



## การพัฒนาแบบจำลอง

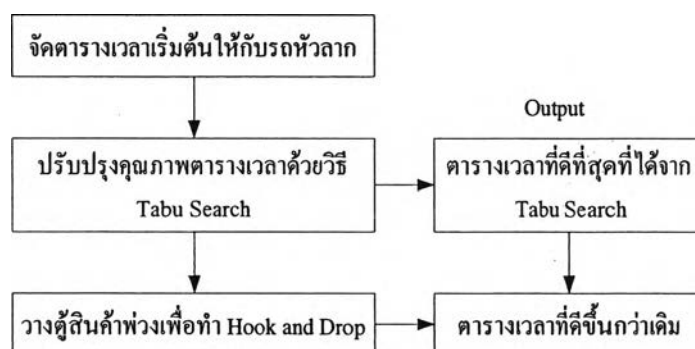
กระบวนการในการพัฒนาแบบจำลอง เริ่มจากขั้นตอนการออกแบบกระบวนการความคิด การจัดการเวลาเดินรถ ซึ่งเป็นวิธีการคิดที่มีหลักการและเป็นระบบระเบียบ โดยนำหลักการและ ทฤษฎีที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้ รวมทั้งการนำปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการจัดการเวลาเดินรถมา พิจารณาร่วมกัน เพื่อให้สอดคล้องและเหมาะสมกับปัญหาจริงมากที่สุด จากนั้นจึงนำแบบจำลอง ดังกล่าว มาพัฒนาเป็น โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจในการปฏิบัติงานจริง ในการนำเสนอเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงแนวความคิดและกระบวนการของแบบจำลอง จากนั้น จะกล่าวถึงการพัฒนาแบบจำลองในรูปแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์

### 4.1 แนวความคิดและกระบวนการของแบบจำลอง

จากการศึกษาปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาพบว่า วิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการจัด ตารางเวลาคือ วิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถหาคำตอบที่ใกล้เคียงกับ คำที่ดีที่สุดในภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดต่าง ๆ และสามารถยอมรับได้ภายใต้เวลาการคำนวณที่ จำกัด ต่างจากวิธีการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization) ที่มีความยุ่งยากซับซ้อน และใช้เวลาในการ คำนวณค่อนข้างมาก ไม่เหมาะกับงานจัดการเวลาที่มีรายละเอียดและข้อจำกัดของปัญหาจำนวนมาก อีกทั้งยังเป็นงานที่ต้องกระทำทุกวัน งานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้วิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics) ที่เรียกว่าวิธีการค้นหาแบบข้อห้าม (Tabu Search) ในการพัฒนาแบบจำลอง เนื่องจาก เป็นวิธีที่สามารถกำหนดเงื่อนไขการหยุดคำนวณที่สามารถยอมรับได้ และยังสามารถหลีกเลี่ยง การกลับมาพิจารณาค่าที่ดีที่สุดในพื้นที่ (Local Optima) ได้อีกด้วย

กระบวนการของแบบจำลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) การจัดการเวลาเริ่มต้น ให้กับรถหัวลากภายใต้ข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามวิ่งและเวลาเปิดปิดโรงงาน 2) การปรับปรุงคุณภาพ ตารางเพื่อให้ได้ตารางที่ดีที่สุดด้วยวิธีการค้นหาแบบข้อห้าม (Tabu Search) และ 3) การพิจารณา การจัดวางตู้สินค้าพ่วง (Trailer) ในการจัดการแบบเกี่ยวและถอด (Hook and Drop) เพื่อปรับปรุง คุณภาพตารางครั้งสุดท้าย โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือ การจัดการเวลาเดินรถหัวลากให้มี

จำนวนงานค้างส่งน้อยที่สุด และการจัดวางตู้สินค้าพ่วงให้เกิดประโยชน์คุ้มค่าที่สุด กระบวนการโดยรวมของแบบจำลองแสดงไว้ในรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 กระบวนการโดยรวมของแบบจำลอง

#### 4.1.1 การจัดตารางเวลาเริ่มต้นให้กับรถหัวลาก

การจัดตารางเวลาเริ่มต้นให้กับรถหัวลาก เป็นการมอบหมายงานทั้งหมดที่ต้องทำในวันนั้นให้กับรถหัวลากที่มีอยู่ ซึ่งรถหัวลากในที่นี้ หมายถึงรถเทรลเลอร์ที่ประกอบด้วยส่วนที่เป็นรถหัวลาก (Tractor) ขนาด 10 ล้อ และหางลาก (Trailer) ที่เป็นตู้สินค้าพ่วงแบบเปิดด้านข้าง (Curtain-Side Container) ซึ่งพ่วงติดกับรถหัวลาก ภายใต้อินฟอร์เมชันที่จำเป็น ได้แก่ ข้อมูลโรงงาน ข้อมูลคลังสินค้า เวลาที่ใช้ในการเดินทาง จำนวนงานที่ต้องทำในวันนั้น จำนวนรถหัวลากที่สามารถปฏิบัติงานได้ แบบจำลองจะมอบหมายงานทุกงานที่ต้องทำให้กับรถทุกคันที่สามารถปฏิบัติงานได้ การจัดตารางเริ่มต้นนั้นจะมอบหมายงานที่ใช้เวลาในการเดินทางมากที่สุดให้กับรถคันแรกก่อนและมอบหมายงานต่อ ๆ ไปเรียงตามระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากมากไปน้อยให้กับรถคันอื่นจนครบจำนวนรถที่มีอยู่ จากนั้นจึงมอบหมายงานที่สองให้กับรถคันที่หนึ่งอีกครั้ง จนกระทั่งมอบหมายงานครบทุกงาน ตารางที่ 4-1 แสดงตัวอย่างการมอบหมายงานให้กับรถหัวลากซึ่งเป็นการจัดตารางเวลาเริ่มต้น โดยที่ A, B, C แทนโรงงาน 1, 2 แทนคลังสินค้า และ  $V_n(N)$  แทนรถหัวลากคันที่  $n$  (งานที่  $N$  ของรถคันนั้น) และสมมติว่ามีรถที่ปฏิบัติงานได้จำนวน 3 คัน

ตารางที่ 4-1 ตัวอย่างการมอบหมายงานเพื่อจัดตารางเริ่มต้น

| งาน     | กิจกรรมที่ต้องทำ | เวลาเดินทาง | เที่ยวที่ 1 | เที่ยวที่ 2 |
|---------|------------------|-------------|-------------|-------------|
| A --> 1 | 2                | 40          | V1(2)       | V3(3)       |
| A --> 2 | 1                | 60          | V3(1)       | -----       |
| B --> 1 | 2                | 120         | V1(1)       | V1(3)       |
| B --> 2 | 2                | 100         | V2(1)       | V2(3)       |
| C --> 1 | 1                | 30          | V3(2)       | -----       |
| C --> 2 | 2                | 40          | V2(2)       | V1(4)       |

เมื่อทำการมอบหมายงานให้กับรถหัวลากครบทุกงานดังแสดงในตารางที่ 4-1 แล้ว ก็จะสามารถทราบได้ว่า รถแต่ละคันต้องปฏิบัติงานใดบ้างในวันนั้น ดังแสดงในตัวอย่างที่ 4-2 ซึ่งเป็นการแสดงข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 4-1 ในอีกรูปแบบหนึ่ง ในการทำงานของแต่ละคันจะกำหนดว่า รถทุกคันต้องออกเดินทางจากลานจอดรถของบริษัท (Yard) และต้องกลับมาที่ลานจอดนี้ทุกครั้งหลังจากเสร็จงานในแต่ละวัน

ตารางที่ 4-2 ตัวอย่างลำดับงานที่รถแต่ละคันต้องปฏิบัติ

| งานที่<br>รถคันที่ | 1       | 2       | 3       | 4       |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|
| V1                 | B --> 1 | A --> 1 | B --> 1 | C --> 2 |
| V2                 | B --> 2 | C --> 2 | B --> 2 |         |
| V3                 | A --> 2 | C --> 1 | A --> 1 |         |

หลังจากทราบว่ารถแต่ละคันต้องทำงานใดบ้างแล้ว จึงทำการจัดตารางเวลาตามงานที่มอบหมายให้กับรถแต่ละคัน โดยนำข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานแต่ละแห่งไปยังคลังสินค้า เวลาในการขึ้น-ลงสินค้า รวมถึงการพิจารณาข้อจำกัดต่าง ๆ ได้แก่ ช่วงเวลาห้ามรถบรรทุกวิ่งในเมือง และเวลาปิดโรงงาน เมื่อทำการจัดตารางเวลาพร้อมทั้งพิจารณาข้อจำกัดเรียบร้อยแล้ว ก็จะทำให้ทราบถึงสถานะของรถแต่ละคัน ว่าในแต่ละช่วงเวลา รถแต่ละคันกำลังทำงานใดอยู่บ้าง นอกจากนี้ก็จะทราบได้ว่า ที่สถานที่แต่ละแห่ง จะมีรถคันใดเข้ามาหรือออกไปบ้างในทุก ๆ ช่วงเวลาของวันนั้น

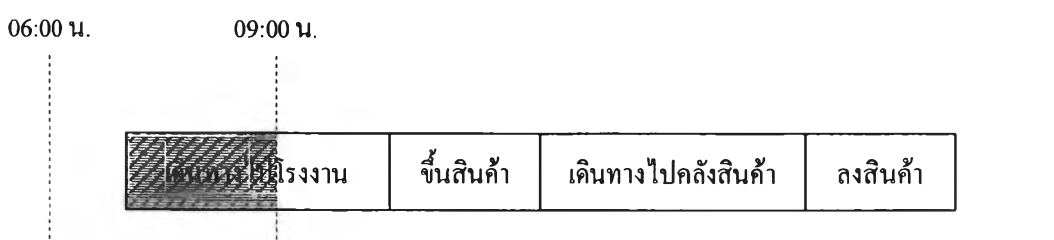
#### 4.1.1.1 การพิจารณาข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามรถบรรทุกเข้าเมือง

ในการพิจารณาข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามรถบรรทุกเข้าเมือง ซึ่งเป็นการกำหนดเขตพื้นที่และช่วงเวลาห้ามรถบรรทุกเข้าเมือง จะพิจารณาไปพร้อม ๆ กับการจัดตารางเวลาให้กับรถหัวลาก โดยจะแบ่งการพิจารณาตามกิจกรรมการขนส่ง คือ กิจกรรมการเดินทางไปโรงงาน กิจกรรมการขนสินค้าขึ้นที่โรงงาน กิจกรรมการเดินทางไปคลังสินค้า และกิจกรรมการขนสินค้าลงที่คลังสินค้า ในขณะที่จัดตารางเวลาให้กับรถแต่ละคัน ก็ทำการตรวจสอบว่ามีกิจกรรมใดบ้างที่ตกอยู่ในข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามรถบรรทุกเข้าเมือง จากนั้นจึงทำการปรับแก้ตารางเวลาเดินรถเพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขของข้อจำกัด โดยเลื่อนเวลาของกิจกรรมนั้นให้พ้นช่วงเวลาดังกล่าว การติดข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถสามารถแบ่งออกตามกิจกรรมได้ 8 กรณีดังนี้

|                 |            |                     |          |
|-----------------|------------|---------------------|----------|
| เดินทางไปโรงงาน | ขึ้นสินค้า | เดินทางไปคลังสินค้า | ลงสินค้า |
|-----------------|------------|---------------------|----------|

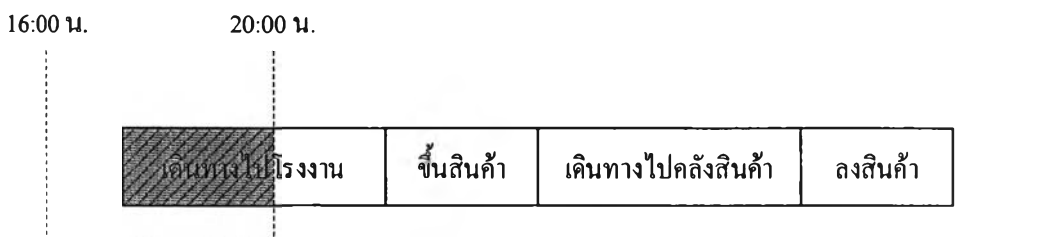
รูปที่ 4-2 กิจกรรมหลักที่ใช้พิจารณาข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามรถบรรทุกเข้าเมือง

กรณีที่ 1 ขอบเขตล่างของกิจกรรมการเดินทางไปโรงงานตกในช่วงเวลาห้ามรถบรรทุกเข้าเมืองช่วงเช้า



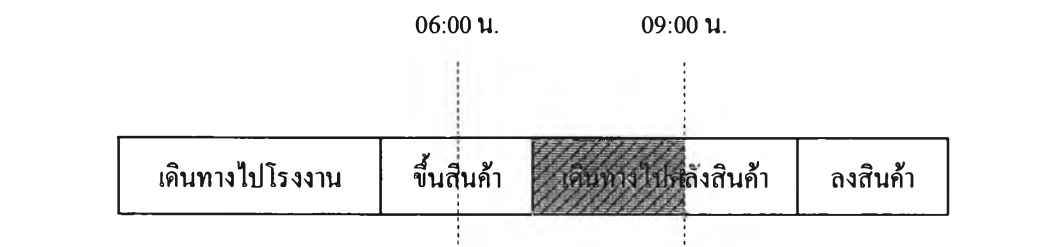
รูปที่ 4-3 การละเมิดข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถกรณีที่ 1

กรณีที่ 2 ขอบเขตล่างของกิจกรรมการเดินทางไปโรงงานตกในช่วงเวลาห้าม  
รถบรรทุกเข้าเมืองช่วงเย็น



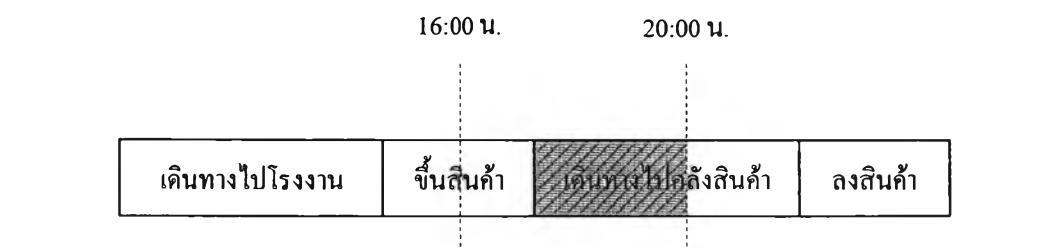
รูปที่ 4-4 การละเมิดข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถกรณีที่ 2

กรณีที่ 3 ขอบเขตล่างของกิจกรรมการเดินทางไปคลังสินค้าตกในช่วงเวลาห้าม  
รถบรรทุกเข้าเมืองช่วงเช้า



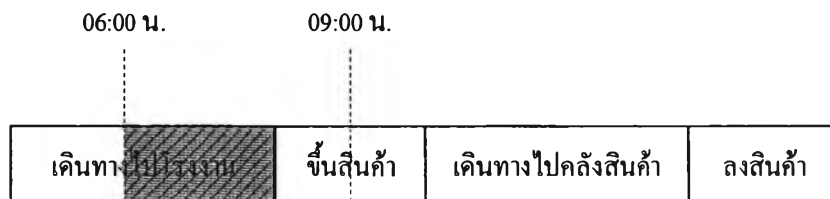
รูปที่ 4-5 การละเมิดข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถกรณีที่ 3

กรณีที่ 4 ขอบเขตล่างของกิจกรรมการเดินทางไปคลังสินค้าตกในช่วงเวลาห้าม  
รถบรรทุกเข้าเมืองช่วงเย็น



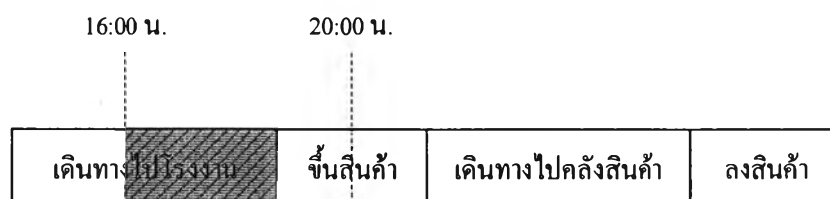
รูปที่ 4-6 การละเมิดข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถกรณีที่ 4

กรณีที่ 5 ขอบเขตบนของกิจกรรมการเดินทางไปโรงงานตกในช่วงเวลาห้าม  
รถบรรทุกเข้าเมืองช่วงเช้า



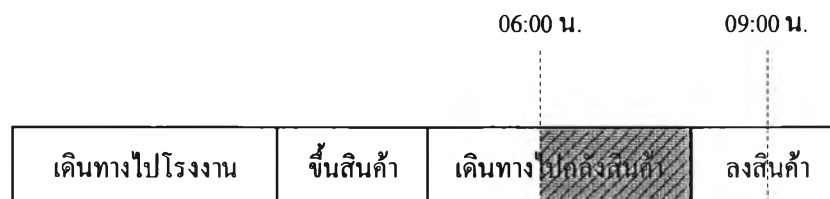
รูปที่ 4-7 การละเมิดข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถกรณีที่ 5

กรณีที่ 6 ขอบเขตบนของกิจกรรมการเดินทางไปโรงงานตกในช่วงเวลาห้าม  
รถบรรทุกเข้าเมืองช่วงเย็น



รูปที่ 4-8 การละเมิดข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถกรณีที่ 6

กรณีที่ 7 ขอบเขตบนของกิจกรรมการเดินทางไปคลังสินค้าตกในช่วงเวลาห้าม  
รถบรรทุกเข้าเมืองช่วงเช้า



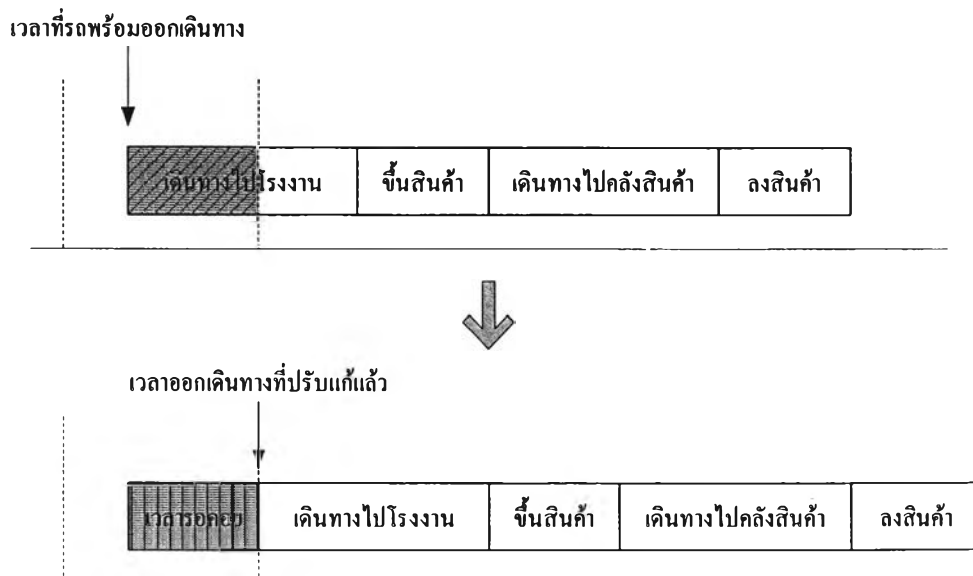
รูปที่ 4-9 การละเมิดข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถกรณีที่ 7

กรณีที่ 8 ขอบเขตบนของกิจกรรมการเดินทางไปคลังสินค้าตกในช่วงเวลาห้ามรถบรรทุกเข้าเมืองช่วงเย็น

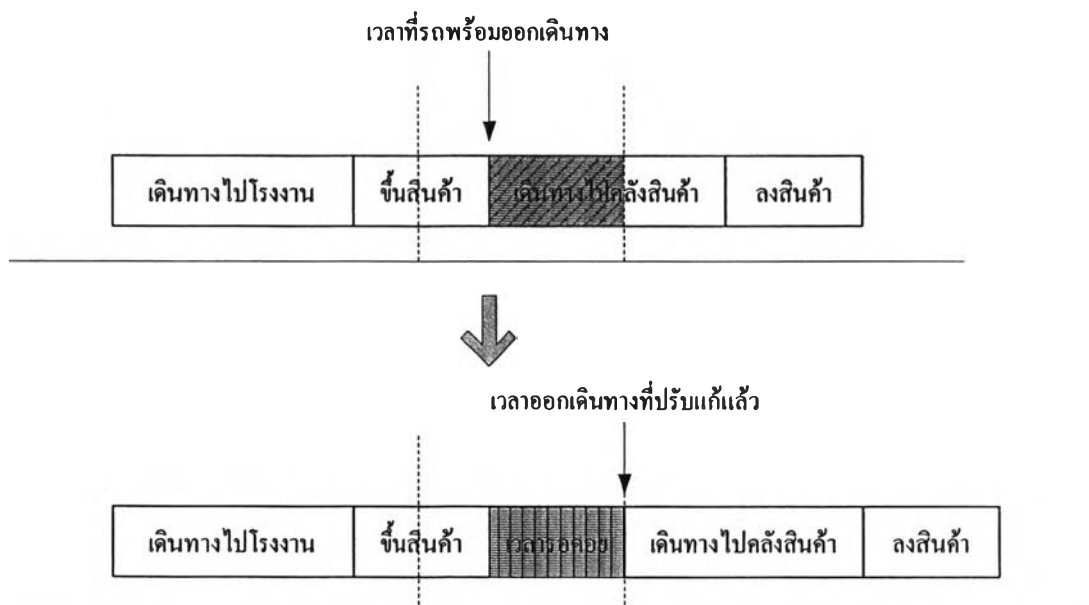


รูปที่ 4-10 การละเมิดข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถกรณีที่ 8

การปรับแก้ข้อจำกัดดังกล่าวข้างต้น จะใช้หลักการเลื่อนเวลาของกิจกรรมที่ตกอยู่ในช่วงเวลาห้ามเดินรถ โดยเลื่อนทุก ๆ กิจกรรมไปจนกระทั่งพ้นขอบเขตเวลาห้ามเดินรถ แล้วจึงทำการจัดตารางเวลาเดินรถของกิจกรรมในส่วนที่เหลือใหม่อีกครั้ง การละเมิดข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถในกรณีที่ 1 ถึงกรณีที่ 4 สามารถปรับแก้ได้โดยการเลื่อนเวลาในส่วนที่ตกอยู่ในช่วงเวลาห้ามเดินรถบรรทุกออกไป ช่วงเวลาที่ถูกขยายออกให้ถือเป็นเวลารอคอยที่เกิดจากข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถ การปรับแก้ข้อจำกัดสามารถแสดงในรูปที่ 4-11 และ 4-12



รูปที่ 4-11 การปรับแก้การละเมิดข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถ กรณีที่ 1 และกรณีที่ 2

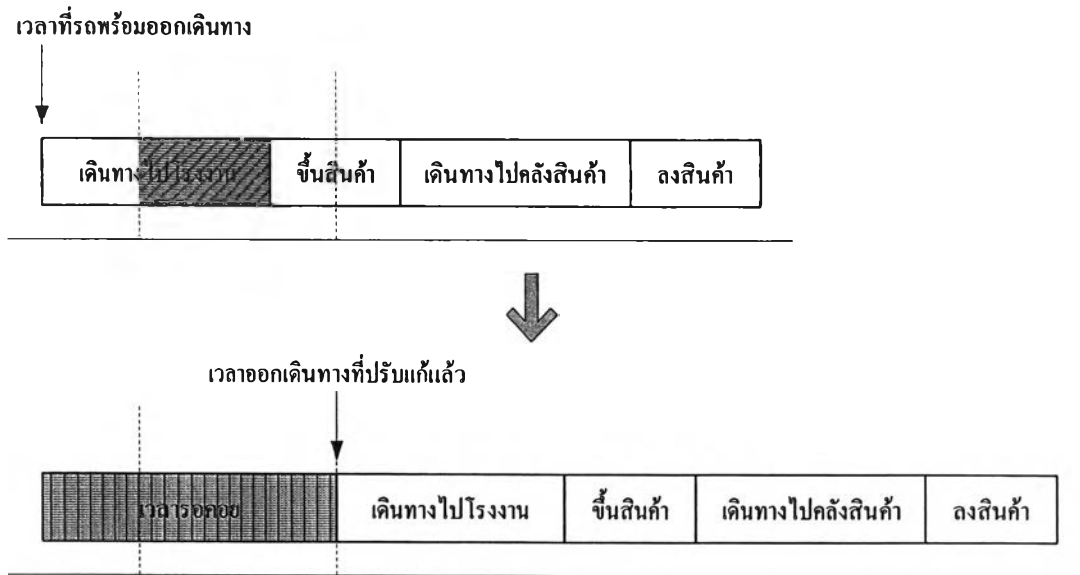


รูปที่ 4-12 การปรับแก้การละเมิดข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถ กรณีที่ 3 และกรณีที่ 4

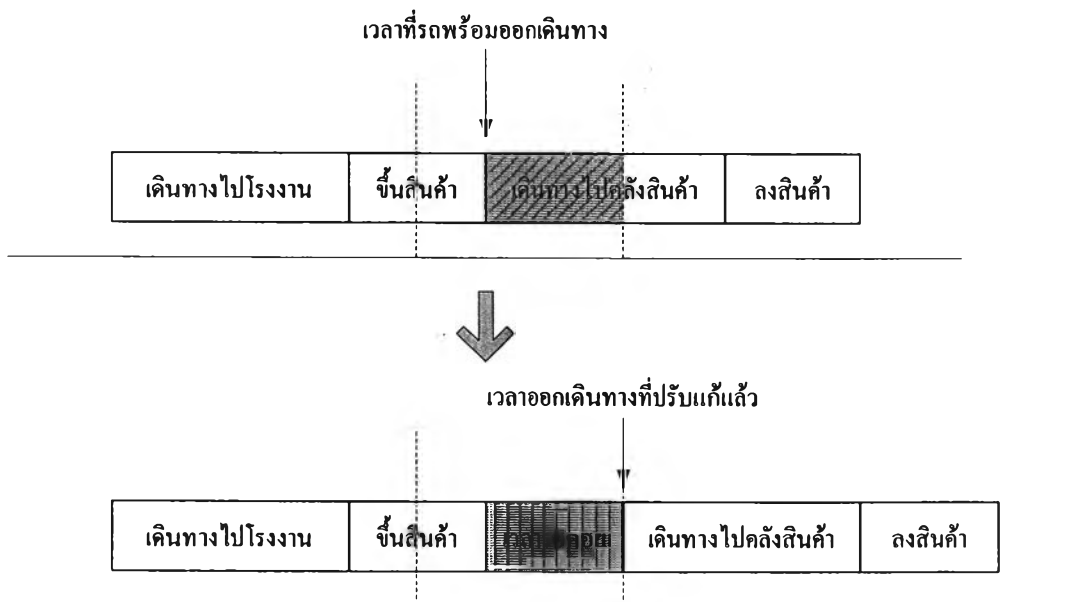
ในส่วนการละเมิดข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถกรณีที่ 5 ถึงกรณีที่ 8 นั้น ขอบเขตบนของกิจกรรมการเดินทางตกอยู่ในช่วงกรอบเวลาห้ามรถบรรทุกเข้าเมือง ในการปรับแก้การละเมิดข้อจำกัด จำเป็นจะต้องเลื่อนเวลาในส่วนที่ตกอยู่ในช่วงเวลาห้ามเดินรถบรรทุกออกไปจน กระทั่งพ้นช่วงกรอบเวลาดังกล่าวจึงจะสามารถทำงานต่อได้ ดังนั้น ช่วงเวลาที่ถูกละเมิดให้ถือเป็นเวลารอคอยที่เกิดจากข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถเช่นเดียวกับกรณีที่ 1 ถึงกรณีที่ 4 การปรับแก้การละเมิดข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถแสดงในรูปที่ 4-13 และ 4-14

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามรถบรรทุกเข้าเมืองและทำการปรับแก้ทุกกรณีแล้ว จะต้องพิจารณาถึงข้อจำกัดเวลาปิด โรงงานและคลังสินค้า ซึ่งเป็นช่วงเวลาทำการของแต่ละแห่ง และใช้เป็นกรอบเวลาที่รถบรรทุกจะสามารถเข้าไปเพื่อขึ้นหรือลงสินค้าได้ ในการปรับแก้การละเมิดข้อจำกัดเวลาปิดโรงงานและคลังสินค้าจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป





รูปที่ 4-13 การปรับแก้การละเมิดข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถ กรณีที่ 5 และกรณีที่ 6



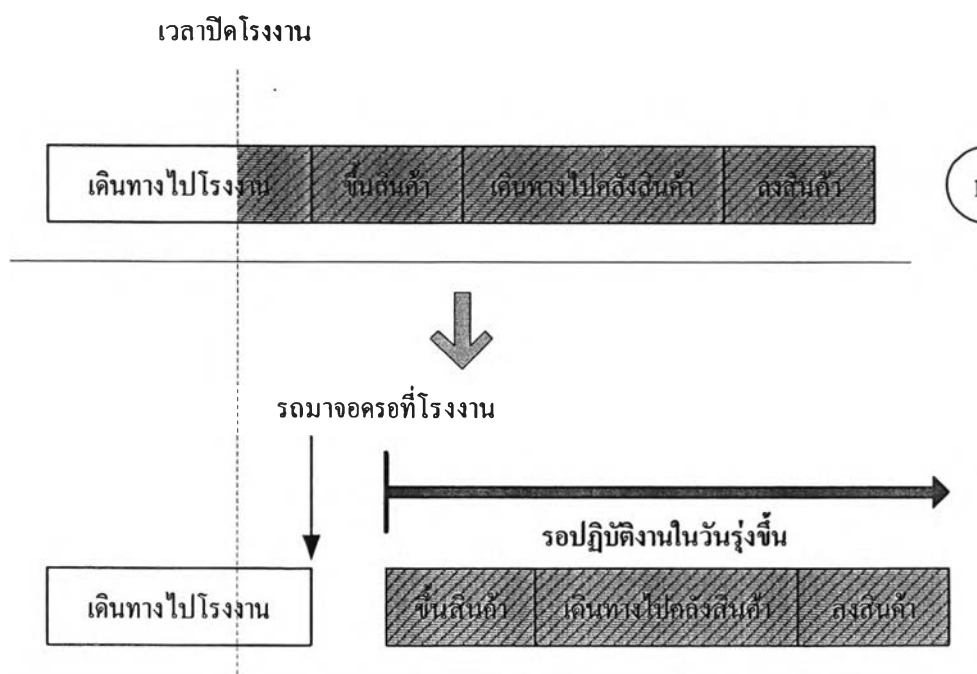
รูปที่ 4-14 การปรับแก้การละเมิดข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถ กรณีที่ 7 และกรณีที่ 8

#### 4.1.1.2 การพิจารณาข้อจำกัดเวลาเปิดโรงงานและคลังสินค้า

เมื่อทำการจัดการตารางเวลาเดินรถหัวลากโดยพิจารณาข้อจำกัดช่วงเวลาห้ามเดินรถแล้ว จะทำให้ตารางเวลาดำเนินงานของรถแต่ละคันถูกเลื่อนออก ส่งผลให้เวลาเสร็จงานล่าช้าออกไป ดังนั้น จึงต้องพิจารณาข้อจำกัดในเรื่องเวลาทำการของแต่ละแห่งทั้งที่โรงงานและคลังสินค้า เพื่อตรวจสอบว่างานที่ยังรอการปฏิบัติงานในวันนั้นยังสามารถดำเนินการต่อไปได้หรือไม่ หากกิจกรรมของงานใดตกอยู่นอกกรอบเวลาทำการของโรงงานหรือคลังสินค้า ก็จะกำหนดให้งานนั้นเป็นงานค้างส่ง และจะต้องรอปฏิบัติงานในวันถัดไป รูปแบบของงานค้างส่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

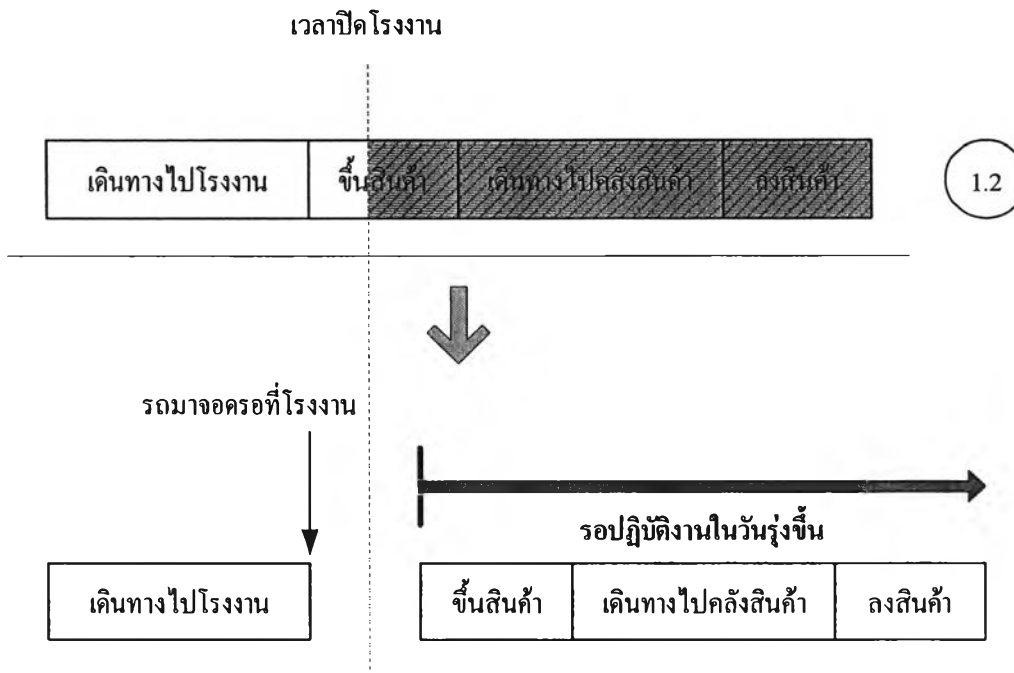
##### 1) งานที่รถต้องไปค้างอยู่ที่โรงงาน เนื่องจาก

- 1.1) กิจกรรมการเดินทางไปโรงงานเลยเวลาเปิดทำการของโรงงานนั้น ทำให้รถต้องเดินทางไปจอดคอยที่โรงงานนั้นเพื่อรอปฏิบัติกิจกรรมที่เหลือต่อในวันรุ่งขึ้น



รูปที่ 4-15 งานค้างส่งเนื่องจากกิจกรรมการเดินทางไปโรงงานเลยเวลาเปิดโรงงาน

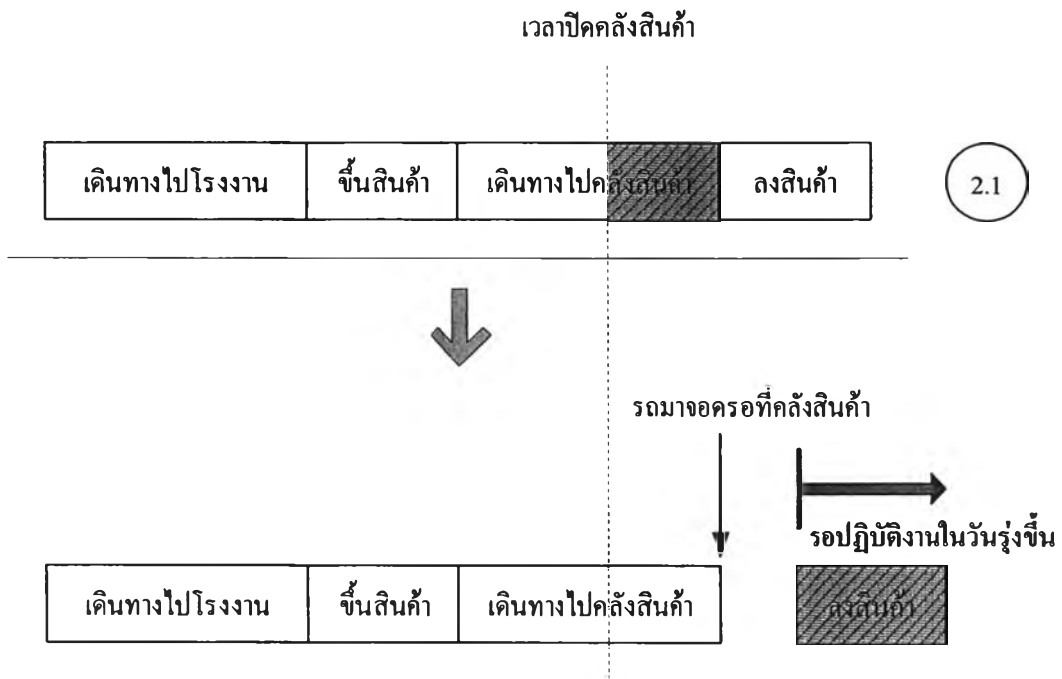
1.2) กิจกรรมการขนสินค้าขึ้นที่โรงงานเลยเวลาปิดทำการของโรงงาน  
นั้นทำให้ไม่สามารถขนสินค้าขึ้นรถได้ทันในวันนั้น



รูปที่ 4-16 งานค้างส่งเนื่องจากกิจกรรมการขึ้นสินค้าเลยเวลาปิดโรงงาน

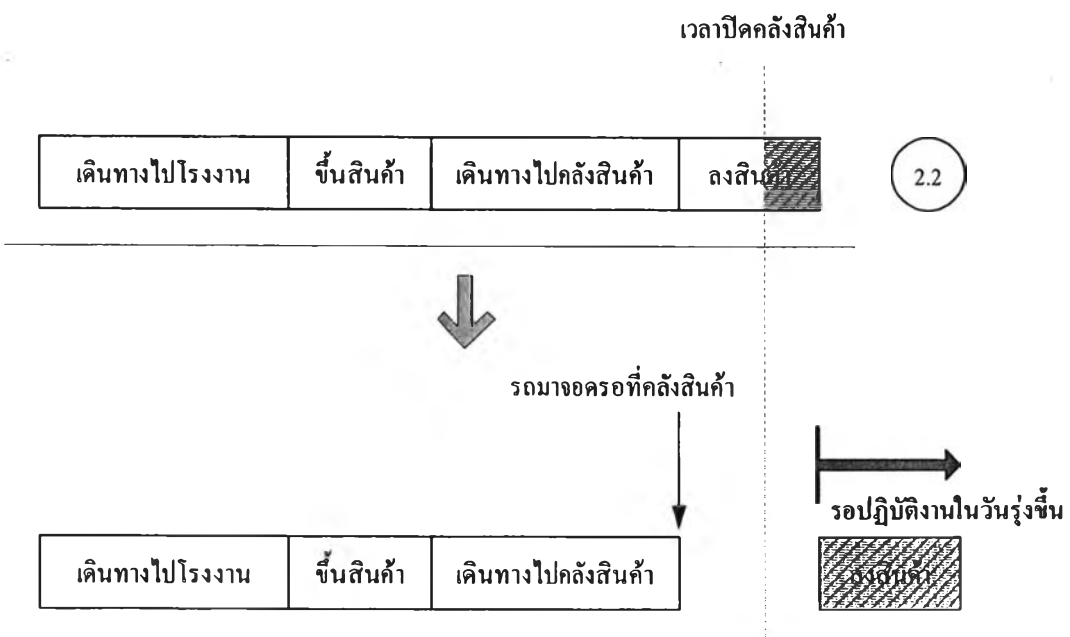
2) งานที่รถต้องไปค้างที่คลังสินค้า เนื่องจาก

2.1) กิจกรรมการเดินทางไปคลังสินค้าเลยเวลาปิดทำการของคลังสินค้านั้น ทำให้รถต้องเดินทางไปจอดคอยที่คลังสินค้านั้นเพื่อรอปฏิบัติงานต่อในวันรุ่งขึ้น



รูปที่ 4-17 งานค้างส่งเนื่องจากกิจกรรมการเดินทางไปคลังสินค้าเลยเวลาปิดคลังสินค้า

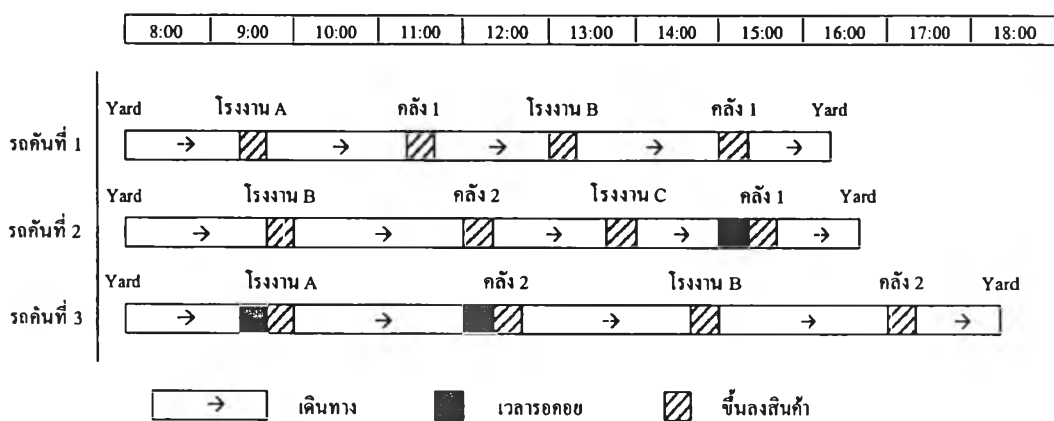
- 2.2) กิจกรรมการขนสินค้าลงที่คลังสินค้าเลยเวลาปิดทำการของคลังสินค้านั้น ทำให้ไม่สามารถขนสินค้าลงได้ทันในวันนั้น



รูปที่ 4-18 งานค้างส่งเนื่องจากกิจกรรมการลงสินค้าเลยเวลาปิดคลังสินค้า

### 4.1.1.3 การพิจารณาเวลารอคอยการขึ้นและลงสินค้า

ในส่วนของกิจกรรมขึ้นสินค้าที่โรงงานและลงสินค้าที่คลังสินค้า จะกำหนดให้ทำกิจกรรมได้ครั้งละหนึ่งคัน หากเกิดกรณีที่มียอดเข้ามาพร้อม ๆ กัน หรือในเวลาใกล้เคียงกัน ทำให้รถที่เข้ามาที่หลังต้องเสียเวลารอคอยที่เข้ามาก่อนทำการขึ้นหรือลงสินค้าให้เสร็จก่อน ดังนั้น ในการจัดตารางเวลาจะต้องพิจารณาถึงเวลาที่รถแต่ละคันมาถึง โรงงานหรือคลังสินค้าว่ามีการรอคอยเกิดขึ้นหรือไม่ และจะต้องทำการเลื่อนเวลาของรถคันที่เกิดการรอคอยออกไป



รูปที่ 4-19 ตัวอย่างการจัดตารางเวลาในกรณีที่เกิดเวลารอคอยการขึ้นลงสินค้า

### 4.1.1.4 การประเมินค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของตารางเวลา

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นค่าที่ใช้ในการประเมินคุณภาพตารางเวลา เพื่อเป็นตัวชี้วัดว่าตารางแต่ละแบบที่จัดได้นั้นดีมาน้อยเพียงใด และเพื่อสามารถเปรียบเทียบคุณภาพตารางในกลุ่มตารางข้างเคียงที่ได้จากการสับเปลี่ยนในกระบวนการปรับปรุงและค้นหาตารางที่ดีที่สุด ดังนั้น เมื่อทำการจัดตารางเวลาเริ่มต้นและปรับแก้ข้อจำกัดต่าง ๆ อย่างครบถ้วนแล้ว จะต้องประเมินคุณภาพตารางเวลาที่ได้เพื่อเก็บเป็นค่าเริ่มต้นเพื่อเข้าสู่กระบวนการปรับปรุงคุณภาพตารางซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

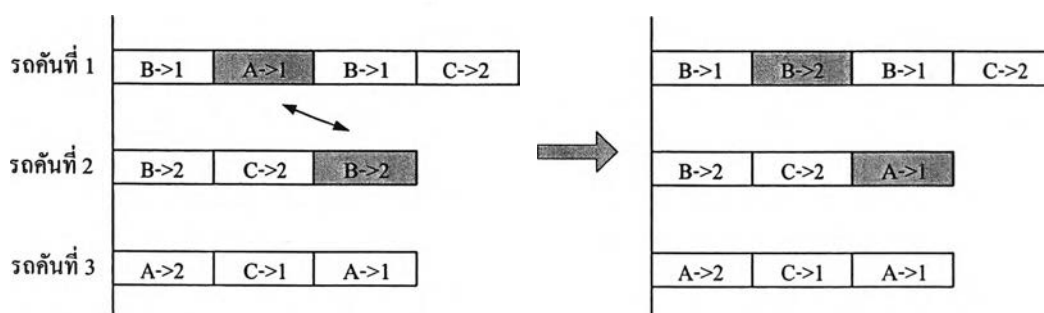
ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพตารางในการวิจัยนี้ คือ จำนวนงานค้างส่ง และเวลารอคอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด ตารางเวลาในแต่ละแบบ จะทำการประเมินว่า ตารางที่ได้นั้น มีงานค้างส่งเป็นจำนวนเท่าใด โดย

ตารางเวลาที่ดียิ่งที่สุดจะมีจำนวนงานค้างส่งน้อยที่สุด ในกรณีที่ตารางที่ดียิ่งที่สุดมีจำนวนงานค้างส่งเท่ากัน ก็จะพิจารณาเวลารอคอยรวม ตารางที่มีเวลารอคอยน้อยกว่าจะเป็นตารางที่ดีกว่า เวลารอคอยรวมทั้งหมดประกอบด้วย 2 กรณี คือ 1) เวลารอคอยที่เกิดขึ้นในกรณีที่รถเข้าไปถึง โรงงานหรือคลังสินค้าในเวลาเดียวกัน และ 2) เวลารอคอยที่เกิดขึ้นในกรณีที่รถติดช่วงเวลาห้ามรถบรรทุกเข้าเขตเมือง ดังรายละเอียดที่ได้กล่าวมาแล้ว

#### 4.1.2 การปรับปรุงคุณภาพของตารางด้วยวิธีการค้นหาแบบข้อห้าม (Tabu Search)

กระบวนการปรับปรุงคุณภาพตารางเพื่อค้นหาตารางที่ดียิ่งที่สุดด้วยวิธีการค้นหาแบบข้อห้าม (Tabu Search) หลังจากการจัดตารางเริ่มต้นแล้ว มีดังนี้

- กำหนดตารางเริ่มต้นให้เป็นตารางที่ดียิ่งที่สุด (The Best) รวมทั้งเก็บตารางนี้ไว้ในตารางข้อห้าม (Tabu List)
- ทำการสับเปลี่ยนตำแหน่งของงานในตารางด้วยวิธีการสับเปลี่ยนงาน 2 งานใด ๆ (Swap) จำนวนตารางข้างเคียงที่ได้จากการสับเปลี่ยนจะมีค่าเท่ากับ  $n(n-1)/2$  ตาราง



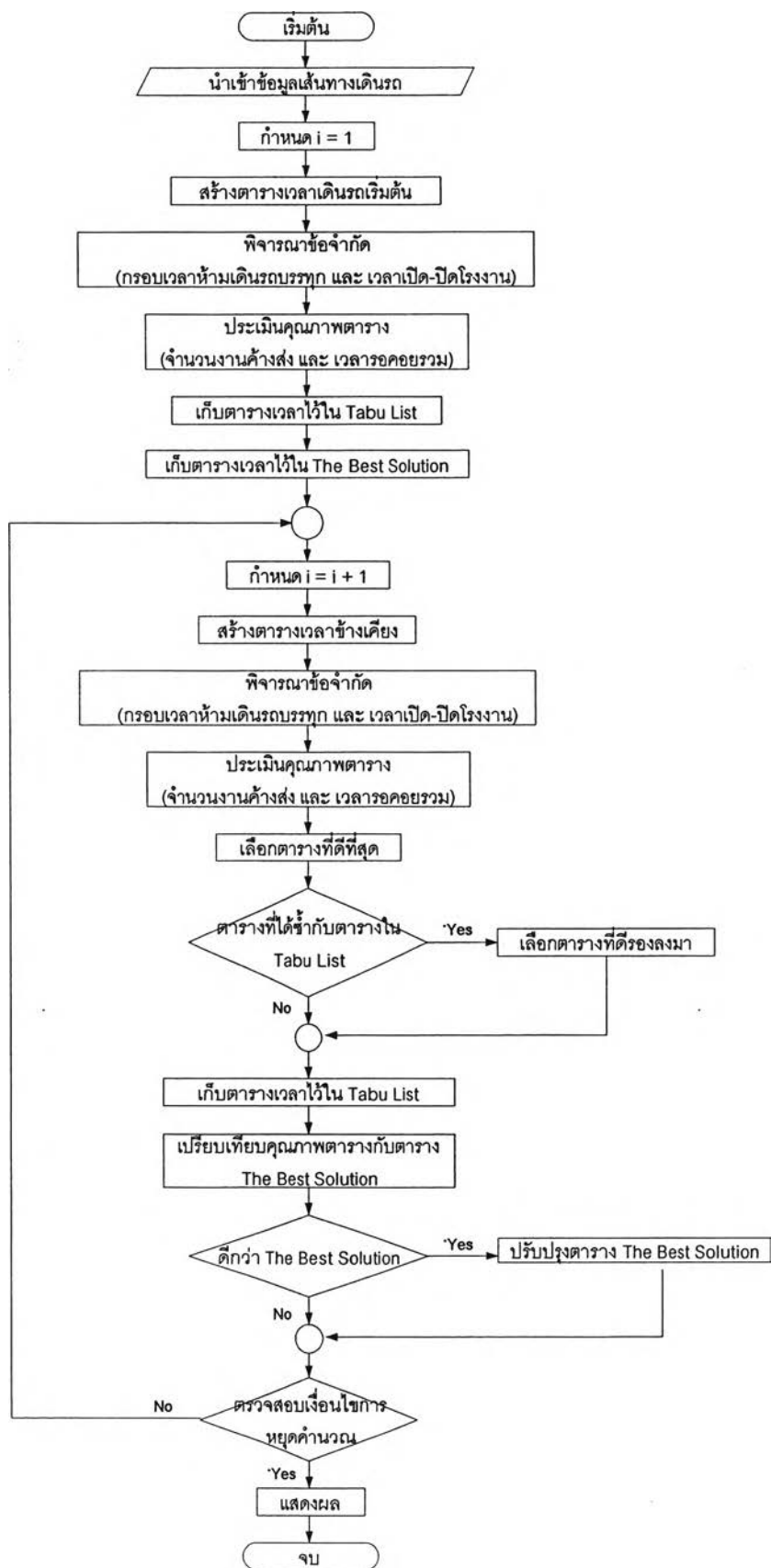
รูปที่ 4-20 ตัวอย่างการสับเปลี่ยนงานเพื่อสร้างตารางข้างเคียง

- เปรียบเทียบตารางข้างเคียงทั้งหมดเพื่อหาตารางที่ดียิ่งที่สุดในรอบการคำนวณ โดยใช้จำนวนงานค้างและเวลารอคอยรวมเป็นตัวประเมินคุณภาพ
- นำตารางที่ดียิ่งที่สุดในกลุ่มตารางข้างเคียงมาตรวจสอบกับตารางใน Tabu List ว่าซ้ำกันหรือไม่เพื่อป้องกันการวนกลับมาพิจารณาตารางเดิม

- เปรียบเทียบคุณภาพกับตาราง The Best เพื่อปรับปรุงคุณภาพตารางให้ดีขึ้นในแต่ละรอบการคำนวณ

การค้นหารางที่ดีที่สุดด้วยวิธีการค้นหาแบบข้อห้าม (Tabu Search) จะทำการสร้างตารางข้างเคียงขึ้นมาและค้นหารางที่ดีที่สุดในกลุ่มตารางข้างเคียงของการคำนวณในรอบนั้น เพื่อนำมาเปรียบเทียบและปรับปรุงคุณภาพของตารางคำตอบที่ต้องการ (Aspiration List) ซึ่งเป็นตารางที่ดีที่สุด (The Best) ในทุก ๆ รอบการคำนวณที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่า หากทำการคำนวณจำนวนรอบมากขึ้น โอกาสที่จะได้คำตอบที่ดีที่สุดก็มีมากตามไปด้วย แต่หากทำการคำนวณหลาย ๆ รอบแล้วคำตอบที่ดีที่สุดไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น ก็อาจจะกล่าวได้ว่า ตารางคำตอบที่ได้เป็นตารางที่ดีที่สุดสมบูรณ์ได้

ในทางกลับกัน ยิ่งคำนวณจำนวนรอบมากขึ้นเท่าใด ก็จะใช้เวลามากขึ้นเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ในการปฏิบัติงานจริง การคำนวณเพื่อค้นหารางที่ดีที่สุดจำเป็นจะต้องใช้เวลาที่ค่อนข้างจำกัด จึงต้องมีการกำหนดเงื่อนไขในการหยุดคำนวณโดยให้ผู้ใช้กำหนดจำนวนรอบการคำนวณให้กับแบบจำลอง เพื่อจะได้สามารถควบคุมคุณภาพคำตอบที่ต้องการ และเวลาที่ใช้ในการคำนวณได้เป็นอย่างดี รูปที่ 4-21 แสดงผัง (Flow Chart) ขั้นตอนการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธีการค้นหาแบบข้อห้าม (Tabu Search)



รูปที่ 4-21 ขั้นตอนการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธีการค้นหาแบบข้อห้าม (Tabu Search)



#### 4.1.3 การจัดวางตู้สินค้าพ่วงเพื่อทำ Hook and Drop

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงคุณภาพตาราง หลังจากการคำนวณด้วยวิธีการค้นหาแบบข้อห้ามแล้ว โดยการจัดวางตู้สินค้าพ่วงที่เป็น ส่วนหางลากของรถบรรทุกกึ่งพ่วงในการสับเปลี่ยนตู้สินค้า (Hook and Drop) เพื่อลด เวลารอคอยในกรณีที่มิรถเข้ามาสถานีที่แห่งเดียวกันในเวลาเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน ตั้งแต่สองคันขึ้นไป และเพื่อตรวจสอบคุณภาพตารางที่ได้ว่าสามารถลดจำนวนงานค้าง ส่งลงได้หรือไม่ มากน้อยเพียงใด

เมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพตารางด้วยวิธีการค้นหาแบบข้อห้าม (Tabu Search) แล้ว จะได้ตารางคำตอบที่ดีที่สุดตามที่ต้องการ จากนั้นจึงพิจารณาตารางดังกล่าวว่ามีเวลา รอคอยจากการที่รถเข้ามาพร้อมกันในการขึ้นลงสินค้าขึ้น ณ สถานีใดบ้าง โดย แบบจำลองจะจัดวางตู้สินค้าพ่วงในตำแหน่งที่เกิดเวลารอคอยดังกล่าว และเปรียบเทียบ ผลลัพธ์ที่ได้ว่าสามารถลดจำนวนงานค้างส่งลงได้หรือไม่ ทั้งนี้ เพื่อเป็นข้อมูลเพื่อช่วยใน การตัดสินใจของผู้ปฏิบัติงานจริงในการประเมินความคุ้มค่าในการจัดวางตู้สินค้าพ่วง โดยอาศัยข้อมูลเปรียบเทียบคือ จำนวนตู้สินค้าพ่วงที่ใช้ในการทำ Hook and Drop และ จำนวนงานค้างส่งที่ลดลง ว่ามีความคุ้มค่าในการทำ Hook and Drop หรือไม่

## 4.2 การพัฒนาแบบจำลองในรูปแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนนี้เป็นการพัฒนาแบบจำลองที่ได้ออกแบบไว้ในรูปของ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการคำนวณและแสดงผลตามที่ต้องการ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic รุ่น 6.0 โดยการพัฒนาโปรแกรมแบบจำลอง จะเริ่มจากการออกแบบฐานข้อมูล การนำเข้า ข้อมูลที่จำเป็นในการคำนวณการจัดตารางเวลาเดินรถ จากนั้นจึงทำการคำนวณทั้งในส่วนของการ จัดตารางเวลาเริ่มต้น การปรับปรุงคุณภาพตารางด้วยวิธีการค้นหาแบบข้อห้าม (Tabu Search) และการจัดวางตู้สินค้าพ่วงเพื่อทำ Hook and Drop และในที่สุดท้ายคือส่วนแสดงผล

### 4.2.1 การออกแบบฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลเป็นส่วนที่ใช้ในการเก็บข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการคำนวณและ ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ โดยการวิจัยนี้ได้เลือกใช้โปรแกรมการจัดการฐานข้อมูล

Microsoft Access ซึ่งเหมาะกับการทำงานร่วมกับโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 เป็นอย่างดี ฐานข้อมูลที่จำเป็นของแบบจำลองมีดังนี้

#### 4.2.1.1 ฐานข้อมูลโรงงาน

ฐานข้อมูลในส่วนนี้ประกอบด้วยรหัสโรงงาน ชื่อโรงงาน ตำแหน่งที่ตั้ง เวลาเปิดโรงงาน เวลาปิดโรงงาน และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากจุดเริ่มต้น (Yard) มายังโรงงาน ซึ่งจะเก็บข้อมูลรายละเอียดดังกล่าวของโรงงานทุกแห่งไว้เพื่อใช้ในการคำนวณและแสดงผล

| ลำดับที่ | รหัสโรงงาน | ชื่อโรงงาน   | สถานที่ตั้ง | เวลาเปิด | เวลาปิด | เวลาจาก |
|----------|------------|--------------|-------------|----------|---------|---------|
| 1        | ADF        | ABICO        | ปากช่อง     | 08:00    | 16:00   |         |
| 2        | BP         | BANGPOO      | บางปู       | 00:00    | 23:59   |         |
| 3        | C1         | KOMACK       | บางปะ       | 08:00    | 23:00   |         |
| 4        | CB         | GRIFFITH     | บางพลี      | 08:00    | 20:00   |         |
| 5        | CH         | CHACENGSOA   | ฉะเชิงเทรา  | 00:00    | 23:59   |         |
| 6        | CMYK       | CMYK         | มหาชัย      | 08:00    | 18:00   |         |
| 7        | G2         | BANJAPANPONG | ประเวศ      | 08:00    | 17:00   |         |
| 8        | NN         | NAVANAKORN   | นวนคร       | 00:00    | 23:59   |         |
| 9        | TU         | THAI UNION   | กระทุ่มแบน  | 00:00    | 23:59   |         |
| 10       | TVF        | NUTRK        | ฉะเชิงเทรา  | 00:00    | 23:59   |         |

รูปที่ 4-22 หน้าจอการเก็บฐานข้อมูลโรงงาน

#### 4.2.1.2 ฐานข้อมูลคลังสินค้า

ฐานข้อมูลคลังสินค้าจะมีลักษณะการเก็บข้อมูลแบบเดียวกับฐานข้อมูลโรงงาน กล่าวคือ ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ จะประกอบด้วย รหัสคลังสินค้า ชื่อคลังสินค้า เวลาเปิดปิดคลังสินค้า และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางกลับไปยังจุดสิ้นสุด (Yard)

| ลำดับที่ | รหัสคลังสินค้า | ชื่อคลังสินค้า | สถานที่ตั้ง | เวลาเปิด | เวลาปิด | เวลา |
|----------|----------------|----------------|-------------|----------|---------|------|
| 1        | DC1            | SNDC           | ศรีนครินทร์ | 00:00    | 23:59   |      |
| 2        | DC2            | BDC            | กม.16       | 00:00    | 23:59   |      |

รูปที่ 4-23 หน้าจอการเก็บฐานข้อมูลคลังสินค้า

#### 4.2.1.3 ฐานข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางของแต่ละสถานที่

เป็นการเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางจากโรงงานแต่ละแห่งไปยังคลังสินค้าแต่ละแห่งเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณการจัดการวางแผนการเดินทาง จะประกอบไปด้วยรหัสเส้นทาง รหัสโรงงาน รหัสคลังสินค้า และเวลาที่ใช้ในการเดินทาง

| ลำดับที่ | โรงงาน       | คลังสินค้า | เวลาจากโรงงาน ถึง คลังสินค้า (นาที) | Truck ban |
|----------|--------------|------------|-------------------------------------|-----------|
| 1        | ABICO        | BDC        | 250                                 | Y         |
| 2        |              | SNDC       | 270                                 | Y         |
| 3        | BANGPOO      | BDC        | 60                                  | Y         |
| 4        |              | SNDC       | 80                                  | Y         |
| 5        | BANJAPANPONG | BDC        | 40                                  | Y         |
| 6        |              | SNDC       | 30                                  | Y         |
| 7        | CHACENGSOA   | BDC        | 100                                 | Y         |
| 8        |              | SNDC       | 110                                 | Y         |
| 9        | CMYK         | BDC        | 110                                 | Y         |
| 10       |              | SNDC       | 90                                  | Y         |
| 11       | GRIFFITH     | BDC        | 25                                  | Y         |
| 12       |              | SNDC       | 60                                  | Y         |
| 13       | KOMACK       | BDC        | 30                                  | Y         |

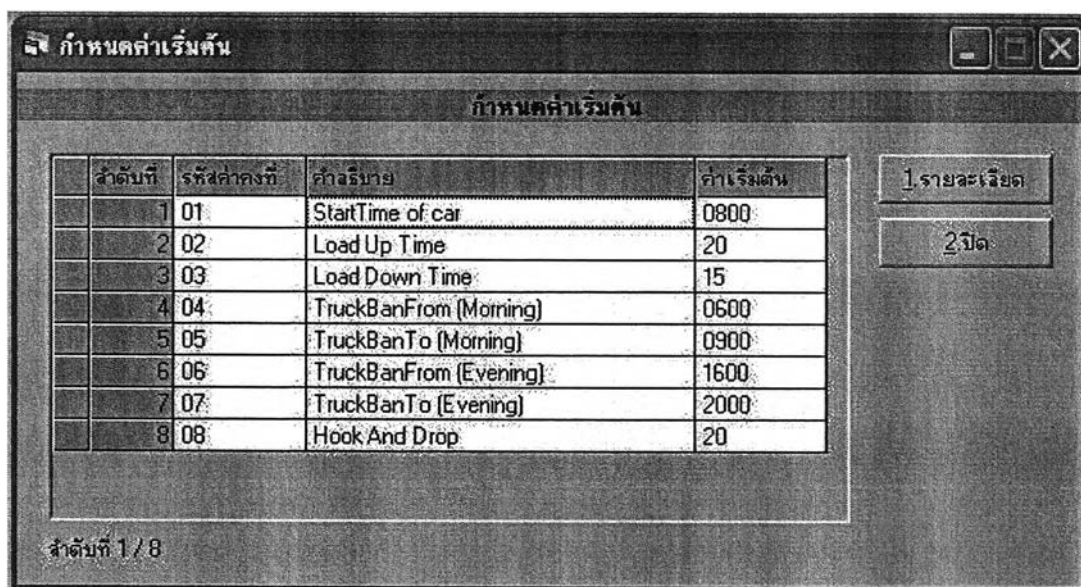
รูปที่ 4-24 หน้าจอการเก็บฐานข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางของแต่ละสถานที่

## 4.2.2 การนำเข้าข้อมูลของ โปรแกรม

### 4.2.2.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น

พารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองนี้ได้แก่

- ค่าเวลาเริ่มต้นในการทำงาน
- ขอบเขตเวลาห้ามรถบรรทุกเข้าเขตเมืองทั้งช่วงเช้าและช่วงเย็น
- ขอบเขตเวลาทำการของแต่ละสถานที่
- เวลาที่ใช้ในการขนสินค้าขึ้นที่โรงงานและขนสินค้าลงที่คลังสินค้า
- เวลาที่ใช้ในการทำ Hook and Drop



รูปที่ 4-25 การนำเข้าข้อมูลค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นของโปรแกรม

### 4.2.2.2 การนำเข้าข้อมูลจำนวนงานในแต่ละวัน

เมื่อนำเข้าข้อมูลต่าง ๆ ทั้งในส่วนที่เป็นฐานข้อมูลหลักของโปรแกรม และการกำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นเรียบร้อยแล้ว จะต้องนำเข้าข้อมูลจำนวนงานที่ต้องทำของวันนั้นเพื่อเข้าสู่กระบวนการคำนวณการจัดตารางเวลาและการค้นหาตารางเวลาที่ดีที่สุดต่อไป

ตารางการเดินรถ

หมายเลขที่โครงการค้นหา 17 รายการ หากต้องการแสดงข้อมูลทั้งหมด กรุณาคลิก <F5>

หากไม่อยู่ในสถานะการกำหนดหรือจะแสดงข้อมูลของวันที่ปัจจุบัน เลือกวันที่: 14/04/2549

| ลำดับที่ | โรงงาน       | คลังสินค้า | เวลาจากโรงงาน ถึงคลังสินค้า (นาที) | Truck ban | จำนวนเที่ยว |
|----------|--------------|------------|------------------------------------|-----------|-------------|
| 1        | ABICO        | BDC        | 250                                | Y         | 6           |
| 2        |              | SNDC       | 270                                | Y         | 1           |
| 3        | BANGPOO      | BDC        | 60                                 | Y         | 3           |
| 4        |              | SNDC       | 80                                 | Y         | 4           |
| 5        | BANJAPANPONG | BDC        | 40                                 | Y         | 1           |
| 6        |              | SNDC       | 30                                 | Y         | 2           |
| 7        | CHACENGSOA   | BDC        | 100                                | Y         | 3           |
| 8        |              | SNDC       | 110                                | Y         | 4           |
| 9        | CMYK         | BDC        | 110                                | Y         | 4           |
| 10       |              | SNDC       | 90                                 | Y         | 6           |
| 11       | GRIFFITH     | BDC        | 25                                 | Y         | 2           |
| 12       |              | SNDC       | 60                                 | Y         | 2           |
| 13       | KOMACK       | BDC        | 30                                 | Y         | 2           |
| 14       |              | SNDC       | 50                                 | Y         | 1           |

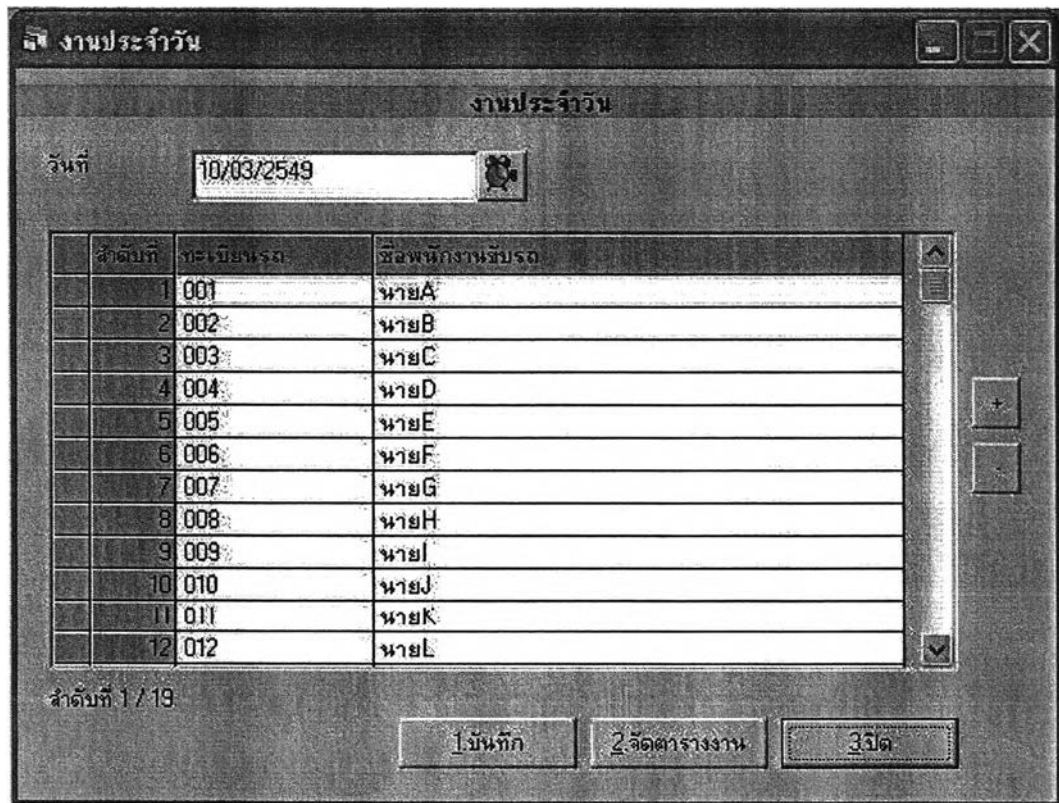
ลำดับที่ 1 / 17

1.เพิ่ม 2.รายละเอียด 3.ลบ 4.ปิด

รูปที่ 4-26 การนำเข้าข้อมูลจำนวนงานทั้งหมด

#### 4.2.2.3 การนำเข้าข้อมูลจำนวนรถที่ใช้

เป็นการนำเข้าข้อมูลเพื่อเข้าสู่การคำนวณการจัดตารางเวลา โดยผู้ใช้งานจะต้องใส่วันที่ที่ต้องการคำนวณและจำนวนรถที่สามารถปฏิบัติงานได้ในวันนั้น



รูปที่ 4-27 หน้าจอการนำเข้าจำนวนรถและการคำนวณ

#### 4.2.3 การแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรมแบบจำลอง

##### 4.2.3.1 การแสดงผลการค้นหาตารางเวลาที่ดียิ่งที่สุด

ขั้นตอนในการคำนวณของโปรแกรมจะเริ่มจากการจัดตารางเวลาเริ่มต้นและให้ผู้ใช้ใส่จำนวนรอบการคำนวณ จากนั้นโปรแกรมจะเริ่มทำการสลับงานและค้นหาตารางที่ดียิ่งที่สุดด้วยวิธีการค้นหาแบบข้อห้ามตามจำนวนรอบที่กำหนด เมื่อโปรแกรมทำการคำนวณเรียบร้อยแล้ว จะแสดงผลลัพธ์ออกมา 3 รูปแบบคือ

- รูปแบบที่ 1 แสดงตารางเวลาการทำงานรวมทั้งรายละเอียดของการทำงานของรถขนส่งแต่ละคันว่ามีกิจกรรมใดบ้างที่ต้องทำในวันนั้น นอกจากนี้ยังสามารถเลือกให้โปรแกรมแสดงผลลัพธ์ของจำนวนงานค้างและเวลารอคอยของตารางผลลัพธ์ที่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4-28 ถึงรูปที่ 4-30

จัดการตารางเดินรถ

จัดการตารางเดินรถ

จำนวนรถบรรทุกกำหนด

แบบที่ 1    แบบที่ 2    แบบที่ 3

| ลำดับที่ | รถบรรทุก | เส้นทางเดินรถ                          | วันที่/เวลา         |
|----------|----------|--|---------------------|
| 1        |          | (V2) Truck ban Morning wait until 0900 | 17/04/2549 09:00:00 |
| 2        |          | เดินทางจาก Yard ไป BANJAPANPONG        | 17/04/2549 09:40:00 |
| 3        |          | load รถอึ้งที่ BANJAPANPONG            | 17/04/2549 10:00:00 |
| 4        |          | เดินทางจาก BANJAPANPONG ไป SNDC        | 17/04/2549 10:30:00 |
| 5        |          | load รถอึ้งที่ SNDC                    | 17/04/2549 10:45:00 |
| 6        |          | เดินทางจาก SNDC ไป BANJAPANPONG        | 17/04/2549 11:15:00 |
| 7        |          | load รถอึ้งที่ BANJAPANPONG            | 17/04/2549 11:35:00 |
| 8        |          | เดินทางจาก BANJAPANPONG ไป BDC         | 17/04/2549 12:15:00 |
| 9        |          | load รถอึ้งที่ BDC                     | 17/04/2549 12:30:00 |
| 10       |          | เดินทางจาก BDC ไป BANJAPANPONG         | 17/04/2549 13:10:00 |
| 11       |          | load รถอึ้งที่ BANJAPANPONG            | 17/04/2549 13:30:00 |

A งานค้ำ

B เวลารถอึ้ง

1 ปิดตาราง    2 Hook & Drop    3 ปิด

รูปที่ 4-28 ผลลัพธ์การค้นหารายตารางเวลาที่ดียิ่งที่สุดในรูปแบบตารางเวลา

งานค้ำ

งานค้ำ

| ลำดับที่ | รถบรรทุก | เส้นทางเดินรถ                  | จำนวนงานค้ำ |
|----------|----------|--------------------------------|-------------|
| 1        |          | เดินทางจาก CMYK ไป SNDC        | 1           |
| 2        |          | เดินทางจาก BANJAPANPONG ไป BDC | 1           |
| 3        |          | เดินทางจาก ABICO ไป BDC        | 1           |

ปิด

ลำดับที่ 1/3    รวมงานค้ำ   

รูปที่ 4-29 การแสดงผลจำนวนและรายละเอียดของงานค้ำส่ง

| ประเภทการรอกคอย                          | เวลา (นาที) |
|--|-------------|
| เวลารอคอยที่เกิดขึ้นในกรณีขึ้น/ลง สินค้า | 25          |
| เวลารอคอยที่เกิดจาก Truck ban            | 910         |
| เวลารอคอยรวม                             | 935         |

รูปที่ 4-30 การแสดงเวลารอคอยของตารางผลลัพธ์ที่ได้

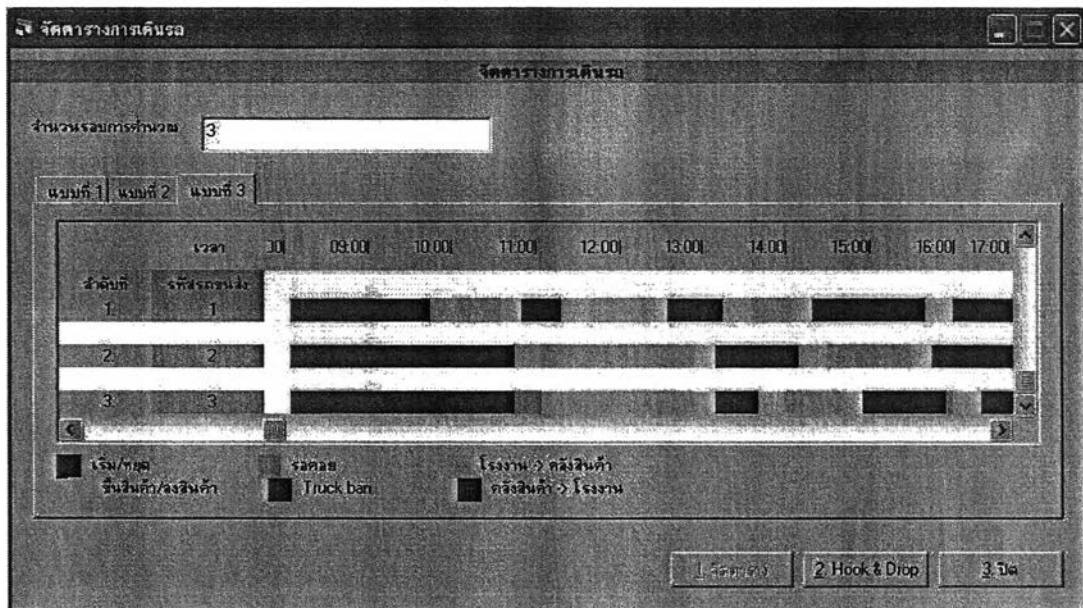
- รูปแบบที่ 2 เป็นการแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบของงานที่รถแต่ละคันต้องเดินทางไปรับและไปส่งสินค้า เพื่อที่จะทำให้ทราบถึงการทำงานโดยรวมของรถขนส่งสินค้าแต่ละคัน ดังแสดงในรูปที่ 4-31

| รถคันที่ | เส้นทางเดินรถ  |
|----------|--|
| 1        | YARD -> เดินทางจาก BANJAPANPONG ไป SNDC -> เดินทางจาก BANJAPANPONG ไป BDC -> เดินทางจาก BANJAPANPONG ไป SNDC -> เดินทางจาก BANGPOO ไป BDC -> เดินทางจาก BANGPOO ไป BDC -> YARD |
| 2        | YARD -> เดินทางจาก CMYK ไป BDC -> เดินทางจาก BANGPOO ไป BDC -> เดินทางจาก BANGPOO ไป SNDC -> เดินทางจาก CMYK ไป SNDC -> เดินทางจาก BANJAPANPONG ไป BDC -> YARD                 |
| 3        | YARD -> เดินทางจาก CMYK ไป SNDC -> เดินทางจาก BANJAPANPONG ไป BDC -> เดินทางจาก BANGPOO ไป SNDC -> เดินทางจาก ABICO ไป BDC -> YARD   |

รูปที่ 4-31 ผลลัพธ์ในรูปแบบการทำงานโดยรวมของรถขนส่ง

- รูปแบบที่ 3 เป็นการแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบกราฟ (Gantt chart) ที่แสดงตารางเวลาเดินรถแต่ละคันโดยอ้างอิงแกนเวลา เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์การทำงานของรถแต่ละคันเปรียบเทียบกัน ดังแสดงในรูปที่ 4-32

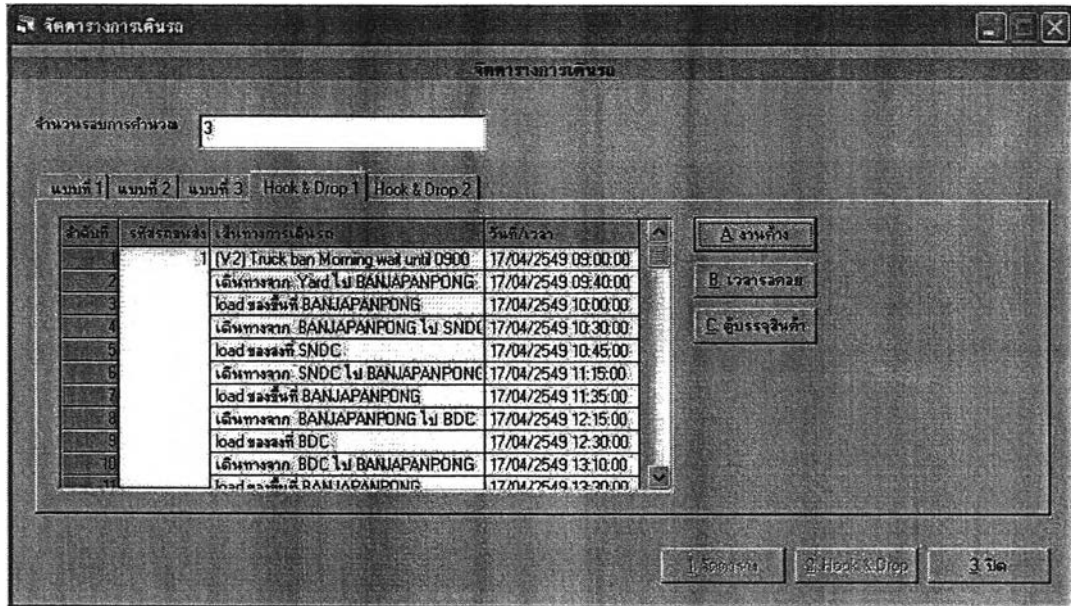




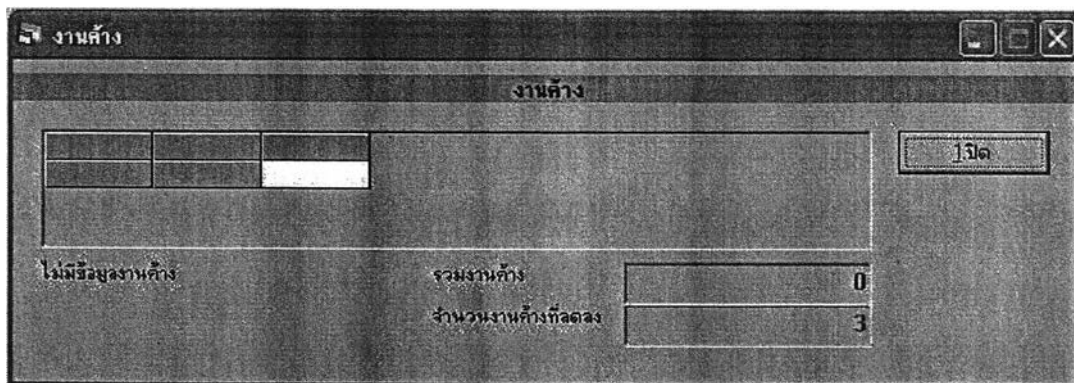
รูปที่ 4-32 ผลลัพธ์ในรูปแบบกราฟ (Gantt chart)

#### 4.2.3.1 การแสดงผลการจัดการตารางเวลาในทำ Hook and Drop

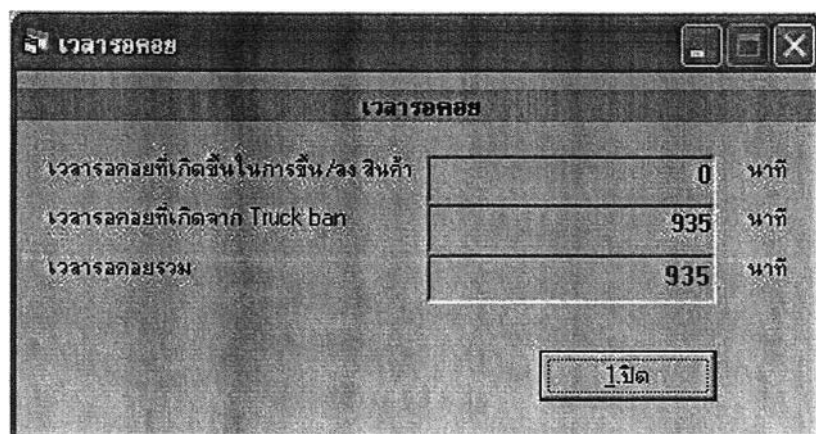
เมื่อโปรแกรมทำการค้นหาตารางเวลาที่ดีที่สุดที่สุดโดยแสดงผลลัพธ์ทั้ง 3 รูปแบบดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงทำการคำนวณเพื่อจัดวางตู้สินค้าพ่วง (Hook and Drop) แล้วให้โปรแกรมทำการจัดการตารางเวลาใหม่ รวมทั้งคำนวณจำนวนงานค้างส่งและเวลารอคอยใหม่อีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้หลังการทำ Hook and Drop เรียบร้อยแล้ว ในการแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม จะแสดงผลลัพธ์ออกเป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบตารางเวลาและรูปแบบกราฟ



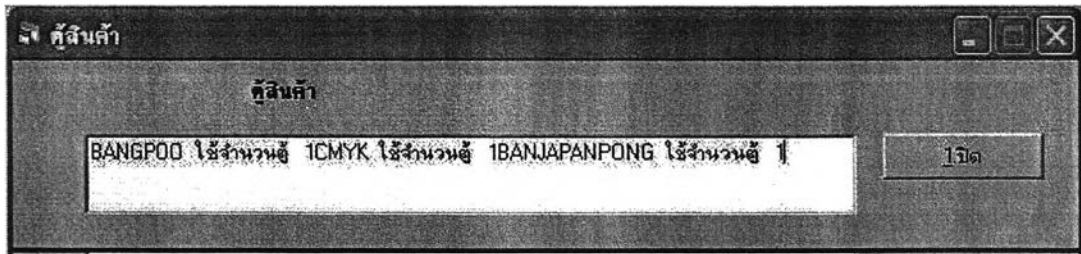
รูปที่ 4-33 ผลลัพธ์จากการทำ Hook and Drop ในรูปแบบตารางเวลา



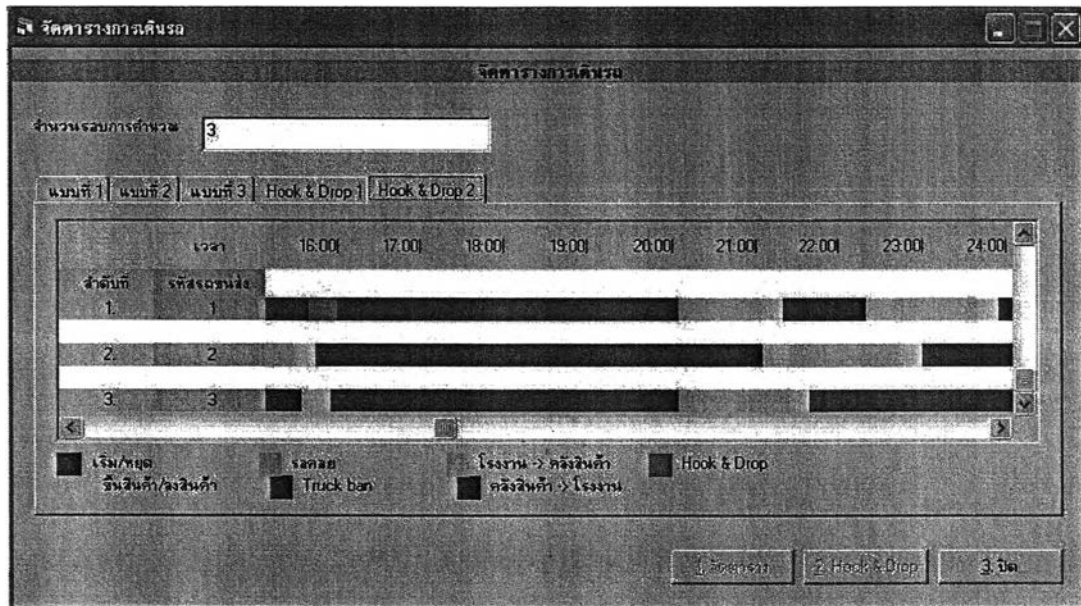
รูปที่ 4-34 การแสดงผลจำนวนงานค้างส่งหลังจากทำ Hook and Drop



รูปที่ 4-35 การแสดงผลเวลารอคอยหลังจากทำ Hook and Drop



รูปที่ 4-36 การแสดงจำนวนตู้และสถานที่ที่ทำการทำ Hook and Drop



รูปที่ 4-37 ผลลัพธ์จากการทำ Hook and Drop ในรูปแบบกราฟ (Gantt Chart)