล็กซ์ (วิทยุ) แยกวิทยุ-เพชรบุรี เพชรบุรี ซอย 35 ธนาคารนครหลวงไทย
 เพชรบุรี เพชรบุรี ซอย 33 แยกเพชรบุรี ซอย 34 แยกเพชรบุรี ซอย 31 ประตูน้ำคอมเพล็กซ์ ห้าง
 แพลตตินั่มประตูนน้ำ แยกประตูนน้ำ

ทั่วไป : แยกประตูนน้ำ ห้างแพลตตินั่มประตูนน้ำ ประตูนน้ำคอมเพล็กซ์ ท่าเรือประตูนน้ำ
 ห้างบิ๊กซีราชดำริ โรงแรมอโนมา ห้างเซ็นทรัลเวิลด์ ห้างเกษรพลาซ่า แยกราชประสงค์ พระพรหม
 เอราวัฒน์ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ (ราชดำริ) โรงพยาบาลตำรวจ (ราชดำริ) โรงแรมเอราวัฒน์ เพนนิน
 ชูล่าพลาซ่า มหาดเล็กหลวง ซอย 1 โรงแรมเดอะริเจนท์บางกอก โรงแรมโพธิ์ชัน มหาดเล็กหลวง
 ซอย 2 โรงแรมเดอะแกรนด์ริเจนท์ สถานีรถไฟฟ้า BTS. ราชดำริ ราชกรีฑาสโมสร (สนามม้า)
 อาคารนันทวัน มหาดเล็กหลวง ซอย 3 เอยูเอ (AUA) โรงแรมราชดำริ ศูนย์วิจัยโรคเอดส์ สภากาชาด

ไทย สถานทูตกัมพูชา การไฟฟ้าปทุมวัน (ราชดำริ) แยกราชดำริ คณะแพทยศาสตร์จุฬา สวนลุมพินี (ราชดำริ) พระบรมรูปพระมงกุฎเกล้า แยกศาลาแดง อาคารสีลมเซ็นเตอร์ สีลมคอมเพล็กซ์ ห้างเซ็นทรัลสีลม สถานีรถไฟ BTS. ศาลาแดง สีลม ซอย 4 ซี.พี. ทาวเวอร์ แยกพัฒนาพงษ์-สีลม โรงพยาบาลกรุงเทพคริสเตียน อยู่ในเต็คทาวเวอร์ สีลม ซอย 8 อาคารบุญมิตร แยกรามย์ สีลม ซอย 12 แยกสุรศักดิ์ อาคารสารสิน อาคารเดอะจิวเวลรี่เทรคเซ็นเตอร์ แยกถนนศรีเวียง-สุรศักดิ์ สถานีตำรวจยานนาวา แยกถนนจรัญเวียง-สุรศักดิ์ แยกสุรศักดิ์-สาทร สาทร ซอย 19 สาทร ซอย 21 แยกเฉลิมพันธ์ ทำสาทร สถานีรถไฟ BTS. สะพานตากสิน สะพานตากสิน แยกเจริญนคร-กรุงธนบุรี สถานีรถไฟ BTS. กรุงธนบุรี กรุงธนบุรี ซอย 8 กรุงธนบุรี ซอย 6 ลินสาทรทาวเวอร์ กรุงธนบุรี ซอย 4 สถานีรถไฟ BTS. วงเวียนใหญ่ กรุงธนบุรี ซอย 2 แยกตากสิน-กรุงธนบุรี ตากสิน ซอย 10 อาคารอนุวัตร ตากสิน ซอย 14 สำนักงานไปรษณีย์สำเหร่ โรงพยาบาลกรุงธน 1 ตากสิน ซอย 20 กรมแพทย์ทหารเรือ แยกมไหสวรรค์ ตากสิน ซอย 40 สมาคมพุทธธรรมบุคคลโล ตากสิน ซอย 38 ห้างบิ๊กซีดาวคะนอง ตากสิน ซอย 44 แยกจอมทอง-ตากสิน ดาวคะนอง สุขสวัสดิ์ ซอย 4 สุขสวัสดิ์ ซอย 8 สุขสวัสดิ์ ซอย 10 สุขสวัสดิ์ ซอย 12 สุขสวัสดิ์ ซอย 14 โรงพยาบาลธนบุรี (สุขสวัสดิ์) ตลาดบางปะแก้ว แยกบางปะแก้ว วัดโพธิ์แก้ว พระราม 2 ซอย 2 ตลาด โอ้เอ้ พระราม 2 ซอย 16 โรงพยาบาลบางปะกอก 9 โรงพยาบาลเวชสวัสดิ์ พระราม 2 (ด้านทางด่วน) แยกพุทธบูชา-พระราม 2 พระราม 2 ซอย 20 โรงเรียนบางมดวิทยา วัดสีสุก แยกถนนรัตนกวี-พระราม 2 หมู่บ้านชัชวา อาคารเอเชียกรู๊ป 1999 พระราม 2 ซอย 30 หมู่บ้านบางมด พระราม 2 ซอย 36 โรงพยาบาลบางมด สถานีตำรวจบางมด พระราม 2 ซอย 44 โรงเรียนวัดเลา พระราม 2 ซอย 46 วัดเลา พระราม 2 ซอย 48 โรงพยาบาลสัตว์พระราม 2 ห้างบิ๊กซีพระราม 2 ห้างเซ็นทรัลพระราม 2 สำนักงานเขตบางขุนเทียน โรงพยาบาลนครธนพระราม 2 พระราม 2 ซอย 58 แยกบางขุนเทียน-พระราม 2 โรงพยาบาลพระราม 2 เคหะธนบุรี สะแกงาม หมู่บ้านพระราม 2 อมรชัย 4 บางกระเดี่ ซอยโพธิ์โมศ คลองระหาร อู่แสมดำ

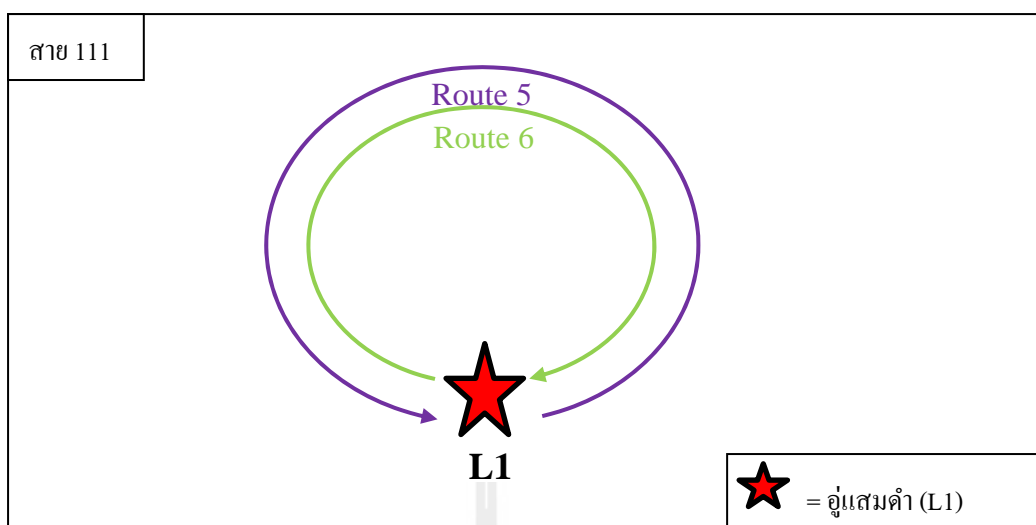


รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะเส้นทางการเดินประจำทางสาย 105 (อู่แสมดำ-เมืองใหม่, อู่แสมดำ-คลองสาน)

เที่ยวไป : ท่ารถสาย 105 มหาชัยเมืองใหม่ มหาชัยเมืองใหม่ วัดโคกคราม บางน้ำจืด วัดพันท้ายนรสิงห์ บริษัท ฮีโน่ มอเตอร์ วัดพรหมรังษี คลองระหาร ซอยโพธิ์โมส บางกระดี่ อมรชัย 4 หมู่บ้านพระราม 2 สะแกงาม เคหะชนบุรี โรงพยาบาลพระราม 2 แยกบางขุนเทียน-พระราม 2 พระราม 2 ซอย 58 โรงพยาบาลนครชนพระราม 2 สำนักงานเขตบางขุนเทียน ห้างเซ็นทรัลพระราม 2 ห้างบิ๊กซีพระราม 2 โรงพยาบาลสัตว์พระราม 2 พระราม 2 ซอย 48 วัดเลา พระราม 2 ซอย 46 โรงเรียนวัดเลา พระราม 2 ซอย 44 สถานีตำรวจบางมด โรงพยาบาลบางมด พระราม 2 ซอย 36 หมู่บ้านบางมด พระราม 2 ซอย 30 อาคารเอเชียกรู๊ป 1999 หมู่บ้านชีชา แยกถนนรัตนกวี-พระราม 2 วัดสี่สุก โรงเรียนบางมดวิทยา พระราม 2 ซอย 20 แยกพุทธบูชา-พระราม 2 พระราม 2 (ด้านทางด่วน) โรงพยาบาลเวชศาสตร์ โรงพยาบาลบางปะกอก 9 พระราม 2 ซอย 16 ตลาดโอเอี๊ พระราม 2 ซอย 2 วัดโพธิ์แก้ว แยกบางปะแก้ว ตลาดบางปะแก้ว โรงพยาบาลธนบุรี (สุขสวัสดิ์) สุขสวัสดิ์ ซอย 14 สุขสวัสดิ์ ซอย 12 สุขสวัสดิ์ ซอย 10 สุขสวัสดิ์ ซอย 8 สุขสวัสดิ์ ซอย 4 ดาวคะนอง แยกจอมทอง-ตากสิน แยกจอมทอง-ตากสิน ตากสิน ซอย 44 ห้างบิ๊กซีดาวคะนอง ตากสิน ซอย 38 สมาคมพุทธธรรมบุคคโล ตากสิน ซอย 40 แยกมไหสวรรค์ กรมแพทยทหารเรือ ตากสิน ซอย 20 โรงพยาบาลกรุงธน 1 สำนักงานไปรษณีย์สำหรับ ตากสิน ซอย 14 อาคารอนุวัตร ตากสิน ซอย 10 แยกตากสิน-กรุงธนบุรี กรุงธนบุรี ซอย 2 สถานีรถไฟฟ้า BTS. วงเวียนใหญ่ กรุงธนบุรี ซอย 4 สิ้นสาทรทาวเวอร์ กรุงธนบุรี ซอย 6 กรุงธนบุรี ซอย 8 สถานีรถไฟฟ้า BTS. กรุงธนบุรี แยกเจริญนคร-กรุงธนบุรี เจริญนคร ซอย 14 เจริญนคร ซอย 13 ท่าคูเม็กซ์ (เจริญนคร) เจริญนคร ซอย 11 โรงแรม

เพนนินชูล่า วัดสุวรรณาราม ท่าเรือวัดสุวรรณ-โอเรียลเต็ล เจริญนคร ซอย 9 โรงเรียนวัดสุวรรณาราม เจริญนคร ซอย 7 เจริญนคร ซอย 5 โรงแรมโซฟิเทล (เจริญนคร) ท่าเรือคลองสาน-สี่พระยา สำนักงานเขตคลองสาน แยกคลองสาน

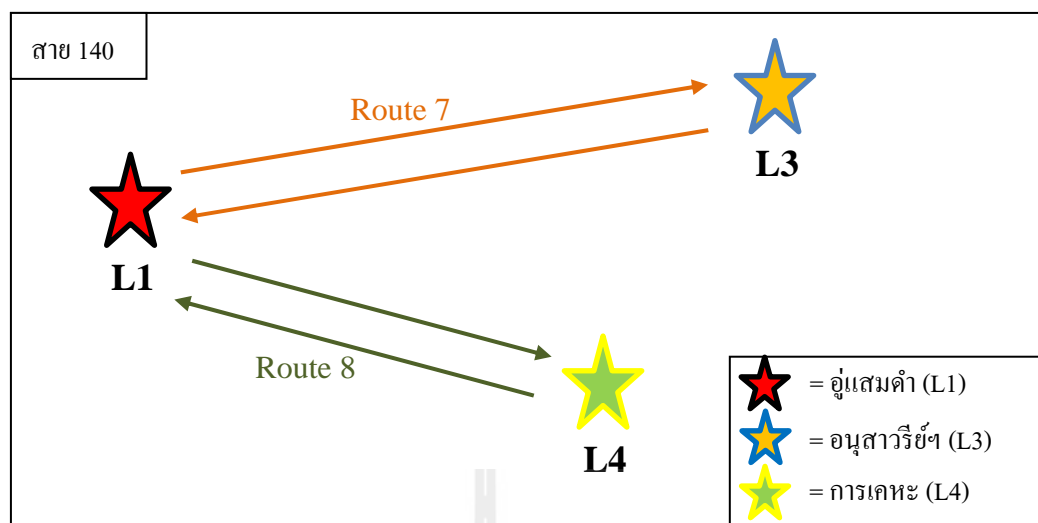
เที่ยวกลับ : ท่าเรือคลองสาน-สี่พระยา สำนักงานเขตคลองสาน แยกคลองสาน ลาดหญ้า ซอย 17 โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าพระยา (ลาดหญ้า) ลาดหญ้า ซอย 13 ลาดหญ้า ซอย 9 ลาดหญ้า ซอย 5 ลาดหญ้า ซอย 3 ห้างโรบินสันลาดหญ้า วงเวียนใหญ่ ดากสิน ซอย 4 แยกดากสิน-กรุงธนบุรี ดากสิน ซอย 10 อาคารอนุวัตร ดากสิน ซอย 14 สำนักงานไปรษณีย์สำหรับ โรงพยาบาลกรุงธน 1 ดากสิน ซอย 20 กรมแพทย์ทหารเรือ แยกมไหสวรรค์ ดากสิน ซอย 40 สมาคมพุทธธรรมบุคคโล ดากสิน ซอย 38 ห้างบิ๊กซีดาวคะนอง ดากสิน ซอย 44 แยกจอมทอง-ดากสิน แยกจอมทอง-ดากสิน ดาวคะนอง สุขสวัสดิ์ ซอย 4 สุขสวัสดิ์ ซอย 8 สุขสวัสดิ์ ซอย 10 สุขสวัสดิ์ ซอย 12 สุขสวัสดิ์ ซอย 14 โรงพยาบาลธนบุรี (สุขสวัสดิ์) ตลาดบางปะแก้ว แยกบางปะแก้ว วัดโพธิ์แก้ว พระราม 2 ซอย 2 ตลาดโอเอี พระราม 2 ซอย 16 โรงพยาบาลบางปะกอก 9 โรงพยาบาลเวชสวัสดิ์ พระราม 2 (ด้านทางด่วน) แยกพุทธบูชา-พระราม 2 พระราม 2 ซอย 20 โรงเรียนบางมดวิทยา วัดสี่ลูก แยกถนนรัตนกี-พระราม 2 หมู่บ้านชีชา อาคารเอเชียกรุ๊ป 1999 พระราม 2 ซอย 30 หมู่บ้านบางมด พระราม 2 ซอย 36 โรงพยาบาลบางมด สถานีตำรวจบางมด พระราม 2 ซอย 44 โรงเรียนวัดเลา พระราม 2 ซอย 46 วัดเลา พระราม 2 ซอย 48 โรงพยาบาลสัตว์พระราม 2 ห้างบิ๊กซีพระราม 2 ห้างเซ็นทรัลพระราม 2 สำนักงานเขตบางขุนเทียน โรงพยาบาลนครธนพระราม 2 พระราม 2 ซอย 58 แยกบางขุนเทียน-พระราม 2 โรงพยาบาลพระราม 2 เคหะธนบุรี สะแกงาม หมู่บ้านพระราม 2 อมรชัย 4 บางกระด้ ซอยไฟร์โมส คลองระหาร วัดพรหมรังษี บริษัท ฮีโน่ มอเตอร์ วัดพันท้ายนรสิงห์ บางน้ำจืด วัดโคกคราม มหาชัยเมืองใหม่ ท่ารถสาย 105 มหาชัยเมืองใหม่



รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะเส้นทางการเดินประจำทางสาย 111 (อยู่เสมอคำ-เจริญนครวนขวา, อยู่เสมอคำ-เจริญนครวนซ้าย)

เที่ยวไป : สถานีตำรวจบุคคโล แยกบุคคโล โกบ้อ ห้างบิ๊กซีดาวคะนอง ตลาดดาวคะนอง วัดมะเกลือ จอมทอง ซอย 4 เทียมทรัพย์ออมการ 3/2 ซอยเลิศเหนือ-เลิศใต้ ตลาดใหม่จอมทอง แยกวุฒากาศ ทางรถไฟวัดนางนอง วัดหนัง อนามัย 29 พุทธนคร ซอยอาทิตย์ สะพานวุฒากาศ 1 ชุมชนสันติสุข วัดใหม่ยายนุ้ย ซอย 5 เจริญ ตลาดร่วมใจ แยกมะลิตอง โรงพยาบาลเยาวราช ตลาดพลู ตลาดวัดกลาง วัดอินทาราม วัดเวรุพาชิน ตลาดบางยี่เรือ วงเวียนใหญ่ สหกรณ์ลาดหญ้า แยกท่าดินแดง ลาดหญ้า ซอย 13 ลาดหญ้า ซอย 14 ลาดหญ้า ซอย 17 ท่าเรือคลองสาน-สี่พระยา เจริญนคร ซอย 5 ท่าเรือวัดสุวรรณ-โอเรียลเต็ล ท่าสาทร คลองตันไทโร เจริญนคร 22-23 วัดเศวตฉัตร ไทเสรี เจริญนคร ซอย 34 เจริญนคร ซอย 46 ซอยโรงเรียนเกือกกลุ่ เจริญนคร ซอย 57/1

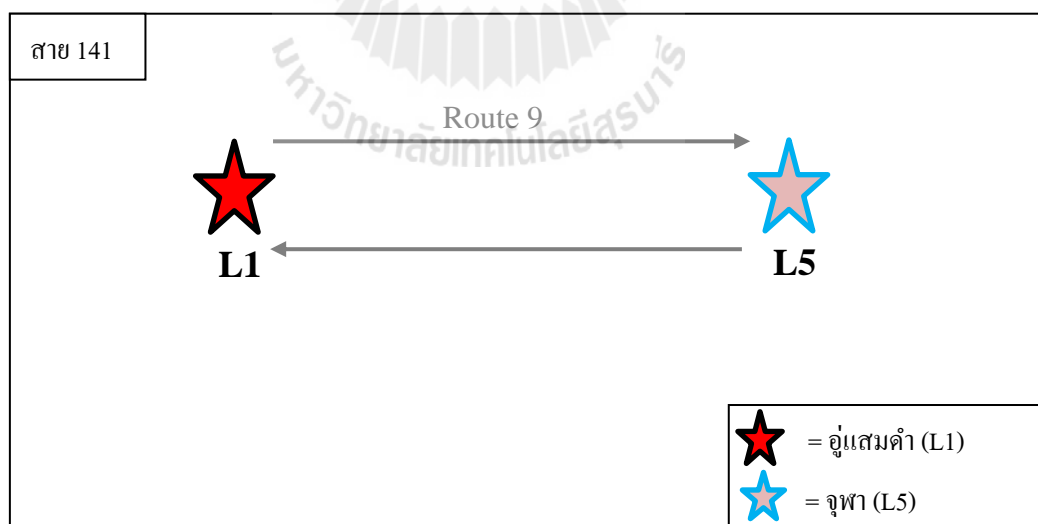
เที่ยวกลับ : ท่ารถสาย 111 เจริญนคร โรงเรียนเกือกกลุ่ สมาคมตระกูลลิ้ม เจริญนคร ซอย 46 เจริญนคร ซอย 34 ไทเสรี วัดเศวตฉัตร ธนาคารไทยพาณิชย์เจริญนคร คลองตันไทโร วัดสุวรรณาราม ท่าเรือคลองสาน-สี่พระยา โรงพยาบาลตากสิน ลาดหญ้า ซอย 14 ชนบุรีคาเฟ่ สหกรณ์ลาดหญ้า วงเวียนใหญ่ ตลาดบางยี่เรือ วัดเวรุพาชิน วัดโพธิ์นิมิต ตลาดวัดกลาง ตลาดพลู เทอดไท ซอย 29 แยกมะลิตอง โรงเรียนวัฒนา วุฒากาศ ซอย 5 ตลาดร่วมใจ ซอย 5 เจริญ วัดใหม่ยายนุ้ย โรงเรียนแม่ประจักษ์ อนามัย 29 พุทธนคร วัดหนัง ทางรถไฟวัดนางนอง แยกวุฒากาศ ตลาดบางขุนเทียนเก่า โรงพยาบาลบางขุนเทียน ธนาคารกสิกรไทย เลิศเหนือ-เลิศใต้ ซอยเทียนทรัพย์ จอมทอง ซอย 4 วัดมะเกลือ ตลาดดาวคะนอง ห้างบิ๊กซีดาวคะนอง แยกมไหสวรรค์ วัดบางน้ำชล สถานีตำรวจบุคคโล



รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะเส้นทางการเดินประจำทางสาย 140 (อุ่มเสมดำ-อนุสาวรีย์ฯ, อุ่มเสมดำ-การเคหะ)

เที่ยวไป : อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ สถานีรถไฟ BTS. อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี โรงพยาบาลนต๊ะเซ็นจูรี 2 แยกโยธี-พญาไท ซอยรางน้ำ (พญาไท) กรมการแพทย์ทหารบก โรงพยาบาลราชเวช อาคารพญาไท โรงเรียนเสนาณรงค์ สำนักงานเขตราชเทวี โนเบิลเฮ้าส์พญาไท พญาไทเพลสคอนโด (พญาไท) แยกพญาไท สถานีรถไฟ BTS. พญาไท พญาไทพลาซ่า สำนักงานไปรษณีย์ราชเทวี กรมปศุสัตว์ กรมการพลังงานทหาร ห้างพันธ์ทิพย์พลาซ่า แยกประตูน้ำ ประตูน้ำคอมเพล็กซ์ ธนาคารกรุงไทยประตูน้ำ ประตูน้ำ (ด้านทางด่วน) ทางด่วน สุขสวัสดิ์ กม. 9 (ด้านทางด่วน) เลี้ยวขวา แยกประชาอุทิศ-สุขสวัสดิ์ สุขสวัสดิ์ ซอย 46 สุขสวัสดิ์ ซอย 44 โรงเรียนวัดสารอด แยกสุขสวัสดิ์ ซอย 27 ห้างโลตัสบางปะกอก สุขสวัสดิ์ ซอย 40 ตลาดบางปะกอก ซอย อานมัย วัดบางปะกอก สุขสวัสดิ์ ซอย 15 แยกบางปะแก้ว วัดโพธิ์แก้ว พระราม 2 ซอย 2 ตลาดโอเอี๋ พระราม 2 ซอย 16 โรงพยาบาลบางปะกอก 9 โรงพยาบาลเวชสวัสดิ์ พระราม 2 (ด้านทางด่วน) แยก พุทธบูชา-พระราม 2 พระราม 2 ซอย 20 โรงเรียนบางมดวิทยา วัดสี่สุก แยกถนนรัตนกวี-พระราม 2 หมู่บ้านชีวา อาคารเอเชียกรู๊ป 1999 พระราม 2 ซอย 30 หมู่บ้านบางมด พระราม 2 ซอย 36 โรงพยาบาลบางมด สถานีตำรวจบางมด พระราม 2 ซอย 44 โรงเรียนวัดเลา พระราม 2 ซอย 46 วัดเลา พระราม 2 ซอย 48 โรงพยาบาลสัตว์พระราม 2 ห้างบิ๊กซีพระราม 2 ห้างเซ็นทรัลพระราม 2 สำนักงานเขตบางขุนเทียน โรงพยาบาลนครธนพระราม 2 พระราม 2 ซอย 58 แยกบางขุนเทียน-พระราม 2 โรงพยาบาลพระราม 2 เคหะธนบุรี

เที่ยวกลับ : เคหะชนบุรี โรงพยาบาลพระราม 2 แยกบางขุนเทียน-พระราม 2 พระราม 2 ซอย 58 โรงพยาบาลนครชนพระราม 2 สำนักงานเขตบางขุนเทียน ห้างเซ็นทรัลพระราม 2 ห้างบิ๊กซี พระราม 2 โรงพยาบาลสัตว์พระราม 2 พระราม 2 ซอย 48 วัดเลา พระราม 2 ซอย 46 โรงเรียนวัดเลา พระราม 2 ซอย 44 สถานีตำรวจบางมด โรงพยาบาลบางมด พระราม 2 ซอย 36 หมู่บ้านบางมด พระราม 2 ซอย 30 อาคารเอเชียกรู๊ป 1999 หมู่บ้านชีวา แยกถนนรัตนกวี-พระราม 2 วัดสี่สุก โรงเรียนบางมดวิทยา พระราม 2 ซอย 20 แยกพุทธบูชา-พระราม 2 พระราม 2 (ด้านทางด่วน) โรงพยาบาลเวชศาสตร์ โรงพยาบาลบางปะกอก 9 พระราม 2 ซอย 16 ตลาดโอเอี๊ พระราม 2 ซอย 2 วัดโพธิ์แก้ว แยกบางปะแก้ว สุขสวัสดิ์ ซอย 15 วัดบางปะกอก ซอยอานมัย ตลาดบางปะกอก สุขสวัสดิ์ ซอย 40 ห้างโลตัสบางปะกอก แยกสุขสวัสดิ์ ซอย 27 โรงเรียนวัดสารอด สุขสวัสดิ์ ซอย 44 สุขสวัสดิ์ ซอย 46 แยกประชาอุทิศ-สุขสวัสดิ์ สุขสวัสดิ์ กม. 9 (ด้านทางด่วน) ทางด่วน ประตูน้ำ (ด้านทางด่วน) ธนาคารกรุงไทยประตูน้ำ ประตูน้ำคอมเพล็กซ์ แยกประตูน้ำ ห้างพันธ์ทิพย์พลาซ่า กรมการพลังงานทหาร ประตูน้ำคอมเพล็กซ์ โรงแรมมารีวอเตอร์เกท (ราชปรารภ) อินทรีเงินที่ โรงเรียนสยามธุรกิจพาณิชยการ แยกมักกะสัน สถานีรถไฟแอร์พอร์ตลิงค์ ราชปรารภ การรถไฟแห่งประเทศไทย (ราชปรารภ) แยกราชปรารภ-ศรีอยุธยา แยกหมอเหล็ง อาคารมหานครยิปซั่ม วัดสะพาน สถานีรถไฟมักกะสัน ดุสิตพาณิชยการ สวนสันติภาพ อาคารวิฟิตาเวอร์ เซ็นเตอร์วัน สถานีรถไฟ BTS. อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ



รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะเส้นทางการเดินประจำทางสาย 141 (อู่แสมดำ-จุฬาฯ)

เที่ยวไป : ท่ารถสาย 141 มหาชัยเมืองใหม่ มหาชัยเมืองใหม่ วัดโคกคราม บางน้ำจืด วัดพันท้ายนรสิงห์ บริษัท ฮีโน่ มอเตอร์ วัดพรหมรังษี แสมดำ บั้มเชลล์คลองระหาร ซอยโพธิ์โมส บางกระดี่ อมรชัย 4 หมู่บ้านพระราม 2 สะแกงาม เคหะชนบุรี การไฟฟ้าย่อยเคหะชนบุรี หัวกระบือ สถานีตำรวจท่าข้าม วัดเลา โรงพยาบาลบางมด หมู่บ้านอัครกุลทาวเวอร์ วัดสี่สุก ซอยวัดพุทธบูชา ตลาดโพธิ์ทอง บางปะแก้ว สุขสวัสดิ์ ซอย 15 วัดบางปะกอก ตลาดบางปะกอก สุขสวัสดิ์ ซอย 40 ห้างโลตัสบางปะกอก แยกสุขสวัสดิ์ ซอย 27 โรงเรียนวัดसारอด สุขสวัสดิ์ ซอย 44 สุขสวัสดิ์ ซอย 46 แยกประชาอุทิศ-สุขสวัสดิ์ สุขสวัสดิ์ กม. 9 (ด้านทางด่วน) กลับรถ วัดสน (ด้านทางด่วน) ซอยเด็กกำพร้า ทางด่วน กรมศุลกากร สโมสรการทำเรือ ตลาดคลองเตย การไฟฟ้าย่อยคลองเตย บ่อนไก่ สวนลุมพินี โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ท่ารถสาย 141 จุฬา

เที่ยวกลับ : มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ (พญาไท) กองพิสูจน์หลักฐาน สถานีรถไฟฟ้า BTS. สยาม ห้างมาบุญครอง (พญาไท) โรงเรียนช่างกลอุเทนถวาย หอประชุมมหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ คณะนิเทศศาสตร์จุฬา แยกสามย่าน สถานเสาวภา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สวนลุมพินี บ่อนไก่ ตลาดคลองเตย สโมสรการทำเรือ กรมศุลกากร ทางด่วน วัดสน (ด้านทางด่วน) สุขสวัสดิ์ กม. 9 (ด้านทางด่วน) วัดसारอด ห้างบางปะกอก บริษัทศรีไทย ซอยอนามัย วัดบางปะกอก สุขสวัสดิ์ ซอย 22 บางปะแก้ว วัดโพธิ์แก้ว เลี้ยวซ้าย สำนักงานเขตจอมทอง ตลาดโพธิ์ทอง ซอยวัดพุทธบูชา วัดยายร่ม หมู่บ้านชิชา องค์การโทรศัพท์พระราม 2 โรงพยาบาลบางมด วัดเลา ห้างบิ๊กซีพระราม 2 หัวกระบือ การไฟฟ้าย่อยเคหะชนบุรี เคหะชนบุรี สะแกงาม หมู่บ้านพระราม 2 อมรชัย 4 บางกระดี่ ซอยโพธิ์โมส บริษัท เอส ที อาร์ จำกัด บั้มเชลล์คลองระหาร แสมดำ ศูนย์นิสสันพระราม 2 แทนเอก การพิมพ์ วัดแสมดำ วัดเทพธงชัย วัดพันท้ายนรสิงห์ บางน้ำจืด วัดโคกคราม มหาชัยเมืองใหม่

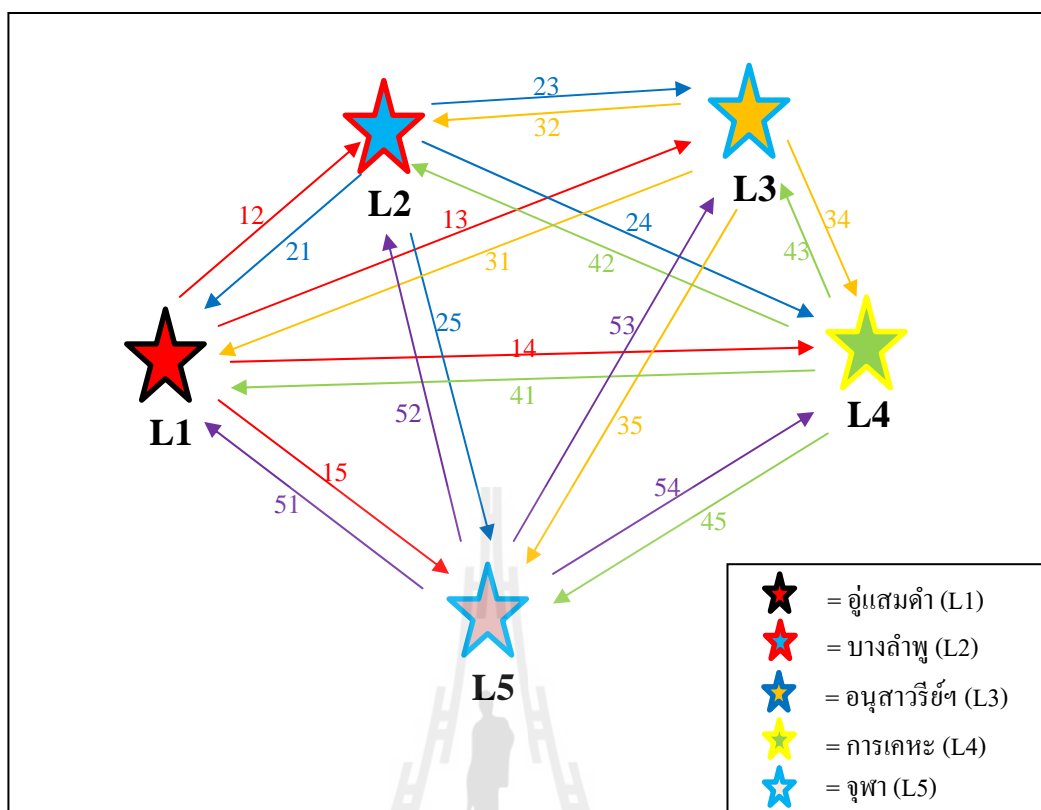
ในปัจจุบันการจัดตารางเดินรถโดยสารประจำทางที่อยู่แสมดำจะใช้รถ 1 คัน สามารถวิ่งได้เส้นทางเท่านั้น ในขั้นตอนการเดินรถประจำทางนี้ จะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำการทดสอบการเดินรถประจำทางในแต่ละสายก่อน และทดลองให้รถโดยสารประจำทางแต่ละสายสามารถสลับเส้นทางเดินรถได้ โดยให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดขึ้น ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงข้อจำกัด ในการจัดตารางเดินรถประจำทาง

ข้อมูล	
Break_Max	0:10 hr.
Break_Min	0:00 hr.
Allowance_Deadhead	0:10 hr.
Running_Min	5:00 hr.
Location_Max	5
VBreak_Max	04:00 hr.
VbreakMin	0:00 hr
SpreadMax	16:00 hr.
SpreadMin	00:00 hr
InsertMax	2
Max_N_Trips	2000 trips

จากตารางที่ 4.1 เป็นข้อจำกัดที่นำเข้า โดยข้อจำกัดแต่ละตัวเป็นการกำหนดเวลาและจำนวนต่างๆ เช่น Break Max = 0:10 hr. และ Break Min = 0:00 hr. คือกำหนดให้มีเวลาในการพักเพื่อตรวจสอบความพร้อมหรือเพื่อรอผู้โดยสาร, Insert Max = 2 คือการกำหนดให้รถประจำทางสามารถวิ่งสลับสายได้ไม่เกิน 2 ครั้ง, Max_N_Trips = 2000 Trips คือจำนวนชุดข้อมูลของตารางเวลาเดินรถประจำทาง เป็นต้น ซึ่งข้อจำกัดทั้งหมดนี้สามารถเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสมของตารางเวลาเดินรถประจำทางของแต่ละชุดข้อมูลได้

การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางโดยอนุญาตให้วิ่งสลับสายนั้น จะต้องมีสถานที่จอดที่แน่นอนและสามารถจอดเป็นเวลานานได้ ในการทดลองนี้มีทั้งหมด 5 สถานีที่สามารถจอดเพื่อพักและเปลี่ยนสายการเดินรถประจำทาง ได้แก่ อู่แสมดำ (L1), บางลำพู (L2), อนุสาวรีย์ฯ (L3), การเคหะ (L4), จุฬาฯ (L5) โดยรูปแบบการอนุญาตให้สามารถวิ่งสลับสายได้ดังรูปที่ 4.5 และการกำหนดเวลาในการเดินทางของสถานีแต่ละสถานี เป็นดังตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะเส้นทางการเดินรถ (Route) และสถานี (Location) ที่สามารถเปลี่ยนเส้นทางการเดินรถประจำทางได้

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงข้อมูลนำเข้าของเวลาในการเดินทางจากท่าต้นทางหนึ่งไปยังท่าปลายทางหนึ่ง โดยที่ไม่มีผู้โดยสารหรือไม่รับผู้โดยสารระหว่างทาง (Deahead Time) มีหน่วยเป็นชั่วโมง

End/Start	1	2	3	4	5
1	X	1:00	1:10	2:05	1:00
2	1:00	X	0:07	0:10	0:10
3	1:10	0:07	X	0:08	0:08
4	2:05	0:10	0:08	X	0:09
5	1:00	0:10	0:08	0:09	X

ข้อมูลจากตารางที่ 4.2 เป็นตารางเวลาที่ใช้เมื่อมีการอนุญาตให้รถประจำทางสามารถวิ่งสลับสายได้ ซึ่งตารางเวลานี้มีหน่วยเป็นนาที ข้อมูลในตารางเวลาเป็นการแสดงเวลาในการเดินทางจากท่าต้นทางหนึ่ง ไปยังท่าปลายทางหนึ่ง เช่น เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากท่า 1 ไปยัง ท่า 2 ใช้เวลาเท่ากับ 1 ชั่วโมง

หลังจากการกำหนดเส้นทางและท่ารถหรืออุ้งรถแล้ว นำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาจากวิธีของ TRB โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจะแบ่งออกเป็นแต่ละเส้นทางซึ่งไม่อนุญาตให้มีการวิ่งสลับเส้นทางการเดินทางได้ และรวมทุก ๆ เส้นทาง ให้สามารถวิ่งสลับเส้นทางการเดินทางได้

4.2 ขั้นตอนและผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้ออกแบบเป็น 3 วิธี ได้แก่ วิธีการแทรก (Insert Block) วิธีการตัด (Cut Block) และ วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) ซึ่งในการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธีนี้ จะนำมาทดลองด้วยกันทั้งหมด 2 แบบ คือ การทดลองจัดตารางเวลาเดินทางประจำทางแบบไม่อนุญาตให้วิ่งสลับสายและแบบอนุญาตให้วิ่งสลับสายได้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 การทดลองจัดตารางเวลาเดินทางประจำทางแบบไม่อนุญาตให้วิ่งสลับสาย

การทดลองจัดตารางเวลาเดินทางประจำทางแบบไม่อนุญาตให้วิ่งสลับสาย จะเป็นการนำข้อมูลของตารางเวลาเดินทางประจำทางใน ภาคผนวก จ. มาเป็นข้อมูลนำเข้าที่ละสาย ได้แก่ สาย 68, 76, 105, 111, 140, 141 โดยการทดลองวิธีการจัดตารางเวลาเดินทางในแต่ละวิธีจะต้องทดลองกับข้อมูลนำเข้าทุกสาย คือ วิธีการแทรก (Insert Block), วิธีการตัด (Cut Block) และ วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) จะต้องทดลองกับเส้นทางเดินทางประจำทางสาย 68, 76, 105, 111, 140, 141 ในการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้ออกแบบเป็น 3 ทางเลือก ได้แก่ Insert Block, Cut Block และ Insert and Cut Block ซึ่งในการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทั้ง 3 ทางเลือกนี้ได้ผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลพัทธ์ของการจัดการตารางเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Insert Block, Cut Block และ Insert and Cut Block มีหน่วยเป็น คัน

Route	Insert Block	Cut Block	Insert and Cut Block
68	46	54	38
76	30	42	38
105	26	30	25
111	23	23	24
140	67	76	49
141	35	46	20
All	156	209	155

จากตารางที่ 4.3 เป็นการแสดงผลของการจัดการตารางเดินรถประจำทางในแต่ละทางเลือก ว่าวิธีใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าการจัดการตารางเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Insert and Cut Block เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพราะใช้จำนวนรถน้อยที่สุดในสามวิธี และวิธี Insert Block เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพรองลงมาจากรวิธี Insert and Cut Block

4.2.2 การทดลองจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบอนุญาตให้วิ่งสลับสาย

การทดลองจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบอนุญาตให้วิ่งสลับสาย เป็นการนำข้อมูลของตารางเวลาเดินรถประจำทางทุกสายจากภาคผนวก จ. มาทดลองโดยการนำข้อมูลตารางเวลาเดินรถประจำทางของทุกสายมารวมกัน และทดสอบกับ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของแต่ละวิธี คือ วิธีการแทรก (Insert Block), วิธีการตัด (Cut Block) และ วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) จะต้องทดลองกับชุดข้อมูล All Route โดยการทดลองกับโปรแกรมในแต่ละวิธีใช้เวลาในการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์น้อยกว่า 10 วินาที ผลลัพธ์ที่ได้เป็นดังต่อไปนี้ วิธีการแทรก (Insert Block) ใช้รถประจำทางทั้งหมด 156 คัน, วิธีการตัด (Cut Block) ใช้รถประจำทางทั้งหมด 209 คัน, วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) ใช้รถประจำทางทั้งหมด 155 คัน จะเห็นได้ว่าวิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) ใช้รถประจำทางน้อยที่สุดจากทั้ง 3 วิธี

ในขั้นตอนของการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการทางคอมพิวเตอร์ทั้ง 3 วิธี ได้แก่ Insert Block, Cut Block และ Insert and Cut Block กับการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทางจริง โดยมีวิธีการเปรียบเทียบผลลัพธ์ ดังต่อไปนี้

การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากกระบวนการทางคอมพิวเตอร์กับการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางด้วยมือ

เป็นการนำผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการทางคอมพิวเตอร์ทั้ง 3 ทางเลือกมาเปรียบเทียบกับการจัดตารางเดินรถประจำทางจริง ซึ่งเปรียบเทียบจากเส้นทางเดินรถประจำทางทั้ง 6 สาย และรวมทุก ๆ เส้นทางเข้าด้วยกัน โดยอนุญาตให้วิ่งสลับสายได้ และได้นำผลลัพธ์ของขั้นตอนการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block) มาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้ จะมีหน่วยเป็นจำนวนรถ (คัน) ที่ใช้ในแต่ละเส้นทาง (Route) โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตารางเปรียบเทียบการจัดตารางเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Insert Block, Cut Block และ Insert and Cut Block กับการจัดตารางเดินรถประจำทางด้วยมือ มีหน่วยเป็นคัน

Route	Manual	Insert Block	Cut Block	Insert and Cut Block
68	84	46	54	38
76	63	30	42	38
105	56	26	30	25
111	40	23	23	24
140	132	67	76	49
141	89	35	46	20
All	464	227	271	194
All_Deadhead	464	156	209	155

*หมายเหตุ : Route All คือเส้นทางในการเดินรถประจำทางทั้ง 6 เส้นทางรวมกัน

Route All_Deadhead คือ เส้นทางในการเดินรถประจำทางทั้ง 6 เส้นทางรวมกันโดยอนุญาตให้วิ่งสลับสายได้

จากตารางที่ 4.4 พบว่าผลของการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางด้วยกระบวนการทางคอมพิวเตอร์ทั้ง 3 วิธีนั้น ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางจริง โดยในแต่ละเส้นทาง (Route) แสดงให้เห็นว่าทางเลือกไหนจะให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด(มีจำนวนรถน้อยที่สุด) ได้แก่ Route 68 คือ Insert and Cut Block (38 คัน), Route 75 คือ Insert Block (30 คัน), Route 105 คือ Insert and Cut Block (25 คัน), Route 111 คือ Insert Block และ Cut Block (23 คัน), Route 140 คือ Insert and Cut Block (49 คัน) Route 141 คือ Insert and Cut Block (20 คัน), Route All คือ Insert and Cut Block (194 คัน) เป็นต้น เมื่ออนุญาตให้สามารถวิ่งสลับสายได้ จะได้ Route All_Deadhead

ใช้วิธี Insert and Cut Block (155 คัน) ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังกล่าวนี้

จากตารางที่ 4.4 สามารถนำมาวิเคราะห์ที่เป็นเปอร์เซ็นต์ ของการจัดตารางเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Insert Block, Cut Block และ Insert and Cut Block เปรียบเทียบกับการจัดตารางเดินรถประจำทางด้วยมือ ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์ ของการจัดตารางเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Insert Block, Cut Block และ Insert and Cut Block เปรียบเทียบกับการจัดตารางเดินรถประจำทางจริง

Route	Insert Block (%)	Cut Block (%)	Insert and Cut Block (%)
68	45.24	35.71	54.76
76	52.38	33.33	39.68
105	53.57	46.43	55.36
111	42.50	42.50	40.00
140	49.24	42.42	62.88
141	60.67	48.31	77.53
All	51.08	41.59	58.19
All (Deadhead)	66.38	54.96	66.59

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่า การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางจากวิธี Insert and Cut Block ตอบที่ดีที่สุดจาก 3 วิธี เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางด้วยมือการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบอนุญาตให้วิ่งสลับสายใช้รถ 155 คัน ดีกว่าการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางจริงซึ่งใช้รถจำนวน 464 คัน เท่ากับ 67% การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบอนุญาตให้วิ่งสลับสายใช้รถ 155 คัน ดีกว่าการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบไม่อนุญาตให้วิ่งสลับสายซึ่งใช้รถจำนวน 194 คัน เท่ากับ 20 %

จากการเปรียบเทียบข้างต้นจะเห็นได้ว่า การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Insert and Cut Block เป็นวิธีการที่ดีที่สุดคือให้ผลลัพธ์ (จำนวนรถ) น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 2 วิธี และเมื่อนำมาเปรียบเทียบการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบอนุญาตให้วิ่งสลับสาย

ได้กับแบบไม่อนุญาตให้วิ่งสลับสาย จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ของการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบอนุญาตให้วิ่งสลับสายนั้นดีกว่า

4.2.3 การทดลองปรับค่าของข้อจำกัดต่างๆที่ใช้ในการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง

จากการทดลองจัดตารางเดินรถประจำทางแบบไม่อนุญาตให้วิ่งข้ามสายและอนุญาตให้วิ่งข้ามสายได้กับเส้นทางเดินรถประจำทางสาย 68, 76, 105, 111, 140, 141 จะเห็นได้ว่าการจัดตารางเดินรถประจำทางแบบแทรกและตัด (Insert and Cut Block) ให้ค่าของจำนวนรถประจำทาง ดังนั้นจึงนำวิธีการแทรกและตัดมาทดลองหาค่าของการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง วิธีการคือทดลองปรับค่าของข้อจำกัดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

การทดลองปรับค่าของเวลาในการทำงานน้อยที่สุดที่สามารถอนุญาตให้รถประจำทางสามารถวิ่งสลับสายได้ (Running Min) วิธีการทดลองคือ นำข้อมูลตารางเวลาของเส้นทางเดินรถประจำทางทั้งหมดมารวมกัน และทดลองปรับค่า จากเวลาเริ่มต้น 5, 4, 3, 2, 1, 0 แล้วนำไปประมวลผลทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) การปรับค่าแต่ละครั้งผลที่ได้คือจำนวนรถมีค่าเท่าเดิมคือใช้รถ 155 คัน แสดงว่าการปรับค่าของเวลาในการทำงานน้อยที่สุดที่สามารถอนุญาตให้รถประจำทางสามารถวิ่งสลับสายได้ (Running Min) ไม่มีผลต่อการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางนี้

การทดลองปรับค่าของจำนวนครั้งที่สามารถให้รถประจำทางสามารถวิ่งสลับสายได้ (Insert Max) ทดลองโดยการปรับค่าเป็น 2, 3, 4, ..., 20 กับข้อมูลตารางเวลาเดินรถประจำทางทุกเส้นทางเดินรถรวมกัน โดยการปรับค่าแต่ละครั้งจะต้องนำมาประมวลผลทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) ผลที่ได้จากการปรับค่าในแต่ละครั้งคือ จำนวนรถโดยสารประจำทางในแต่ละครั้งไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีค่าเท่าเดิม ดังนั้นแสดงว่าการปรับค่าของจำนวนครั้งที่สามารถให้รถประจำทางสามารถวิ่งสลับสายได้ (Insert Max) ไม่มีผลต่อการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางนี้

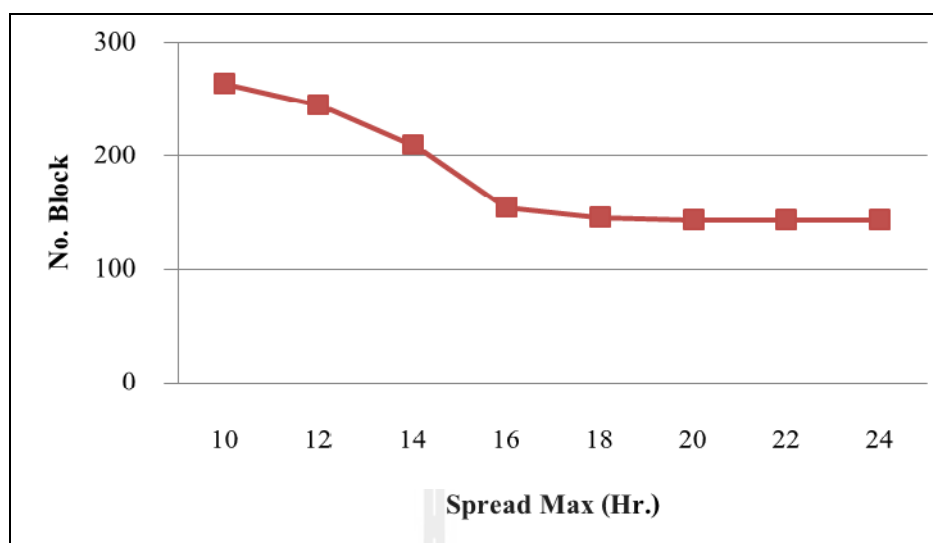
การทดลองปรับค่าของเวลาในการทำงาน รวมเวลาพัก มากที่สุด (Spread Max) เนื่องจากการจัดตารางเดินรถประจำทางโดยวิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) เป็นวิธีที่ดีที่สุด จึงนำมาใช้ทดสอบในการปรับค่าของ Spread Max ปรับจาก 14, 16, 18, 20, 22, 24 กับข้อมูลตารางเวลาเดินรถประจำทางทุกเส้นทางเดินรถรวมกัน โดยการปรับค่าแต่ละครั้งจะต้องนำมาประมวลผลทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) โดยผลที่ได้จะเป็นดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงจำนวนของรถประจำทาง เมื่อมีการปรับค่าของ Spread Max โดยใช้วิธี การแทรกและตัด (Insert and Cut Block) มีหน่วยเป็นคัน

Spread Max (Hr.)	No. Block
10	264
12	245
14	210
16	155
18	146
20	144
22	144
24	144

จากการทดสอบข้อมูลตารางเวลาเดินรถประจำทางทั้งหมดโดยการใช้วิธี Insert and Cut Block ผลลัพธ์ที่ได้ ดังตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า เมื่อมีการปรับข้อมูลของ Spread Max จำนวนของรถประจำทางก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย กล่าวคือ ถ้าค่าของ Spread Max มีค่าน้อยก็จะทำให้จำนวนของรถประจำทางมีค่ามากกว่า Spread Max ที่มีค่ามาก

จากตารางที่ 4.6 Spread Max = 10 จะต้องใช้รถประจำทางจำนวน 264 ต่อมาได้ทำการทดสอบโดยเพิ่มจำนวน Spread Max = 12 จะต้องใช้รถประจำทางจำนวน 245, Spread Max = 14 จะต้องใช้รถประจำทางจำนวน 210, Spread Max = 16 จะต้องใช้รถประจำทางจำนวน 155, Spread Max = 18 จะต้องใช้รถประจำทางจำนวน 146 จนกระทั่งกำหนดให้ Spread Max = 20, 22 และ 24 พบว่า จำนวนของรถประจำทางที่ใช้มีค่าคงที่คือ 144 คัน เพื่อให้เข้าใจง่าย จึงนำข้อมูลในตารางที่ 4.6 มาวาดกราฟได้ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของ Spread Max กับ No. Block

จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการปรับค่าของ Spread Max จะทำให้จำนวนของรถมีค่าเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของรถที่ใช้กับค่าของ Spread Max คือ เมื่อกำหนด Spread Max = 10, 12, 14, 16, 18 จำนวนของรถยังมีค่าไม่คงที่ คือเมื่อ Spread Max มีค่าน้อยจะส่งผลให้จำนวนรถประจำทางมีค่ามาก และเมื่อเพิ่มค่าของ Spread Max ขึ้นมาเรื่อยๆ จะเห็นว่าจำนวนรถประจำทางมีค่าลดลงจนกระทั่งค่าของ Spread Max มีค่าตั้งแต่ 20, 22, 24 ผลลัพธ์ของจำนวนรถประจำทางที่ได้นั้นมีค่าคงที่

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางที่นำวิธีการของ TRB, 1998 มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้มีการปรับปรุงให้สามารถใช้ได้กับตารางเวลาเดินรถประจำทางทั่วไป โดยมีการ กำหนดข้อจำกัด เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และได้แบ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block) และการปรับปรุงการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Improvement Blocking)

การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นนั้น เป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลของตารางเวลาเดินรถประจำทางเดิมให้อยู่ในเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะทำให้ตารางเวลาเดินรถประจำทางที่สามารถนำมาเชื่อมต่อกันได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น เพื่อให้ง่ายและเป็นการเตรียมข้อมูลของตารางเวลาขั้นตอนของปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทาง ต่อไป

การปรับปรุงการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง เป็นการนำเข้าข้อมูลของการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นและกำหนดเงื่อนไขในการปรับปรุงให้ครอบคลุมมากขึ้น การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางได้แบ่งออกเป็น 3 วิธี ได้แก่ วิธีการแทรก (Insert Block) วิธีการตัด (Cut Block) วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) ซึ่งทั้ง 3 วิธีนี้ มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน ดังนี้

วิธีการแทรก (Insert Block) เป็นวิธีการที่นำตารางเวลาที่อยู่ในเงื่อนไขของเวลาในการพักที่สามารถนำมาเชื่อมต่อกันได้ โดยไม่ต้องคำนึงถึงเวลาในทั้งหมดในการทำงาน เพียงแต่เวลาในการทำงานมากที่สุดต้องไม่เกิน 24 ชั่วโมง วิธีการจัดตารางเวลาวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายในการคำนวณ และสามารถลดจำนวนของรถประจำทาง ได้ 51 % เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางด้วยมือ แต่เพราะไม่มีการกำหนดเวลาในการทำงานมากที่สุดทำให้ประสิทธิภาพในการใช้รถไม่ดีเท่าที่ควร

วิธีการตัด (Cut Block) เป็นการนำตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นมาตัดค่า เพื่อให้อยู่ในเงื่อนไขของเวลาในการทำงานมากที่สุด ค่าที่ได้มาจากการตัดค่า จะเหลือเศษ (Leftover) ของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่ถูกตัดออก ซึ่งวิธีการในการนำค่าเศษที่ได้จากการตัดมาเชื่อมต่อกัน ข้อดีคือได้ตารางเวลาที่มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธี Insert Block แต่ต้องใช้จำนวนรถมากกว่าวิธี Insert Block เนื่องจากค่าของตารางเวลาที่ตัดออกเป็นเศษ (Leftover) มีมาก ซึ่งตารางเวลาที่

เป็นเช่นนั้นอาจจะไม่สามารถเชื่อมต่อกับตารางเวลาอื่น ๆ ได้ จึงทำให้มีจำนวนรถมากกว่า เมื่อนำวิธีการตัดมาเปรียบเทียบกับการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางด้วยมือ การใช้วิธีการตัดสามารถลดจำนวนของรถได้ 42 %

วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) เป็นการรวมวิธีการ วิธีการแทรก (Insert Block) และวิธีการตัด (Cut Block) ในการหาค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทาง โดยนำจุดเด่นของวิธีการทั้งสองมารวมกันเพื่อให้ค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทาง ที่ได้ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น วิธีการแทรกและตัดเป็นวิธีที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดเมื่อเทียบกันทั้ง 3 วิธี คือเมื่อเปรียบเทียบวิธีการแทรกและตัดกับวิธีการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางด้วยมือ จะสามารถลดจำนวนรถประจำทางเท่ากับ 58% ซึ่งวิธีการนี้นอกจากจะสามารถลดจำนวนของรถประจำทางแล้ว ยังสามารถกำหนดเวลาในการทำงานมากที่สุดของรถประจำทางได้อีกด้วย

เมื่ออนุญาตให้สามารถเดินรถประจำทางสามารถสลับสายได้ พบว่าทำให้การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางมีประสิทธิภาพมากขึ้น เมื่อนำทั้ง 3 วิธีมาเปรียบเทียบกับการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางด้วยมือ ได้ผลลัพธ์ ดังนี้ วิธีการแทรกสามารถลดจำนวนรถได้ 66% วิธีการตัดสามารถลดจำนวนรถได้ 55% และวิธีการแทรกและตัดสามารถลดจำนวนรถได้ 67% จะเห็นได้ว่าเมื่ออนุญาตให้รถประจำทางสามารถวิ่งสลับสายได้นั้น ช่วยให้จำนวนรถที่ใช้งานมีจำนวนน้อยลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

การจัดตารางเดินรถประจำทางโดยการนำเอาวิธีการของ TRB, 1998 มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเอาขั้นตอนของการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Blocking) ซึ่งเป็นเพียงส่วนหนึ่งของ TRB, 1998 จาก 5 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดเส้นทางและความถี่ในการให้บริการ (Service Policies and Schedule Development) , การกำหนดตารางเวลาการเดินรถ (Trip Generation), การจัดตารางเวลาการเดินรถประจำทาง (Blocking), การจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทาง (Runcutting), การจัดกลุ่มงานของพนักงานเดินรถประจำทาง (Rostering) ซึ่งถ้าต้องการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อาจจะต้องนำขั้นตอนการจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทางควบคู่กันไปด้วย เพื่อเป็นการรวมขั้นตอนในการพิจารณาเป็นขั้นตอนเดียว แต่การพิจารณาปัจจัยที่มีคนเข้ามาเกี่ยวข้องเป็นขั้นตอนที่ย่างยากซับซ้อนมาก อาจทำให้การกำหนดตัวแปรคงที่ทำได้ยาก อาจจะต้องพิจารณาอิทธิพลแบบอื่น ๆ ที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้กับการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางและตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทาง ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถแสดงให้เห็นหลักการประยุกต์วิธีการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางของ TRB, 1998 คือเมื่อนำมาเขียนเป็นโปรแกรม

คอมพิวเตอร์สามารถนำข้อมูลจำนวนมากมาวิเคราะห์ โดยใช้ระยะเวลาน้อยกว่าการจัดตารางเวลา
เดินรถประจำทางด้วยมือ และข้อจำกัดต่างๆสามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับเส้นทางเดินรถ
ประจำทางอื่น ๆ ได้ เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถนำไปวิเคราะห์กับการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง
สายอื่นๆต่อไป



รายการอ้างอิง

- Andreas Lobel. (1998). **Vehicle Scheduling in Public Transit and Lagrangean Pricing**, Management Science, Vol. 44, No. 12, Part 1 of 2, pp. 1637-1649
- Babara M., Smith and Anthony Wren. (1988). **A Bus Crew Scheduling System Using A Set Covering Formulation**, Transportation Reserch Part A, Vol. 22A, No. 2, pp.97-198.
- Dennis Huisman, Richard Freling and Albert P.M. Wagelmans. (2004). **A Robust Solution Approach to the Dynamic Vehicle Scheduling Problem**, Transportation Science, Vol. 38, No. 4, pp. 447-458
- Dennis Huisman, Richard Freling and Albert P.M. Wagelmans. (2003). **Multiple-Depot Integrated Vehicle and Crew Scheduling**, Transportation Science, Vol.39, No. 4, pp. 491-502
- Jingping Li and Raymond S.K. Kwan. (2003). **A Fuzzy Genetic Algorithm for Driver Scheduling**, European Journal of Operational Research 147, 334-344
- Kreingsak Wanichakornpong and Nakorn Inpayoong. (2007). **Multi-Depot with Line Change Operation: Bus Scheduling in the Bangkok City**, Research Report 2007.11
- Liping Zhao. (2006). **A Heuristics Method for Analizing Driver Scheduling Problem**, IEE Transection on Systems, Man and Cybernetics Part A: System and Humans, Vol. 36, No.3, 521-531
- Mauro Dell Amico, Matteo Fischetti, Paolo Toth. (2009). **Heuristic Algorithms for the Multiple Depot Vehicles Scheduling Problem**, Management Science, Vol. 39, No. 1, pp. 115-125
- Richard Freling, Dennis Huisman and Albert P.M. Wagelmans. (2003). **Models and Algorithms for Integration of Vehicle and Crew Scheduling**, Journal of Scheduling 6: 63-85
- TG Dias, JP de Sousa and JF Cunha. (2009). **Genetic Algorithms for Bus Driver Scheduling Problem: Case study**, The Journal of the operational Research Society, Vol.53, No. 3, Part Special Issue: Performance Management, pp. 324-335

- Van den Heuvel A.P.R., van den Akker J.M. and van Kooten Niekerk M.E.. (2008). **Integrating Timetabling and Vehicle Scheduling in Public Bus Transportation**, Basic Research in Informatics for Creating the Knowledge Society, BSIK grant 03018.
- Washington, D.C. National Academy Press. (1998). **Transit Scheduling: Basic and Advanced Manuals**, Transport Research Board.





ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น

จากขั้นตอนการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่กล่าวมาข้างต้น เป็นการหาค่าข้อมูลของตารางเวลาเดินรถประจำทางในแต่ละรอบ โดยคำนึงถึงเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่ได้กำหนดไว้ ในการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางในแต่ละครั้ง จะใช้วิธีการที่อยู่ภายใต้ข้อจำกัดเดียวกัน ทำให้การหาคำตอบง่ายและสะดวกขึ้น ซึ่งจากตัวอย่างที่ 3.1 มีรายละเอียดในการคำนวณและการหาคำตอบในแต่ละรอบดังต่อไปนี้

ตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นครั้งที่ 1 (Initial Block 1)

Iteration 1: ขั้นตอนที่ 1 เลือกหมายเลขการเดินทางเริ่มต้น

ในการเลือกหมายเลขการเดินทางเริ่มต้น เลือกจากการตรวจสอบเวลาที่ออกจากท่าต้นทาง (Departure Time) ก่อนไปหลัง จะได้ หมายเลขการเดินทางที่ 1 คือมีค่า Arrival Time = 5:56 และทำตามขั้นตอนที่ 2 เพื่อเลือกหมายเลขการเดินทางถัดไป

Iteration 1: ขั้นตอนที่ 2 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไป

การหาค่าหมายเลขการเดินทางต่อไป เริ่มจากการเลือกหมายเลขการเดินทางที่ถัดลงมา จากหมายเลขการเดินทางก่อนหน้าที่ถูกเลือกไปแล้ว ทีละตัวโดยตรวจสอบว่าได้ถูกเลือกแล้วหรือยัง ถ้าถูกเลือกแล้วให้เลือกใหม่อีกครั้ง โดยเลือกจากหมายเลขการเดินทางถัดไป ถ้ายังไม่ถูกเลือกให้ตรวจสอบกับเงื่อนไขดังต่อไปนี้

จากข้อจำกัดที่ 3.1 คือ $Break\ Min \leq Break\ Time \leq Break\ Max$ เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 3.3 เมื่อนำมาแทนค่าลงในข้อจำกัด จะได้ $0:00 \leq Break\ Time \leq 0:10$

จากสมการที่ 3.4 และ 3.5 เป็นสมการที่นำมาแทนค่าเพื่อหาค่าของ Break Time และนำค่าที่ได้มาตรวจสอบเงื่อนไข ดังตัวอย่างต่อไปนี้

$$\text{แทนค่า } Break\ Time_{1,2} = 5:00 - 5:56 = -0:04 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$Break\ Time_{1,3} = 6:00 - 5:56 = 0:04 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

ตรวจสอบว่า $Location\ End_{current\ Trip} = Location\ Start_{next\ Trip} : 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 3 คือมีค่า Arrival Time = 8:18 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

$$\text{แทนค่า } Break\ Time_{3,4} = 6:35 - 8:18 = -1:43 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$Break\ Time_{3,5} = 7:00 - 8:18 = -1:18 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$Break\ Time_{3,6} = 8:23 - 8:18 = 0:05 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

ตรวจสอบว่า $Location\ End_{current\ Trip} = Location\ Start_{next\ Trip} : 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 6 คือมีค่า Arrival Time = 10:45 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่า Break Time $_{6,7} = 8:53 - 10:45 = -1:52$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Break Time $_{6,8} = 9:45 - 10:45 = -1:00$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Break Time $_{6,9} = 10:45 - 10:45 = 0:00$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า Location End $_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}}: 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 9 คือมีค่า Arrival Time = 13:39 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่า Break Time $_{9,10} = 11:15 - 13:39 = -2:24$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Break Time $_{9,11} = 11:18 - 13:39 = -2:21$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Break Time $_{9,12} = 12:09 - 13:39 = -1:30$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Break Time $_{9,13} = 13:40 - 13:39 = 0:01$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า Location End $_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}}: 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 13 คือมีค่า Arrival Time = 14:02 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่า Break Time $_{13,14} = 14:00 - 14:02 = -0:02$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Break Time $_{13,15} = 14:16 - 14:02 = 0:14$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Break Time $_{13,16} = 15:09 - 14:02 = 1:07$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Break Time $_{13,17} = 15:45 - 14:02 = 1:43$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Break Time $_{13,18} = 16:00 - 14:02 = 1:58$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Break Time $_{13,19} = 17:38 - 14:02 = 3:36$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Break Time $_{13,20} = 18:27 - 14:02 = 4:25$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Break Time $_{13,21} = 19:20 - 14:02 = 5:18$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Break Time $_{13,22} = 19:56 - 14:02 = 5:54$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Break Time $_{13,23} = 20:48 - 14:02 = 6:46$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Break Time $_{13,24} = 21:48 - 14:02 = 7:46$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Break Time $_{13,25} = 22:30 - 14:02 = 8:28$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

ถ้าไม่มีหมายเลขการเดินทางต่อไปที่อยู่ในเงื่อนไข ให้ตรวจสอบเงื่อนไขจากข้อจำกัดที่ 3.3 คือ $\sum \text{Worked Time} \geq \text{Running Min}$ จากการจัดตารางเวลาการเดินทางประจำทางในขั้นตอนที่ 2 ได้ค่าของหมายเลขการเดินทางที่ 13 มีค่า Arrival Time = 14:02 โดยหาค่าของเวลาในการทำงาน (Worked Time) ได้จากสมการต่อไปนี้

$$\sum \text{Worked Time} = \text{worked time}_{\text{Trip A}} + \text{worked time}_{\text{Trip B}} + \dots + \text{worked time}_{\text{Current Trip}} \quad (3.7)$$

เมื่อ Trip A คือ หมายเลขการเดินทางเริ่มต้นที่ถูกเลือก

Trip B คือ หมายเลขการเดินทางต่อไปที่ถูกเลือก

Current Trip คือหมายเลขการเดินทางปัจจุบันที่ถูกเลือก

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad \sum \text{Worked Time} &= \text{worked time}_{\text{Trip 1}} + \text{worked time}_{\text{Trip 3}} + \text{worked time}_{\text{Trip 6}} + \\ &\quad \text{worked time}_{\text{Trip 9}} + \text{worked time}_{\text{Trip 13}} \\ &= 1:41 + 2:18 + 2:22 + 2:54 + 0:22 \\ &= 9:37 \end{aligned}$$

จากข้อจำกัดที่ 3.3 คือ $\sum \text{Worked Time} \geq \text{Running Min}$ แทนค่า $9:37 \geq 5:00$ อยู่ในเงื่อนไข อนุญาตให้ทำขั้นตอนที่ 3 ได้

Iteration 1: ขั้นตอนที่ 3 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปจากเส้นทางการเดินรถประจำทางอื่น ๆ

ในขั้นตอนนี้เป็นการหาค่าหมายเลขการเดินทางถัดไป ต่อเนื่องจากขั้นตอนที่ 2 โดยให้สามารถเปลี่ยนเส้นทางเดินรถได้ เมื่อทำเส้นทางไม่เท่ากับทำปลายทางหรือทำต้นทางและทำปลายทางไม่ได้อยู่ในสถานที่เดียวกัน จากขั้นตอนที่ 2 จะได้ Departure Time = 13:40, Arrival Time = 14:02, Location End = 5

ต่อมาตรวจสอบว่า Location End = 5 (จาก Trip No. 13) ในรูปที่ 3.2 ว่าสามารถเดินทางไปยัง Location Start ได้บ้าง โดยตรวจสอบเวลาในการเดินทาง (Deadhead Time) อยู่ภายในเงื่อนไขหรือไม่ จากสมการที่ 3.2 ตรวจสอบว่า $\text{Deadhead Time} \leq \text{Allowance Deadhead}$

แทนค่า $\text{Deadhead Time}_{5_{101}}$ จะได้ $1:00 \leq 0:10$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Deadhead Time}_{5_{102}}$ จะได้ $0:10 \leq 0:10$ (อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Deadhead Time}_{5_{103}}$ จะได้ $0:08 \leq 0:10$ (อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Deadhead Time}_{5_{104}}$ จะได้ $0:09 \leq 0:10$ (อยู่ในเงื่อนไข)

จากการแทนค่า จะได้ Deadhead Time ที่อยู่ในเงื่อนไขคือ $\text{Deadhead Time}_{5_{102}}$, $\text{Deadhead Time}_{5_{103}}$, $\text{Deadhead Time}_{5_{104}}$ จากนั้นเลือก Deadhead Time ที่มีค่าน้อยที่สุดตามลำดับแทนลงในสมการที่ 3.6 คือ $\text{Deadhead Time}_{5_{103}} = 0:08$

$$\text{Arrival Time}_{\text{for Next Trip}} = \text{Arrival Time}_{\text{Current Trip}} + \text{Deadhead Time}_{\text{Location Start Next Trip}} \quad (3.6)$$

แทนค่า $\text{Arrival Time}_{\text{for Next Trip}} = 14:02 + 0:08 = 14:10$ (Trip No. 13+Deadhead Time_{5 to 3})

ตรวจสอบ หมายเลขการเดินทางต่อไปที่เป็นไปได้จากข้อจำกัดที่ 3.1 จะได้ $0:00 \leq \text{Break Time} \leq 0:10$ และต้องมี $\text{Location End}_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}}$

จะได้ $\text{Break Time}_{13(D5to3), 14} = 14:00 - 14:10 = -0:10$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Break Time}_{13(D5to3), 15} = 14:16 - 14:10 = 0:06$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า $\text{Location End}_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}} : 3 = 3$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 15 คือมีค่า $\text{Arrival Time} = 15:41$ เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไป จากขั้นตอนที่ 2

แทนค่า $\text{Break Time}_{\text{Trip No.16}} = 15:09 - 15:41 = -0:32$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Break Time}_{\text{Trip No.17}} = 15:45 - 15:41 = 0:04$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า $\text{Location End}_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}} : 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 17 คือมีค่า $\text{Arrival Time} = 19:20$ เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่า $\text{Break Time}_{\text{Trip No.18}} = 16:00 - 19:20 = -3:20$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Break Time}_{\text{Trip No.19}} = 17:38 - 19:20 = -1:42$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Break Time}_{\text{Trip No.20}} = 18:27 - 19:20 = -0:53$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Break Time}_{\text{Trip No.21}} = 19:20 - 19:20 = 0:00$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า $\text{Location End}_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}} : 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 21 คือมีค่า $\text{Arrival Time} = 20:41$ เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่า $\text{Break Time}_{\text{Trip No.22}} = 19:56 - 20:41 = -0:45$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Break Time}_{\text{Trip No.23}} = 20:48 - 20:41 = 0:07$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า $\text{Location End}_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}} : 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 23 คือมีค่า $\text{Arrival Time} = 21:49$ เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่า $\text{Break Time}_{\text{Trip No.24}} = 21:18 - 21:49 = -0:31$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Break Time}_{\text{Trip No.25}} = 22:30 - 21:49 = 0:41$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

ถ้าไม่มีหมายเลขการเดินทางต่อไปที่อยู่ในเงื่อนไข ให้ตรวจสอบเงื่อนไขจากข้อจำกัดที่ 3.3 คือ $\sum \text{Worked Time} \geq \text{Running Min}$ จากการจัดตารางเวลาการเดินทางประจำทางในขั้นตอนที่ 2 ได้ค่าของหมายเลขการเดินทางที่ 23 มีค่า Arrival Time = 21:49

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad \sum \text{Worked Time} &= 1:41 + 2:18 + 2:22 + 2:54 + 0:22 + 1:25 + 3:35 + 1:21 + 1:01 \\ &= 16:59 \end{aligned}$$

จากข้อจำกัดที่ 3.3 คือ $\sum \text{Worked Time} \geq \text{Running Min}$ แทนค่า $16:59 \geq 5:00$ อยู่ในเงื่อนไข แสดงว่าอนุญาตให้ทำขั้นตอนที่ 3 ได้

จากขั้นตอนที่ 2 จะได้ Departure Time = 20:48, Arrival Time = 21:49, Location End = 3 ต่อมาตรวจสอบว่า Location End = 3 (จาก Trip No. 23) ในรูปที่ 3.2 ว่าสามารถเดินทางไปยัง Location Start ได้บ้าง โดยตรวจสอบเวลาในการเดินทาง (Deadhead Time) อยู่ในเงื่อนไขหรือไม่ จากสมการที่ 3.2 ตรวจสอบว่า $\text{Deadhead Time} \leq \text{Allowance Deadhead}$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad \text{Deadhead Time}_{3 \text{ to } 1} &\text{ จะได้ } 1:10 \leq 0:10 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)} \\ \text{Deadhead Time}_{3 \text{ to } 2} &\text{ จะได้ } 0:07 \leq 0:10 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)} \\ \text{Deadhead Time}_{3 \text{ to } 4} &\text{ จะได้ } 0:08 \leq 0:10 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)} \\ \text{Deadhead Time}_{3 \text{ to } 5} &\text{ จะได้ } 0:08 \leq 0:10 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)} \end{aligned}$$

จากการแทนค่า จะได้ Deadhead Time ที่อยู่ในเงื่อนไขคือ $\text{Deadhead Time}_{3 \text{ to } 2}$, $\text{Deadhead Time}_{3 \text{ to } 4}$, $\text{Deadhead Time}_{3 \text{ to } 5}$ จากนั้นเลือก Deadhead Time ที่มีค่าน้อยที่สุดตามลำดับแทนลงในสมการที่ 3.6 คือ $\text{Deadhead Time}_{3 \text{ to } 2} = 0:07$

$$\text{แทนค่า} \quad \text{Arrival Time}_{\text{for Next Trip}} = 21:49 + 0:07 = 21:56 \text{ (Deadhead Time}_{3 \text{ to } 2})$$

ตรวจสอบ หมายเลขการเดินทางต่อไปที่เป็นไปได้จากข้อจำกัดที่ 3.1 จะได้ $0:00 \leq \text{Break Time} \leq 0:10$ และต้องมี $\text{Location End}_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}}$

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad \text{Break Time}_{D3 \text{ to } 2, 24} &= 21:18 - 21:56 = -0:38 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)} \\ \text{Break Time}_{D3 \text{ to } 2, 25} &= 22:30 - 21:56 = 0:34 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)} \end{aligned}$$

ไม่มีหมายเลขการเดินทางที่อยู่ในเงื่อนไข ให้เลือก Deadhead Time ถัดไปคือ $\text{Deadhead Time}_{3 \text{ to } 4} = 0:08$

$$\text{แทนค่า} \quad \text{Arrival Time}_{\text{for Next Trip}} = 21:49 + 0:08 = 21:57 \text{ (Trip no. 23 + Deadhead Time}_{3 \text{ to } 4})$$

ตรวจสอบ หมายเลขการเดินทางต่อไปที่เป็นไปได้จากข้อจำกัดที่ 3.1 จะได้ $0:00 \leq \text{Break Time} \leq 0:10$ และต้องมี $\text{Location End}_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}}$

จะได้ $\text{Break Time}_{23(D3to4), 24} = 21:18 - 21:57 = -0:39$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Break Time}_{23(D3to4), 25} = 22:30 - 21:57 = 0:35$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

ไม่มีหมายเลขการเดินทางที่อยู่ในเงื่อนไข ให้เลือก Deadhead Time ถัดไปคือ Deadhead Time_{3 to 4} = 0:08

แทนค่า $\text{Arrival Time}_{\text{for Next Trip}} = 21:49 + 0:08 = 21:57$ (Trip no. 23+Deadhead Time_{3 to 5})

ตรวจสอบ หมายเลขการเดินทางต่อไปที่เป็นไปได้จากข้อจำกัดที่ 3.1 จะได้ $0:00 \leq \text{Break Time} \leq 0:10$ และต้องมี $\text{Location End}_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}}$

จะได้ $\text{Break Time}_{23(D3to5), 24} = 21:18 - 21:57 = -0:39$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Break Time}_{23(D3to5), 25} = 22:30 - 21:57 = 0:35$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เมื่อไม่มีหมายเลขการเดินทางที่อยู่ในเงื่อนไขให้หยุด และตรวจสอบหมายเลขการเดินทางที่เหลือว่าถูกเลือกหรือยัง ถ้ายังมีหมายเลขการเดินทางที่ยังไม่ถูกเลือกให้หาค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทางต่อไป สรุปได้ว่าตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นครั้งที่ 1 มีหมายเลขการเดินทาง คือ 1, 3, 6, 9, 13, 15, 17, 21, 23 ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 หมายเลขการเดินทางที่ถูกเลือกในตารางเวลาการเดินทางประจำทางเบื้องต้นครั้งที่ 1

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
1	4:15	5:56	1:41	2	1	1
2	5:00	6:35	1:35	3	1	1
3	6:00	8:18	2:18	2	1	1
4	6:35	8:53	2:18	3	1	1
5	7:00	9:43	2:43	2	1	1
6	8:23	10:45	2:22	2	1	1
7	8:53	11:15	2:22	3	1	1
8	9:45	12:02	2:17	2	1	1
9	10:45	13:39	2:54	2	1	1
10	11:15	13:10	1:55	3	1	1
11	11:18	13:56	2:38	1	1	2
12	12:09	15:01	2:52	2	1	1
13	13:40	14:02	0:22	9	1	5
14	14:00	17:33	3:33	1	2	1
15	14:16	15:41	1:25	7	3	1
16	15:09	15:57	0:48	6	1	1
17	15:45	19:20	3:35	2	1	1
18	16:00	18:26	2:26	3	1	1
19	17:38	19:52	2:14	2	1	1
20	18:27	21:17	2:50	2	1	1
21	19:20	20:41	1:21	6	1	1
22	19:56	22:22	2:26	2	1	1
23	20:48	21:49	1:01	7	1	3
24	21:18	22:08	0:50	6	1	1
25	22:30	23:30	1:00	1	1	2

ตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นครั้งที่ 2 (Initial Block 2)

Iteration 2: ขั้นตอนที่ 1 เลือกหมายเลขการเดินทางเริ่มต้น

เลือกจากหมายเลขการเดินทางที่มาก่อนและเป็นหมายเลขการเดินทางที่ยังไม่ถูกเลือก หมายเลขการเดินทางที่ 1 คือมีค่า Arrival Time = 6:35 และทำตามขั้นตอนที่ 2 เพื่อเลือกหมายเลขการเดินทางถัดไป ดังตารางที่ 3.4

Iteration 2: ขั้นตอนที่ 2 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไป

หาค่าหมายเลขการเดินทางต่อไป ให้ตรวจสอบกับเงื่อนไขดังต่อไปนี้

จากข้อจำกัดที่ 3.1 คือ $\text{Break Min} \leq \text{Break Time} \leq \text{Break Max}$ เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 3.3 เมื่อนำมาแทนค่าลงในข้อจำกัด จะได้ $0:00 \leq \text{Break Time} \leq 0:10$

จากสมการที่ 3.4 และ 3.5 เป็นสมการที่นำมาแทนค่าเพื่อหาค่าของ Break Time และนำค่าที่ได้มาตรวจสอบเงื่อนไข ดังตัวอย่างต่อไปนี้

แทนค่า $\text{Break Time}_{2,4} = 6:35 - 6:35 = 0:00$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า $\text{Location End}_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}}: 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 4 คือมีค่า Arrival Time = 8:53 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่า $\text{Break Time}_{4,5} = 8:53 - 7:00 = -0:07$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Break Time}_{4,7} = 8:53 - 8:53 = 0:00$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า $\text{Location End}_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}}: 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 7 คือมีค่า Arrival Time = 11:15 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่า $\text{Break Time}_{7,8} = 11:15 - 9:45 = -1:30$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Break Time}_{7,10} = 11:15 - 11:15 = 0:00$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า $\text{Location End}_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}}: 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 10 คือมีค่า Arrival Time = 13:10 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่าลงในสมการที่ 3.4 และ 3.5 จะได้ค่าดังต่อไปนี้

$\text{Break Time}_{10,11} = 13:10 - 13:56 = -0:46$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Break Time}_{10,12} = 13:10 - 15:01 = -1:51$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Break Time}_{10,14} = 13:10 - 17:33 = -4:23$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Break Time}_{10,16} = 13:10 - 15:57 = -2:47$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Break Time}_{10,18} = 13:10 - 18:26 = -5:16$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$$\text{Break Time}_{10,19} = 13:10 - 19:52 = -6:42 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Break Time}_{10,20} = 13:10 - 21:17 = -8:07 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Break Time}_{10,22} = 13:10 - 22:22 = -9:12 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Break Time}_{10,24} = 13:10 - 22:08 = -8:58 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Break Time}_{10,25} = 13:10 - 23:30 = -10:50 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

เนื่องจากไม่มีหมายเลขการเดินทางต่อไปที่อยู่ในเงื่อนไข ดังนั้นตรวจสอบเงื่อนไขจากข้อจำกัดที่ 3.3 คือ $\sum \text{Worked Time} \geq \text{Running Min}$ จากการจัดตารางเวลาการเดินทางประจำทางในขั้นตอนที่ 2 ได้ค่าของหมายเลขการเดินทางที่ 10 มีค่า Arrival Time = 13:10 โดยหาค่าของเวลาในการทำงาน (Worked Time) ได้จากสมการที่ 3.7

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad \sum \text{Worked Time} &= \text{worked time}_{\text{Trip } 2} + \text{worked time}_{\text{Trip } 4} + \text{worked time}_{\text{Trip } 7} + \\ &\quad \text{Worked time}_{\text{Trip } 10} \\ &= 1:35 + 2:18 + 2:22 + 1:55 = 8:47 \end{aligned}$$

จากข้อจำกัดที่ 3.3 คือ $\sum \text{Worked Time} \geq \text{Running Min}$ แทนค่า $8:47 \geq 5:00$ อยู่ในเงื่อนไข อนุญาตให้ทำขั้นตอนที่ 3 ได้

Iteration 2: ขั้นตอนที่ 3 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปจากเส้นทางการเดินทางประจำทางอื่น ๆ

จากขั้นตอนที่ 2 จะได้ Departure Time = 11:15, Arrival Time = 13:10, Location End = 1 ตรวจสอบว่า Location End = 1 (จาก Trip No. 10) ในรูปที่ 3.2 ว่าสามารถเดินทางไปยัง Location Start ใดได้บ้าง โดยตรวจสอบเวลาในการเดินทาง (Deadhead Time) อยู่ภายในเงื่อนไขหรือไม่ จากสมการที่ 3.2 ตรวจสอบว่า $\text{Deadhead Time} \leq \text{Allowance Deadhead}$

$$\text{แทนค่า} \quad \text{Deadhead Time}_{10,2} \text{ จะได้ } 1:00 \leq 0:10 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Deadhead Time}_{10,3} \text{ จะได้ } 1:10 \leq 0:10 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Deadhead Time}_{10,4} \text{ จะได้ } 2:05 \leq 0:10 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Deadhead Time}_{10,5} \text{ จะได้ } 1:00 \leq 0:10 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

จากการแทนค่า Deadhead Time แสดงให้เห็นว่าไม่มี Deadhead Time ที่อยู่ในเงื่อนไข ให้หยุดการหาค่าตารางเวลาเดินทางประจำทางครั้งที่ 2 และตรวจสอบหมายเลขการเดินทางที่เหลือว่าถูกเลือกหรือยัง ถ้ายังมีหมายเลขการเดินทางที่ยังไม่ถูกเลือกให้หาค่าของตารางเวลาเดินทางประจำทางต่อไป

จากการหาค่าตารางเวลาเดินทางประจำทางครั้งที่ 2 มีหมายเลขการเดินทางที่ 2, 4, 7 และ 10 ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 หมายเลขการเดินทางที่ถูกเลือกในตารางเวลาการเดินทางประจำทางเบื้องต้นครั้งที่ 2

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
1	4:15	5:56	1:41	2	1	1
2	5:00	6:35	1:35	3	1	1
3	6:00	8:18	2:18	2	1	1
4	6:35	8:53	2:18	3	1	1
5	7:00	9:43	2:43	2	1	1
6	8:23	10:45	2:22	2	1	1
7	8:53	11:15	2:22	3	1	1
8	9:45	12:02	2:17	2	1	1
9	10:45	13:39	2:54	2	1	1
10	11:15	13:10	1:55	3	1	1
11	11:18	13:56	2:38	1	1	2
12	12:09	15:01	2:52	2	1	1
13	13:40	14:02	0:22	9	1	5
14	14:00	17:33	3:33	1	2	1
15	14:16	15:41	1:25	7	3	1
16	15:09	15:57	0:48	6	1	1
17	15:45	19:20	3:35	2	1	1
18	16:00	18:26	2:26	3	1	1
19	17:38	19:52	2:14	2	1	1
20	18:27	21:17	2:50	2	1	1
21	19:20	20:41	1:21	6	1	1
22	19:56	22:22	2:26	2	1	1
23	20:48	21:49	1:01	7	1	3
24	21:18	22:08	0:50	6	1	1
25	22:30	23:30	1:00	1	1	2

ตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นครั้งที่ 3 (Initial Block 3)

Iteration 3: ขั้นตอนที่ 1 เลือกหมายเลขการเดินทางเริ่มต้น

เลือกหมายเลขการเดินทางเริ่มต้นของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นครั้งที่ 3 โดยตรวจสอบเวลาที่ออกจากท่าต้นทาง (Departure Time) ก่อนไปหลังที่ยังไม่ถูกเลือก จะได้ หมายเลขการเดินทางที่ 5 คือมีค่า Arrival Time = 9:43 และทำตามขั้นตอนที่ 2 เพื่อเลือกหมายเลขการเดินทางถัดไป

Iteration 3: ขั้นตอนที่ 2 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไป

หาค่าหมายเลขการเดินทางต่อไป ให้ตรวจสอบกับเงื่อนไขดังต่อไปนี้ จากข้อจำกัดที่ 3.1 คือ $Break\ Min \leq Break\ Time \leq Break\ Max$ เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 3.3 เมื่อนำมาแทนค่าลงในข้อจำกัด จะได้ $0:00 \leq Break\ Time \leq 0:10$

จากสมการที่ 3.4 และ 3.5 เป็นสมการที่นำมาแทนค่าเพื่อหาค่าของ Break Time และนำค่าที่ได้มาตรวจสอบเงื่อนไข ดังตัวอย่างต่อไปนี้

แทนค่า $Break\ Time_{5,8} = 9:45 - 9:43 = 0:02$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า $Location\ End_{current\ Trip} = Location\ Start_{next\ Trip}: 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 8 คือมีค่า Arrival Time = 12:02 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่า $Break\ Time_{8,11} = 11:18 - 12:02 = -0:44$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$Break\ Time_{8,12} = 12:09 - 12:02 = 0:07$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า $Location\ End_{current\ Trip} = Location\ Start_{next\ Trip}: 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 12 คือมีค่า Arrival Time = 15:01 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่า $Break\ Time_{12,14} = 14:00 - 15:01 = -1:01$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$Break\ Time_{12,16} = 15:09 - 15:01 = 0:08$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า $Location\ End_{current\ Trip} = Location\ Start_{next\ Trip}: 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 16 คือมีค่า Arrival Time = 15:57 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่า $Break\ Time_{16,18} = 16:00 - 15:57 = 0:03$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า $Location\ End_{current\ Trip} = Location\ Start_{next\ Trip}: 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 18 คือมีค่า Arrival Time = 18:26 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่า $Break\ Time_{18,19} = 17:38 - 18:26 = -0:48$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$$\text{Break Time}_{18,20} = 18:27 - 18:26 = 0:01 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

ตรวจสอบว่า $\text{Location End}_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}} : 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกลำดับเลขการเดินทางที่ 20 คือมีค่า Arrival Time = 21:17 เลือกลำดับเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่า $\text{Break Time}_{20,22} = 19:56 - 21:17 = -1:21$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$$\text{Break Time}_{20,24} = 21:18 - 21:17 = 0:01 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

ตรวจสอบว่า $\text{Location End}_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}} : 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกลำดับเลขการเดินทางที่ 24 คือมีค่า Arrival Time = 22:08 เลือกลำดับเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่า $\text{Break Time}_{24,25} = 22:30 - 22:08 = 0:22$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า $\text{Location End}_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}} : 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

เนื่องจากหมายเลขการเดินทางที่ 24 และ 25 มี $\text{Location End}_{\text{current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{next Trip}} : 1 = 1$ จึงไม่สามารถเลือกลำดับเลขการเดินทางต่อไปจากเส้นทางการเดินรถประจำทางอื่น ๆ ในขั้นตอนที่ 3 ต่อไปได้ ดังนั้นให้หยุดหาค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 3 และตรวจสอบหมายเลขการเดินทางที่เหลือว่าถูกเลือกหรือยัง ถ้ายังมีหมายเลขการเดินทางที่ยังไม่ถูกเลือกให้หาค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทางต่อไป

จากการหาค่าตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 3 มีหมายเลขการเดินทางที่ 5, 8, 12, 16, 18, 20 และ 24 ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 หมายเลขการเดินทางที่ถูกเลือกในตารางเวลาการเดินทางประจำทางเบื้องต้นครั้งที่ 3

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
1	4:15	5:56	1:41	2	1	1
2	5:00	6:35	1:35	3	1	1
3	6:00	8:18	2:18	2	1	1
4	6:35	8:53	2:18	3	1	1
5	7:00	9:43	2:43	2	1	1
6	8:23	10:45	2:22	2	1	1
7	8:53	11:15	2:22	3	1	1
8	9:45	12:02	2:17	2	1	1
9	10:45	13:39	2:54	2	1	1
10	11:15	13:10	1:55	3	1	1
11	11:18	13:56	2:38	1	1	2
12	12:09	15:01	2:52	2	1	1
13	13:40	14:02	0:22	9	1	5
14	14:00	17:33	3:33	1	2	1
15	14:16	15:41	1:25	7	3	1
16	15:09	15:57	0:48	6	1	1
17	15:45	19:20	3:35	2	1	1
18	16:00	18:26	2:26	3	1	1
19	17:38	19:52	2:14	2	1	1
20	18:27	21:17	2:50	2	1	1
21	19:20	20:41	1:21	6	1	1
22	19:56	22:22	2:26	2	1	1
23	20:48	21:49	1:01	7	1	3
24	21:18	22:08	0:50	6	1	1
25	22:30	23:30	1:00	1	1	2

ตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นครั้งที่ 4 (Initial Block 4)

Iteration 4: ขั้นตอนที่ 1 เลือกหมายเลขการเดินทางเริ่มต้น

เลือกหมายเลขการเดินทางเริ่มต้นของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นครั้งที่ 4 โดยตรวจสอบเวลาที่ออกจากท่าต้นทาง (Departure Time) ก่อนไปหลังที่ยังไม่ถูกเลือก จะได้ หมายเลขการเดินทางที่ 11 คือมีค่า Arrival Time = 13:56 และทำตามขั้นตอนที่ 2 เพื่อเลือกหมายเลขการเดินทางถัดไป

Iteration 4: ขั้นตอนที่ 2 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไป

หาค่าหมายเลขการเดินทางต่อไปให้ตรวจสอบกับเงื่อนไขดังต่อไปนี้ จากข้อจำกัดที่ 3.1 คือ $Break\ Min \leq Break\ Time \leq Break\ Max$ เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 3.3 เมื่อนำมาแทนค่าลงในข้อจำกัด จะได้ $0:00 \leq Break\ Time \leq 0:10$

จากสมการที่ 3.4 และ 3.5 เป็นสมการที่นำมาแทนค่าเพื่อหาค่าของ Break Time และนำค่าที่ได้มาตรวจสอบเงื่อนไข ดังตัวอย่างต่อไปนี้

แทนค่า $Break\ Time_{11, 14} = 14:00 - 13:56 = 0:04$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า $Location\ End_{current\ Trip} = Location\ Start_{next\ Trip} : 2 = 2$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 14 คือมีค่า Arrival Time = 17:33 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่า $Break\ Time_{14, 19} = 17:38 - 17:33 = 0:05$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า $Location\ End_{current\ Trip} = Location\ Start_{next\ Trip} : 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 19 คือมีค่า Arrival Time = 19:52 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่า $Break\ Time_{19, 22} = 19:56 - 19:52 = 0:04$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า $Location\ End_{current\ Trip} = Location\ Start_{next\ Trip} : 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 22 คือมีค่า Arrival Time = 22:22 เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2

แทนค่า $Break\ Time_{22, 25} = 22:30 - 22:22 = 0:08$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ตรวจสอบว่า $Location\ End_{current\ Trip} = Location\ Start_{next\ Trip} : 1 = 1$ (อยู่ในเงื่อนไข)

ดังนั้น เลือกหมายเลขการเดินทางที่ 25 คือมีค่า Arrival Time = 23:30 ตรวจสอบหมายเลขการเดินทางที่เหลือว่าถูกเลือกหรือยัง แต่เนื่องจากหมายเลขการเดินทางทั้งหมดถูกเลือกแล้ว ให้หยุดหาค่าหมายเลขการเดินทางประจำทางของตารางเดินรถประจำทางครั้งที่ 4

จากการหาค่าตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 4 มีหมายเลขการเดินทางที่ 11, 14, 19, 22 และ 25 ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 หมายเลขการเดินทางที่ถูกเลือกในตารางเวลาการเดินทางประจำทางเบื้องต้นครั้งที่ 4

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
1	4:15	5:56	1:41	2	1	1
2	5:00	6:35	1:35	3	1	1
3	6:00	8:18	2:18	2	1	1
4	6:35	8:53	2:18	3	1	1
5	7:00	9:43	2:43	2	1	1
6	8:23	10:45	2:22	2	1	1
7	8:53	11:15	2:22	3	1	1
8	9:45	12:02	2:17	2	1	1
9	10:45	13:39	2:54	2	1	1
10	11:15	13:10	1:55	3	1	1
11	11:18	13:56	2:38	1	1	2
12	12:09	15:01	2:52	2	1	1
13	13:40	14:02	0:22	9	1	5
14	14:00	17:33	3:33	1	2	1
15	14:16	15:41	1:25	7	3	1
16	15:09	15:57	0:48	6	1	1
17	15:45	19:20	3:35	2	1	1
18	16:00	18:26	2:26	3	1	1
19	17:38	19:52	2:14	2	1	1
20	18:27	21:17	2:50	2	1	1
21	19:20	20:41	1:21	6	1	1
22	19:56	22:22	2:26	2	1	1
23	20:48	21:49	1:01	7	1	3
24	21:18	22:08	0:50	6	1	1
25	22:30	23:30	1:00	1	1	2

The logo of Sakon Nakhon Rajabhat University is a circular emblem. At the top, it features a stylized tower or spire. Below this, a silhouette of a person stands on a path that leads towards the center. The central part of the logo contains a stylized floral or leaf-like motif. The entire emblem is surrounded by a decorative border. The text 'มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี' is written in Thai script along the bottom arc of the emblem.

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการปรับปรุงการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบ Insert Block

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 1 (Improvement Block 1)

Iteration 1: ขั้นตอนที่1 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น (Select First Initial Block)

เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น จากตารางที่ 3.12 คือเลือกค่าของ Departure Time จากก่อน ไปหลัง จะได้ Initial Block no. 1 คือ departure time = 4:20, spread time = 18:01

Iteration 1: ขั้นตอนที่2 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นต่อไป (Select Next Initial Block)

เป็นการเลือกตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้นต่อไป โดยเลือกเรียงจากค่าของเวลาที่ออกจากท่าต้นทาง (Departure Time) ที่มาก่อนไปหลังจากนั้นตรวจสอบว่าตารางเวลาเดินรถนั้นถูกเลือกหรือยัง ถ้าถูกเลือกแล้วให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง แต่ถ้ายังไม่ถูกเลือก ให้ตรวจสอบข้อจำกัดที่ 3.8 คือ $\text{Vehicle Break Min} \leq \text{Vehicle Break} \leq \text{Vehicle Break Max}$ (3.8) เมื่อนำมาแทนค่าจะได้ $0:00 \leq \text{Vehicle Break} \leq 4:00$ ต่อมาหาค่าของเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งาน (Vehicle Break) จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Vehicle Break}_{\text{Current Block, Next Block}} = \text{Departure Time}_{(\text{Next Block})} - \text{Arrival Time}_{(\text{Current Block})} \quad (3.10)$$

แทนค่า

$$\text{Vehicle Break}_{1,2} = 5:00 - 22:21 = - 17:21 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{1,3} = 5:30 - 22:21 = - 16:51 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{1,4} = 6:45 - 22:21 = - 15:36 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{1,5} = 11:18 - 22:21 = - 11:03 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{1,6} = 11:50 - 22:21 = - 10:31 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{1,7} = 17:00 - 22:21 = - 5:21 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{1,8} = 18:32 - 22:21 = - 3:49 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{1,9} = 19:30 - 22:21 = - 2:51 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{1,10} = 20:13 - 22:21 = - 2:08 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

จะได้ **Improvement Block 1: Initial Block 1**

เนื่องจากเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งาน (Vehicle Break) ไม่อยู่ในเงื่อนไขของข้อจำกัดที่ 3.8 ให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น จากหมายเลขของตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Blocking) อีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 1

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 2 (Improvement Block 2)

Iteration 2: ขั้นตอนที่1 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น (Select First Initial Block)

เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น จากตารางที่ 3.12 จะได้ Initial Block no. 2 คือ departure time = 5:00, spread time = 17:45

Iteration 2: ขั้นตอนที่2 เลือกตารางเวลาเดินทางประจำทางเบื้องต้นต่อไป (Select Next Initial Block)

แทนค่า $\text{Vehicle Break}_{2,3} = 5:30 - 22:45 = -17:45$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 $\text{Vehicle Break}_{2,4} = 6:45 - 22:45 = -17:15$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 $\text{Vehicle Break}_{2,5} = 11:18 - 22:45 = -16:00$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 $\text{Vehicle Break}_{2,6} = 11:50 - 22:45 = -11:27$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 $\text{Vehicle Break}_{2,7} = 17:00 - 22:45 = -10:55$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 $\text{Vehicle Break}_{2,8} = 18:32 - 22:45 = -4:13$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 $\text{Vehicle Break}_{2,9} = 19:30 - 22:45 = -3:15$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 $\text{Vehicle Break}_{2,10} = 20:13 - 22:45 = -2:32$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Improvement Block 2: Initial Block 2

เนื่องจากเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งาน (Vehicle Break) ไม่อยู่ในเงื่อนไขของข้อจำกัดที่ 3.8 ให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินทางประจำทางเริ่มต้น จากหมายเลขของตารางเดินทางประจำทางเบื้องต้น (Initial Blocking) อีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 1

การปรับปรุงตารางเวลาเดินทางประจำทางครั้งที่ 3 (Improvement Block 3)

Iteration 3: ขั้นตอนที่1 เลือกตารางเวลาเดินทางประจำทางเริ่มต้น (Select First Initial Block)

เลือกตารางเวลาเดินทางประจำทางเริ่มต้น จากตารางที่ 3.12 จะได้ Initial Block no. 3 คือ departure time = 5:30, spread time = 19:01

Iteration 3: ขั้นตอนที่2 เลือกตารางเวลาเดินทางประจำทางเบื้องต้นต่อไป (Select Next Initial Block)

แทนค่า $\text{Vehicle Break}_{3,4} = 6:45 - 24:31 = -17:15$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 $\text{Vehicle Break}_{3,5} = 11:18 - 24:31 = -16:00$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 $\text{Vehicle Break}_{3,6} = 11:50 - 24:31 = -11:27$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 $\text{Vehicle Break}_{3,7} = 17:00 - 24:31 = -10:55$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 $\text{Vehicle Break}_{3,8} = 18:32 - 24:31 = -4:13$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 $\text{Vehicle Break}_{3,9} = 19:30 - 24:31 = -3:15$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 $\text{Vehicle Break}_{3,10} = 20:13 - 24:31 = -2:32$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Improvement Block 3: Initial Block 3

เนื่องจากเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งาน (Vehicle Break) ไม่อยู่ในเงื่อนไขของข้อจำกัดที่ 3.8 ให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินทางประจำทางเริ่มต้น จากหมายเลขของตารางเดินทางประจำทางเบื้องต้น (Initial Blocking) อีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 1

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 4 (Improvement Block 4)

Iteration 4: ขั้นตอนที่ 1 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น (Select First Initial Block)

เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น จากตารางที่ 3.12 จะได้ Initial Block no. 4 คือ
departure time = 6:45, spread time = 10:16

Iteration 4.1: ขั้นตอนที่ 2 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นต่อไป (Select Next Initial Block)

แทนค่า $\text{Vehicle Break}_{4,5} = 11:18 - 17:01 = -5:43$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Vehicle Break}_{4,6} = 11:50 - 17:01 = -5:11$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Vehicle Break}_{4,7} = 17:00 - 17:01 = -0:01$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Vehicle Break}_{4,8} = 18:32 - 17:01 = 1:13$ (อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Vehicle Break}_{4,9} = 19:30 - 17:01 = 2:29$ (อยู่ในเงื่อนไข)

$\text{Vehicle Break}_{4,10} = 20:13 - 17:01 = 3:12$ (อยู่ในเงื่อนไข)

เนื่องจากค่าของ Vehicle Break ที่อยู่ในเงื่อนไขที่ 3.8 ได้แก่ Vehicle Break_{4,8}, Vehicle Break_{4,9}, Vehicle Break_{4,10} แต่ต้องเลือกจากค่าของ Departure Time ที่มาก่อน ดังนั้นจึงเลือก Vehicle Break_{4,8} = 1:13

จะได้ค่าของ Vehicle Break_{4,8} = 1:13 แทนค่า $0:00 \leq \text{Vehicle Break} = 1:13 \leq 4:00$

และนำไปตรวจสอบค่าของ Location End_(Current Block) และ Location Start_(Next Block) ในขั้นตอนที่ 3

Iteration 4.1: ขั้นตอนที่ 3 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางต่อไปจากเส้นทางเดินรถประจำทางอื่นๆ

ตรวจสอบ Location End_(Current Block), Location Start_(Next Block) แทนค่าจะได้ $1 = 1$

เนื่องจาก Location End_(Current Block) = Location Start_(Next Block) แสดงว่าทำต้นทางละทำปลายทางเป็นจุดเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนเส้นทางเดินรถได้โดยไม่ต้องทำการ Deadhead

จะได้ **Improvement Block 4** = Initial Block 4 + Initial Block 8

Vehicle Break = 1:13

Spread time = 10:16 + 1:04 + 1:13 = 12:51

Departure Time = 6:45, Arrival Time = 19:36

เนื่องจากค่าของ spread time ≤ 24 hr. และ No. Insert Block = 1 (อยู่ในข้อกำหนด)

ดังนั้นจึงสามารถเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางทางต่อไปได้ในขั้นตอนที่ 2

Iteration 4.2: ขั้นตอนที่ 2 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นต่อไป

(Select Next Initial Block)

แทนค่า Vehicle Break_{8,5} = 11:18 – 19:36 = -8:18 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{8,6} = 11:50 – 19:36 = -7:46 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{8,7} = 17:00 – 19:36 = -2:36 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{8,9} = 19:30 – 19:36 = -0:01 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{8,10} = 20:13 – 19:36 = 0:37 (อยู่ในเงื่อนไข)

จะได้ค่าของ Vehicle Break_{8,10} = 0:37 แทนค่า $0:00 \leq \text{Vehicle Break} = 0:37 \leq 4:00$

และนำไปตรวจสอบค่าของ Location End_(Current Block) และ Location Start_(Next Block) ในขั้นตอนที่ 3

Iteration 4.2: ขั้นตอนที่ 3 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางต่อไปจากเส้นทางเดินรถ

ประจำทางอื่นๆ

ตรวจสอบ Location End_(Current Block) Location Start_(Next Block) แทนค่าจะได้ $1 = 1$

เนื่องจาก Location End_(Current Block) = Location Start_(Next Block) แสดงว่าทำเส้นทางละท่าปลายทางเป็น

จุดเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนเส้นทางการเดินรถได้โดยไม่ต้องทำการ Deadhead

จะได้ **Improvement Block 4** = Initial Block 4 + Initial Block 8 + Initial Block 10

Vehicle Break = 0:37

Spread time = 12:51 + 0:45 + 0:37 = 14:13

Departure Time = 6:45, Arrival Time = 20:58

เนื่องจากค่าของ spread time ≤ 24 hr. และ No. Insert Block = 2 (อยู่ในข้อกำหนด) ถ้าเลือกตารางหมายเดินรถประจำทางต่อไปอีกครั้ง ค่าของ No. Insert Block = 3 ซึ่งไม่อยู่ในข้อกำหนด ดังนั้นจึงหยุดการเลือกตารางเดินรถประจำทาง และตรวจสอบตารางเวลาเดินรถประจำทางที่ยังไม่ถูกเลือก ถ้ามีให้กลับไปเลือกตารางเดินรถเริ่มต้นในขั้นตอนที่ 1 อีกครั้ง

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 5 (Improvement Block 5)**Iteration 5: ขั้นตอนที่ 1 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น (Select First Initial Block)**

เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น จากตารางที่ 3.12 จะได้ Initial Block no. 5 คือ departure time = 11:18, spread time = 17:33

Iteration 5.1: ขั้นตอนที่ 2 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นต่อไป

(Select Next Initial Block)

แทนค่า Vehicle Break_{5,6} = 11:50 – 17:33 = -5:43 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{5,7} = 17:00 – 17:33 = -0:33 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{5,9} = 19:30 – 17:33 = 1:57 (อยู่ในเงื่อนไข)

จะได้ค่าของ Vehicle Break_{5,9} = 1:57 แทนค่า $0:00 \leq \text{Vehicle Break} = 1:57 \leq 4:00$

และนำไปตรวจสอบค่าของ Location End_(Current Block) และ Location Start_(Next Block) ในขั้นตอนที่ 3

Iteration 5.1: ขั้นตอนที่ 3 เลือกตารางเวลาเดินทางต่อไปจากเส้นทางเดินทางอื่นๆ

ตรวจสอบ Location End_(Current Block), Location Start_(Next Block) แทนค่าจะได้ $1 \neq 5$ เนื่องจาก Location End_(Current Block) \neq Location Start_(Next Block) แสดงว่าทำเส้นทางละท่าปลายทางไม่ใช่จุดเดียวกัน ดังนั้นก่อนที่จะเปลี่ยนเส้นทางการเดินทางจะต้องตรวจสอบเงื่อนไขที่ 3.12.2 คือ $\text{deadhead time} \leq \text{Vehicle Break}$ เมื่อนำไปแทนค่า

จะได้ $1:00$ (ตารางที่ 3.2) $\leq 1:57$ (อยู่ในเงื่อนไข)

แสดงว่าสามารถเปลี่ยนเส้นทางการเดินทางได้ เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการ Deadhead มีค่าน้อยกว่าเวลาที่รถประจำทางจอดพัก

จะได้ **Improvement Block 5** = Initial Block 5 + Initial Block 9

Vehicle Break = 1:57

Spread time = 6:15 + 1:53 + 1:57 = 10:05

Departure Time = 11:18, Arrival Time = 21:23

เนื่องจากค่าของ spread time ≤ 24 hr. และ No. Insert Block = 1 (อยู่ในข้อกำหนด)

ดังนั้นจึงสามารถเลือกตารางเวลาเดินทางต่อไปได้ในขั้นตอนที่ 2

Iteration 5.2: ขั้นตอนที่ 2 เลือกตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นต่อไป (Select Next Initial Block)

แทนค่า Vehicle Break_{5,6} = 11:50 – 21:23 = -9:33 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{5,7} = 17:00 – 21:23 = -4:23 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

เนื่องจากเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งาน (Vehicle Break) ไม่อยู่ในเงื่อนไขของข้อจำกัดที่ 3.8 ให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินทางเริ่มต้น จากหมายเลขของตารางเดินทางเบื้องต้น (Initial Blocking) อีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 1

การปรับปรุงตารางเวลาเดินทางครั้งที่ 6 (Improvement Block 6)

Iteration 6: ขั้นตอนที่ 1 เลือกตารางเวลาเดินทางเริ่มต้น (Select First Initial Block)

เลือกตารางเวลาเดินทางเริ่มต้น จากตารางที่ 3.12 จะได้ Initial Block no. 6 คือ departure time = 11:50, spread time = 4:52

Iteration 6: ขั้นตอนที่ 2 เลือกตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นต่อไป (Select Next Initial Block)

แทนค่า $\text{Vehicle Break}_{6,7} = 17:00 - 16:42 = 0:18$ (อยู่ในเงื่อนไข)

เนื่องจากค่าของ Vehicle Break ที่อยู่ในเงื่อนไขคือค่าของ $\text{Vehicle Break}_{6,7} = 0:18$ แทนค่า $0:00 \leq \text{Vehicle Break} = 0:18 \leq 4:00$ และนำไปตรวจสอบค่าของ $\text{Location End}_{(\text{Current Block})}$ และ $\text{Location Start}_{(\text{Next Block})}$ ในขั้นตอนที่ 3

Iteration 6: ขั้นตอนที่ 3 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางต่อไปจากเส้นทางเดินรถประจำทางอื่นๆ

ตรวจสอบ $\text{Location End}_{(\text{Current Block})}$ $\text{Location Start}_{(\text{Next Block})}$ แทนค่าจะได้ $1 = 1$

เนื่องจาก $\text{Location End}_{(\text{Current Block})} = \text{Location Start}_{(\text{Next Block})}$ แสดงว่าทำต้นทางปลายทางเป็นจุดเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนเส้นทางเดินรถได้โดยไม่ต้องทำการ Deadhead

จะได้ **Improvement Block 6** = Initial Block 6 + Initial Block

$\text{Vehicle Break} = 0:18$

$\text{Spread time} = 4:52 + 2:03 + 0:18 = 7:13$

$\text{Departure Time} = 11:50, \text{Arrival Time} = 19:03$

เนื่องจากตารางเวลาเดินรถประจำทางทั้งหมดถูกเลือกแล้ว ให้หยุดและตรวจสอบว่ามีตารางเวลาเดินรถประจำทางที่ยังไม่ถูกเลือกอีกครั้ง ถ้าไม่มีให้หยุด

จากการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นโดยใช้วิธี Insert Blocking สามารถปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางให้มีค่าน้อยลง ซึ่งจากการใช้วิธี Insert ทำให้ได้ค่าต่างๆ ดังตารางที่ 3.13



ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการปรับปรุงการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางโดยวิธีการตัด
(Cut Block)

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 1 (Improvement Block 1)

Iteration 1: ขั้นตอนที่ 1 เรียงตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่มีค่าของ Spread Time ที่มีค่ามากไปยังค่าน้อยที่สุด

เป็นการนำค่าของเวลาทั้งหมดในการทำงานของรถประจำทาง รวมเวลาพัก (Spread Time) ที่ได้จากรายตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block) มาเรียงค่าจากค่ามากไปยังค่าน้อยจะได้

Initial Block 3: Spread Time = 19:01

Initial Block 1: Spread Time = 18:01

Initial Block 2: Spread Time = 17:45

Initial Block 4: Spread Time = 10:16

Initial Block 5: Spread Time = 6:16

Initial Block 6: Spread Time = 4:52

Initial Block 7: Spread Time = 2:03

Initial Block 9: Spread Time = 1:53

Initial Block 8: Spread Time = 1:04

Initial Block 10: Spread Time = 0:40

Iteration 1: ขั้นตอนที่ 2 เลือกค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น จาก Spread Time ที่มีค่ามากที่สุด

เป็นการเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่มี Spread Time ที่มีค่าที่มากที่สุด โดยที่ยังไม่ถูกเลือก มาตรวจสอบเงื่อนไขที่ 3.9 คือ

$$\text{Spread Min} \leq \text{Spread Time} \leq \text{Spread Max} \quad (3.9)$$

แทนค่า	Initial Block 3: $0:00 \leq 19:01 \leq 16:00$	(ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
	Initial Block 1: $0:00 \leq 18:01 \leq 16:00$	(ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
	Initial Block 2: $0:00 \leq 17:45 \leq 16:00$	(ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
	Initial Block 4: $0:00 \leq 10:16 \leq 16:00$	(อยู่ในเงื่อนไข)
	Initial Block 5: $0:00 \leq 6:16 \leq 16:00$	(อยู่ในเงื่อนไข)
	Initial Block 6: $0:00 \leq 4:52 \leq 16:00$	(อยู่ในเงื่อนไข)
	Initial Block 7: $0:00 \leq 2:03 \leq 16:00$	(อยู่ในเงื่อนไข)
	Initial Block 9: $0:00 \leq 1:53 \leq 16:00$	(อยู่ในเงื่อนไข)

Initial Block 8: $0:00 \leq 1:04 \leq 16:00$ (อยู่ในเงื่อนไข)

Initial Block 10: $0:00 \leq 0:40 \leq 16:00$ (อยู่ในเงื่อนไข)

จากการแทนค่าจะเห็นได้ว่ามีค่าของ Spread Time ที่ไม่อยู่ในเงื่อนไขคือ ตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่ 3, 1 และ 2 จะต้องนำมาทำการตัดค่าในขั้นตอนที่ 3 และตารางเวลาเดินรถประจำทางที่มีค่าของ Spread Time อยู่ในเงื่อนไข ให้ทำการรวมค่าในขั้นตอนที่ 4

Iteration 1: ขั้นตอนที่ 3 การตัดค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่มีค่า Spread Time มากกว่า Spread Max

เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่มีค่าของ Spread Time ที่มีค่ามากที่สุดคือ Initial Block 3 ต่อมาทำการตัดค่าและตรวจสอบค่าของ Spread Time ในสมการที่ 3.13 จากสมการที่ 3.13 ในการตัดออกแต่ละครั้งของหมายเลขการเดินทางตัวสุดท้าย ให้ตรวจสอบค่าของ Spread Time ตารางเวลาที่ถูกตัดออกจนกว่าจะได้ค่าของ Spread Time ที่อยู่ในเงื่อนไขที่ 3.9

$$\text{Spread Time}_{\text{Initial Block No. (L)}} = \text{Arrival Time}_{\text{Last Trip No.}} - \text{Departure Time}_{\text{First Trip No.}} \quad (3.13)$$

Iteration 1: Initial Block No. 3;

แทนค่า Cut No. 1: $\text{Spread Time}_{3(L)} = 24:31_{1073} - 5:30_{56} = 19:01$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Cut No. 2: $\text{Spread Time}_{3(L)} = 23:20_{1067} - 5:30_{56} = 17:50$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Cut No. 3: $\text{Spread Time}_{3(L)} = 20:18_{987} - 5:30_{56} = 15:48$ (อยู่ในเงื่อนไข)

จากการตัดค่าของ Initial Block 3 จะได้ค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

Improvement Block No. 1: Initial Block No. 3(L), $\text{Departure Time}_{56} = 5:30$, $\text{Arrival Time}_{987} = 20:18$, $\text{Spread Time} = 15:48$

ส่วนค่าของเศษที่เหลือ(Left over)จากการตัดค่า คือ Initial Block No. 3(R): $\text{Departure Time}_{1067} = 20:21$, $\text{Arrival Time}_{1073} = 24:31$, $\text{Spread Time} = 4:10$ ซึ่งค่าที่ได้จะนำไปคำนวณต่อในขั้นตอนที่ 4

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 2 (Improvement Block 2)

Iteration 2: Initial Block No. 1;

แทนค่า Cut No. 1: $\text{Spread Time}_{1(L)} = 22:21_{949} - 4:20_{12} = 18:01$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Cut No. 2: $\text{Spread Time}_{1(L)} = 19:36_{883} - 4:20_{12} = 15:16$ (อยู่ในเงื่อนไข)

จากการตัดค่าของ Initial Block 1 จะได้ค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

Improvement Block No. 2: Initial Block No. 1(L), $\text{Departure Time}_{12} = 4:20$, $\text{Arrival Time}_{883} = 19:36$, $\text{Spread Time} = 15:16$

ส่วนค่าของเศษที่เหลือ(Left over)จากการตัดค่า คือ Initial Block No. 1(R): Departure Time₉₄₉ = 22:21, Arrival Time₉₄₉ = 19:38, Spread Time = 2:43 ซึ่งค่าที่ได้จะนำไปคำนวณต่อในขั้นตอนที่ 4

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 3 (Improvement Block 3)

Iteration 3: Initial Block No. 2;

แทนค่า Cut No. 1: Spread Time_{2(L)} = 22:45₁₀₁₃ - 5:00₃₀ = 17:45 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Cut No. 2: Spread Time_{2(L)} = 20:52₈₂₇ - 5:00₃₀ = 15:52 (อยู่ในเงื่อนไข)

จากการตัดค่าของ Initial Block 2 จะได้ค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

Improvement Block No. 3: Initial Block No. 2(L), Departure Time₃₀ = 5:00, Arrival Time₈₂₇ = 20:52, Spread Time = 15:52

ส่วนค่าของเศษที่เหลือ(Left over)จากการตัดค่า คือ Initial Block No. 2(R): Departure Time₁₀₁₃ = 22:45, Arrival Time₁₀₁₃ = 21:00, Spread Time = 1:45 ซึ่งค่าที่ได้จะนำไปคำนวณต่อในขั้นตอนที่ 4

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 4 (Improvement Block 4)

Iteration 4: ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการรวมค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นกับเศษเหลือ

ขั้นตอนนี้เป็นการเรียงค่าของ Departure Time ของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่อยู่ในเงื่อนไขที่ 3.9 (จากขั้นตอนที่ 2) และเศษเหลือ(Leftover) จากการตัดค่าของขั้นตอนที่ 3 ที่มาก่อนไปหลัง จากนั้นเลือกตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้นหรือ Leftover ที่มีค่าของ Departure Time ที่มาก่อน

จะได้ Initial Block No. 4; Departure Time = 6:45, Spread Time = 10:16

Initial Block No. 5; Departure Time = 11:18, Spread Time = 6:15

Initial Block No. 6; Departure Time = 11:50, Spread Time = 4:52

Initial Block No. 7; Departure Time = 17:00, Spread Time = 2:03

Initial Block No. 8; Departure Time = 18:32, Spread Time = 1:04

Initial Block No. 9; Departure Time = 19:30, Spread Time = 1:53

Initial Block No. 1(R); Departure Time = 19:36, Spread Time = 2:43

Initial Block No. 10; Departure Time = 20:13, Spread Time = 0:45

Initial Block No. 3(R); Departure Time = 20:21, Spread Time = 4:10

Initial Block No. 2(R); Departure Time = 21:00, Spread Time = 1:45

ต่อมานำค่าที่ได้มาเชื่อมกับตารางเวลาเดินรถประจำทางหรือ leftover ในเงื่อนไขที่ 3.8 คือ Vehicle Break Min \leq Vehicle Break \leq Vehicle Break Max

Initial Block No. 4;

จะได้ Vehicle Break_{4,5} = 11:18 – 17:01 = -5:43 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{4,6} = 11:50 – 17:01 = -5:11 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{4,7} = 17:00 – 17:01 = -0:01 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{4,8} = 18:32 – 17:01 = 1:31 (อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{4,9} = 19:30 – 17:01 = 2:29 (อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{4,1(R)} = 19:36 – 17:01 = 2:35 (อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{4,10} = 20:13 – 17:01 = 3:12 (อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{4,3(R)} = 20:21 – 17:01 = 3:20 (อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{4,2(R)} = 21:00 – 17:01 = 3:59 (อยู่ในเงื่อนไข)

เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางที่ทำให้มีค่าของ Vehicle Break น้อยที่สุดคือ

Vehicle Break_{4,8} = 1:31 นำตารางเวลาทั้งสองมารวมกัน

ตรวจสอบ Location End₄, Location Start₁ แทนค่าจะได้ 1 = 1

เนื่องจาก Location End₄ = Location Start₈ แสดงว่าทำต้นทางปลายทางเป็นจุดเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนเส้นทางการเดินรถได้โดยไม่ต้องทำการ Deadhead และตรวจสอบค่าของ Spread Time ว่าตรงตามเงื่อนไขที่ 3.9 หรือไม่ จะได้

Spread Time₄₊₈ = 19:36 – 6:45 = 12:51 (อยู่ในเงื่อนไข)

Improvement Block No. 4: Initial Block No. 4+8, Departure Time = 6:45, Arrival Time = 20:52, Spread Time = 15:52

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 5 (Improvement Block 5)

Iteration 5: ตรวจสอบค่าของ Initial Block No. ที่ยังไม่ถูกเลือก

Initial Block No. 5;

จะได้ Vehicle Break_{5,6} = 11:50 – 17:33 = -5:43 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{5,7} = 17:00 – 17:33 = -0:33 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{5,9} = 19:30 – 17:33 = 1:57 (อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{5,1(R)} = 19:36 – 17:33 = 2:03 (อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{5,10} = 20:13 – 17:33 = 2:40 (อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{5,3(R)} = 20:21 – 17:33 = 2:48 (อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{5,2(R)} = 21:00 – 17:33 = 3:27 (อยู่ในเงื่อนไข)

เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางที่ทำให้มีค่าของ Vehicle Break น้อยที่สุดคือ

Vehicle Break_{5,9} = 1:57 นำตารางเวลาทั้งสองมารวมกัน

ตรวจสอบ Location End₅, Location Start₆ แทนค่าจะได้ $1 \neq 5$ แสดงว่าทำต้นทางปลายทางไม่ใช่จุดเดียวกัน ดังนั้นก่อนที่จะเปลี่ยนเส้นทางการเดินรถประจำทางจะต้องตรวจสอบเงื่อนไขที่ 3.12.2 คือ $\text{deadhead time} \leq \text{Vehicle Break}$ เมื่อนำไปแทนค่า

จะได้ $1:00$ (ตารางที่ 3.2) $\leq 1:57$ (อยู่ในเงื่อนไข)

และตรวจสอบค่าของ Spread Time ว่าตรงตามเงื่อนไขที่ 3.9 หรือไม่ จะได้

$$\text{Spread Time}_{5+9} = 21:23 - 11:18 = 10:05 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

Improvement Block No. 5: Initial Block No. 5+9, Departure Time = 11:18, Arrival Time = 21:23, Spread Time = 10:05

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 6 (Improvement Block 6)

Iteration 6: ตรวจสอบค่าของ Initial Block No. ที่ยังไม่ถูกเลือก

Initial Block No. 6;

จะได้ $\text{Vehicle Break}_{6,7} = 17:00 - 16:42 = 0:18$ (อยู่ในเงื่อนไข)

$$\text{Vehicle Break}_{6,1(R)} = 19:36 - 16:42 = 2:54 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{6,10} = 20:13 - 16:42 = 3:31 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{6,3(R)} = 20:21 - 16:42 = 3:33 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{6,2(R)} = 21:00 - 16:42 = 4:18 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางที่ทำให้มีค่าของ Vehicle Break น้อยที่สุดคือ $\text{Vehicle Break}_{6,7} = 0:18$ นำตารางเวลาทั้งสองมารวมกัน

ตรวจสอบ Location End₄, Location Start₁ แทนค่าจะได้ $1 = 1$

เนื่องจาก Location End₄ = Location Start₈ แสดงว่าทำต้นทางปลายทางเป็นจุดเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนเส้นทางการเดินรถได้โดยไม่ต้องทำการ Deadhead และตรวจสอบค่าของ Spread Time ว่าตรงตามเงื่อนไขที่ 3.9 หรือไม่ จะได้

$$\text{Spread Time}_{6+7} = 19:03 - 11:50 = 7:13 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

Improvement Block No. 6: Initial Block No. 6+7, Departure Time = 11:50, Arrival Time = 19:03, Spread Time = 7:13

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 7 (Improvement Block 7)

Iteration 7: ตรวจสอบค่าของ Initial Block No. ที่ยังไม่ถูกเลือก

Initial Block No. 1(R);

จะได้ $\text{Vehicle Break}_{1(R),10} = 20:13 - 22:21 = 3:31$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$$\text{Vehicle Break}_{1(R),3(R)} = 20:21 - 22:21 = 3:33 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{1(R),2(R)} = 21:00 - 22:21 = 4:18 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

เนื่องจาก ค่าของ Vehicle Break ไม่อยู่ในเงื่อนไข ดังนั้นจึงไม่มีค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทางอื่นๆ ที่สามารถนำมารวมกับตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นนี้ได้ จะได้

$$\text{Spread Time}_{1(R)} = 22:21 - 19:38 = 2:43 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

Improvement Block No. 7: Initial Block No. 1(R), Departure Time = 19:36, Arrival Time = 22:21, Spread Time = 2:43

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 8 (Improvement Block 8)

Iteration 8: ตรวจสอบค่าของ Initial Block No. ที่ยังไม่ถูกเลือก

Initial Block No. 10;

จะได้ Vehicle Break_{10,3(R)} = 20:21 - 20:58 = -0:37 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

$$\text{Vehicle Break}_{10,2(R)} = 21:00 - 20:58 = 0:02 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางที่ทำให้มีค่าของ Vehicle Break น้อยที่สุดคือ Vehicle Break_{10,2(R)} = 0:02 นำตารางเวลาทั้งสองมารวมกัน

ตรวจสอบ Location End₁₀, Location Start_{2(R)} แทนค่าจะได้ 1 = 1

เนื่องจาก Location End₁₀ = Location Start_{2(R)} แสดงว่าทำเส้นทางละท่าปลายทางเป็นจุดเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนเส้นทางการเดินรถได้โดยไม่ต้องทำการ Deadhead

และตรวจสอบค่าของ Spread Time ว่าตรงตามเงื่อนไขที่ 3.9 หรือไม่ จะได้

$$\text{Spread Time}_{10+2(R)} = 22:45 - 20:13 = 2:32 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

Improvement Block No. 8: Initial Block No. 10+2(R), Departure Time = 20:13, Arrival Time = 22:45, Spread Time = 2:32

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 9 (Improvement Block 9)

Iteration 9: ตรวจสอบค่าของ Initial Block No. ที่ยังไม่ถูกเลือก

Initial Block No. 3(R);

เนื่องจาก ค่าของ Initial Block No. 3(R) เป็นค่าสุดท้าย ดังนั้นจึงไม่มีค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทางอื่นๆ ที่สามารถนำมารวมกับตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นนี้ได้ จะได้

$$\text{Spread Time}_{2(R)} = 24:31 - 20:21 = 4:10 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

Improvement Block No. 9 : Initial Block No. 1(R), Departure Time = 20:21: Arrival Time = 24:31, Spread Time = 4:10



ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการปรับปรุงการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบ

Insert and Cut Block

Iteration 1.1: ขั้นตอนที่1 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น (Select First Initial Block)

เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น จากตารางที่ 3.12 คือเลือกค่าของ Departure Time จากก่อนไปหลัง จะได้ Initial Block no. 1 คือ departure time = 4:20, spread time = 18:01

Iteration 1.1: ขั้นตอนที่2 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นต่อไป(Select Next Initial Block)

เป็นการเลือกตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้นต่อไป โดยเลือกเรียงจากค่าของเวลาที่ออกจากท่าต้นทาง (Departure Time) ที่มาก่อนไปหลังจากนั้นตรวจสอบว่าตารางเวลาเดินรถนั้นถูกเลือกหรือยัง ถ้าถูกเลือกแล้วให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง แต่ถ้ายังไม่ถูกเลือก ให้ตรวจสอบข้อจำกัดที่ 3.8 คือ $\text{Vehicle Break Min} \leq \text{Vehicle Break} \leq \text{Vehicle Break Max}$ (3.8)

เมื่อนำมาแทนค่าจะได้ $0:00 \leq \text{Vehicle Break} \leq 4:00$ ต่อมาหาค่าของเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งาน (Vehicle Break) จากสมการดังต่อไปนี้ $\text{Vehicle Break}_{\text{Current Block, Next Block}} = \text{Departure Time}_{\text{(Next Block)}} - \text{Arrival Time}_{\text{(Current Block)}}$ (3.10)

$$\text{แทนค่า } \text{Vehicle Break}_{1,2} = 5:00 - 22:21 = - 17:21 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{1,3} = 5:30 - 22:21 = - 16:51 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{1,4} = 6:45 - 22:21 = - 15:36 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{1,5} = 11:18 - 22:21 = - 11:03 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{1,6} = 11:50 - 22:21 = - 10:31 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{1,7} = 17:00 - 22:21 = - 5:21 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{1,8} = 18:32 - 22:21 = - 3:49 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{1,9} = 19:30 - 22:21 = - 2:51 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{1,10} = 20:13 - 22:21 = - 2:08 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

จะได้ **Block 1** = Initial Block 1

เนื่องจากเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งาน (Vehicle Break) ไม่อยู่ในเงื่อนไขของข้อจำกัดที่ 3.8 ให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น จากหมายเลขของตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Blocking) อีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 1

Iteration 1.2: ขั้นตอนที่1 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น (Select First Initial Block)

เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น จากตารางที่ 3.12 จะได้ Initial Block no. 2 คือ departure time = 5:00, spread time = 17:45

Iteration 1.2: ขั้นตอนที่2 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นต่อไป (Select Next Initial Block)

แทนค่า Vehicle Break_{2,3} = 5:30 – 22:45 = -17:45 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 Vehicle Break_{2,4} = 6:45 – 22:45 = -17:15 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 Vehicle Break_{2,5} = 11:18 – 22:45 = -16:00 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 Vehicle Break_{2,6} = 11:50 – 22:45 = -11:27 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 Vehicle Break_{2,7} = 17:00 – 22:45 = -10:55 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 Vehicle Break_{2,8} = 18:32 – 22:45 = -4:13 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 Vehicle Break_{2,9} = 19:30 – 22:45 = -3:15 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 Vehicle Break_{2,10} = 20:13 – 22:45 = -2:32 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Block 2 = Initial Block 2

เนื่องจากเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งาน (Vehicle Break) ไม่อยู่ในเงื่อนไขของข้อจำกัดที่ 3.8 ให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น จากหมายเลขของตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Blocking) อีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 1

Iteration 1.3: ขั้นตอนที่1 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น (Select First Initial Block)

เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น จากตารางที่ 3.12 จะได้ Initial Block no. 3
 คือ departure time = 5:30, spread time = 19:01

Iteration 1.3: ขั้นตอนที่2 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นต่อไป (Select Next Initial Block)

แทนค่า Vehicle Break_{3,4} = 6:45 – 24:31 = -17:15 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 Vehicle Break_{3,5} = 11:18 – 24:31 = -16:00 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 Vehicle Break_{3,6} = 11:50 – 24:31 = -11:27 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 Vehicle Break_{3,7} = 17:00 – 24:31 = -10:55 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 Vehicle Break_{3,8} = 18:32 – 24:31 = -4:13 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 Vehicle Break_{3,9} = 19:30 – 24:31 = -3:15 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)
 Vehicle Break_{3,10} = 20:13 – 24:31 = -2:32 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Block 3 = Initial Block 3

เนื่องจากเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งาน (Vehicle Break) ไม่อยู่ในเงื่อนไขของข้อจำกัดที่ 3.8 ให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น จากหมายเลขของตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Blocking) อีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 1

Iteration 1.4: ขั้นตอนที่ 1 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น (Select First Initial Block)

เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น จากตารางที่ 3.12 จะได้ Initial Block no. 4
คือ departure time = 6:45, spread time = 10:16

Iteration 1.4.1: ขั้นตอนที่ 2 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นต่อไป

(Select Next Initial Block)

แทนค่า Vehicle Break_{4,5} = 11:18 – 17:01 = -5:43 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{4,6} = 11:50 – 17:01 = -5:11 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{4,7} = 17:00 – 17:01 = -0:01 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{4,8} = 18:32 – 17:01 = 1:13 (อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{4,9} = 19:30 – 17:01 = 2:29 (อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{4,10} = 20:13 – 17:01 = 3:12 (อยู่ในเงื่อนไข)

เนื่องจากค่าของ Vehicle Break ที่อยู่ในเงื่อนไขที่ 3.8 ได้แก่ Vehicle Break_{4,8},
Vehicle Break_{4,9}, Vehicle Break_{4,10} แต่ต้องเลือกจากค่าของ Departure Time ที่มาก่อน ดังนั้นจึง
เลือก Vehicle Break_{4,8} = 1:13

จะได้ค่าของ Vehicle Break_{4,8} = 1:13 แทนค่า $0:00 \leq \text{Vehicle Break} = 1:13 \leq 4:00$
และนำไปตรวจสอบค่าของ Location End_(Current Block) และ Location Start_(Next Block) ในขั้นตอนที่ 3

Iteration 1.4.1: ขั้นตอนที่ 3 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางต่อไปจากเส้นทางเดินรถ

ประจำทางอื่น ๆ

ตรวจสอบ Location End_(Current Block) = Location Start_(Next Block) แทนค่าจะได้ 1 = 1

เนื่องจาก Location End_(Current Block) = Location Start_(Next Block) แสดงว่าทำเส้นทางละท่าปลายทางเป็น
จุดเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนเส้นทางเดินรถได้โดยไม่ต้องทำการ Deadhead

จะได้ **Block 4** = Initial Block 4 + Initial Block 8

Vehicle Break = 1:13

Spread time = 10:16 + 1:04 + 1:13 = 12:51

Departure Time = 6:45, Arrival Time = 19:36

เนื่องจากค่าของ spread time ≤ 24 hr. และ No. Insert Block = 1 (อยู่ในข้อกำหนด)

ดังนั้นจึงสามารถเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางทางต่อไปได้ ในขั้นตอนที่ 2

Iteration 1.4.2: ขั้นตอนที่ 2 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นต่อไป

(Select Next Initial Block)

แทนค่า Vehicle Break_{8,5} = 11:18 – 19:36 = -8:18 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{8,6} = 11:50 – 19:36 = -7:46 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{8,7} = 17:00 – 19:36 = -2:36 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{8,9} = 19:30 – 19:36 = -0:01 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{8,10} = 20:13 – 19:36 = 0:37 (อยู่ในเงื่อนไข)

จะได้ค่าของ Vehicle Break_{8,10} = 0:37 แทนค่า $0:00 \leq \text{Vehicle Break} = 0:37 \leq$

4:00 และนำไปตรวจสอบค่าของ Location End_(Current Block) และ Location Start_(Next Block) ในขั้นตอนที่ 3

Iteration 1.4.2: ขั้นตอนที่ 3 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางต่อไปจากเส้นทางเดินรถ

ประจำทางอื่นๆ

ตรวจสอบ Location End_(Current Block), Location Start_(Next Block) แทนค่าจะได้ 1 = 1

เนื่องจาก Location End_(Current Block) = Location Start_(Next Block) แสดงว่าทำเส้นทางละท่าปลายทางเป็นจุดเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนเส้นทางการเดินรถได้โดยไม่ต้องทำการ Deadhead

จะได้ **Block 4** = Initial Block 4 + Initial Block 8 + Initial Block 10

Vehicle Break = 0:37

Spread time = 12:51 + 0:45 + 0:37 = 14:13

Departure Time = 6:45, Arrival Time = 20:58

เนื่องจากค่าของ spread time ≤ 24 hr. และ No. Insert Block = 2 (อยู่ในข้อกำหนด)

ถ้าเลือกตารางหมายเดินรถประจำทางต่อไปอีกครั้ง ค่าของ No. Insert Block = 3 ซึ่งไม่อยู่ในข้อกำหนด ดังนั้นจึงหยุดการเลือกตารางเดินรถประจำทาง และตรวจสอบตารางเวลาเดินรถประจำทางที่ยังไม่ถูกเลือก ถ้ามีให้กลับไปเลือกตารางเดินรถเริ่มต้นในขั้นตอนที่ 1 อีกครั้ง

Iteration 1.5: ขั้นตอนที่ 1 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น (Select First Initial Block)

เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น จากตารางที่ 3.12 จะได้ Initial Block no. 5

คือ departure time = 11:18, spread time = 17:33

Iteration 1.5.1: ขั้นตอนที่ 2 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นต่อไป

(Select Next Initial Block)

แทนค่า Vehicle Break_{5,6} = 11:50 – 17:33 = -5:43 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{5,7} = 17:00 – 17:33 = -0:33 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Vehicle Break_{5,9} = 19:30 – 17:33 = 1:57 (อยู่ในเงื่อนไข)

จะได้ค่าของ Vehicle Break_{5,9} = 1:57 แทนค่า $0:00 \leq \text{Vehicle Break} = 1:57 \leq 4:00$
และนำไปตรวจสอบค่าของ Location End_(Current Block) และ Location Start_(Next Block) ในขั้นตอนที่ 3

Iteration 1.5.1: ขั้นตอนที่ 3 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางต่อไปจากเส้นทางเดินรถ
ประจำทางอื่นๆ

ตรวจสอบ Location End_(Current Block), Location Start_(Next Block) แทนค่าจะได้ $1 \neq 5$
เนื่องจาก Location End_(Current Block) \neq Location Start_(Next Block) แสดงว่าทำเส้นทางละท่าปลายทาง
ไม่ใช่จุดเดียวกัน ดังนั้นก่อนที่จะเปลี่ยนเส้นทางรถประจำทางจะต้องตรวจสอบเงื่อนไขที่
3.12.2 คือ deadhead time \leq Vehicle Break เมื่อนำไปแทนค่า
จะได้ 1:00 (ตารางที่ 3.2) \leq 1:57 (อยู่ในเงื่อนไข)

แสดงว่าสามารถเปลี่ยนเส้นทางรถประจำทางได้ เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการ
Deadhead มีค่าน้อยกว่าเวลาที่รถประจำทางจอดพัก

จะได้ **Block 5** = Initial Block 5 + Initial Block 9

$$\text{Vehicle Break} = 1:57$$

$$\text{Spread time} = 6:15 + 1:53 + 1:57 = 10:05$$

$$\text{Departure Time} = 11:18, \text{Arrival Time} = 21:23$$

เนื่องจากค่าของ spread time \leq 24 hr. และ No. Insert Block = 1 (อยู่ในข้อกำหนด)

ดังนั้นจึงสามารถเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางทางต่อไปได้ ในขั้นตอนที่ 2

Iteration 5.2: ขั้นตอนที่ 2 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นต่อไป

(Select Next Initial Block)

$$\text{แทนค่า } \text{Vehicle Break}_{5,6} = 11:50 - 21:23 = -9:33 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{5,7} = 17:00 - 21:23 = -4:23 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

เนื่องจากเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งาน (Vehicle Break) ไม่อยู่ใน
เงื่อนไขของข้อจำกัดที่ 3.8 ให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น จากหมายเลขของ
ตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Blocking) อีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 1

Iteration 6: ขั้นตอนที่ 1 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น (Select First Initial Block)

เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น จากตารางที่ 3.12 จะได้ Initial Block no. 6
คือ departure time = 11:50, spread time = 4:52

Iteration 6: ขั้นตอนที่ 2 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นต่อไป

(Select Next Initial Block)

แทนค่า $\text{Vehicle Break}_{6,7} = 17:00 - 16:42 = 0:18$ (อยู่ในเงื่อนไข)

เนื่องจากค่าของ Vehicle Break ที่อยู่ในเงื่อนไขคือค่าของ $\text{Vehicle Break}_{6,7} = 0:18$

แทนค่า $0:00 \leq \text{Vehicle Break} = 0:18 \leq 4:00$ และนำไปตรวจสอบค่าของ $\text{Location End}_{(\text{Current Block})}$

และ $\text{Location Start}_{(\text{Next Block})}$ ในขั้นตอนที่ 3

Iteration 6: ขั้นตอนที่ 3 เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางต่อไปจากเส้นทางเดินรถ

ประจำทางอื่นๆ

ตรวจสอบ $\text{Location End}_{(\text{Current Block})}$, $\text{Location Start}_{(\text{Next Block})}$ แทนค่าจะได้ $1 = 1$

เนื่องจาก $\text{Location End}_{(\text{Current Block})} = \text{Location Start}_{(\text{Next Block})}$ แสดงว่าทำเส้นทางละท่าปลายทางเป็น

จุดเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนเส้นทางการเดินรถได้โดยไม่ต้องทำการ Deadhead

จะได้ **Block 6** = Initial Block 6 + Initial Block 7

$\text{Vehicle Break} = 0:18$

$\text{Spread time} = 4:52 + 2:03 + 0:18 = 7:13$

$\text{Departure Time} = 11:50$, $\text{Arrival Time} = 19:03$

เนื่องจากตารางเวลาเดินรถประจำทางทั้งหมดถูกเลือกแล้ว ให้หยุดและตรวจสอบว่ามี

ตารางเวลาเดินรถประจำทางที่ยังไม่ถูกเลือกอีกครั้ง ถ้าไม่มีให้หยุด

ในการหาค่าทั้ง 3 ขั้นตอนจะได้ค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

Block 1: Initial Block 1, Spread Time = 18:01

Block 2: Initial Block 2, Spread Time = 17:45

Block 3: Initial Block 3, Spread Time = 19:01

Block 4 = Initial Block 4 + Initial Block 8 + Initial Block 10, Spread Time = 14:13

Block 5 = Initial Block 5 + Initial Block 9, Spread Time = 10:05

Block 6 = Initial Block 6 + Initial Block 7, Spread Time = 7:13

Iteration 1: ขั้นตอนที่ 4 เรียงตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่มีค่าของ Spread Time

ที่มีค่ามากที่สุดไปยังค่าน้อยที่สุด

เป็นการนำค่าของเวลาทั้งหมดในการทำงานของรถประจำทาง รวมเวลาพัก (Spread Time) ที่ได้จากรายตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block) มาเรียงค่าจากค่ามากที่สุดไปยังค่าน้อย จะได้

Block 3: Initial Block 3, Spread Time = 19:01

Block 1: Initial Block 1, Spread Time = 18:01

Block 2: Initial Block 2, Spread Time = 17:45

Block 4 = Initial Block 4 + Initial Block 8 + Initial Block 10, Spread Time = 14:13

Block 5 = Initial Block 5 + Initial Block 9, Spread Time = 10:05

Block 6 = Initial Block 6 + Initial Block 7, Spread Time = 7:13

ต่อมาการเลือกตารางเวลาเดินทางประจำทางเบื้องต้นที่มี Spread Time ที่มีค่าที่มากที่สุด โดยที่ยังไม่ถูกเลือก มาตรวจสอบเงื่อนไขที่ 3.9 คือ

$$\text{Spread Min} \leq \text{Spread Time} \leq \text{Spread Max} \quad (3.9)$$

แทนค่า Block 3: $0:00 \leq 19:01 \leq 16:00$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Block 1: $0:00 \leq 18:01 \leq 16:00$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Block 2: $0:00 \leq 17:45 \leq 16:00$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Block 4: $0:00 \leq 14:13 \leq 16:00$ (อยู่ในเงื่อนไข)

Block 5: $0:00 \leq 10:05 \leq 16:00$ (อยู่ในเงื่อนไข)

Block 6: $0:00 \leq 7:13 \leq 16:00$ (อยู่ในเงื่อนไข)

จากการแทนค่าจะเห็นได้ว่ามีค่าของ Spread Time ที่ไม่อยู่ในเงื่อนไขคือ ตารางเวลาเดินทางประจำทางเบื้องต้นที่ 3, 1 และ 2 จะต้องนำมาทำการตัดค่าในขั้นตอนที่ 3 และตารางเวลาเดินทางประจำทางที่มีค่าของ Spread Time อยู่ในเงื่อนไข ให้ทำการรวมค่าในขั้นตอนที่ 4

Iteration 1: ขั้นตอนที่ 5 การตัดค่าของตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นที่มีค่า

Spread Time มากกว่า Spread Max

เลือกตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นที่มีค่าของ Spread Time ที่มีค่ามากที่สุดคือ Initial Block 3 ต่อมาทำการตัดค่าและตรวจสอบค่าของ Spread Time ในสมการที่ 3.13 จากสมการที่ 3.13 ในการตัดออกแต่ละครั้งของหมายเลขการเดินทางตัวสุดท้าย ให้ตรวจสอบค่าของ Spread Time ตารางเวลาที่ถูกต้องจนกว่าจะได้ค่าของ Spread Time ที่อยู่ในเงื่อนไขที่ 3.9

$$\text{Spread Time}_{\text{Initial Block No. (L)}} = \text{Arrival Time}_{\text{Last Trip No.}} - \text{Departure Time}_{\text{First Trip No.}} \quad (3.13)$$

การปรับปรุงตารางเวลาเดินทางครั้งที่ 1 (**Improvement Block 1**)

Iteration 1: Block No. 3;

แทนค่า Cut No. 1: $\text{Spread Time}_{3(L)} = 24:31_{1073} - 5:30_{56} = 19:01$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Cut No. 2: $\text{Spread Time}_{3(L)} = 23:20_{1067} - 5:30_{56} = 17:50$ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Cut No. 3: $\text{Spread Time}_{3(L)} = 20:18_{987} - 5:30_{56} = 15:48$ (อยู่ในเงื่อนไข)

Improvement Block No. 1: Initial Block No. 3(L), Departure Time₅₆ = 5:30, Arrival Time₉₈₇ = 20:18, Spread Time = 15:48

ส่วนค่าของเศษที่เหลือ(Left over)จากการตัดค่า คือ Initial Block No. 3(R): Departure Time₁₀₆₇ = 20:21, Arrival Time₁₀₇₃ = 24:31, Spread Time = 4:10 ซึ่งค่าที่ได้จะนำไปคำนวณต่อในขั้นตอนที่ 6

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 2 (Improvement Block 2)

Iteration 2: Block No. 1;

แทนค่า Cut No. 1: Spread Time_{1(L)} = 22:21₉₄₉ - 4:20₁₂ = 18:01 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Cut No. 2: Spread Time_{1(L)} = 19:36₈₈₃ - 4:20₁₂ = 15:16 (อยู่ในเงื่อนไข)

จากการตัดค่าของ Initial Block 1 จะได้ค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

Improvement Block No. 2: Initial Block No. 1(L), Departure Time₁₂ = 4:20, Arrival Time₈₈₃ = 19:36, Spread Time = 15:16

ส่วนค่าของเศษที่เหลือ(Left over)จากการตัดค่า คือ Initial Block No. 1(R): Departure Time₉₄₉ = 22:21, Arrival Time₉₄₉ = 19:38, Spread Time = 2:43 ซึ่งค่าที่ได้จะนำไปคำนวณต่อในขั้นตอนที่ 4

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 3 (Improvement Block 3)

Iteration 3: Block No. 2;

แทนค่า Cut No. 1: Spread Time_{2(L)} = 22:45₁₀₁₃ - 5:00₃₀ = 17:45 (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)

Cut No. 2: Spread Time_{2(L)} = 20:52₈₂₇ - 5:00₃₀ = 15:52 (อยู่ในเงื่อนไข)

จากการตัดค่าของ Initial Block 2 จะได้ค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

Improvement Block No. 3: Initial Block No. 2(L), Departure Time₃₀ = 5:00, Arrival Time₈₂₇ = 20:52, Spread Time = 15:52

ส่วนค่าของเศษที่เหลือ(Left over)จากการตัดค่า คือ Initial Block No. 2(R): Departure Time₁₀₁₃ = 22:45, Arrival Time₁₀₁₃ = 21:00, Spread Time = 1:45 ซึ่งค่าที่ได้จะนำไปคำนวณต่อในขั้นตอนที่ 4

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 4 (Improvement Block 4)

Iteration 4: ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการรวมค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นกับเศษเหลือ

ขั้นตอนนี้เป็นการเรียงค่าของ Departure Time ของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่อยู่ในเงื่อนไขที่ 3.9 (จากขั้นตอนที่ 2) และเศษเหลือ(Leftover) จากการตัดค่าของขั้นตอนที่ 3 ที่มาก่อนไปหลัง จากนั้นเลือกตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้นหรือ Leftover ที่มีค่าของ Departure Time ที่มาก่อน จะได้

Block No. 4; Departure Time = 6:45, Arrival Time = 20:58, Spread Time = 14:13

Block No. 5; Departure Time = 11:18, Arrival Time = 17:33, Spread Time = 6:15

Block No. 6; Departure Time = 11:50, Arrival Time = 19:03, Spread Time = 7:13

Block No. 1R; Departure Time = 19:38, Arrival Time = 22:21, Spread Time = 2:43

Block No. 3R; Departure Time = 20:21, Arrival Time = 24:31, Spread Time = 4:10

Block No. 2R; Departure Time = 21:00, Arrival Time = 22:45, Spread Time = 1:45

ต่อมานำค่าที่ได้มาเชื่อมกับตารางเวลาเดินรถประจำทางหรือ leftover ในเงื่อนไขที่ 3.8

คือ $\text{Vehicle Break Min} \leq \text{Vehicle Break} \leq \text{Vehicle Break Max}$

Iteration 4: Block No. 4; จะได้

$$\text{Vehicle Break}_{4,5} = 11:18 - 20:58 = -9:40 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{4,6} = 11:50 - 20:58 = -9:08 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{4,1(R)} = 19:38 - 20:58 = -1:20 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{4,3(R)} = 20:21 - 20:58 = -0:37 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{4,2(R)} = 21:00 - 20:58 = 0:02 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางที่ทำให้มีค่าของ Vehicle Break น้อยที่สุดคือ $\text{Vehicle Break}_{4,2(R)} = 0:02$ นำตารางเวลาที่สองมารวมกัน

ตรวจสอบ Location End₄, Location Start_{2(R)} แทนค่าจะได้ $1 = 1$

เนื่องจาก Location End₄ = Location Start_{2(R)} แสดงว่าทำต้นทางละท่าปลายทางเป็นจุดเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนเส้นทางการเดินรถได้โดยไม่ต้องทำการ Deadhead และตรวจสอบค่าของ Spread Time ว่าตรงตามเงื่อนไขที่ 3.9 หรือไม่ จะได้

$$\text{Spread Time}_{4+2(R)} = 22:45 - 6:45 = 16:00 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

Improvement Block No. 4: Block No. 4+2(R), Departure Time = 6:45, Arrival Time = 22:45, Spread Time = 16:00

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 5 (Improvement Block 5)

Iteration 5: Block No. 5; ตรวจสอบค่าของ Initial Block No. ที่ยังไม่ถูกเลือก จะได้

$$\text{Vehicle Break}_{5,6} = 11:50 - 21:23 = -9:33 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{5,1(R)} = 19:38 - 21:23 = -1:45 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{5,3(R)} = 20:21 - 21:23 = -1:02 \text{ (ไม่อยู่ในเงื่อนไข)}$$

Improvement Block No. 5 : Block No. 5, Departure Time = 11:18, Arrival Time = 21:23, Spread Time = 10:05

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 6 (Improvement Block 6)

Iteration 6: Block No. 6; ตรวจสอบค่าของ Initial Block No. ที่ยังไม่ถูกเลือกจะได้

$$\text{Vehicle Break}_{6,1(R)} = 19:38 - 19:03 = 0:35 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

$$\text{Vehicle Break}_{6,3(R)} = 20:21 - 19:03 = 1:18 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางที่ทำให้มีค่าของ Vehicle Break น้อยที่สุดคือ $\text{Vehicle Break}_{6,1(R)} = 0:35$ นำตารางเวลาทั้งสองมารวมกัน

ตรวจสอบ Location End $_6$, Location Start $_{1(R)}$ แทนค่าจะได้ $1 = 1$

เนื่องจาก Location End $_6 = \text{Location Start}_{1(R)}$ แสดงว่าทำเส้นทางละท่าปลายทางเป็นจุดเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนเส้นทางการเดินรถได้โดยไม่ต้องทำการ Deadhead และตรวจสอบค่าของ Spread Time ว่าตรงตามเงื่อนไขที่ 3.9 หรือไม่ จะได้

$$\text{Spread Time}_{6+1(R)} = 22:21 - 11:50 = 10:31 \text{ (อยู่ในเงื่อนไข)}$$

Improvement Block No. 6: Initial Block No. $6+1(R)$, Departure Time = 11:50, Arrival Time = 22:21, Spread Time = 10:31

การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางครั้งที่ 7 (Improvement Block 7)

Iteration 7: Block No. 3R; ตรวจสอบค่าของ Initial Block No. ที่ยังไม่ถูกเลือก

Improvement Block No. 7: Block No. 3R, Departure Time = 20:21, Arrival Time = 24:31, Spread Time = 4:10



The logo of Sakon Nakhon Rajabhat University is a large, faint watermark in the center of the page. It features a stylized figure of a person standing on a path that leads upwards, flanked by two large, stylized 'H' characters. Below this, there is a circular emblem containing a lotus flower and other symbols. The entire logo is surrounded by a circular border with Thai text.

ภาคผนวก จ

ข้อมูลตารางเวลาการเดินทางประจำทางทั้งหมด (Route All)

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 68

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
1	3:45	5:30	1:45	1	1	2	35	7:42	10:45	3:03	1	1	2
2	4:00	5:00	1:00	1	1	2	36	7:48	10:51	3:03	1	1	2
3	4:10	5:10	1:00	1	1	2	37	7:54	10:57	3:03	1	1	2
4	4:20	5:20	1:00	1	1	2	38	8:00	11:01	3:01	1	1	2
5	4:30	5:30	1:00	1	1	2	39	8:13	11:14	3:01	1	1	2
6	4:40	5:40	1:00	1	1	2	40	8:25	11:26	3:01	1	1	2
7	4:50	5:50	1:00	1	1	2	41	8:38	11:39	3:01	1	1	2
8	5:00	7:43	2:43	1	1	2	42	8:50	11:51	3:01	1	1	2
9	5:08	7:51	2:43	1	1	2	43	9:00	11:40	2:40	1	1	2
10	5:15	7:58	2:43	1	1	2	44	9:13	11:53	2:40	1	1	2
11	5:23	8:06	2:43	1	1	2	45	9:25	12:05	2:40	1	1	2
12	5:30	8:13	2:43	1	1	2	46	9:38	12:18	2:40	1	1	2
13	5:38	8:21	2:43	1	1	2	47	9:50	12:30	2:40	1	1	2
14	5:45	8:28	2:43	1	1	2	48	10:00	12:43	2:43	1	1	2
15	5:53	8:36	2:43	1	1	2	49	10:07	12:50	2:43	1	1	2
16	6:00	9:11	3:11	1	1	2	50	10:14	12:57	2:43	1	1	2
17	6:05	9:16	3:11	1	1	2	51	10:21	13:04	2:43	1	1	2
18	6:10	9:21	3:11	1	1	2	52	10:28	13:11	2:43	1	1	2
19	6:15	9:26	3:11	1	1	2	53	10:35	13:18	2:43	1	1	2
20	6:20	9:31	3:11	1	1	2	54	10:42	13:25	2:43	1	1	2
21	6:25	9:36	3:11	1	1	2	55	10:49	13:32	2:43	1	1	2
22	6:30	9:41	3:11	1	1	2	56	10:56	13:39	2:43	1	1	2
23	6:35	9:46	3:11	1	1	2	57	11:00	13:38	2:38	1	1	2
24	6:40	9:51	3:11	1	1	2	58	11:06	13:44	2:38	1	1	2
25	6:45	9:56	3:11	1	1	2	59	11:12	13:50	2:38	1	1	2
26	6:50	10:01	3:11	1	1	2	60	11:18	13:56	2:38	1	1	2
27	6:55	10:06	3:11	1	1	2	61	11:24	14:02	2:38	1	1	2
28	7:00	10:03	3:03	1	1	2	62	11:30	14:08	2:38	1	1	2
29	7:06	10:09	3:03	1	1	2	63	11:36	14:14	2:38	1	1	2
30	7:12	10:15	3:03	1	1	2	64	11:42	14:20	2:38	1	1	2
31	7:18	10:21	3:03	1	1	2	65	11:48	14:26	2:38	1	1	2
32	7:24	10:27	3:03	1	1	2	66	11:54	14:32	2:38	1	1	2
33	7:30	10:33	3:03	1	1	2	67	12:00	14:36	2:36	1	1	2
34	7:36	10:39	3:03	1	1	2	68	12:07	14:43	2:36	1	1	2

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 68 (ต่อ)

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
69	12:14	14:50	2:36	1	1	2	103	17:20	20:35	3:15	1	1	2
70	12:21	14:57	2:36	1	1	2	104	17:40	20:55	3:15	1	1	2
71	12:28	15:04	2:36	1	1	2	105	18:00	21:25	3:25	1	1	2
72	12:35	15:11	2:36	1	1	2	106	18:20	21:45	3:25	1	1	2
73	12:42	15:18	2:36	1	1	2	107	18:40	22:05	3:25	1	1	2
74	12:49	15:25	2:36	1	1	2	108	19:00	21:43	2:43	1	1	2
75	12:56	15:32	2:36	1	1	2	109	19:13	21:56	2:43	1	1	2
76	13:00	15:51	2:51	1	1	2	110	19:25	22:08	2:43	1	1	2
77	13:09	16:00	2:51	1	1	2	111	19:38	22:21	2:43	1	1	2
78	13:18	16:09	2:51	1	1	2	112	19:50	22:33	2:43	1	1	2
79	13:27	16:18	2:51	1	1	2	113	20:00	21:45	1:45	1	1	2
80	13:36	16:27	2:51	1	1	2	114	20:20	22:05	1:45	1	1	2
81	13:45	16:36	2:51	1	1	2	115	20:40	22:25	1:45	1	1	2
82	13:54	16:45	2:51	1	1	2	116	21:00	22:45	1:45	1	1	2
83	14:00	17:15	3:15	1	1	2	117	21:15	23:00	1:45	1	1	2
84	14:08	17:23	3:15	1	1	2	118	21:30	23:15	1:45	1	1	2
85	14:15	17:30	3:15	1	1	2	119	21:45	23:30	1:45	1	1	2
86	14:23	17:38	3:15	1	1	2	120	22:00	23:00	1:00	1	1	2
87	14:30	17:45	3:15	1	1	2	121	22:30	23:30	1:00	1	1	2
88	14:38	17:53	3:15	1	1	2	122	13:00	16:36	3:36	1	2	1
89	14:45	18:00	3:15	1	1	2	123	13:10	16:46	3:36	1	2	1
90	14:53	18:08	3:15	1	1	2	124	13:20	16:56	3:36	1	2	1
91	15:00	19:00	4:00	1	1	2	125	13:30	17:06	3:36	1	2	1
92	15:10	19:10	4:00	1	1	2	126	13:40	17:16	3:36	1	2	1
93	15:20	19:20	4:00	1	1	2	127	13:50	17:26	3:36	1	2	1
94	15:30	19:30	4:00	1	1	2	128	14:00	17:33	3:33	1	2	1
95	15:40	19:40	4:00	1	1	2	129	14:10	17:43	3:33	1	2	1
96	15:50	19:50	4:00	1	1	2	130	14:20	17:53	3:33	1	2	1
97	16:00	19:38	3:38	1	1	2	131	14:30	18:03	3:33	1	2	1
98	16:13	19:51	3:38	1	1	2	132	14:40	18:13	3:33	1	2	1
99	16:25	20:03	3:38	1	1	2	133	14:50	18:23	3:33	1	2	1
100	16:38	20:16	3:38	1	1	2	134	15:00	18:33	3:33	1	2	1
101	16:50	20:28	3:38	1	1	2	135	15:09	18:42	3:33	1	2	1
102	17:00	20:15	3:15	1	1	2	136	15:18	18:51	3:33	1	2	1

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 68 (ต่อ)

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
137	15:27	19:00	3:33	1	2	1	154	18:45	21:45	3:00	1	2	1
138	15:36	19:09	3:33	1	2	1	155	19:00	22:00	3:00	1	2	1
139	15:45	19:18	3:33	1	2	1	156	19:20	22:20	3:00	1	2	1
140	15:54	19:27	3:33	1	2	1	157	19:40	22:40	3:00	1	2	1
141	16:00	19:51	3:51	1	2	1	158	20:00	23:00	3:00	1	2	1
142	16:20	20:11	3:51	1	2	1	159	20:15	23:15	3:00	1	2	1
143	16:40	20:31	3:51	1	2	1	160	20:30	23:30	3:00	1	2	1
144	17:00	20:25	3:25	1	2	1	161	20:45	23:45	3:00	1	2	1
145	17:09	20:34	3:25	1	2	1	162	21:00	0:00	3:00	1	2	1
146	17:18	20:43	3:25	1	2	1	163	21:10	0:10	3:00	1	2	1
147	17:27	20:52	3:25	1	2	1	164	21:20	0:20	3:00	1	2	1
148	17:36	21:01	3:25	1	2	1	165	21:30	0:30	3:00	1	2	1
149	17:45	21:10	3:25	1	2	1	166	21:40	0:40	3:00	1	2	1
150	17:54	21:19	3:25	1	2	1	167	21:50	0:50	3:00	1	2	1
151	18:00	21:00	3:00	1	2	1	168	22:00	1:00	3:00	1	2	1
152	18:15	21:15	3:00	1	2	1	169	22:30	1:30	3:00	1	2	1
153	18:30	21:30	3:00	1	2	1							



ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 76

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
1	0:00	1:41	1:41	2	1	1	35	7:06	9:49	2:43	2	1	1
2	0:30	2:11	1:41	2	1	1	36	7:12	9:55	2:43	2	1	1
3	1:00	2:41	1:41	2	1	1	37	7:18	10:01	2:43	2	1	1
4	1:30	3:11	1:41	2	1	1	38	7:24	10:07	2:43	2	1	1
5	2:00	3:41	1:41	2	1	1	39	7:30	10:13	2:43	2	1	1
6	3:00	4:41	1:41	2	1	1	40	7:36	10:19	2:43	2	1	1
7	3:30	5:11	1:41	2	1	1	41	7:42	10:25	2:43	2	1	1
8	4:00	5:41	1:41	2	1	1	42	7:48	10:31	2:43	2	1	1
9	4:15	5:56	1:41	2	1	1	43	7:54	10:37	2:43	2	1	1
10	4:30	6:11	1:41	2	1	1	44	8:00	10:22	2:22	2	1	1
11	4:45	6:26	1:41	2	1	1	45	8:08	10:30	2:22	2	1	1
12	5:00	7:10	2:10	2	1	1	46	8:15	10:37	2:22	2	1	1
13	5:06	7:16	2:10	2	1	1	47	8:23	10:45	2:22	2	1	1
14	5:12	7:22	2:10	2	1	1	48	8:30	10:52	2:22	2	1	1
15	5:18	7:28	2:10	2	1	1	49	8:38	11:00	2:22	2	1	1
16	5:24	7:34	2:10	2	1	1	50	8:45	11:07	2:22	2	1	1
17	5:30	7:40	2:10	2	1	1	51	8:53	11:15	2:22	2	1	1
18	5:36	7:46	2:10	2	1	1	52	9:00	11:17	2:17	2	1	1
19	5:42	7:52	2:10	2	1	1	53	9:09	11:26	2:17	2	1	1
20	5:48	7:58	2:10	2	1	1	54	9:18	11:35	2:17	2	1	1
21	5:54	8:04	2:10	2	1	1	55	9:27	11:44	2:17	2	1	1
22	6:00	8:18	2:18	2	1	1	56	9:36	11:53	2:17	2	1	1
23	6:05	8:23	2:18	2	1	1	57	9:45	12:02	2:17	2	1	1
24	6:10	8:28	2:18	2	1	1	58	9:54	12:11	2:17	2	1	1
25	6:15	8:33	2:18	2	1	1	59	10:00	12:54	2:54	2	1	1
26	6:20	8:38	2:18	2	1	1	60	10:09	13:03	2:54	2	1	1
27	6:25	8:43	2:18	2	1	1	61	10:18	13:12	2:54	2	1	1
28	6:30	8:48	2:18	2	1	1	62	10:27	13:21	2:54	2	1	1
29	6:35	8:53	2:18	2	1	1	63	10:36	13:30	2:54	2	1	1
30	6:40	8:58	2:18	2	1	1	64	10:45	13:39	2:54	2	1	1
31	6:45	9:03	2:18	2	1	1	65	10:54	13:48	2:54	2	1	1
32	6:50	9:08	2:18	2	1	1	66	11:00	13:41	2:41	2	1	1
33	6:55	9:13	2:18	2	1	1	67	11:10	13:51	2:41	2	1	1
34	7:00	9:43	2:43	2	1	1	68	11:20	14:01	2:41	2	1	1

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 76 (ต่อ)

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
69	11:30	14:11	2:41	2	1	1	104	16:12	19:08	2:56	2	1	1
70	11:40	14:21	2:41	2	1	1	105	16:18	19:14	2:56	2	1	1
71	11:50	14:31	2:41	2	1	1	106	16:24	19:20	2:56	2	1	1
72	12:00	14:52	2:52	2	1	1	107	16:30	19:26	2:56	2	1	1
73	12:09	15:01	2:52	2	1	1	108	16:36	19:32	2:56	2	1	1
74	12:18	15:10	2:52	2	1	1	109	16:42	19:38	2:56	2	1	1
75	12:27	15:19	2:52	2	1	1	110	16:48	19:44	2:56	2	1	1
76	12:36	15:28	2:52	2	1	1	111	16:54	19:50	2:56	2	1	1
77	12:45	15:37	2:52	2	1	1	112	17:00	19:14	2:14	2	1	1
78	12:54	15:46	2:52	2	1	1	113	17:13	19:27	2:14	2	1	1
79	13:00	15:48	2:48	2	1	1	114	17:25	19:39	2:14	2	1	1
80	13:08	15:56	2:48	2	1	1	115	17:38	19:52	2:14	2	1	1
81	13:15	16:03	2:48	2	1	1	116	17:50	20:04	2:14	2	1	1
82	13:23	16:11	2:48	2	1	1	117	18:00	20:50	2:50	2	1	1
83	13:30	16:18	2:48	2	1	1	118	18:09	20:59	2:50	2	1	1
84	13:38	16:26	2:48	2	1	1	119	18:18	21:08	2:50	2	1	1
85	13:45	16:33	2:48	2	1	1	120	18:27	21:17	2:50	2	1	1
86	13:53	16:41	2:48	2	1	1	121	18:36	21:26	2:50	2	1	1
87	14:00	16:46	2:46	2	1	1	122	18:45	21:35	2:50	2	1	1
88	14:08	16:54	2:46	2	1	1	123	18:54	21:44	2:50	2	1	1
89	14:15	17:01	2:46	2	1	1	124	19:00	21:26	2:26	2	1	1
90	14:23	17:09	2:46	2	1	1	125	19:07	21:33	2:26	2	1	1
91	14:30	17:16	2:46	2	1	1	126	19:14	21:40	2:26	2	1	1
92	14:38	17:24	2:46	2	1	1	127	19:21	21:47	2:26	2	1	1
93	14:45	17:31	2:46	2	1	1	128	19:28	21:54	2:26	2	1	1
94	14:53	17:39	2:46	2	1	1	129	19:35	22:01	2:26	2	1	1
95	15:00	18:35	3:35	2	1	1	130	19:42	22:08	2:26	2	1	1
96	15:09	18:44	3:35	2	1	1	131	19:49	22:15	2:26	2	1	1
97	15:18	18:53	3:35	2	1	1	132	19:56	22:22	2:26	2	1	1
98	15:27	19:02	3:35	2	1	1	133	20:00	22:40	2:40	2	1	1
99	15:36	19:11	3:35	2	1	1	134	20:10	22:50	2:40	2	1	1
100	15:45	19:20	3:35	2	1	1	135	20:20	23:00	2:40	2	1	1
101	15:54	19:29	3:35	2	1	1	136	20:30	23:10	2:40	2	1	1
102	16:00	18:56	2:56	2	1	1	137	20:40	23:20	2:40	2	1	1
103	16:06	19:02	2:56	2	1	1	138	20:50	23:30	2:40	2	1	1

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 76 (ต่อ)

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
139	21:00	23:01	2:01	2	1	1	145	21:54	23:55	2:01	2	1	1
140	21:09	23:10	2:01	2	1	1	146	22:00	0:01	2:01	2	1	1
141	21:18	23:19	2:01	2	1	1	147	22:30	0:31	2:01	2	1	1
142	21:27	23:28	2:01	2	1	1	148	23:00	0:41	1:41	2	1	1
143	21:36	23:37	2:01	2	1	1	149	23:30	1:11	1:41	2	1	1
144	21:45	23:46	2:01	2	1	1							

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 105

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
1	4:20	6:02	1:42	3	1	1	24	8:15	10:30	2:15	3	1	1
2	4:40	6:22	1:42	3	1	1	25	8:30	10:45	2:15	3	1	1
3	5:00	7:01	2:01	3	1	1	26	8:45	11:00	2:15	3	1	1
4	5:13	7:14	2:01	3	1	1	27	9:00	11:02	2:02	3	1	1
5	5:25	7:26	2:01	3	1	1	28	9:10	11:12	2:02	3	1	1
6	5:38	7:39	2:01	3	1	1	29	9:20	11:22	2:02	3	1	1
7	5:50	7:51	2:01	3	1	1	30	9:30	11:32	2:02	3	1	1
8	6:00	8:15	2:15	3	1	1	31	9:40	11:42	2:02	3	1	1
9	6:09	8:24	2:15	3	1	1	32	9:50	11:52	2:02	3	1	1
10	6:18	8:33	2:15	3	1	1	33	10:00	12:07	2:07	3	1	1
11	6:27	8:42	2:15	3	1	1	34	10:08	12:15	2:07	3	1	1
12	6:36	8:51	2:15	3	1	1	35	10:15	12:22	2:07	3	1	1
13	6:45	9:00	2:15	3	1	1	36	10:23	12:30	2:07	3	1	1
14	6:54	9:09	2:15	3	1	1	37	10:30	12:37	2:07	3	1	1
15	7:00	9:09	2:09	3	1	1	38	10:38	12:45	2:07	3	1	1
16	7:08	9:17	2:09	3	1	1	39	10:45	12:52	2:07	3	1	1
17	7:15	9:24	2:09	3	1	1	40	10:53	13:00	2:07	3	1	1
18	7:23	9:32	2:09	3	1	1	41	11:00	12:50	1:50	3	1	1
19	7:30	9:39	2:09	3	1	1	42	11:13	13:03	1:50	3	1	1
20	7:38	9:47	2:09	3	1	1	43	11:25	13:15	1:50	3	1	1
21	7:45	9:54	2:09	3	1	1	44	11:38	13:28	1:50	3	1	1
22	7:53	10:02	2:09	3	1	1	45	11:50	13:40	1:50	3	1	1
23	8:00	10:15	2:15	3	1	1	46	12:00	13:59	1:59	3	1	1

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 105 (ต่อ)

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
47	12:15	14:14	1:59	3	1	1	82	20:13	22:33	2:20	3	1	1
48	12:30	14:29	1:59	3	1	1	83	20:25	22:45	2:20	3	1	1
49	12:45	14:44	1:59	3	1	1	84	20:38	22:58	2:20	3	1	1
50	13:00	16:20	3:20	3	1	1	85	20:50	23:10	2:20	3	1	1
51	13:13	16:33	3:20	3	1	1	86	5:00	6:35	1:35	4	1	1
52	13:25	16:45	3:20	3	1	1	87	5:10	6:45	1:35	4	1	1
53	13:38	16:58	3:20	3	1	1	88	5:20	6:55	1:35	4	1	1
54	13:50	17:10	3:20	3	1	1	89	5:30	7:05	1:35	4	1	1
55	14:00	15:58	1:58	3	1	1	90	5:40	7:15	1:35	4	1	1
56	14:15	16:13	1:58	3	1	1	91	5:50	7:25	1:35	4	1	1
57	14:30	16:28	1:58	3	1	1	92	6:00	8:13	2:13	4	1	1
58	14:45	16:43	1:58	3	1	1	93	6:15	8:28	2:13	4	1	1
59	15:00	16:56	1:56	3	1	1	94	6:30	8:43	2:13	4	1	1
60	15:13	17:09	1:56	3	1	1	95	6:45	8:58	2:13	4	1	1
61	15:25	17:21	1:56	3	1	1	96	7:00	9:00	2:00	4	1	1
62	15:38	17:34	1:56	3	1	1	97	7:18	9:18	2:00	4	1	1
63	15:50	17:46	1:56	3	1	1	98	7:35	9:35	2:00	4	1	1
64	16:00	18:26	2:26	3	1	1	99	7:53	9:53	2:00	4	1	1
65	16:10	18:36	2:26	3	1	1	100	8:00	10:05	2:05	4	1	1
66	16:20	18:46	2:26	3	1	1	101	8:15	10:20	2:05	4	1	1
67	16:30	18:56	2:26	3	1	1	102	8:30	10:35	2:05	4	1	1
68	16:40	19:06	2:26	3	1	1	103	8:45	10:50	2:05	4	1	1
69	16:50	19:16	2:26	3	1	1	104	9:00	11:38	2:38	4	1	1
70	17:00	19:40	2:40	3	1	1	105	9:13	11:51	2:38	4	1	1
71	17:15	19:55	2:40	3	1	1	106	9:25	12:03	2:38	4	1	1
72	17:30	20:10	2:40	3	1	1	107	9:38	12:16	2:38	4	1	1
73	17:45	20:25	2:40	3	1	1	108	9:50	12:28	2:38	4	1	1
74	18:00	20:20	2:20	3	1	1	109	10:00	11:30	1:30	4	1	1
75	18:20	20:40	2:20	3	1	1	110	10:15	11:45	1:30	4	1	1
76	18:40	21:00	2:20	3	1	1	111	10:30	12:00	1:30	4	1	1
77	19:00	21:20	2:20	3	1	1	112	10:45	12:15	1:30	4	1	1
78	19:15	21:35	2:20	3	1	1	113	11:00	12:55	1:55	4	1	1
79	19:30	21:50	2:20	3	1	1	114	11:15	13:10	1:55	4	1	1
80	19:45	22:05	2:20	3	1	1	115	11:30	13:25	1:55	4	1	1
81	20:00	22:20	2:20	3	1	1	116	11:45	13:40	1:55	4	1	1

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 105 (ต่อ)

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
117	12:00	14:44	2:44	4	1	1	127	17:00	19:20	2:20	4	1	1
118	12:20	15:04	2:44	4	1	1	128	17:20	19:40	2:20	4	1	1
119	12:40	15:24	2:44	4	1	1	129	17:40	20:00	2:20	4	1	1
120	13:00	14:47	1:47	4	1	1	130	18:00	19:50	1:50	4	1	1
121	13:30	15:17	1:47	4	1	1	131	18:30	20:20	1:50	4	1	1
122	14:00	15:45	1:45	4	1	1	132	19:00	20:50	1:50	4	1	1
123	14:30	16:15	1:45	4	1	1	133	19:30	21:20	1:50	4	1	1
124	15:00	16:40	1:40	4	1	1	134	20:00	21:50	1:50	4	1	1
125	15:30	17:10	1:40	4	1	1	135	20:30	22:20	1:50	4	1	1
126	16:00	18:40	2:40	4	1	1							

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 111

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
1	5:00	5:52	0:52	5	1	1	20	7:28	8:25	0:57	5	1	1
2	5:10	6:02	0:52	5	1	1	21	7:35	8:32	0:57	5	1	1
3	5:20	6:12	0:52	5	1	1	22	7:42	8:39	0:57	5	1	1
4	5:30	6:22	0:52	5	1	1	23	7:49	8:46	0:57	5	1	1
5	5:40	6:32	0:52	5	1	1	24	7:56	8:53	0:57	5	1	1
6	5:50	6:42	0:52	5	1	1	25	8:00	9:00	1:00	5	1	1
7	6:00	6:58	0:58	5	1	1	26	8:07	9:07	1:00	5	1	1
8	6:07	7:05	0:58	5	1	1	27	8:14	9:14	1:00	5	1	1
9	6:14	7:12	0:58	5	1	1	28	8:21	9:21	1:00	5	1	1
10	6:21	7:19	0:58	5	1	1	29	8:28	9:28	1:00	5	1	1
11	6:28	7:26	0:58	5	1	1	30	8:35	9:35	1:00	5	1	1
12	6:35	7:33	0:58	5	1	1	31	8:42	9:42	1:00	5	1	1
13	6:42	7:40	0:58	5	1	1	32	8:49	9:49	1:00	5	1	1
14	6:49	7:47	0:58	5	1	1	33	8:56	9:56	1:00	5	1	1
15	6:56	7:54	0:58	5	1	1	34	9:00	9:59	0:59	5	1	1
16	7:00	7:57	0:57	5	1	1	35	9:09	10:08	0:59	5	1	1
17	7:07	8:04	0:57	5	1	1	36	9:18	10:17	0:59	5	1	1
18	7:14	8:11	0:57	5	1	1	37	9:27	10:26	0:59	5	1	1
19	7:21	8:18	0:57	5	1	1	38	9:36	10:35	0:59	5	1	1

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 111 (ต่อ)

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
39	9:45	10:44	0:59	5	1	1	74	15:40	16:33	0:53	5	1	1
40	9:54	10:53	0:59	5	1	1	75	15:50	16:43	0:53	5	1	1
41	10:00	10:54	0:54	5	1	1	76	16:00	16:59	0:59	5	1	1
42	10:09	11:03	0:54	5	1	1	77	16:09	17:08	0:59	5	1	1
43	10:18	11:12	0:54	5	1	1	78	16:18	17:17	0:59	5	1	1
44	10:27	11:21	0:54	5	1	1	79	16:27	17:26	0:59	5	1	1
45	10:36	11:30	0:54	5	1	1	80	16:36	17:35	0:59	5	1	1
46	10:45	11:39	0:54	5	1	1	81	16:45	17:44	0:59	5	1	1
47	10:54	11:48	0:54	5	1	1	82	16:54	17:53	0:59	5	1	1
48	11:00	12:11	1:11	5	1	1	83	17:00	18:08	1:08	5	1	1
49	11:13	12:24	1:11	5	1	1	84	17:10	18:18	1:08	5	1	1
50	11:25	12:36	1:11	5	1	1	85	17:20	18:28	1:08	5	1	1
51	11:38	12:49	1:11	5	1	1	86	17:30	18:38	1:08	5	1	1
52	11:50	13:01	1:11	5	1	1	87	17:40	18:48	1:08	5	1	1
53	12:00	12:52	0:52	5	1	1	88	17:50	18:58	1:08	5	1	1
54	12:13	13:05	0:52	5	1	1	89	18:00	19:04	1:04	5	1	1
55	12:25	13:17	0:52	5	1	1	90	18:13	19:17	1:04	5	1	1
56	12:38	13:30	0:52	5	1	1	91	18:25	19:29	1:04	5	1	1
57	12:50	13:42	0:52	5	1	1	92	18:32	19:36	1:04	5	1	1
58	13:00	13:46	0:46	5	1	1	93	18:50	19:54	1:04	5	1	1
59	13:12	13:58	0:46	5	1	1	94	19:00	19:54	0:54	5	1	1
60	13:23	14:09	0:46	5	1	1	95	19:13	20:07	0:54	5	1	1
61	13:35	14:21	0:46	5	1	1	96	19:25	20:19	0:54	5	1	1
62	13:46	14:32	0:46	5	1	1	97	19:32	20:26	0:54	5	1	1
63	13:58	14:44	0:46	5	1	1	98	19:50	20:44	0:54	5	1	1
64	14:00	15:05	1:05	5	1	1	99	20:00	20:45	0:45	5	1	1
65	14:10	15:15	1:05	5	1	1	100	20:13	20:58	0:45	5	1	1
66	14:20	15:25	1:05	5	1	1	101	20:25	21:10	0:45	5	1	1
67	14:30	15:35	1:05	5	1	1	102	20:32	21:17	0:45	5	1	1
68	14:40	15:45	1:05	5	1	1	103	20:50	21:35	0:45	5	1	1
69	14:50	15:55	1:05	5	1	1	104	21:00	21:45	0:45	5	1	1
70	15:00	15:53	0:53	5	1	1	105	21:13	21:58	0:45	5	1	1
71	15:10	16:03	0:53	5	1	1	106	21:25	22:10	0:45	5	1	1
72	15:20	16:13	0:53	5	1	1	107	21:32	22:17	0:45	5	1	1
73	15:30	16:23	0:53	5	1	1	108	21:50	22:35	0:45	5	1	1

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 111 (ต่อ)

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
109	22:00	22:45	0:45	5	1	1	144	9:20	10:31	1:11	6	1	1
110	5:00	5:48	0:48	6	1	1	145	9:30	10:41	1:11	6	1	1
111	5:10	5:58	0:48	6	1	1	146	9:40	10:51	1:11	6	1	1
112	5:20	6:08	0:48	6	1	1	147	9:50	11:01	1:11	6	1	1
113	5:30	6:18	0:48	6	1	1	148	10:00	11:13	1:13	6	1	1
114	5:40	6:28	0:48	6	1	1	149	10:13	11:26	1:13	6	1	1
115	5:50	6:38	0:48	6	1	1	150	10:25	11:38	1:13	6	1	1
116	6:00	6:59	0:59	6	1	1	151	10:38	11:51	1:13	6	1	1
117	6:06	7:05	0:59	6	1	1	152	10:50	12:03	1:13	6	1	1
118	6:12	7:11	0:59	6	1	1	153	11:00	12:07	1:07	6	1	1
119	6:18	7:17	0:59	6	1	1	154	11:10	12:17	1:07	6	1	1
120	6:24	7:23	0:59	6	1	1	155	11:20	12:27	1:07	6	1	1
121	6:30	7:29	0:59	6	1	1	156	11:30	12:37	1:07	6	1	1
122	6:36	7:35	0:59	6	1	1	157	11:40	12:47	1:07	6	1	1
123	6:42	7:41	0:59	6	1	1	158	11:50	12:57	1:07	6	1	1
124	6:48	7:47	0:59	6	1	1	159	12:00	12:58	0:58	6	1	1
125	6:54	7:53	0:59	6	1	1	160	12:13	13:11	0:58	6	1	1
126	7:00	8:17	1:17	6	1	1	161	12:25	13:23	0:58	6	1	1
127	7:06	8:23	1:17	6	1	1	162	12:38	13:36	0:58	6	1	1
128	7:12	8:29	1:17	6	1	1	163	12:50	13:48	0:58	6	1	1
129	7:18	8:35	1:17	6	1	1	164	13:00	13:58	0:58	6	1	1
130	7:24	8:41	1:17	6	1	1	165	13:13	14:11	0:58	6	1	1
131	7:30	8:47	1:17	6	1	1	166	13:25	14:23	0:58	6	1	1
132	7:36	8:53	1:17	6	1	1	167	13:38	14:36	0:58	6	1	1
133	7:42	8:59	1:17	6	1	1	168	13:50	14:48	0:58	6	1	1
134	7:48	9:05	1:17	6	1	1	169	14:00	15:00	1:00	6	1	1
135	7:54	9:11	1:17	6	1	1	170	14:10	15:10	1:00	6	1	1
136	8:00	9:11	1:11	6	1	1	171	14:20	15:20	1:00	6	1	1
137	8:10	9:21	1:11	6	1	1	172	14:30	15:30	1:00	6	1	1
138	8:20	9:31	1:11	6	1	1	173	14:40	15:40	1:00	6	1	1
139	8:30	9:41	1:11	6	1	1	174	14:50	15:50	1:00	6	1	1
140	8:40	9:51	1:11	6	1	1	175	15:00	15:48	0:48	6	1	1
141	8:50	10:01	1:11	6	1	1	176	15:09	15:57	0:48	6	1	1
142	9:00	10:11	1:11	6	1	1	177	15:18	16:06	0:48	6	1	1
143	9:10	10:21	1:11	6	1	1	178	15:27	16:15	0:48	6	1	1

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 111 (ต่อ)

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
179	15:36	16:24	0:48	6	1	1	199	18:40	19:43	1:03	6	1	1
180	15:45	16:33	0:48	6	1	1	200	18:50	19:53	1:03	6	1	1
181	15:54	16:42	0:48	6	1	1	201	19:00	20:21	1:21	6	1	1
182	16:00	16:49	0:49	6	1	1	202	19:10	20:31	1:21	6	1	1
183	16:09	16:58	0:49	6	1	1	203	19:20	20:41	1:21	6	1	1
184	16:18	17:07	0:49	6	1	1	204	19:30	20:51	1:21	6	1	1
185	16:27	17:16	0:49	6	1	1	205	19:40	21:01	1:21	6	1	1
186	16:36	17:25	0:49	6	1	1	206	19:50	21:11	1:21	6	1	1
187	16:45	17:34	0:49	6	1	1	207	20:00	20:50	0:50	6	1	1
188	16:54	17:43	0:49	6	1	1	208	20:10	21:00	0:50	6	1	1
189	17:00	17:53	0:53	6	1	1	209	20:20	21:10	0:50	6	1	1
190	17:10	18:03	0:53	6	1	1	210	20:30	21:20	0:50	6	1	1
191	17:20	18:13	0:53	6	1	1	211	20:40	21:30	0:50	6	1	1
192	17:30	18:23	0:53	6	1	1	212	20:50	21:40	0:50	6	1	1
193	17:40	18:33	0:53	6	1	1	213	21:00	21:50	0:50	6	1	1
194	17:50	18:43	0:53	6	1	1	214	21:18	22:08	0:50	6	1	1
195	18:00	19:03	1:03	6	1	1	215	21:35	22:25	0:50	6	1	1
196	18:10	19:13	1:03	6	1	1	216	21:53	22:43	0:50	6	1	1
197	18:20	19:23	1:03	6	1	1	217	22:00	22:50	0:50	6	1	1
198	18:30	19:33	1:03	6	1	1	218	22:30	23:20	0:50	6	1	1



ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 140

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
1	11:00	12:10	1:10	7	1	3	35	16:24	17:44	1:20	7	1	3
2	11:12	12:22	1:10	7	1	3	36	16:36	17:56	1:20	7	1	3
3	11:24	12:34	1:10	7	1	3	37	16:48	18:08	1:20	7	1	3
4	11:36	12:46	1:10	7	1	3	38	17:00	18:27	1:27	7	1	3
5	11:48	12:58	1:10	7	1	3	39	17:15	18:42	1:27	7	1	3
6	12:00	13:10	1:10	7	1	3	40	17:30	18:57	1:27	7	1	3
7	12:12	13:22	1:10	7	1	3	41	17:45	19:12	1:27	7	1	3
8	12:24	13:34	1:10	7	1	3	42	18:00	19:30	1:30	7	1	3
9	12:36	13:46	1:10	7	1	3	43	18:12	19:42	1:30	7	1	3
10	12:48	13:58	1:10	7	1	3	44	18:24	19:54	1:30	7	1	3
11	13:00	14:22	1:22	7	1	3	45	18:36	20:06	1:30	7	1	3
12	13:12	14:34	1:22	7	1	3	46	18:48	20:18	1:30	7	1	3
13	13:24	14:46	1:22	7	1	3	47	19:00	20:01	1:01	7	1	3
14	13:36	14:58	1:22	7	1	3	48	19:10	20:11	1:01	7	1	3
15	13:48	15:10	1:22	7	1	3	49	19:20	20:21	1:01	7	1	3
16	14:00	15:20	1:20	7	1	3	50	19:30	20:31	1:01	7	1	3
17	14:10	15:30	1:20	7	1	3	51	19:40	20:41	1:01	7	1	3
18	14:20	15:40	1:20	7	1	3	52	19:50	20:51	1:01	7	1	3
19	14:30	15:50	1:20	7	1	3	53	20:00	21:01	1:01	7	1	3
20	14:40	16:00	1:20	7	1	3	54	20:12	21:13	1:01	7	1	3
21	14:50	16:10	1:20	7	1	3	55	20:24	21:25	1:01	7	1	3
22	15:00	16:36	1:36	7	1	3	56	20:36	21:37	1:01	7	1	3
23	15:05	16:41	1:36	7	1	3	57	20:48	21:49	1:01	7	1	3
24	15:10	16:46	1:36	7	1	3	58	21:00	22:01	1:01	7	1	3
25	15:15	16:51	1:36	7	1	3	59	21:10	22:11	1:01	7	1	3
26	15:20	16:56	1:36	7	1	3	60	21:20	22:21	1:01	7	1	3
27	15:25	17:01	1:36	7	1	3	61	21:30	22:31	1:01	7	1	3
28	15:30	17:06	1:36	7	1	3	62	21:40	22:41	1:01	7	1	3
29	15:35	17:11	1:36	7	1	3	63	21:50	22:51	1:01	7	1	3
30	15:40	17:16	1:36	7	1	3	64	22:00	23:01	1:01	7	1	3
31	15:45	17:21	1:36	7	1	3	65	22:15	23:16	1:01	7	1	3
32	15:50	17:26	1:36	7	1	3	66	22:30	23:31	1:01	7	1	3
33	16:00	17:20	1:20	7	1	3	67	22:45	23:46	1:01	7	1	3
34	16:12	17:32	1:20	7	1	3	68	23:00	0:01	1:01	7	1	3

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 140 (ต่อ)

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
69	23:30	0:31	1:01	7	1	3	102	7:30	10:10	2:40	8	1	4
70	4:20	6:25	2:05	7	1	4	103	7:33	10:13	2:40	8	1	4
71	4:30	6:35	2:05	8	1	4	104	7:36	10:16	2:40	8	1	4
72	4:40	6:45	2:05	8	1	4	105	7:39	10:19	2:40	8	1	4
73	4:50	6:55	2:05	8	1	4	106	7:42	10:22	2:40	8	1	4
74	5:00	7:05	2:05	8	1	4	107	7:45	10:25	2:40	8	1	4
75	5:10	7:15	2:05	8	1	4	108	7:48	10:28	2:40	8	1	4
70	4:20	6:25	2:05	7	1	4	109	7:51	10:31	2:40	8	1	4
71	4:30	6:35	2:05	8	1	4	110	7:54	10:34	2:40	8	1	4
76	5:20	7:25	2:05	8	1	4	111	8:00	10:29	2:29	8	1	4
77	5:30	7:35	2:05	8	1	4	112	8:06	10:35	2:29	8	1	4
78	5:40	7:45	2:05	8	1	4	113	8:12	10:41	2:29	8	1	4
79	5:50	7:55	2:05	8	1	4	114	8:18	10:47	2:29	8	1	4
80	6:00	8:05	2:05	8	1	4	115	8:24	10:53	2:29	8	1	4
81	6:05	8:10	2:05	8	1	4	116	8:30	10:59	2:29	8	1	4
82	6:10	8:15	2:05	8	1	4	117	8:36	11:05	2:29	8	1	4
83	6:15	8:20	2:05	8	1	4	118	8:42	11:11	2:29	8	1	4
84	6:20	8:25	2:05	8	1	4	119	8:48	11:17	2:29	8	1	4
85	6:25	8:30	2:05	8	1	4	120	8:54	11:23	2:29	8	1	4
86	6:30	8:35	2:05	8	1	4	121	9:00	11:23	2:23	8	1	4
87	6:35	8:40	2:05	8	1	4	122	9:12	11:35	2:23	8	1	4
88	6:40	8:45	2:05	8	1	4	123	9:24	11:47	2:23	8	1	4
89	6:45	8:50	2:05	8	1	4	124	9:36	11:59	2:23	8	1	4
90	6:50	8:55	2:05	8	1	4	125	9:48	12:11	2:23	8	1	4
91	6:55	9:00	2:05	8	1	4	126	10:00	12:23	2:23	8	1	4
92	7:00	9:40	2:40	8	1	4	127	10:08	12:31	2:23	8	1	4
93	7:03	9:43	2:40	8	1	4	128	10:16	12:39	2:23	8	1	4
94	7:06	9:46	2:40	8	1	4	129	10:24	12:47	2:23	8	1	4
95	7:09	9:49	2:40	8	1	4	130	10:32	12:55	2:23	8	1	4
96	7:12	9:52	2:40	8	1	4	131	10:40	13:03	2:23	8	1	4
97	7:15	9:55	2:40	8	1	4	132	10:48	13:11	2:23	8	1	4
98	7:18	9:58	2:40	8	1	4	133	10:56	13:19	2:23	8	1	4
99	7:21	10:01	2:40	8	1	4	134	11:15	13:48	2:33	8	1	4
100	7:24	10:04	2:40	8	1	4	135	11:30	14:03	2:33	8	1	4
101	7:27	10:07	2:40	8	1	4	136	11:45	14:18	2:33	8	1	4

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 140 (ต่อ)

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
137	12:15	14:48	2:33	8	1	4	172	14:30	15:30	1:00	6	1	1
138	12:30	15:03	2:33	8	1	4	173	14:40	15:40	1:00	6	1	1
139	12:45	15:18	2:33	8	1	4	174	14:50	15:50	1:00	6	1	1
140	13:15	15:48	2:33	8	1	4	175	15:00	15:48	0:48	6	1	1
141	13:30	16:03	2:33	8	1	4	176	15:09	15:57	0:48	6	1	1
142	13:45	16:18	2:33	8	1	4	177	15:18	16:06	0:48	6	1	1
143	14:15	16:48	2:33	8	1	4	178	15:27	16:15	0:48	6	1	1
144	14:45	17:18	2:33	8	1	4	179	15:36	16:24	0:48	6	1	1
145	15:18	17:46	2:28	8	1	4	180	15:45	16:33	0:48	6	1	1
146	15:48	18:16	2:28	8	1	4	181	15:54	16:42	0:48	6	1	1
147	16:20	18:50	2:30	8	1	4	182	16:00	16:49	0:49	6	1	1
148	16:40	19:10	2:30	8	1	4	183	16:09	16:58	0:49	6	1	1
149	17:25	19:51	2:26	8	1	4	184	16:18	17:07	0:49	6	1	1
150	18:20	20:46	2:26	8	1	4	185	16:27	17:16	0:49	6	1	1
151	10:38	11:51	1:13	6	1	1	186	16:36	17:25	0:49	6	1	1
152	10:50	12:03	1:13	6	1	1	187	16:45	17:34	0:49	6	1	1
153	11:00	12:07	1:07	6	1	1	188	16:54	17:43	0:49	6	1	1
154	11:10	12:17	1:07	6	1	1	189	17:00	17:53	0:53	6	1	1
155	11:20	12:27	1:07	6	1	1	190	17:10	18:03	0:53	6	1	1
156	11:30	12:37	1:07	6	1	1	191	17:20	18:13	0:53	6	1	1
157	11:40	12:47	1:07	6	1	1	192	17:30	18:23	0:53	6	1	1
158	11:50	12:57	1:07	6	1	1	193	17:40	18:33	0:53	6	1	1
159	12:00	12:58	0:58	6	1	1	194	17:50	18:43	0:53	6	1	1
160	12:13	13:11	0:58	6	1	1	195	18:00	19:03	1:03	6	1	1
161	12:25	13:23	0:58	6	1	1	196	18:10	19:13	1:03	6	1	1
162	12:38	13:36	0:58	6	1	1	197	18:20	19:23	1:03	6	1	1
163	12:50	13:48	0:58	6	1	1	198	18:30	19:33	1:03	6	1	1
164	13:00	13:58	0:58	6	1	1	199	18:40	19:43	1:03	6	1	1
165	13:13	14:11	0:58	6	1	1	200	18:50	19:53	1:03	6	1	1
166	13:25	14:23	0:58	6	1	1	201	19:00	20:21	1:21	6	1	1
167	13:38	14:36	0:58	6	1	1	202	19:10	20:31	1:21	6	1	1
168	13:50	14:48	0:58	6	1	1	203	19:20	20:41	1:21	6	1	1
169	14:00	15:00	1:00	6	1	1	204	19:30	20:51	1:21	6	1	1
170	14:10	15:10	1:00	6	1	1	205	19:40	21:01	1:21	6	1	1
171	14:20	15:20	1:00	6	1	1	206	19:50	21:11	1:21	6	1	1

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 140 (ต่อ)

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
207	20:00	20:50	0:50	6	1	1	213	21:00	21:50	0:50	6	1	1
208	20:10	21:00	0:50	6	1	1	214	21:18	22:08	0:50	6	1	1
209	20:20	21:10	0:50	6	1	1	215	21:35	22:25	0:50	6	1	1
210	20:30	21:20	0:50	6	1	1	216	21:53	22:43	0:50	6	1	1
211	20:40	21:30	0:50	6	1	1	217	22:00	22:50	0:50	6	1	1
212	20:50	21:40	0:50	6	1	1	218	22:30	23:20	0:50	6	1	1

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 141

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
1	4:30	5:28	0:58	9	1	5	24	7:40	8:49	1:09	9	1	5
2	4:45	5:43	0:58	9	1	5	25	7:50	8:59	1:09	9	1	5
3	5:00	5:58	0:58	9	1	5	26	8:00	9:27	1:27	9	1	5
4	5:12	6:10	0:58	9	1	5	27	8:12	9:39	1:27	9	1	5
5	5:24	6:22	0:58	9	1	5	28	8:24	9:51	1:27	9	1	5
6	5:36	6:34	0:58	9	1	5	29	8:36	10:03	1:27	9	1	5
7	5:48	6:46	0:58	9	1	5	30	8:48	10:15	1:27	9	1	5
8	6:00	7:16	1:16	9	1	5	31	9:00	10:17	1:17	9	1	5
9	6:05	7:21	1:16	9	1	5	32	9:12	10:29	1:17	9	1	5
10	6:10	7:26	1:16	9	1	5	33	9:24	10:41	1:17	9	1	5
11	6:15	7:31	1:16	9	1	5	34	9:36	10:53	1:17	9	1	5
12	6:20	7:36	1:16	9	1	5	35	9:48	11:05	1:17	9	1	5
13	6:25	7:41	1:16	9	1	5	36	10:00	11:14	1:14	9	1	5
14	6:30	7:46	1:16	9	1	5	37	10:12	11:26	1:14	9	1	5
15	6:35	7:51	1:16	9	1	5	38	10:24	11:38	1:14	9	1	5
16	6:40	7:56	1:16	9	1	5	39	10:36	11:50	1:14	9	1	5
17	6:45	8:01	1:16	9	1	5	40	10:48	12:02	1:14	9	1	5
18	6:50	8:06	1:16	9	1	5	41	11:00	12:13	1:13	9	1	5
19	6:55	8:11	1:16	9	1	5	42	11:10	12:23	1:13	9	1	5
20	7:00	8:09	1:09	9	1	5	43	11:20	12:33	1:13	9	1	5
21	7:10	8:19	1:09	9	1	5	44	11:30	12:43	1:13	9	1	5
22	7:20	8:29	1:09	9	1	5	45	11:40	12:53	1:13	9	1	5
23	7:30	8:39	1:09	9	1	5	46	11:50	13:03	1:13	9	1	5

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 141 (ต่อ)

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
47	12:00	12:49	0:49	9	1	5	82	19:00	20:20	1:20	9	1	5
48	12:09	12:58	0:49	9	1	5	83	19:15	20:35	1:20	9	1	5
49	12:18	13:07	0:49	9	1	5	84	19:30	20:50	1:20	9	1	5
50	12:27	13:16	0:49	9	1	5	85	19:45	21:05	1:20	9	1	5
51	12:36	13:25	0:49	9	1	5	86	20:00	21:08	1:08	9	1	5
52	12:45	13:34	0:49	9	1	5	87	20:30	21:38	1:08	9	1	5
53	12:54	13:43	0:49	9	1	5	88	21:00	22:07	1:07	9	1	5
54	13:00	13:22	0:22	9	1	5	89	5:30	6:31	1:01	9	5	1
55	13:10	13:32	0:22	9	1	5	90	5:40	6:41	1:01	9	5	1
56	13:20	13:42	0:22	9	1	5	91	5:50	6:51	1:01	9	5	1
57	13:30	13:52	0:22	9	1	5	92	6:00	7:21	1:21	9	5	1
58	13:40	14:02	0:22	9	1	5	93	6:30	7:51	1:21	9	5	1
59	13:50	14:12	0:22	9	1	5	94	7:00	8:21	1:21	9	5	1
60	14:00	14:50	0:50	9	1	5	95	7:10	8:31	1:21	9	5	1
61	14:15	15:05	0:50	9	1	5	96	7:20	8:41	1:21	9	5	1
62	14:30	15:20	0:50	9	1	5	97	7:30	8:51	1:21	9	5	1
63	14:45	15:35	0:50	9	1	5	98	7:40	9:01	1:21	9	5	1
64	15:00	17:01	2:01	9	1	5	99	7:50	9:11	1:21	9	5	1
65	15:15	17:16	2:01	9	1	5	100	8:00	9:31	1:31	9	5	1
66	15:30	17:31	2:01	9	1	5	101	8:15	9:46	1:31	9	5	1
67	15:45	17:46	2:01	9	1	5	102	8:30	10:01	1:31	9	5	1
68	16:00	16:46	0:46	9	1	5	103	8:45	10:16	1:31	9	5	1
69	16:10	16:56	0:46	9	1	5	104	9:00	10:24	1:24	9	5	1
70	16:20	17:06	0:46	9	1	5	105	9:15	10:39	1:24	9	5	1
71	16:30	17:16	0:46	9	1	5	106	9:30	10:54	1:24	9	5	1
72	16:40	17:26	0:46	9	1	5	107	9:45	11:09	1:24	9	5	1
73	16:50	17:36	0:46	9	1	5	108	10:00	11:26	1:26	9	5	1
74	17:00	18:12	1:12	9	1	5	109	10:15	11:41	1:26	9	5	1
75	17:15	18:27	1:12	9	1	5	110	10:30	11:56	1:26	9	5	1
76	17:30	18:42	1:12	9	1	5	111	10:45	12:11	1:26	9	5	1
77	17:45	18:57	1:12	9	1	5	112	11:00	12:31	1:31	9	5	1
78	18:00	19:18	1:18	9	1	5	113	11:20	12:51	1:31	9	5	1
79	18:15	19:33	1:18	9	1	5	114	11:40	13:11	1:31	9	5	1
80	18:30	19:48	1:18	9	1	5	115	12:00	13:34	1:34	9	5	1
81	18:45	20:03	1:18	9	1	5	116	12:08	13:42	1:34	9	5	1

ตารางข้อมูลนำเข้ารถประจำทางสาย 141 (ต่อ)

N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End	N_Trips	Departure	Arrival	Runnig	Route	Location_Start	Location_End
117	12:16	13:50	1:34	9	5	1	135	16:20	19:00	2:40	9	5	1
118	12:24	13:58	1:34	9	5	1	136	16:40	19:20	2:40	9	5	1
119	12:32	14:06	1:34	9	5	1	137	17:00	18:50	1:50	9	5	1
120	12:40	14:14	1:34	9	5	1	138	17:15	19:05	1:50	9	5	1
121	12:48	14:22	1:34	9	5	1	139	17:30	19:20	1:50	9	5	1
122	12:56	14:30	1:34	9	5	1	140	17:45	19:35	1:50	9	5	1
123	13:00	14:34	1:34	9	5	1	141	18:00	19:52	1:52	9	5	1
124	13:10	14:44	1:34	9	5	1	142	18:20	20:12	1:52	9	5	1
125	13:20	14:54	1:34	9	5	1	143	18:40	20:32	1:52	9	5	1
126	13:30	15:04	1:34	9	5	1	144	19:00	20:53	1:53	9	5	1
127	13:40	15:14	1:34	9	5	1	145	19:30	21:23	1:53	9	5	1
128	13:50	15:24	1:34	9	5	1	146	20:00	21:40	1:40	9	5	1
129	14:00	15:55	1:55	9	5	1	147	20:15	21:55	1:40	9	5	1
130	14:20	16:15	1:55	9	5	1	148	20:30	22:10	1:40	9	5	1
131	14:40	16:35	1:55	9	5	1	149	20:45	22:25	1:40	9	5	1
132	15:00	16:55	1:55	9	5	1	150	21:00	22:40	1:40	9	5	1
133	15:30	17:25	1:55	9	5	1	151	21:30	23:10	1:40	9	5	1
134	16:00	18:40	2:40	9	5	1	152	22:00	23:40	1:40	9	5	1





ภาคผนวก ฉ

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

ธนิสรา บุตรสิงขรณ์, อัมพล การุณสุนทวงษ์ และ รัฐพล ภูบุบผาพันธ์ (2556). วิธีอีวิสติกสำหรับการจัดการารงเดินรถประจำทาง. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18 วันที่ 8-10 พฤษภาคม 2556, โรงแรมดิเอ็มเพลส, เชียงใหม่





วิธีฮิวริสติกสำหรับการจัดตารางเดินรถประจำทาง A Heuristic Methods for Bus Scheduling

ธนิสรา บุตรสิงขรณ์¹ อัมพล การุณสุนทวงษ์² และ รัฐพล กุบุบผาพันธ์³

^{1,3} สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

² ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

E-mail: ¹ palm_t21@hotmail.com, ² ampolk@gmail.com, ³ rattaphol@sut.ac.th

บทคัดย่อ

ในบทความนี้ เป็นการนำวิธีของ Transportation Research Board (TRB, 1998) มาประยุกต์ใช้เพื่อให้เหมาะสม และเสนอแนวคิด และวิธีการเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง โดยการกำหนดตัวแปรและข้อจำกัดต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และง่ายต่อการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงข้อมูล มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางให้มีประสิทธิภาพ และมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานน้อยที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ เช่น เวลาในการทำงาน, เวลาในการจอดพักหรือซ่อมบำรุง, การเปลี่ยนเส้นทางเดินรถประจำทาง เป็นต้น โดยนำวิธีฮิวริสติก 3 วิธี คือ วิธีการแทรก (Insert Block), วิธีการตัด (Cut Block) และวิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) มาทดสอบกับข้อมูลของ ขสมก. สาย 68, 76, 105, 111, 140 และ 141 ผลลัพธ์จากการทดลองพบว่าวิธีการแทรก และตัดมีประสิทธิภาพดีที่สุด คือใช้รถประจำทางน้อยที่สุดเท่ากับ 194 คัน ประหยัดกว่าการจัดตารางเดินรถประจำทางด้วยมือ เท่ากับ 58 % และทดลองโดยการอนุญาตให้รถประจำทางวิ่งสลับสายได้ ผลลัพธ์ที่ได้คือวิธีการแทรกและตัดมีประสิทธิภาพดีที่สุดใช้รถประจำทางจำนวน 155 คัน และประหยัดกว่าการจัดตารางเดินรถประจำทางด้วยมือ เท่ากับ 67%

Abstract

This paper has applied the Transportation Research Board (TRB, 1998) method to ensure and solve the problem of bus scheduling by specifying the parameters and limitations which are suitable for computer programming and easy to update or change information. It aims to be efficient in bus scheduling and reduces cost during the process under the constraints such as working time, bus driver rest stops, and maintenance or bus route diversions. The Heuristic method includes Insert Block, Cut Block, and Insert and Cut Block were adopted to test with the BMTA's bus routes data line 68, 76, 105, 111,140 and 141. The test results shown that the Insert and Cut Block is the most effective method. This technique offered the smallest number of buses used with only 194 buses with non-interlining and 155 buses with interlining and it saved greater cost comparing with scheduled bus by 58 percent and 67 percent respectively

1. บทนำ

การจัดตารางเวลาการทำงานของรถประจำทาง เป็นปัญหาที่มีความสำคัญในการให้บริการขนส่งสาธารณะ โดยทั่วไปแล้ว การวางแผน การให้บริการของรถประจำทางจะเกี่ยวข้องกับนโยบายและการพัฒนาการจัดตารางเวลาการทำงานของรถประจำทาง ซึ่งการวางแผนการให้บริการของรถประจำทางจะประกอบด้วย 5 ขั้นตอน (TRB, 1998) คือ การกำหนดเส้นทางและความถี่ในการให้บริการ, การกำหนดตารางเวลาเดินรถ, การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Blocking), การจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทาง (Run cutting) และการจัดกลุ่มงานของพนักงานเดินรถประจำทาง (Rostering) ในขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นนี้ มีความสัมพันธ์กันและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดำเนินงานของบริษัทขนส่งสาธารณะ ซึ่งในขั้นตอนแรกและขั้นตอน 1 และ 2 เป็นการวางแผนเชิงนโยบาย อาจจะทำขึ้นก่อนล่วงหน้า ส่วนขั้นตอนที่ 3, 4 และ 5 เป็นการวางแผนเชิงปฏิบัติการ อาจจะทำขึ้นก่อนล่วงหน้าก็ได้ การวางแผนทั้ง 5 ขั้นตอนนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีต้นทุนในการดำเนินงานน้อยที่สุด

ในบทความนี้พิจารณาปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Bus scheduling Problem) โดยการกำหนดตัวแปรและข้อจำกัดต่างๆ ในการแก้ปัญหา เพื่อให้เหมาะสมในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และง่ายต่อการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้เหมาะสมกับรูปแบบปัญหาการจัดตารางเวลาการทำงาน

2. วิธีการดำเนินงาน

การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเป็นการนำวิธีการของ TRB, 1998 มาประยุกต์ โดยเพิ่มตัวแปรและข้อจำกัดในขั้นตอนของการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง เพื่อให้ง่ายและเหมาะสมกับการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางนี้ได้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block) และ 2) ขั้นตอนการปรับปรุงการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Improvement Block) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ขั้นตอนการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block)

ในขั้นตอนนี้ เป็นการพิจารณาเวลาในการเดินทางที่เป็นไปได้มาเชื่อมต่อกัน โดยคำนึงถึงเวลาที่ออกจากท่าต้นทาง (Departure Time), เวลาที่มีถึงท่าปลายทาง (Arrival Time), เวลาพัก (Break Time), ท่าต้นทาง, ท่าปลายทาง ฯลฯ และมีการกำหนดข้อจำกัด เพื่อให้ง่ายต่อการนำมาใช้แก้ปัญหาที่ใช้ขั้นตอนทางคอมพิวเตอร์ การจัดตารางเวลา

เดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block) เป็นการนำข้อมูลการเดินทางของรถประจำทางในแต่ละการเดินทางมาเชื่อมต่อกัน เพื่อให้เวลาในการเดินทางของแต่ละครั้ง สามารถเชื่อม ต่อกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอยู่ภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนดขึ้น ได้แก่

$$\text{Break Min} \leq \text{Break Time} \leq \text{Break Max} \quad (1)$$

$$\text{Deadhead Time} \leq \text{Allowance Deadhead} \quad (2)$$

$$\sum \text{Worked Time} \geq \text{Running Min} \quad (3)$$

จากข้อจำกัดที่ (1) เป็นการกำหนดขอบเขตของเวลาพัก คือเวลาพักต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับเวลาพักขั้นต่ำ และมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับเวลาพักสูงสุด จึงสามารถเลือกหมายเลขของการเดินทางต่อไปได้ ข้อจำกัดที่ (2) คือเวลาเดินทางจากท่าปลายทางหนึ่ง ไปยังท่าต้นทางหนึ่ง โดยที่ไม่มีผู้โดยสารหรือไม่รับผู้โดยสารระหว่างทาง จะต้องมีย่านน้อยกว่าหรือเท่ากับเวลาที่ยอมให้มีการ Deadhead จึงจะยอมให้มีการวิ่งสลับสายได้ ข้อจำกัดที่ (3) คือเวลาในการทำงานของรถประจำทางจะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับเวลาขั้นต่ำในการเดินทางของรถประจำทาง จึงจะยอมให้มีการเดินรถสลับสายได้ จากข้อจำกัดข้างต้นสามารถนำมาพิจารณาหาข้อตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Blocking) โดยแบ่งขั้นตอนในการหาค่าออกเป็น 3 ขั้นตอน ซึ่งแบ่งการพิจารณาเงื่อนไขและข้อจำกัดในแต่ละขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1: เลือกหมายเลขการเดินทางเริ่มต้น

ในการเลือกหมายเลขการเดินทางเริ่มต้น เป็นการเลือกจากเวลาที่ออกจากท่าต้นทาง (Departure Time) ก่อนไปหลัง ต้องตรวจสอบหมายเลขการเดินทางว่าได้ถูกเลือกแล้วหรือยัง ถ้าถูกเลือกแล้วให้เลือกหมายเลขการเดินทางเริ่มต้นใหม่อีกครั้งโดยเลือกจากหมายเลขการเดินทางถัดไปที่ยังไม่ถูกเลือก

ขั้นตอนที่ 2: เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไป

การหาค่าหมายเลขการเดินทางต่อไป เริ่มจากการเลือกหมายเลขการเดินทางที่ถัดมาจากหมายเลขการเดินทางก่อนหน้าที่ถูกเลือกไปแล้วทีละตัวโดยตรวจสอบว่าหมายเลขการเดินทางนั้นๆ ได้ถูกเลือกแล้วหรือยัง ถ้าถูกเลือกแล้วให้กลับไปเลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปใหม่อีกครั้ง โดยเลือกจากหมายเลขการเดินทางถัดไปที่ยังไม่ถูกเลือก ถ้ายังไม่ถูกเลือกให้ตรวจสอบกับเงื่อนไขดังต่อไปนี้

$$\text{Break Time}_{(\text{Current Trip, Next Trip})} = \text{Departure Time}_{(\text{Next Trip})} -$$

$$\text{Arrival Time}_{(\text{Current Trip})} \quad (4)$$

$$\text{Location End}_{\text{Current Trip}} = \text{Location Start}_{\text{Next Trip}} \quad (5)$$

เมื่อ Break Time คือ เวลาในการพัก, Departure Time (Next Trip) คือเวลาที่ออกจากท่าต้นทางของหมายเลขการเดินทางต่อไป และ Arrival Time (Current Trip) คือ เวลาที่มาถึงท่าปลายทางของหมายเลขการเดินทางปัจจุบัน

จากสมการที่ (4) เป็นสมการที่ใช้ในการหาค่าของเวลาในการพัก ผลต่างของเวลาที่ออกจากท่าต้นทางของหมายเลขการเดินทางต่อไปกับเวลาที่มาถึงท่าปลายทางของหมายเลขการเดินทางปัจจุบัน และ ข้อจำกัดที่ (5) เป็นการตรวจสอบว่าหมายเลขท่าปลายทางของการเดินทางปัจจุบัน (Location End current Trip) และหมายเลขท่าต้นทางของการเดินทางต่อไป (Location Start next Trip) จะต้องเท่ากัน

ต่อมาหาข้อเวลาพัก (Break Time) ที่ได้จากสมการที่ (4) มาตรวจสอบเงื่อนไขข้อจำกัดที่ (1) ถ้าเวลาในการพักอยู่ในเงื่อนไขให้กลับไปเลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้ง แต่ถ้าเวลาในการพักไม่อยู่ในเงื่อนไข ให้ตรวจสอบข้อจำกัดที่ (3) ว่าเวลาในการทำงานของรถ

ประจำทาง (Worked Time) จะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับเวลาเวลาของการเดินทางในแต่ละเที่ยวการเดินทางของรถประจำทาง (Running Min) คือ $\sum \text{Worked Time} \geq \text{Running Min}$ จากการจัดตารางเวลาการเดินทางรถประจำทางในขั้นตอนที่ 2 โดยหาค่าของเวลาในการทำงาน (Worked Time) ได้จากสมการต่อไปนี้

$$\sum \text{Worked Time} = \text{worked time}_{\text{Trip A}} + \text{worked time}_{\text{Trip B}} + \dots + \text{worked time}_{\text{Current Trip}} \quad (6)$$

เมื่อ Trip A คือ หมายเลขการเดินทางเริ่มต้นที่ถูกเลือก

Trip B คือ หมายเลขการเดินทางต่อไปที่ถูกเลือก

Current Trip คือหมายเลขการเดินทางปัจจุบันที่ถูกเลือก

ถ้าไม่อยู่ในเงื่อนไข ให้กลับไปเลือกหมายเลขการเดินทางต่ออีกครั้ง จนกว่าหมายเลขการเดินทางทั้งหมดถูกเลือกแล้ว ถ้าอยู่ในเงื่อนไขสามารถเดินรถสลับสายได้ โดยรายละเอียดของขั้นตอนการเดินทางรถสลับสายอยู่ในขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนที่ 3: เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปจากเส้นทางการเดินทางรถประจำทางอื่นๆ

ในขั้นตอนนี้เป็นกรหาค่าหมายเลขการเดินทางถัดไป ต่อเนื่องจากขั้นตอนที่ 2 โดยให้สามารถเดินรถสลับสายได้ เมื่อท่าปลายทางของการเดินทางปัจจุบันไม่เท่ากับท่าต้นทางของการเดินทางต่อไป (Location End current Trip \neq Location Start next Trip) ตรวจสอบเวลาในการเดินทาง (Deadhead Time) ว่าอยู่ในข้อจำกัดที่ 3.2 คือเวลาเดินทางจากท่าปลายทางหนึ่ง ไปยังท่าต้นทางหนึ่ง โดยที่ไม่มีผู้โดยสารหรือไม่รับผู้โดยสารระหว่างทาง จะต้องมีย่านน้อยกว่าหรือเท่ากับเวลาที่ยอมให้มีการ Deadhead จึงจะยอมให้มีการวิ่งสลับสายได้ ต่อมาเรียงค่า Deadhead Time จากค่าน้อยไปหาค่ามาก เมื่อเรียงค่าเสร็จแล้วให้นำค่า Deadhead Time ที่มีค่าน้อยที่สุดรวมกับเวลาที่มาถึงท่าปลายทางของการเดินทางปัจจุบัน (Arrival Time Current Trip) ตามลำดับ ดังสมการที่ (7)

$$\text{Arrival Time for Next Trip} = \text{Arrival Time}_{\text{Current Trip}} +$$

$$\text{Deadhead Time}_{\text{Location Start Next Trip}} \quad (7)$$

เมื่อ Arrival Time for Next Trip คือ เวลาที่มาถึงท่าปลายทางของการเดินทางปัจจุบันรวมกับ Deadhead Time ของหมายเลขท่าต้นทางสำหรับหมายเลขการเดินทางต่อไป จากสมการที่ (7) ตรวจสอบว่าหมายเลขท่าปลายทางของ Deadhead Time ของหมายเลขท่าต้นทางสำหรับหมายเลขการเดินทางต่อไป จะต้องเท่ากับหมายเลขท่าต้นทางของหมายเลขการเดินทางต่อไป (Location End (Arrival Time for Next Trip) = Location Start next Trip) ต่อมาตรวจสอบเวลาในการพัก ในข้อจำกัดที่ (1) ถ้าอยู่ในเงื่อนไข ให้เลือกหมายเลขการเดินทางต่อไปอีกครั้งในขั้นตอนที่ 2 จนกระทั่งหมายเลขของการเดินทางทั้งหมดถูกเลือกแล้ว แต่ถ้าไม่อยู่ในเงื่อนไขให้กลับไปเลือก Deadhead Time ที่ยังไม่ถูกเลือกใหม่อีกครั้ง จนกระทั่งเลือก Deadhead Time ถูกเลือกทั้งหมดแล้ว ให้หยุด

จากขั้นตอนการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่กล่าวมาข้างต้น เป็นการหาค่าข้อมูลของตารางเวลาเดินรถประจำทางในแต่ละรอบ โดยคำนึงถึงเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่ได้กำหนดไว้ ในการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางในแต่ละครั้ง จะใช้วิธีการที่อยู่ภายใต้ข้อจำกัดเดียวกัน ทำให้การหาค่าตอบง่ายและสะดวกขึ้น

2.2 ขั้นตอนการปรับปรุงการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Improvement Block)

ขั้นตอนการปรับปรุงการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง เป็นขั้นตอนในการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block) เนื่องจากค่าของผลลัพธ์จากขั้นตอนการจัดตารางเวลาเดินรถเบื้องต้น เป็นการคำนวณค่าจากคอมพิวเตอร์ ทำให้ค่าที่ได้มายังไม่ค่อยมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนั้น เพื่อให้ตารางเวลาเดินรถประจำทางมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น จึงนำค่าของตารางเวลาเดินรถเบื้องต้นมาพิจารณาอีกครั้ง โดยการนำค่าที่ได้ของตารางเวลา มาเชื่อมต่อกัน และให้อยู่ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ในการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางนั้น ในการปรับปรุงการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Improvement Block) ได้มีการกำหนดข้อจำกัด ดังต่อไปนี้

$$\text{VehicleBreakMin} \leq \text{VehicleBreak} \leq \text{VehicleBreakMax} \quad (8)$$

$$\text{Spread Min} \leq \text{Spread Time} \leq \text{Spread Max} \quad (9)$$

$$\text{Deadhead Time} \leq \text{VehicleBreak} \quad (10)$$

จากข้อจำกัดที่ (8) เป็นข้อจำกัดของเวลาในการจอดรถ (vehicle Break) จะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าของ เวลาในการจอดรถ โดยไม่ได้ใช้งานมากที่สุด (Vehicle Break Max) และจะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับเวลาในการจอดรถ โดยไม่ได้ใช้งานน้อยที่สุด (Vehicle Break Min) ข้อจำกัดที่ (9) คือ เวลาทั้งหมดในการทำงานของรถประจำทาง รวมเวลาพัก (Spread Time) จะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าของ เวลาทั้งหมดในการทำงานของรถประจำทาง รวมเวลาพักมากที่สุด (Spread Max) และข้อจำกัดที่ (10) เป็นตัวที่กำหนดว่าสามารถเปลี่ยนเส้นทางเดินรถประจำทางได้หรือไม่ โดยตรวจสอบว่าค่าของเวลาเดินรถจากท่าปลายทางหนึ่ง ไปยังท่าต้นทางหนึ่ง โดยที่ไม่มีผู้โดยสารหรือไม่รับผู้โดยสารระหว่างทาง (Deadhead Time) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งาน (vehicle Break) เพื่อต้องการไม่ให้มีรถที่จอดพักเป็นเวลานานและทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้รถประจำทางอีกด้วย

จากการหาค่าตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น สามารถนำค่าที่ได้มาปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง โดยการนำตัวแปรและข้อจำกัดดังกล่าวเป็นตัวแปรที่ต้องนำมาเข้าเพิ่มเติม มาช่วยกำหนดในขั้นตอนของทั้งหมด และได้แบ่งวิธีการออกเป็น 3 ทางเลือก คือ วิธีการแทรก (Insert Block), วิธีการตัด (Cut Block), วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut) โดยรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) วิธีการแทรก (Insert Block)

เป็นวิธีการที่นำค่าของขั้นตอนการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่หามาได้ นำมา ปรับปรุง โดยการใช้วิธีแทรกหรือเชื่อมต่อบริการเวลา เพื่อให้กระบวนการทางคอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ในวิธีการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบ Insert Block ขั้นตอนในการการคำนวณ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่1: เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น (Select First Initial Block)

ขั้นตอนนี้เป็นการเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้น จากหมายเลขของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block) โดย

เลือกจากเวลาเดินทางออกจากท่าต้นทาง (Departure Time) จากก่อนไปหลัง จากนั้นตรวจสอบว่าตารางเวลาเดินรถนั้นถูกเลือกหรือยัง ถ้าถูกเลือกแล้วให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง

ขั้นตอนที่2: เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางต่อไป (Select Next Initial Block)

เป็นการเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นต่อไป โดยเลือกเรียงจากค่าของเวลาที่ออกจากท่าต้นทาง (Departure Time) ที่มาก่อนไปหลังจากนั้นตรวจสอบว่าตารางเวลาเดินรถนั้นถูกเลือกหรือยัง ถ้าถูกเลือกแล้วให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง แต่ถ้ายังไม่ถูกเลือก ให้ตรวจสอบข้อจำกัดที่ (8) ถ้าเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งาน (Vehicle Break) ไม่อยู่ในเงื่อนไขให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางต่อไป ถ้าอยู่ในเงื่อนไขให้ตรวจสอบข้อจำกัดของท่าต้นทางและท่าปลายทางในขั้นตอนที่ 3 เพื่อเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางจากเส้นทางเดินรถอื่นๆ

ขั้นตอนที่3: เลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางต่อไปจากเส้นทางเดินรถประจำทางอื่นๆ

เป็นขั้นตอนการเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางจากเส้นทางเดินรถประจำทางอื่นๆ โดยการตรวจสอบเงื่อนไขของท่าต้นทางและท่าปลายทางว่าเป็นจุดเดียวกันหรือไม่จากเงื่อนไขที่ 11

$$\begin{aligned} & \text{LocationEnd}(\text{CurrentBlock}, \text{LocationStart}(\text{NextBlock})) \\ & \text{If } \text{LocationEnd}(\text{CurrentBlock}) = \text{LocationStart}(\text{NextBlock}) \\ & \quad ; \text{No deadhead} \end{aligned} \quad (11.1)$$

$$\begin{aligned} & \text{Else } \text{LocationEnd}(\text{CurrentBlock}) \neq \text{LocationStart}(\text{NextBlock}) \\ & \quad ; \text{Check: deadhead time} \leq \text{Vehicle Break} \end{aligned} \quad (11.2)$$

จากสมการที่ 11 เป็นการตรวจสอบว่าท่าปลายทางนั้น สามารถนำรถประจำทางวิ่งในเส้นทางอื่นได้หรือไม่ คือถ้า $\text{LocationEnd}(\text{Current Block}) = \text{Location Start}(\text{Next Block})$ หมายถึง ท่าต้นทางและท่าปลายทางเป็นจุดเดียวกันจึงสามารถเปลี่ยนเส้นทางเดินรถได้โดยไม่ต้องทำการ Deadhead แต่ถ้า $\text{LocationEnd}(\text{Current Block}) \neq \text{Location Start}(\text{Next Block})$ หมายถึง ท่าต้นทางและท่าปลายทางไม่เป็นจุดเดียวกัน ดังนั้นต้องทำการตรวจสอบว่าสามารถเปลี่ยนเส้นทางเดินรถได้หรือไม่ โดยการตรวจสอบ Deadhead time ว่ามีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับเวลาที่รถประจำทางจอด โดยไม่มีการใช้งานหรือไม่ ถ้าใช้ก็สามารถเปลี่ยนเส้นทางเดินรถประจำทางไปยังเส้นทางเดินรถอื่นๆได้ ถ้าไม่ใช่ให้หยุดการเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทาง และกลับไปเลือกตารางเวลาเดินรถประจำทางเริ่มต้นใหม่อีกครั้งในขั้นตอนที่ 1 จนกว่าตารางเวลาเดินรถประจำทางจะถูกเลือกทั้งหมด

(2) วิธีการตัด (Cut Block)

เป็นการนำตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block) มาปรับปรุง โดยใช้วิธีการตัดค่าให้เป็นไปตามเงื่อนไขของเวลาทั้งหมดในการทำงานของรถประจำทาง รวมเวลาพัก (Spread Time) และค่าที่ได้มาจากการตัดค่า จะเหลือเศษ (Leftover) ของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่ถูกตัดออก ซึ่งวิธีการในการนำค่าเศษที่ได้จากการตัดมาเชื่อมต่อกันโดยการกำหนดข้อจำกัดต่างๆ โดยขั้นตอนนี้

ขั้นตอนที่1: เรียงตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่มีค่าของ Spread Time ที่มีค่ามากไปยังค่าน้อยที่สุด

ขั้นตอนนี้เป็นค่าของ Spread Time ที่มีค่ามากไปยังน้อยที่สุด เมื่อทำการเรียงค่าเสร็จแล้วให้ทำขั้นตอนที่ 2 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 2: เลือกค่าของตารางเวลาเดินทางเบื้องต้น จาก Spread Time ที่มีค่ามากที่สุด

เป็นการเลือกตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นที่มี Spread Time ที่มีค่าที่มากที่สุด โดยที่ยังไม่ถูกเลือก มาตรวจสอบเงื่อนไขที่(9) คือ

$$\text{Spread Min} \leq \text{Spread Time} \leq \text{Spread Max} \quad (9)$$

จากเงื่อนไขที่ (9) เมื่อเราได้ค่า Spread time ที่มีค่ามากที่สุดแล้วให้นำมาตรวจสอบคุณสมบัติของ Spread time คือถ้า Spread time มีค่าน้อยกว่าค่าของ Spread Max ให้นำค่าของ Spread Time เก็บไว้ในขั้นตอนที่ 4 แต่ถ้ามีค่าของ Spread Time มากกว่า Spread Max ให้นำค่าที่ได้มาตัดค่าในขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนที่ 3: การตัดค่าของตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นที่มีค่า Spread Time มากกว่า Spread Max

เป็นการตัดค่าของตารางเวลาการเดินทางเบื้องต้น โดยการตรวจสอบจากค่าของ Spread Time โดยมีหลักการอยู่ว่า ในการตัดค่าตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นของ Spread Time มากกว่า Spread Max จะเป็นการตัดค่าของ หมายเลขการเดินทาง (Trip No.) จากหมายเลขการเดินทางที่อยู่ท้ายสุด(หลังสุด) ออกทีละหมายเลขการเดินทาง โดยการหาค่า Spread Time ของตารางเวลาที่ถูกต้องแล้ว เป็นดังสมการที่ (12)

$$\text{Spread Time}_{\text{Initial Block No. } i} = \text{Arrival Time}_{\text{Last Trip No. } i} -$$

$$- \text{Departure Time}_{\text{First Trip No. } i} \quad (12)$$

จากสมการที่ (12) ค่าของ Spread time หาได้จาก ค่าของ Arrival Time ของหมายเลขการเดินทางสุดท้ายลบกับ Departure Time ของหมายเลขการเดินทางเริ่มต้น ในการตัดออกแต่ละครั้งของ หมายเลขการเดินทางตัวสุดท้าย ให้ตรวจสอบค่าของ Spread Time ตารางเวลาที่ถูกต้องจนกว่าจะได้ค่าของ Spread Time ที่อยู่ในเงื่อนไขที่ (9)

(3) Insert and Cut Block

เป็นการรวมวิธีการ Insert และ Cut Block ในการหาค่าของ ตารางเวลาเดินทางประจำทาง (Improvement Blocking) โดยนำจุดเด่นของวิธีการทั้งสองมารวมกัน เพื่อให้ค่าของตารางเวลาเดินทางประจำทาง ที่ได้ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ขั้นตอนที่ 1: เลือกตารางเวลาเดินทางเริ่มต้น (Select First Initial Block)

เป็นการเลือกตารางเวลาเดินทางเริ่มต้น จากหมายเลขของตารางเวลาเดินทางเบื้องต้น (Initial Blocking) โดยเลือกจากตารางเวลาเดินทางออกจากต้นทาง (Departure Time) จากก่อนไปหลังจากนั้นตรวจสอบว่าตารางเวลาเดินทางนั้นถูกเลือกหรือยัง ถ้าถูกเลือกแล้วให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินทางเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 2: เลือกตารางเวลาเดินทางต่อไป (Select Next Initial Blocking)

เป็นการเลือกตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นต่อไป โดยเลือกเรียงจากค่าของเวลาที่ออกจากต้นทาง (Departure Time) ที่มาก่อนไปหลังจากนั้นตรวจสอบว่าตารางเวลาเดินทางนั้นถูกเลือกหรือยัง

ถ้าถูกเลือกแล้วให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินทางเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง แต่ถ้ายังไม่ถูกเลือก ให้ตรวจสอบข้อจำกัดที่ 3.8 และหาค่าของ Vehicle Break ได้จากสมการที่ 3.11 ถ้าเวลาที่รถประจำทางจอดโดยไม่มีการใช้งาน (Vehicle Break) ไม่อยู่ในเงื่อนไขให้กลับไปเลือกตารางเวลาเดินทางต่อไป ถ้าอยู่ในเงื่อนไขให้ตรวจสอบข้อจำกัดของท่าต้นทางและท่าปลายทางในขั้นตอนที่ 3 เพื่อเลือกตารางเวลาเดินทางจากเส้นทางเดินทางอื่น ๆ

ขั้นตอนที่ 2: เลือกตารางเวลาเดินทางต่อไปจากเส้นทางเดินทางประจำทางอื่น ๆ

เป็นขั้นตอนการเลือกตารางเวลาเดินทางจากเส้นทางเดินทางประจำทางอื่น ๆ โดยการตรวจสอบเงื่อนไขของท่าต้นทางและท่าปลายทางว่าเป็นจุดเดียวกันหรือไม่จากเงื่อนไขที่ 3.12

ขั้นตอนที่ 4: เรียงตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นที่มีค่าของ Spread Time ที่มีค่ามากไปยังค่าน้อยที่สุด

ขั้นตอนนี้เป็นค่าของ Spread Time ที่มีค่ามากไปยังน้อยที่สุด เมื่อทำการเรียงค่าเสร็จแล้ว ให้เลือกตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นที่มี Spread Time ที่มีค่ามากที่สุด โดยที่ยังไม่ถูกเลือก ตรวจสอบค่าของ Spread Time ว่าอยู่ในเงื่อนไขที่ 3.9 หรือไม่

ขั้นตอนที่ 5: การตัดค่าของตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นที่มีค่า Spread Time มากกว่า Spread Max

เป็นการตัดค่าของตารางเวลาการเดินทางเบื้องต้น โดยการตรวจสอบจากค่าของ Spread Time โดยมีหลักการอยู่ว่า ในการตัดค่าตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นของ Spread Time มากกว่า Spread Max จะเป็นการตัดค่าของ หมายเลขการเดินทาง (Trip No.) จากหมายเลขการเดินทางที่อยู่ท้ายสุด(หลังสุด) ออกทีละหมายเลขการเดินทาง โดยการหาค่า Spread Time ของตารางเวลาที่ถูกต้องแล้ว

ขั้นตอนที่ 6: ขั้นตอนการรวมค่าของตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นกับเศษเหลือ

ขั้นตอนนี้เป็นค่าของ Departure Time ของตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นที่อยู่ในเงื่อนไขที่ 3.9 (จากขั้นตอนที่ 2) และเศษเหลือ(Leftover) จากการตัดค่าของขั้นตอนที่ 3 ที่มาก่อนไปหลังจากนั้นเลือกตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นหรือ Leftover ที่มีค่าของ Departure Time ที่มาก่อน ต่อมาหาค่าที่ได้มาเชื่อมกับตารางเวลาเดินทางหรือ leftover ในเงื่อนไขที่ 3.8 เมื่อรวมค่าเสร็จแล้วให้ตรวจสอบค่าของ Spread Time อีกครั้งในเงื่อนไขที่ 3.9 ถ้าค่าของ Spread time มีค่ามากกว่า Spread Max ให้เลือกตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นหรือ Leftover ถัดไปจนกว่าอีกครั้ง แต่ถ้าอยู่ในเงื่อนไขให้รวมค่าได้ และกลับไปเลือกค่าของตารางเวลาเดินทางเบื้องต้นหรือ Leftover อีกครั้ง จนกว่าจะครบ

3. การวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้ออกแบบเป็น 3 วิธี ได้แก่ วิธีการแทรก (Insert Block), วิธีการตัด (Cut Block) และวิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) ซึ่งในการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธีนี้ จะนำมาทดลองด้วยกันทั้งหมด 2 แบบ คือ การทดลองจัดตารางเวลาเดินทางแบบไม่อนุญาตให้วิ่งสลับสายและแบบอนุญาตให้วิ่งสลับสายได้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การทดลองจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบไม่อนุญาตให้วิ่งสลับสาย

การทดลองจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบไม่อนุญาตให้วิ่งสลับสาย โดยข้อมูลนำเข้าที่สาย ได้แก่ สาย 68, 76, 105, 111, 140, 141 โดยการทดลองวิธีการจัดตารางเวลาเดินรถในแต่ละวิธีจะต้องทดลองกับข้อมูลนำเข้าทุกสาย คือ วิธีการแทรก (Insert Block), วิธีการตัด (Cut Block) และ วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) จะต้องทดลองกับเส้นทางเดินรถประจำทางสาย 68, 76, 105, 111, 140, 141 ในการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ออกแบบเป็น 3 ทางเลือก ได้แก่ Insert Block, Cut Block และ Insert and Cut Block ซึ่งในการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทั้ง 3 ทางเลือกนี้ได้ผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลลัพธ์ของการจัดตารางเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Insert Block, Cut Block และ Insert and Cut Block มีหน่วยเป็น คัน

Route	Insert Block	Cut Block	Insert and Cut Block
68	46	54	38
76	30	42	38
105	26	30	25
111	23	23	24
140	67	76	49
141	35	46	20
All	156	209	155

จากตารางที่ 1 เป็นการแสดงผลของการจัดตารางเดินรถประจำทางในแต่ละทางเลือก ว่าวิธีใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด จากตารางที่ 1 จะเห็นว่า การจัดตารางเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Insert and Cut Block เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพราะใช้จำนวนรถน้อยที่สุดในสามวิธี และวิธี Insert Block เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพรองมาจากวิธี Insert and Cut Block

3.2 การทดลองจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบอนุญาตให้วิ่งสลับสาย

การทดลองจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบอนุญาตให้วิ่งสลับสาย เป็นการนำข้อมูลของตารางเวลาเดินรถประจำทางทุกสายจาก มาทดลองโดยการนำข้อมูลตารางเวลาเดินรถประจำทางของทุกสายมา รวมกัน และทดสอบกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของแต่ละวิธี คือ วิธีการแทรก (Insert Block), วิธีการตัด (Cut Block) และ วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) จะต้องทดลองกับชุดข้อมูล All Route โดยการทดลองกับโปรแกรมในแต่ละวิธีใช้เวลาในการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์น้อยกว่า 10 วินาที ผลลัพธ์ที่ได้เป็นดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบการจัดตารางเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Insert Block, Cut Block และ Insert and Cut Block กับการจัดตารางเดินรถประจำทางด้วยมือ มีหน่วยเป็น คัน

Route	Manual	Insert Block	Cut Block	Insert and Cut Block
68	84	46	54	38
76	63	30	42	38
105	56	26	30	25
111	40	23	23	24
140	132	67	76	49
141	89	35	46	20
All	464	227	271	194
All_Deadhead	464	156	209	155

*หมายเหตุ Route All คือเส้นทางในการเดินรถประจำทางทั้ง 6 เส้นทางรวมกันและ Route All Deadhead คือ เส้นทางในการเดินรถประจำทางทั้ง 6 เส้นทางรวมกันโดยอนุญาตให้วิ่งสลับสายได้

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางจากวิธี Insert and Cut Block ตอบที่ดีที่สุดจาก 3 วิธี เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางด้วยการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบอนุญาตให้วิ่งสลับสายใช้รถ 155 คัน ดีกว่าการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทางจริงซึ่งใช้รถจำนวน 464 คัน เท่ากับ 67% การจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบอนุญาตให้วิ่งสลับสายใช้รถ 155 คัน ดีกว่าการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบไม่อนุญาตให้วิ่งสลับสายซึ่งใช้รถจำนวน 194 คัน เท่ากับ 20 %

จากการเปรียบเทียบข้างต้นจะเห็นได้ว่า การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางโดยใช้วิธี Insert and Cut Block เป็นวิธีการที่ดีที่สุดคือให้ผลลัพธ์(จำนวนรถ)น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 2 วิธี และเมื่อนำมาเปรียบเทียบการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบอนุญาตให้วิ่งสลับสายได้กับแบบไม่อนุญาตให้วิ่งสลับสาย จะเห็นว่าผลลัพธ์ของการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบอนุญาตให้วิ่งสลับสายนั้นดีกว่า

3.3 การทดลองปรับค่าของข้อจำกัดต่างๆที่ใช้ในการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง

จากการทดลองจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางแบบไม่อนุญาตให้วิ่งข้ามสายและอนุญาตให้วิ่งข้ามสายได้กับเส้นทางเดินรถประจำทางสาย 68, 76, 105, 111, 140, 141 จะเห็นได้ว่า การจัดตารางเดินรถประจำทางแบบแทรกและตัด (Insert and Cut Block) ให้ค่าของจำนวนรถประจำทาง ดังนั้นจึงนำวิธีการแทรกและตัดมาทดลองหาค่าของการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทาง วิธีการคือทดลองปรับค่าของข้อจำกัดต่างๆ ดังต่อไปนี้

การทดลองปรับค่าของเวลาในการทำงานน้อยที่สุดที่สามารถอนุญาตให้รถประจำทางสามารถวิ่งสลับสายได้ (Running Min) วิธีการทดลองคือ นำข้อมูลตารางเวลาของเส้นทางเดินรถประจำทางทั้งหมดมารวมกัน และทดลองปรับค่า จากเวลาเริ่มต้น 5, 4, 3, 2, 1, 0 แล้วนำไปประมวลผลทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) การปรับค่าแต่ละครั้งผลที่ได้คือจำนวนรถมีค่าเท่าเดิมคือใช้รถ 155 คัน แสดงว่าการปรับค่าของเวลาในการทำงานน้อยที่สุดที่สามารถอนุญาตให้รถประจำทางสามารถวิ่งสลับสายได้ (Running Min) ไม่มีผลต่อการจัดการตารางเวลาเดินรถประจำทางนี้

การทดลองปรับค่าของจำนวนครั้งที่สามารถให้รถประจำทางสามารถวิ่งสลับสายได้ (Insert Max) ทดลองโดยการปรับค่าเป็น 2, 3,

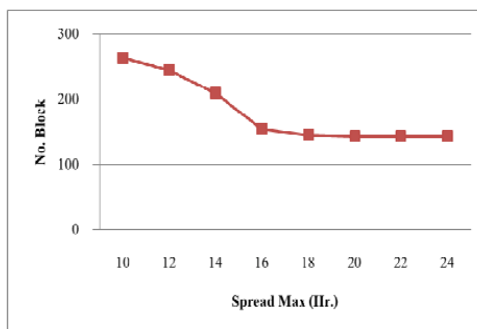
4, ..., 20 กับข้อมูลตารางเวลาเดินรถประจำทางทุกเส้นทางเดินรถรวมกัน โดยการปรับค่าแต่ละครั้งจะต้องนำมาประมวลผลทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) ผลที่ได้จากการปรับค่าในแต่ละครั้ง คือ จำนวนรถโดยสารประจำทางในแต่ละครั้งไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีค่าเท่าเดิม ดังนั้นแสดงว่า การปรับค่าของจำนวนครั้งที่สามารถให้รถประจำทางสามารถวิ่งสลับสายได้ (Insert Max) ไม่มีผลต่อการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางนี้

การทดลองปรับค่าของเวลาในการทำงาน รวมเวลาพัก มากที่สุด (Spread Max) เนื่องจากการจัดตารางเดินรถประจำทางโดยวิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) เป็นวิธีที่ดีที่สุด จึงนำมาใช้ทดสอบในการปรับค่าของ Spread Max ปรับจาก 14, 16, 18, 20, 22, 24 กับข้อมูลตารางเวลาเดินรถประจำทางทุกเส้นทางเดินรถรวมกัน โดยการปรับค่าแต่ละครั้งจะต้องนำมาประมวลผลทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) โดยผลที่ได้จะเป็นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงจำนวนของรถประจำทาง เมื่อมีการปรับค่าของ Spread Max โดยใช้วิธี การแทรกและตัด (Insert and Cut Block) มีหน่วยเป็นคัน

Spread Max (Hr.)	No. Block
10	264
12	245
14	210
16	155
18	146
20	144
22	144
24	144

จากการทดสอบข้อมูลตารางเวลาเดินรถประจำทางทั้งหมดโดยการใช้วิธี Insert and Cut Block ผลลัพธ์ที่ได้ ดังตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า เมื่อมีการปรับข้อมูลของ Spread Max จำนวนของรถประจำทางก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย กล่าวคือ ถ้าค่าของ Spread Max มีค่าน้อยก็จะทำให้จำนวนของรถประจำทางมีค่ามากกว่า Spread Max ที่มีค่ามาก เพื่อให้เข้าใจง่าย จึงนำข้อมูลในตารางที่ 3 มาวาดกราฟได้ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของ Spread Max กับ No. Block จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการปรับค่าของ Spread Max จะทำให้จำนวนของรถมีค่าเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของ

รถที่ใช้กับค่าของ Spread Max คือ เมื่อกำหนด Spread Max = 10, 12, 14, 16, 18 จำนวนของรถยังมีค่าไม่คงที่ คือเมื่อ Spread Max มีค่าน้อยจะส่งผลให้จำนวนรถประจำทางมีค่ามาก และเมื่อเพิ่มค่าของ Spread Max ขึ้นมาเรื่อยๆ จะเห็นได้ว่าจำนวนรถประจำทางมีค่าลดลง จนกระทั่งค่าของ Spread Max มีค่าตั้งแต่ 20, 22, 24 ผลลัพธ์ของจำนวนรถประจำทางที่ได้นั้นมีค่าคงที่

4. สรุปผล

การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางที่นำวิธีการของ TRB, 1998 มาประยุกต์ใช้ ในกรอกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้มีการปรับปรุงให้สามารถใช้ได้กับตารางเวลาเดินรถประจำทางทั่วไป โดยมีการกำหนดข้อจำกัด เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ และได้แบ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้น (Initial Block) และการปรับปรุงการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง (Improvement Blocking)

การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นนั้น เป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลของตารางเวลาเดินรถประจำทางเดิมให้อยู่ในเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะทำให้ตารางเวลาเดินรถประจำทางที่สามารถนำมาเชื่อมต่อกันได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น เพื่อให้ง่ายและเป็นการเตรียมข้อมูลของตารางเวลาขั้นตอนของปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางต่อไป

การปรับปรุงการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง เป็นการนำเข้าข้อมูลของการจัดตารางเดินรถประจำทางเบื้องต้นและกำหนดเงื่อนไขในการปรับปรุงให้ครอบคลุมมากขึ้น การปรับปรุงตารางเวลาเดินรถประจำทางได้แบ่งออกเป็น 3 วิธี ได้แก่ วิธีการแทรก (Insert Block), วิธีการตัด (Cut Block), วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) ซึ่งทั้ง 3 วิธีนี้ มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน ดังนี้

วิธีการแทรก (Insert Block) เป็นวิธีการที่นำตารางเวลาที่อยู่ในเงื่อนไขของเวลาในการพักที่สามารถนำมาเชื่อมต่อกันได้ โดยไม่ต้องคำนึงถึงเวลาในทั้งหมดในการทำงาน เพียงแต่เวลาในการทำงานมากที่สุดต้องไม่เกิน 24 ชั่วโมง วิธีการจัดตารางเวลาวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายในการคำนวณ และสามารถลดจำนวนของรถประจำทาง ได้ 51 % เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางด้วยมือ แต่เพราะไม่มีกรกำหนดเวลาในการทำงานมากที่สุดทำให้ประสิทธิภาพในการใช้รถไม่เต็มที่ควร

วิธีการตัด (Cut Block) เป็นการนำตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นมาตัดค่า เพื่อให้อยู่ในเงื่อนไขของเวลาในการทำงานมากที่สุดค่าที่ได้มาจากการตัดค่า จะเหลือเศษ (Leftover) ของตารางเวลาเดินรถประจำทางเบื้องต้นที่ถูกตัดออก ซึ่งวิธีการในการนำเศษที่ได้จากการตัดมาเชื่อมต่อกัน ข้อดีคือได้ตารางเวลาที่มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธี Insert Block แต่ต้องใช้จำนวนรถมากกว่าวิธี Insert Block เนื่องจากค่าของตารางเวลาที่ตัดออกเป็นเศษ (Leftover) มีมาก ซึ่งตารางเวลาที่เป็นเศษนี้อาจจะไม่สามารถเชื่อมต่อกับตารางเวลาอื่นๆ ได้ จึงทำให้มีจำนวนรถมากกว่า เมื่อนำวิธีการตัดมาเปรียบเทียบกับกรการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางด้วยมือการใช้วิธีการตัดสามารถลดจำนวนของรถได้ 42 %

วิธีการแทรกและตัด (Insert and Cut Block) เป็นการรวมวิธีการวิธีการแทรก (Insert Block) และวิธีการตัด (Cut Block) ในการหาค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทาง โดยนำจุดเด่นของวิธีการทั้งสองมารวมกันเพื่อให้ค่าของตารางเวลาเดินรถประจำทาง ที่ได้ครอบคลุมและมี

ประสิทธิภาพมากขึ้น วิธีการแทรกและตัดเป็นวิธีที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับทั้ง 3 วิธี คือเมื่อเปรียบเทียบวิธีการแทรกและตัดกับวิธีการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางด้วยมือ จะสามารถลดจำนวนรถประจำทางเท่ากับ 58% ซึ่งวิธีการนี้นอกจากจะสามารถลดจำนวนของรถประจำทางแล้ว ยังสามารถกำหนดเวลาในการทำงานมากที่สุดของรถประจำทางได้อีกด้วย

เมื่ออนุญาตให้สามารถเดินรถประจำทางสามารถสลับสายได้ พบว่าทำให้การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางมีประสิทธิภาพมากขึ้น เมื่อนำทั้ง 3 วิธีมาเปรียบเทียบกับวิธีการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางด้วยมือ ได้ผลลัพธ์ ดังนี้ วิธีการแทรกสามารถลดจำนวนรถได้ 66% วิธีการตัดสามารถลดจำนวนรถได้ 55% และวิธีการแทรกและตัดสามารถลดจำนวนรถได้ 67% จะเห็นได้ว่าเมื่ออนุญาตให้รถประจำทางสามารถวิ่งสลับสายได้นั้น ช่วยให้จำนวนรถที่ใช้งานมีจำนวนน้อยลง

5. ข้อเสนอแนะ

การจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางโดยการนำเอาวิธีการของ TRB, 1998 มาประยุกต์ใช้ในกรณีวิเคราะห์ข้อมูล โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเอาขั้นตอนของการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทาง(Blocking) ซึ่งเป็นเพียงส่วนหนึ่งของ TRB, 1998 จาก 5 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดเส้นทางและความถี่ในการให้บริการ (Service Policies and Schedule Development), การกำหนดตารางเวลาการเดินทาง (Trip Generation), การจัดตารางเวลาการเดินทางของพนักงานเดินรถประจำทาง(Runcutting), การจัดกลุ่มงานของพนักงานเดินรถประจำทาง(Rostering) ซึ่งถ้าต้องการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อาจจะต้องนำขั้นตอนการจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทางควบคู่กันไปด้วย เพื่อเป็นการรวมขั้นตอนในการพิจารณาเป็นขั้นตอนเดียว แต่การพิจารณาปัจจัยที่มีคนเข้ามาเกี่ยวข้องเป็นขั้นตอนที่ยังยากซับซ้อนมาก อาจทำให้การกำหนดตัวแปรคงที่ทำได้ยาก อาจจะต้องพิจารณาวิธีคิดแบบอื่นๆที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้กับการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางและตารางเวลาการทำงานของพนักงานเดินรถประจำทาง ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถแสดงให้เห็นหลักการประยุกต์ใช้วิธีการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางของ TRB, 1998 คือเมื่อนำมาเขียนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถนำข้อมูลจำนวนมากมาวิเคราะห์ โดยใช้ระยะเวลาสั้นกว่าการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางด้วยมือ และข้อจำกัดต่างๆสามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับเส้นทางเดินรถประจำทางอื่นๆได้ เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถนำไปวิเคราะห์กับการจัดตารางเวลาเดินรถประจำทางสายอื่นๆต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Transport Research Board. (1998). Transit Scheduling: Basic and Advanced Manuals, Washington, D.C. National Academy Press.
- [2] TG Dias, JP de Sousa and JF Cunha. (2009). Genetic Algorithms for Bus Driver Scheduling Problem: Case study, The Journal of the Operational Research Society, Vol.53, No. 3, Part Special Issue: Performance Management, pp. 324-335
- [3] Mauro Dell'Amico, Matteo Fischetti, Paolo Toth. (2009). Heuristic Algorithms for the Multiple Depot Vehicles

- Scheduling Problem, Management Science, Vol. 39, No. 1, pp. 115-125
- [4] Babara M., Smith and Anthony Wren. (1988). A Bus Crew Scheduling System Using A Set Covering Formulation, Transportation Research Part A, Vol. 22A, No. 2, pp.97-198.
- [5] Dennis Huisman, Richard Freling and Albert P.M. Wagelmans. (2004). A Robust Solution Approach to the Dynamic Vehicle Scheduling Problem, Transportation Science, Vol. 38, No. 4, pp. 447-458
- [6] Jingping Li and Raymond S.K. Kwan. (2003). A Fuzzy Genetic Algorithm for Driver Scheduling, European Journal of Operational Research 147, 334-344
- [7] Liping Zhao. (2006). A Heuristics Method for Analyzing Driver scheduling Problem, IEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics Part A: System and Humans, Vol. 36, No.3, 521-531
- [8] Kreingsak Wanichakompong and Nakorn Inpayoong. (2007). Multi-repot with Line Change Operation: Bus Scheduling in the Bangkok City, Research Report 2007.11
- [9] A.P.R. van den Heuvel, J.M. van den Akker and M.E. van Kooten Niekerk. (2008). Integrating Timetabling and Vehicle Scheduling in Public Bus Transportation, Basic Research in Informatics for Creating the Knowledge Society, BSJK grant 03018. Andreas Lobel. (1998). Vehicle Scheduling in Public Transit and Lagrangean Pricing, Management Science, Vol. 44, No. 12, Part 1 of 2, pp. 1637-1649
- [11] Richard Freling, Dennis Huisman and Albert P.M. Wagelmans. (2003). Models and Algorithms for Integration of Vehicle and Crew Scheduling, Journal of Scheduling 6: 63-85
- [12] Dennis Huisman, Richard Freling and Albert P.M. Wagelmans. (2003). Multiple-Depot Integrated Vehicle and Crew Scheduling, Transportation Science, Vol.39, No. 4, pp. 491-502

ประวัติผู้เขียน

ว่าที่ร้อยตรีหญิง ธนิสรา บุตรสิงขรณ์ เกิดวันพฤหัสบดีที่ 21 มีนาคม พ.ศ. 2528 ที่อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม จบการศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนอุเทนวิทยาคาร สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจากโรงเรียนอุเทนพัฒนา อำเภอท่าอุเทน จังหวัดนครพนม จากนั้นปี 2547 เริ่มเข้าศึกษาในระดับปริญญาตรีสาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ขณะที่ทำการศึกษาในระดับปริญญาตรีในภาคการเรียนสุดท้ายได้ร่วมสหกิจศึกษากับบริษัทซีเอสต้าเอ็มวีเอ ประเทศไทย จำกัด สำนักงานพญาไท กรุงเทพฯ เป็นระยะเวลา 4 เดือน หลังจากสำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีในปี 2550 ได้ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง ณ สถาบันเค็ม พร้อมกับทำงานPart-Time เป็นวิศวกรที่ปรึกษาด้านขนส่งของบริษัทซีเอสต้า เอ็มวีเอ ประเทศไทย จำกัด เป็นระยะเวลา 2 ปี ปัจจุบัน เป็นวิศวกรขนส่ง ฝ่ายรถเทอร์เลอร์ บริษัทกรุงเทพชลกิจ จำกัด ประจำที่สำนักงานอมตะนคร จังหวัดชลบุรี

ผลงานวิจัย ได้ส่งบทความในงานการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18 ที่เชียงใหม่ เรื่องวิธีฮิวริสติกสำหรับการจัดตารางเดินรถประจำทาง(A Heuristic Methods for Bus Scheduling)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี