

### การทดสอบและวิเคราะห์ผล

การทดสอบการทำงานของแบบจำลอง แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง และการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลอง

#### การทดสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง

การทดสอบในส่วนนี้เป็นการทดสอบเกี่ยวกับความถูกต้องของฐานข้อมูล และความถูกต้องของการทำงานในแต่ละขั้นตอนของแบบจำลอง

##### 1. การทดสอบความถูกต้องของฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ในแบบจำลองเป็นฐานข้อมูลที่เป็นข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ตั้ง การแบ่งเขต และการกำหนดเส้นทาง ความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในฐานข้อมูลเหล่านี้ มีสาเหตุมาจากการป้อนข้อมูลผิด ซึ่งจะส่งผลทำให้แบบจำลองทำงานผิดพลาด วิธีการแก้ไข ป้องกันความผิดพลาดเหล่านี้ สามารถทำได้คือ หลังจากป้อนข้อมูลของแต่ละฐานข้อมูลเสร็จแล้ว ต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลอีกทีหนึ่ง แต่เนื่องจากฐานข้อมูลบางฐานข้อมูลมีขนาดใหญ่ ทำให้ไม่สามารถตรวจพบข้อมูลที่ผิดพลาดได้ทั้งหมด ดังนั้นในขั้นตอนการทดสอบความถูกต้องของการทำงานในแต่ละขั้นตอนของแบบจำลอง บางครั้งจะพบความผิดพลาดมีสาเหตุจากความผิดพลาดจากฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลที่มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลอง ก็คือ ฐานข้อมูล Travelling Time [ TRVL\_MAS ] ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการเดินทางผ่านช่วงถนนแต่ละช่วงที่กำหนดขึ้นในแบบจำลอง เป็นที่ทราบว่าการเดินทางในช่วงถนนเดียวกันแต่วันและเวลาต่างกัน เวลาที่ใช้ในการเดินทางในแบบจำลองจะไม่เท่ากัน - และถึงแม้ว่าในแบบจำลองได้มีการตั้งสมมติฐานข้อหนึ่งว่า กำหนดให้เวลาที่ใช้ในการเดินทางในแบบจำลองเป็นเวลาที่ใช้เดินทางในขณะที่การจราจรเป็นปกติก็ตาม แต่สำหรับผู้รอกแบบสอบ

ถาม ( ผู้ให้ข้อมูล ) แล้ว แต่ละคนจะมีเวลามาตรฐานในการเดินทางไม่เท่ากัน โดยเฉพาะในแบบสอบถามบางฉบับ มีการกรอกข้อมูลมาในลักษณะที่แตกต่างจากแบบสอบถามอื่นอย่างมาก ดังนั้นถ้าหากนำข้อมูลจากแบบสอบถามที่มีทั้งหมดป้อนเข้าสู่ฐานข้อมูลของแบบจำลอง อาจส่งผลให้ประสิทธิภาพของแบบจำลองลดต่ำลง เนื่องจากความผิดพลาดจากการคำนวณเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ซึ่งจะส่งผลทำให้การจัดเส้นทางผิดพลาดจากที่ควรได้ วิธีตรวจสอบและแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลนี้ สามารถทำได้โดยการพิจารณาแนวโน้มการใช้เวลาสำหรับการเดินทางผ่านแต่ละช่วงถนน ซึ่งพิจารณาจากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามทั้งหมด โดยการสังเกตข้อมูลที่มีความแตกต่างจากช่วงเวลาที่ควรจะเป็น โดยเทียบจากแนวโน้มการใช้เวลาของข้อมูลส่วนใหญ่ นอกจากนี้แล้วยังมีข้อมูลอีกส่วนหนึ่งที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริง โดยการติดตามรถขนส่งเพื่อจับเวลาจริง ข้อมูลส่วนนี้ถือว่าเป็นข้อมูลที่มีความผิดพลาดน้อย เนื่องจากเป็นข้อมูลที่เก็บจากสภาพการจราจรจริง ๆ ในขณะที่การจราจรเป็นปกติ โดยการสอบถามสภาพจราจรจากพนักงานขับรถขณะเดินทาง เมื่อนำข้อมูลจากส่วนนี้ไปพิจารณาพร้อมกับข้อมูลจากแบบสอบถาม จะทำให้เห็นแนวโน้มของช่วงเวลาที่ใช้ในการเดินทางชัดเจนขึ้น ซึ่งเมื่อถึงจุดนี้จะสามารถพิจารณาแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้องมากขึ้น โดยการตัดข้อมูลที่คาดว่ามีความผิดพลาดส่งออกจากฐานข้อมูล วิธีการตรวจสอบแก้ไขข้อมูลและข้อมูลที่ได้หลังจากการแก้ไขแล้ว ได้รับความยอมรับจากพนักงานผู้จัดเส้นทางเดินรถของบริษัทตัวอย่างซึ่งเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในเรื่องเส้นทางจราจรว่า ข้อมูลที่ได้นี้อยู่ในช่วงที่มีความเป็นไปได้

## 2. การทดสอบความถูกต้องของการทำงานในแต่ละขั้นตอนของแบบจำลอง

การทดสอบในขั้นตอนนี้เป็นการทดสอบการทำงานในแต่ละขั้นตอนของแบบจำลอง ว่ามีความถูกต้องตามที่ได้ออกแบบการทำงานไว้หรือไม่ และทำการแก้ไขถ้าหากการทำงานของแบบจำลองไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ เนื่องจากวิธีการจัดเส้นทางของแบบจำลองคือ CLARKE-WRIGHT Heuristic ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถคำนวณโดยคนได้ ดังนั้นวิธีการตรวจสอบการทำงานของแบบจำลองจึงทำได้โดยการตั้งโจทย์การจัดเส้นทางเดินรถ เพื่อใช้ทดสอบแบบจำลอง โจทย์ที่ตั้งจะต้องรู้ผลการคำนวณอยู่ก่อนแล้วโดยการคำนวณตามวิธีการที่ใช้ในแบบจำลองโดยใช้คนคำนวณ การทดสอบแบบจำลองจะกระทำทีละขั้นตามขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองที่แบ่งไว้ 5 ขั้นตอน เมื่อทดสอบและแก้ไขขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองให้ถูกต้องในขั้นตอนนี้ จึงจะเริ่มทดสอบและแก้ไขในขั้นตอนต่อไป การตั้งโจทย์สำหรับทดสอบแบบจำลองที่ดี ต้องเป็นโจทย์ที่ใหญ่และครอบคลุมการทำงานของแบบจำลองทั้งหมด ซึ่งโจทย์ลักษณะ

นี้ทำได้ยาก ดังนั้นจากโจทย์ที่ตั้งขึ้นจึงสามารถตรวจสอบและแก้ไขความผิดพลาดของแบบจำลองได้เฉพาะในส่วนของการทำงานหลักที่โจทย์สามารถครอบคลุมถึง สำหรับการทำงานในส่วนของรายละเอียดที่ย่อยลงไปบางส่วน ไม่สามารถตรวจพบหาจุดผิดพลาด จุดผิดพลาดเหล่านี้ส่วนใหญ่แล้วไม่ส่งผลกระทบต่อผลที่ได้จากการคำนวณจัดเส้นทาง แต่จะทำให้การทำงานของแบบจำลองติดขัดและไม่สามารถทำงานต่อไปได้ เช่น ความผิดพลาดที่เกิดจากการใช้คำสั่งผิดขั้นตอน เป็นต้น การตรวจสอบและแก้ไขจุดผิดพลาดเหล่านี้ สามารถทำได้โดยการใช้ตัวอย่างข้อมูลการจัดเส้นทางจริงมาทดสอบหลาย ๆ ข้อมูล เพื่อพยายามให้ทุกขั้นตอนในแบบจำลองถูกนำมาใช้งานในลักษณะต่าง ๆ กัน โดยที่ทราบแนวโน้มของคำตอบของแบบจำลองว่าควรมีลักษณะใดแล้วจะทำให้สามารถตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดของการทำงานของแบบจำลอง ที่ไม่สามารถตรวจพบจากการตรวจสอบโดยวิธีการตั้งโจทย์

#### การทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลอง

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลอง เป็นการทดสอบวัดผลการทำงานของแบบจำลอง เพื่อวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบจากข้อมูลการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับขนส่งสินค้าจริง และเพื่อสามารถควบคุมเหตุการณ์ที่ใช้สำหรับทดสอบการทำงานของแบบจำลองให้อยู่บนเหตุการณ์เดียวกัน ในการทดสอบแบบจำลองจึงสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ขนส่งสินค้าจำลอง ( Simulation ) เพื่อนำมาใช้ทดสอบการทำงานสำหรับการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับขนส่งสินค้าโดยวิธีต่าง ๆ กัน

##### 1. แบบจำลองเหตุการณ์ ( Simulation model )

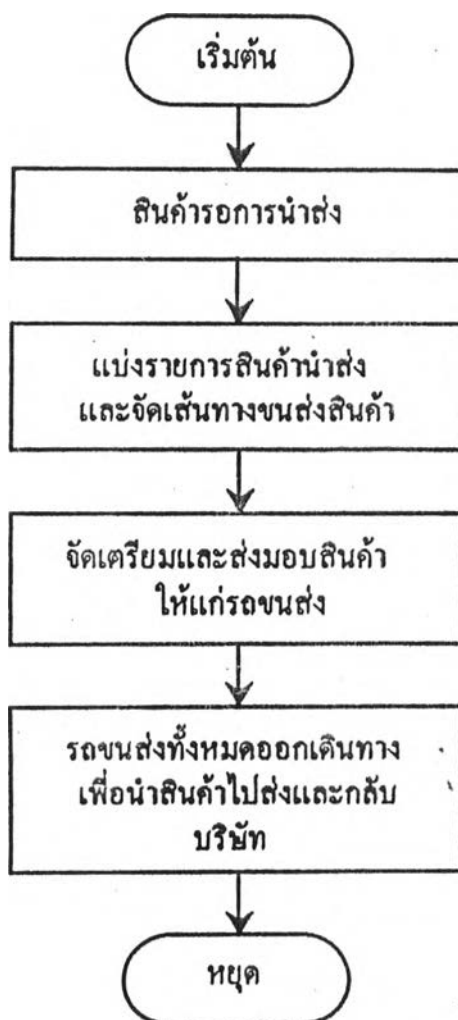
จากแนวความคิดในการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้า ที่ต้องการให้การทดสอบกระทำบนเงื่อนไข และสิ่งแวดล้อมของระบบงานเดียวกัน ในการศึกษาจึงเลือกใช้แบบจำลองเหตุการณ์เป็นเครื่องมือทดสอบ ขั้นตอนที่ใช้ในการทดสอบ, เปรียบเทียบ และวัดผลการทำงานของแบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้า เริ่มจากการจำลองเหตุการณ์ขนส่งสินค้าบนแบบจำลองเหตุการณ์โดยใช้วิธีการขนส่งสินค้าที่ใช้จริงจากข้อมูลการขนส่งสินค้าในอดีต เก็บผลที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์นี้เป็นค่ามาตรฐาน ขึ้นต่อไป จากเงื่อนไขและสิ่งแวดล้อมของระบบงานเดียวกัน จำลองเหตุการณ์ขนส่งสินค้า โดยที่การขนส่งสินค้านั้นใช้วิธีการจัดเส้นทางของแบบจำลองการจัด

เส้นทางเดินรถสำหรับขนส่งสินค้า ( วิธี CLARKE-WRIGHT Heuristic ) เก็บผลที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อดี-ข้อเสียจากค่ามาตรฐาน

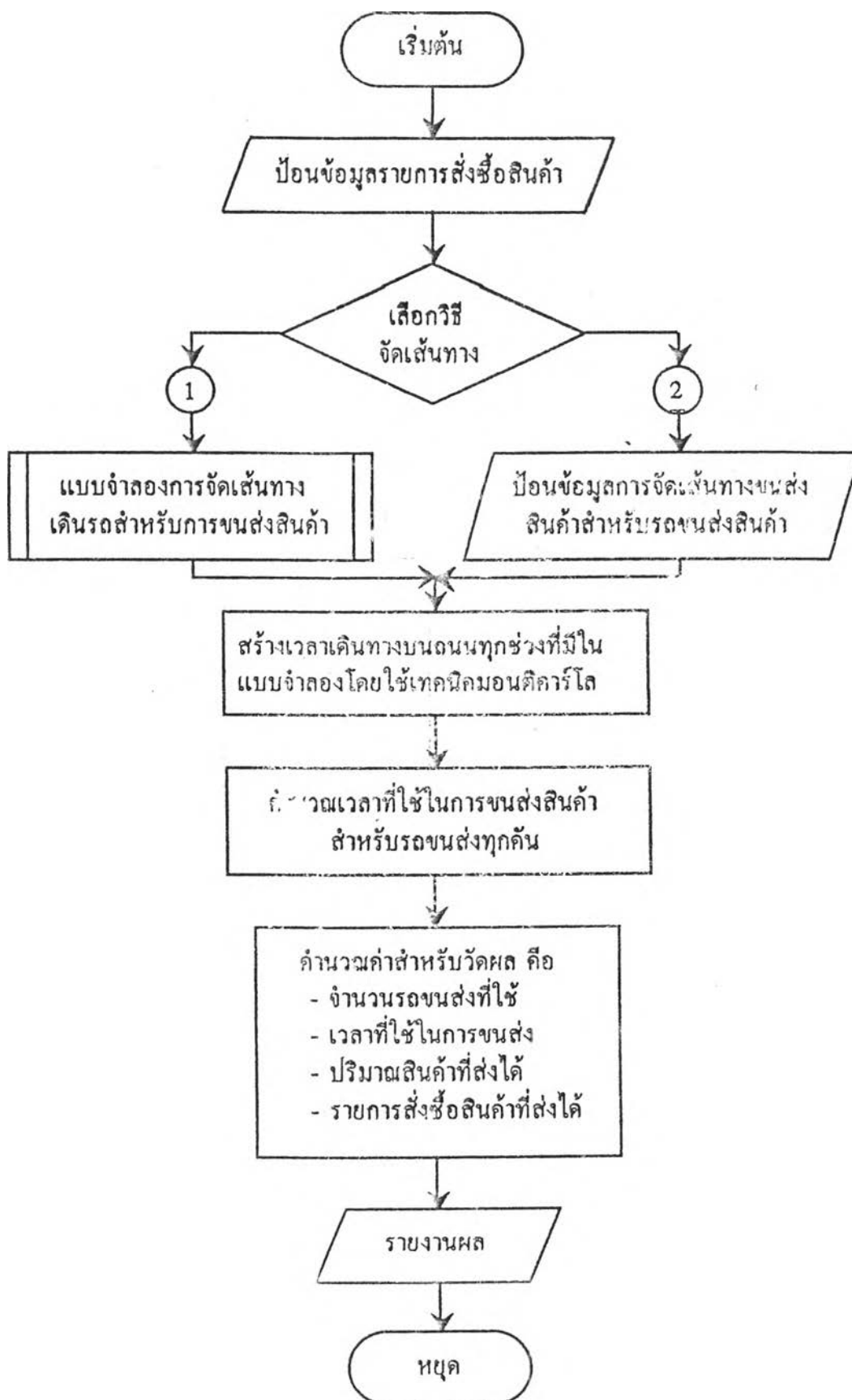
1.1 การออกแบบและการสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ การสร้างแบบจำลองเหตุการณ์มีวัตถุประสงค์ในการจำลองเหตุการณ์ขนส่งสินค้า ตามวิธีการจัดเส้นทางที่กำหนดเพื่อนำผลจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้า, จำนวนรถขนส่งที่ใช้, และปริมาณสินค้าที่ส่งได้ เป็นต้น มาใช้เปรียบเทียบกับข้อดี-ข้อเสียของแต่ละวิธี โดยมีข้อกำหนดคือ

- กำหนดให้รถขนส่งสามารถขนส่งสินค้าได้วันละ 1 เที่ยว
- เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าประกอบด้วย เวลาที่ใช้ในการเดินทาง, เวลาที่ใช้ในการติดต่อลูกค้า, และ เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า
- เวลาที่ใช้ในการเดินทางหมายถึง เวลาที่ใช้ในการเดินทางในช่วงเวลาที่การจราจรเป็นปกติ
- กำหนดให้การเดินทางในการขนส่งสินค้าใช้เส้นทางบนถนนที่มีในแบบจำลองเหตุการณ์เท่านั้น

ลำดับขั้นตอนการทำงานในการขนส่งสินค้าแสดงดังรูปที่ 4.1 และจากวัตถุประสงค์, ข้อกำหนด, และ ค่าสำหรับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ สามารถแปลงขั้นตอนขนส่งสินค้าในรูปที่ 4.1 เป็นขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองเหตุการณ์ได้ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งมีขั้นตอนการทำงาน คือ เมื่อผู้ใช้ป้อนรายการสั่งซื้อสินค้าให้แก่แบบจำลองเหตุการณ์ ผู้ใช้จะต้องเลือกรูปแบบการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้า ระหว่างวิธีที่ 1 คือวิธีของแบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้า ( วิธี CLARKE-WRIGHT Heuristic ) หรือ วิธีที่ 2 ซึ่งเป็นวิธีที่ผู้ใช้จะต้องเป็นผู้จัดเส้นทางด้วยตนเอง การเลือกวิธีที่ 1 แบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้าจะทำหน้าที่จัดเส้นทางขนส่งสินค้าให้แก่แบบจำลองเหตุการณ์ แต่ถ้าเลือกวิธีที่ 2 ผู้ใช้จะต้องจัดเส้นทางขนส่งสินค้าให้แก่แบบจำลองเหตุการณ์ด้วย การทำงานของแบบจำลองเหตุการณ์เริ่มหลังจากที่แบบจำลองเหตุการณ์รับรายการขนส่งสินค้า และเส้นทางขนส่งสินค้าจากวิธีการจัดเส้นทางขนส่งที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด โดยแบบจำลองเหตุการณ์จะสร้างเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้า ซึ่งประกอบด้วย เวลาที่ใช้ในการเดินทาง เวลาที่ใช้ในการติดต่อลูกค้าเพื่อแจ้งรายการสินค้าให้แก่ลูกค้า และเวลาที่ใช้ในการขนแบกสินค้าไปไว้ในที่ที่ลูกค้าต้องการ หลังจากนั้นแบบจำลองเหตุการณ์จะคำนวณค่าสำหรับวัตถุประสงค์ เช่น จำนวนรถขนส่งที่ใช้, ปริมาณสินค้าที่ส่งได้,



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการทำงานในการขนส่งสินค้า



รูปที่ 4.2 ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองเหตุการณ์ (Simulation model)

และ จำนวนรายการสินค้าที่ส่งได้ เป็นต้น และรายงานผลให้แก่ผู้ใช้

## 1.2 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

1.2.1 การทดสอบความถูกต้องของตัวแปรและพารามิเตอร์ เป็นการทดสอบความถูกต้องของข้อมูลที่น่ามาใช้เป็นตัวแปรและพารามิเตอร์ในแบบจำลอง ข้อมูลที่เป็นตัวแปรสำคัญในแบบจำลองเหตุการณ์ก็คือ ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ข้อมูลนี้มีการเก็บ 2 วิธี คือ จากแบบสอบถาม และ จากการจับเวลาการเดินทางจริงในช่วงที่การจราจรเป็นปกติ ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามซึ่งมีพนักงานขับรถขนส่งสินค้าของบริษัทตัวอย่างเป็นผู้ให้ข้อมูลพบว่า มีบางข้อมูลมีความแตกต่างจากข้อมูลอื่นๆ มาก จึงมีแนวโน้มว่า ข้อมูลบางส่วนอาจผิดจากความเป็นจริง ในขณะที่ข้อมูลที่ได้จากการจับเวลาเดินทางจริง ถือได้ว่าเป็นข้อมูลที่มีความถูกต้อง ดังนั้นการตรวจสอบความถูกต้องจึงกระทำโดยการให้ใช้ข้อมูลที่ได้จากการจับเวลาเดินทางจริงเป็นเกณฑ์ สำหรับใช้เปรียบเทียบความแตกต่างกับข้อมูลจากแบบสอบถามแต่ละชุด และทำการตัดข้อมูลจากแบบสอบถามบางชุด ที่มีความแตกต่างจากค่าของเกณฑ์ที่กำหนดออก เพื่อให้ข้อมูลที่เหลืออยู่ถูกต้องมากขึ้น การตรวจสอบความถูกต้องอีกวิธีหนึ่งที่น่ามาใช้ คือ การนำข้อมูลเวลาเดินทาง ให้ผู้ที่มีความชำนาญในการเดินทางในแต่ละเส้นทางพิจารณาความถูกต้องของข้อมูล เพื่อให้ผลการพิจารณาปรับปรุงให้ข้อมูลมีความถูกต้องมากขึ้น สำหรับข้อมูลที่ใช้เป็นตัวแปรและพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น จำนวนและขนาดของรถขนส่งที่ใช้, เวลาที่ใช้ในการขนแบกลูกค้าสินค้าให้แก่ลูกค้า, และ เวลาที่ใช้ในการติดต่อลูกค้า เป็นต้น ใช้วิธีการตรวจสอบความถูกต้องโดยการสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งทำงานอยู่ในบริษัทตัวอย่าง

1.2.2 การทดสอบความถูกต้องของกลไกภายในแบบจำลองเหตุการณ์ เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าประกอบด้วยเวลาจาก 3 ส่วนดังที่กล่าวมาแล้ว มีอยู่ 1 ส่วน คือ เวลาที่ใช้ในการเดินทางถูกสร้างขึ้นจากกลไกการทำงานของแบบจำลองเหตุการณ์ โดยเริ่มต้นคือ เริ่มจากการสร้างเวลาเดินทาง ในการเดินทางในช่วงถนนต่างๆ โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล จากนั้น แบบจำลองเหตุการณ์จะตรวจหาช่วงถนนที่ต้องใช้ในการเดินทางเชื่อมระหว่างคู่เดินทาง ซึ่งจะทำให้แบบจำลองรู้เส้นทางที่ต้องใช้ในการเดินทางเชื่อมระหว่างคู่เดินทางนี้ จากนั้นแบบจำลองเหตุการณ์ จะนำเวลาที่ร้องใช้ในการเดินทางตามเส้นทางที่ร้องใช้ในการเดินทางมาบวกกันเป็น เวลาที่ใช้ในการเดินทางเชื่อมระหว่างคู่เดินทาง การตรวจสอบความถูกต้องของกลไกนี้ ทำให้ได้โดยการให้แบบจำลองเหตุการณ์สร้างเวลาเดินทางระหว่างคู่เดินทาง หลายๆ คู่ โดยในแต่ละคู่ที่วางต้องมีเส้นทางในแนวเดียวกัน นำเวลาเดินทางของคู่เดินทางแต่ละคู่ที่แบบจำลองเหตุ

การก่อสร้างขึ้น มาเปรียบเทียบกัน กลไกที่ถูกต้องจะต้องให้ผลเวลาเดินทางระหว่างคู่เดินทางที่มีเส้นทางไกลกว่า ใช้เวลาเดินทางมากกว่า ผลเวลาเดินทางระหว่างคู่เดินทางที่มีเส้นทางใกล้กว่า ตัวอย่างผลการตรวจสอบความถูกต้องของกลไกภายในแบบจำลองเหตุการณ์ เช่น การทดสอบกลไกการสร้างเวลาเดินทางระหว่างคู่เดินทางบนถนนสุขุมวิท

คู่เดินทาง SKH1501-SKH1502

เส้นทางที่ใช้ CLS ( อยู่ติดกัน )

เวลาเดินทางที่ใช้ 0 นาที

คู่เดินทาง SKH1501-SKH1503

เส้นทางที่ใช้ SSKH1501

เวลาเดินทางที่ใช้ 6 นาที

คู่เดินทาง SKH1501-SKH1504

เส้นทางที่ใช้ SSKH1501, SSKH1502

เวลาเดินทางที่ใช้ 17 นาที

คู่เดินทาง SKH1501-SKH1505

เส้นทางที่ใช้ SSKH1501, SSKH1502, SSKH1503

เวลาเดินทางที่ใช้ 24 นาที

คู่เดินทาง SKH1501-SKH1401

เส้นทางที่ใช้ SSKH1501, SSKH1502, SSKH1503, SSKH1504, SSKH1401

เวลาเดินทางที่ใช้ 53 นาที

คู่เดินทาง SKH1501-SKH1402

เส้นทางที่ใช้ SSKH1501, SSKH1502, SSKH1503, SSKH1504, SSKH1401, SSKH1402

เวลาเดินทางที่ใช้ 64 นาที

คู่เดินทาง SKH1501-SKH5301

เส้นทางที่ใช้ SSKH1501, SSKH1502, SSKH1503, SSKH1504, SSKH1401, SSKH1402,

SSKH1403

เวลาเดินทางที่ใช้ 71 นาที





คู่เดินทาง SKH1501-SKH5302

เส้นทางที่ใช้ SSKH1501, SSKH1502, SSKH1503, SSKH1504, SSKH1401, SSKH1402,  
SSKH1403, SSKH5301, SSKH5302

เวลาเดินทางที่ใช้ 107 นาที

คู่เดินทาง SKH1501-SKH5303

เส้นทางที่ใช้ SSKH1501, SSKH1502, SSKH1503, SSKH1504, SSKH1401, SSKH1402,  
SSKH1403, SSKH5301, SSKH5302, SSKH5303

เวลาเดินทางที่ใช้ 119 นาที

เป็นต้น

การทดสอบกระทำในทุกเส้นทางที่มีอยู่ในแบบจำลองเหตุการณ์ โดยการแบ่งคู่เดินทางออกเป็นกลุ่มๆ ตามแนวเส้นทางเดียวกันดังในตัวอย่าง กรณีที่ตรวจพบความผิดพลาด เช่นพบว่าคู่เดินทางที่อยู่ใกล้กัน แต่กลับใช้เวลาเดินทางมากกว่าคู่เดินทางที่ระยะเดินทางไกลกว่า จะพบว่ามีสาเหตุมาจากการใส่เส้นทางที่ใช้เดินทางให้แก่กลไกการสร้างเวลาผิด เมื่อทำการแก้ไขแล้ว การทดสอบครั้งใหม่จะไม่พบความผิดพลาดนี้อีก

## 2. การใช้แบบจำลองเหตุการณ์ ( Simulation )

แบบจำลองเหตุการณ์ ( Simulation ) ถูกออกแบบและสร้างเป็นโปรแกรมบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โดยใช้ภาษา FOXPRO 2 เช่นเดียวกับแบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้า การทำงานของแบบจำลองเหตุการณ์ สามารถสร้างเหตุการณ์ขนส่งสินค้าได้ 1 วันต่อการทำงาน 1 รอบ ผู้ใช้สามารถเลือกวิธีการจัดเส้นทางเดินรถในแบบจำลองเหตุการณ์ได้ 2 วิธี คือ

2.1 เลือกวิธีการจัดเส้นทางเดินรถ โดยวิธีของ CLARKE-WRIGHT Heuristic วิธีนี้ผู้ใช้ต้องป้อนรายการสั่งซื้อสินค้าที่ต้องการจัดส่งให้แก่แบบจำลองเหตุการณ์ เพื่อให้แบบจำลองเหตุการณ์นำไปใช้จัดเส้นทางขนส่ง และจำลองเหตุการณ์ขนส่งสินค้า 1 วัน และรายงานผลให้ผู้ใช้ทราบ พร้อมทั้งแบบจำลองเหตุการณ์จะทำการตัดรายการสั่งซื้อสินค้าที่ได้จัดส่งไปแล้วออกจากแฟ้มข้อมูล ผู้ใช้สามารถป้อนรายการสั่งซื้อสินค้าที่ต้องการจัดส่งสินค้าสำหรับวันต่อไป ให้แก่แบบจำลองเหตุการณ์ เพื่อให้แบบจำลองทำงานในรอบต่อไปได้ทันที

2.2 เลือกวิธีการจัดเส้นทางเดินรถ โดยใช้วิธีที่ผู้ใช้เป็นผู้จัดเส้นทางด้วยตนเอง วิธีนี้ใช้สำหรับหาผลการทำงานของการจัดเส้นทางเดินรถที่ใช้อยู่จริง เพื่อนำผลที่ได้ขึ้นมา

ใช้เป็นมาตรฐานเปรียบเทียบกับวิธีจัดเส้นทางที่ใช้ในแบบจำลอง การใช้แบบจำลองเหตุการณ์ สำหรับจำลองเหตุการณ์ขนส่งในแต่ละวันสำหรับวิธีนี้ นอกจากผู้ใช้งานจะต้องป้อนรายการสั่งซื้อสินค้าที่ต้องการจัดส่งให้แก่แบบจำลองเหตุการณ์แล้ว ผู้ใช้งานยังต้องป้อนรายการนำส่งสินค้า และ รายงานการใช้เส้นทางสำหรับรถขนส่งสินค้าแต่ละคันที่ใช้ในการขนส่งสินค้าในวันนั้น ๆ ให้แก่แบบจำลองด้วย

### 3. วิธีการจัดเส้นทางเดินรถที่นำมาทดสอบและวิเคราะห์

แบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้า ที่ทดลองจัดทำขึ้นโดยใช้วิธีทำงานแบบ CLARKE-WRIGHT Heuristic นั้นสามารถเลือกวิธีเลือก Block สำหรับขนส่งสินค้าเริ่มแรกได้ 2 วิธี คือ เลือกโดยใช้ Block ที่อยู่ในคู่เดินทางที่มีค่า Saving มากที่สุด หรือ เลือกโดยใช้ Block ที่มีลูกค้าที่มีปริมาณนำส่งสินค้ารวมไม่ต่ำกว่าปริมาณที่กำหนด การทดสอบการทำงานของแบบจำลองจะกระทำทั้ง 2 วิธี โดยเฉพาะวิธีที่ 2 จะทำการทดสอบโดยกำหนดปริมาณสินค้า  $5 \text{ m}^3$ ,  $10 \text{ m}^3$ ,  $15 \text{ m}^3$ ,  $20 \text{ m}^3$ , และ  $25 \text{ m}^3$  ซึ่งสามารถกำหนดวิธีการจัดเส้นทางที่นำมาทดสอบได้ดังนี้ คือ

3.1 วิธีการจัดเส้นทางเดินรถโดยผู้ใช้งานเป็นผู้จัดเส้นทางเอง ( USER )

3.2 วิธีการจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี CLARKE-WRIGHT Heuristic ใช้ Block ที่อยู่ในคู่เดินทางซึ่งค่า Saving มากที่สุด เป็น Block สำหรับขนส่งสินค้าเริ่มแรก ( CWH-Saving )

3.3 วิธีการจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี CLARKE-WRIGHT Heuristic ใช้ Block ที่มีลูกค้าที่มีปริมาณนำส่งสินค้ารวมไม่ต่ำกว่า  $5 \text{ m}^3$  เป็น Block สำหรับขนส่งสินค้าเริ่มแรก ( CWH-V5 )

3.4 วิธีการจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี CLARKE-WRIGHT Heuristic ใช้ Block ที่มีลูกค้าที่มีปริมาณนำส่งสินค้ารวมไม่ต่ำกว่า  $10 \text{ m}^3$  เป็น Block สำหรับขนส่งสินค้าเริ่มแรก ( CWH-V10 )

3.5 วิธีการจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี CLARKE-WRIGHT Heuristic ใช้ Block ที่มีลูกค้าที่มีปริมาณนำส่งสินค้ารวมไม่ต่ำกว่า  $15 \text{ m}^3$  เป็น Block สำหรับขนส่งสินค้าเริ่มแรก ( CWH-V15 )

3.6 วิธีการจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี CLARKE-WRIGHT Heuristic ใช้ Block ที่มีลูกค้าที่มีปริมาณนำส่งสินค้ารวมไม่ต่ำกว่า  $20 \text{ m}^3$  เป็น Block สำหรับขนส่งสินค้า

เริ่มแรก ( CWH-V20 )

3.7 วิธีกำจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี CLARKE-WRIGHT Heuristic ใช้ Block ที่มีลูกค้าที่มีปริมาณขนส่งสินค้ารวมไม่ต่ำกว่า  $25 \text{ m}^3$  เป็น Block สำหรับขนส่งสินค้าเริ่มแรก ( CWH-V25 )

#### 4. ผลจากการทดสอบ

การทดสอบและวิเคราะห์การทำงานของแบบจำลอง ใช้ข้อมูลจากการจัดเส้นทางเดินรถจริงในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2535 การทดสอบกระทำบนแบบจำลองเหตุการณ์ ( Simulation ) โดยเลือกวิธีการจัดเส้นทางเดินรถเพื่อทดสอบในแบบจำลองเหตุการณ์ทั้งหมด 7 วิธี ตามหัวข้อ 3.1-3.7 หัวข้อที่ 3.1 เป็นการทดสอบวิธีการจัดเส้นทางเดินรถโดยพนักงานที่ปฏิบัติงานจริง ๆ การทดสอบในหัวข้อนี้เป็นการทดสอบเพื่อนำผลมาใช้เป็นมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบการทำงานของแบบจำลอง สำหรับหัวข้อที่ 3.2 - 3.7 เป็นการทดสอบการทำงานของแบบจำลอง โดยการกำหนด Block สำหรับขนส่งสินค้าเริ่มแรกในลักษณะต่าง ๆ กัน เพื่อวิเคราะห์หาข้อดี-ข้อเสีย โดยการวิเคราะห์ผลจากการจำลองเหตุการณ์ขนส่งสินค้าในแบบจำลองเหตุการณ์ซึ่งใช้ฐานข้อมูล และรายการสั่งซื้อสินค้าของแต่ละวันเป็นข้อมูลชุดเดียวกันทั้งหมด ผลการใช้วิเคราะห์ประกอบด้วย

- 4.1 จำนวนรถขนส่งสินค้าที่ต้องใช้ต่อวัน กำหนดให้รถขนส่งสินค้าในแบบจำลองสามารถใช้ได้ไม่เกิน 7 คันต่อวัน
- 4.2 จำนวนรถขนส่งสินค้าที่ใช้เวลาขนส่งสินค้ารวมไม่เกินกว่า 420 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่เกินจากช่วงเวลาทำงาน 9.00 - 16.00 น.
- 4.3 จำนวนรายการสั่งซื้อที่ต้องส่งต่อวัน ( เป็นผลรวมระหว่างรายการสั่งซื้อค้างส่ง และรายการสั่งซื้อใหม่ )
- 4.4 จำนวนรายการสั่งซื้อที่ส่งได้ต่อวัน
- 4.5 ปริมาณสินค้าที่ค้างส่งต่อวัน ( เป็นผลรวมระหว่างสินค้าค้างส่ง และสินค้าที่ถูกส่งใหม่ ) [ /day ]
- 4.6 ปริมาณสินค้าที่ส่งได้ต่อวัน [  $\text{m}^3$  /day ]
- 4.7 เวลารวมที่ใช้สำหรับการขนส่งสินค้า ของรถขนส่งสินค้าทั้งหมด ต่อวัน [ min/Day ]

ผลที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์สรุปลงตารางต่อไปนี้

- ตารางที่ 4.1 แสดงผลการขนส่งสินค้าโดยวิธีจัดเส้นทาง USER
- ตารางที่ 4.2 แสดงผลการขนส่งสินค้าโดยวิธีจัดเส้นทาง CWH-Saving
- ตารางที่ 4.3 แสดงผลการขนส่งสินค้าโดยวิธีจัดเส้นทาง CWH-V5
- ตารางที่ 4.4 แสดงผลการขนส่งสินค้าโดยวิธีจัดเส้นทาง CWH-V10
- ตารางที่ 4.5 แสดงผลการขนส่งสินค้าโดยวิธีจัดเส้นทาง CWH-V15
- ตารางที่ 4.6 แสดงผลการขนส่งสินค้าโดยวิธีจัดเส้นทาง CWH-V20
- ตารางที่ 4.7 แสดงผลการขนส่งสินค้าโดยวิธีจัดเส้นทาง CWH-V25

วันที่	จำนวนรถขนส่ง		รายการสั่งซื้อสินค้า		ปริมาณสินค้า		รวมเวลาขนส่ง
	ที่ใช้	>420	ที่ต้องส่ง	ที่ส่งได้	ที่ต้องส่ง	ที่ส่งได้	
2	4	-	33	11	210.15	175.65	1464.0
3	1	-	29	4	113.50	53.25	303.6
4	1	-	35	4	126.3	29.7	174.4
5	5	1	60	47	214.3	183.15	1578.8
6	4	-	41	23	225.05	168.45	1304.0
7	4	1	69	31	292.5	153.25	1362.2
9	3	2	73	19	324.35	156.35	1427.8
10	6	-	102	62	426.85	292.6	1737.3
11	2	-	55	8	229.8	88.15	534.5
12	1	-	84	14	311.7	50.3	265.9
13	3	-	106	40	467.9	116.0	848.6
14	1	-	76	6	404.35	44.05	266.2
16	3	-	93	20	621.3	108.65	869.1
17	7	-	100	52	676.7	357.6	2371.8
18	5	-	59	21	334.7	216.05	1493.8
19	3	-	47	35	176.4	129.4	899.7
20	1	-	19	11	74.4	56.75	381.8
21	-	-	23	-	104.05	-	-
23	1	-	67	10	289.25	47.75	337.1
24	4	-	68	44	272.2	213.85	1413.7
25	3	1	35	35	128.25	128.25	1253.6

ตารางที่ 4.1 ผลการขนส่งสินค้าโดยวิธีจัดเส้นทาง USER

วันที่	จำนวนรถขนส่ง		รายการสั่งซื้อสินค้า		ปริมาณสินค้า		รวมเวลาขนส่ง
	ที่ใช้	ที่>420	ที่ต้องส่ง	ที่ส่งได้	ที่ต้องส่ง	ที่ส่งได้	
2	5	1	33	33	210.15	210.15	1881.9
3	1	-	7	4	79.0	55.55	310.1
4	1	1	13	4	89.5	56.7	642.1
5	3	1	38	38	150.5	150.5	1233.2
6	4	2	28	28	198.9	198.9	1619.7
7	4	1	51	40	235.9	208.95	1533.9
9	4	2	46	46	212.05	212.05	1892.2
10	5	2	48	45	258.85	258.2	1985.3
11	1	-	18	9	96.2	56.9	322.9
12	4	1	46	46	209.35	209.35	1586.6
13	4	4	36	32	206.5	202.0	1461.7
14	1	-	14	3	56.95	43.2	262.9
16	5	2	35	26	274.75	261.65	1976.4
17	3	1	35	26	177.15	147.95	1155.8
18	1	1	20	19	44.8	41.2	493.5
19	1	-	10	4	61.35	44.25	268.3
20	1	1	13	13	44.5	44.5	609.8
21	1	1	15	9	86.4	55.25	494.8
23	3	1	50	44	216.35	176.5	1308.6
24	1	-	17	10	70.55	46.2	369.5
25	2	1	18	18	94.25	94.25	999.8

ตารางที่ 4.2 ผลการขนส่งสินค้าโดยวิธีจัดเส้นทาง CWH-Saving

วันที่	จำนวนรถขนส่ง		รายการสั่งซื้อสินค้า		ปริมาณสินค้า		รวมเวลาขนส่ง
	ที่ใช้	ที่>420	ที่ต้องส่ง	ที่ส่งได้	ที่ต้องส่ง	ที่ส่งได้	
2	4	1	33	18	210.15	193.6	1530.8
3	2	1	22	21	95.55	95.1	1077.7
4	1	-	11	4	66.5	41.15	418.7
5	3	1	36	36	143.05	143.05	1173.1
6	3	2	28	26	198.9	161.9	1264.7
7	5	2	53	53	272.9	272.9	2002.0
9	3	2	35	30	185.1	171.9	1491.5
10	5	-	53	45	272.05	259.8	1814.8
11	2	1	23	16	107.8	102.0	944.2
12	3	1	44	36	175.85	169.6	1140.1
13	4	1	44	32	212.75	202.0	1461.7
14	1	-	22	2	63.2	41.7	269.4
16	5	2	43	31	282.5	270.1	2108.6
17	2	1	39	21	176.45	104.55	824.0
18	2	-	29	24	87.5	83.05	703.6
19	1	-	14	3	62.2	41.65	259.3
20	1	1	18	13	47.95	46.35	602.1
21	1	1	20	18	88.0	54.7	845.2
23	4	1	46	45	218.5	218.0	1805.9
24	-	-	12	-	31.2	-	-
25	2	2	23	22	101.1	100.6	1351.6

ตารางที่ 4.3 ผลการขนส่งสินค้าโดยวิธีจัดเส้นทาง CWH-V5

วันที่	จำนวนรถขนส่ง		รายการสั่งซื้อสินค้า		ปริมาณสินค้า		รวมเวลาขนส่ง
	ที่ใช้	>420	ที่ต้องส่ง	ที่ส่งได้	ที่ต้องส่ง	ที่ส่งได้	
2	4	-	33	13	210.15	179.35	1282.5
3	2	1	27	17	109.8	96.05	840.3
4	1	-	20	4	79.8	41.15	418.7
5	3	-	45	40	156.35	140.75	948.7
6	4	2	33	32	214.5	212.0	1673.2
7	4	2	52	51	238.4	227.35	1642.4
9	3	2	36	31	196.15	172.0	1454.4
10	5	2	53	48	283.0	225.35	2026.1
11	2	1	20	13	123.2	110.95	752.2
12	3	-	44	32	182.3	151.7	1011.5
13	4	1	48	33	237.1	212.2	1441.0
14	1	-	25	2	77.35	41.7	269.4
16	5	2	46	36	296.65	265.75	1991.5
17	3	-	37	23	194.95	157.05	1159.1
18	1	1	25	25	53.5	53.5	696.2
19	1	-	9	3	57.75	41.65	259.3
20	1	1	13	13	43.5	43.5	704.3
21	1	-	15	8	86.4	56.75	378.3
23	4	2	51	51	214.85	214.85	1682.9
24	-	-	11	-	30.7	-	-
25	2	2	22	22	100.6	100.6	1209.6

ตารางที่ 4.4 ผลการขนส่งสินค้าโดยวิธีจัดเส้นทาง CWH-V10



วันที่	จำนวนรถขนส่ง		รายการส่งซื้อสินค้า		ปริมาณสินค้า		รวมเวลาขนส่ง
	ที่ใช้	ที่>420	ที่ต้องส่ง	ที่ส่งได้	ที่ต้องส่ง	ที่ส่งได้	
2	4	-	33	13	210.15	179.35	1282.5
3	2	1	27	20	109.8	103.95	860.8
4	1	1	17	5	71.9	43.4	570.9
5	3	-	41	40	146.2	140.75	948.7
6	4	2	29	29	204.35	204.35	1684.5
7	4	2	51	50	235.9	224.85	1637.4
9	3	2	36	31	196.15	172.0	1454.4
10	5	1	53	41	283.0	256.3	1949.0
11	2	-	27	14	122.25	103.45	740.4
12	3	-	50	39	188.85	153.55	1055.9
13	5	-	47	47	241.8	241.8	1734.7
14	1	-	10	2	52.45	41.7	269.4
16	5	2	31	29	271.75	266.65	2092.4
17	3	3	29	26	169.15	153.85	1373.0
18	-	-	14	-	30.9	-	-
19	1	-	23	3	88.65	41.65	259.3
20	1	-	27	8	74.4	45.35	415.1
21	1	-	34	8	115.45	56.75	378.3
23	4	1	70	54	243.9	206.6	1614.0
24	-	-	27	-	68.0	-	-
25	1	1	38	12	137.9	58.4	512.4

ตารางที่ 4.5 ผลการขนส่งสินค้าโดยวิธีจัดเส้นทาง CWH-V15

วันที่	จำนวนรถขนส่ง		รายการสั่งซื้อสินค้า		ปริมาณสินค้า		รวมเวลาขนส่ง
	ที่ใช้	ที่>420	ที่ต้องส่ง	ที่ส่งได้	ที่ต้องส่ง	ที่ส่งได้	
2	4	-	33	13	210.15	179.35	1282.5
3	1	-	27	3	109.8	54.55	285.1
4	2	1	34	22	121.3	96.55	819.3
5	2	-	41	22	142.45	98.0	642.7
6	3	2	47	25	243.35	174.05	1343.2
7	3	1	73	39	305.2	175.15	1206.9
9	1	-	69	3	315.15	55.4	304.1
10	5	1	114	35	518.6	282.5	1869.9
11	2	-	94	10	331.65	104.8	702.6
12	4	-	121	63	396.9	211.0	1343.8
13	4	1	94	33	392.4	202.15	1442.5
14	1	-	71	2	242.7	41.7	269.4
16	6	3	92	42	462.0	321.85	2630.5
17	2	-	77	15	304.2	88.3	728.4
18	-	-	73	-	231.5	-	-
19	1	-	82	3	289.25	41.65	259.3
20	-	-	86	-	275.0	-	-
21	2	1	101	15	361.4	118.5	861.5
23	4	2	130	60	428.1	223.25	1712.7
24	-	-	81	-	235.55	-	-
25	1	1	92	8	305.45	55.45	482.6

ตารางที่ 4.6 ผลการขนส่งสินค้าโดยวิธีจัดเส้นทาง CWH-V20



วันที่	จำนวนรถขนส่ง		รายการสั่งซื้อสินค้า		ปริมาณสินค้า		รวมเวลาขนส่ง
	ที่ใช้	ที่>420	ที่ต้องส่ง	ที่ส่งได้	ที่ต้องส่ง	ที่ส่งได้	
2	4	-	33	13	210.15	179.35	1282.5
3	1	-	27	3	109.8	54.55	285.1
4	1	1	34	7	121.3	52.9	487.4
5	1	-	56	4	186.1	55.0	296.0
6	3	2	80	25	330.0	174.05	1343.2
7	3	1	106	39	319.85	175.15	1206.9
9	1	-	102	3	401.8	55.4	304.1
10	6	1	147	50	605.25	320.15	2163.9
11	2	-	112	10	380.65	104.8	702.6
12	4	-	139	72	445.9	217.6	1351.7
13	4	1	103	33	434.8	202.15	1442.5
14	1	-	80	2	285.1	41.7	269.4
16	4	1	101	24	504.4	218.55	1447.9
17	2	-	104	15	449.9	88.3	728.4
18	-	-	100	-	377.2	-	-
19	1	-	109	3	434.95	41.65	259.3
20	-	-	113	-	420.7	-	-
21	3	2	128	31	507.1	178.35	1513.8
23	4	2	141	60	513.95	233.35	1814.2
24	-	-	92	-	311.3	-	-
25	2	1	103	21	381.2	108.8	1030.6

ตารางที่ 4.7 ผลการขนส่งสินค้าโดยวิธีจัดเส้นทาง CWH-V25

## 5. การวิเคราะห์ผล

จากผลการทดสอบที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์ขนส่งสินค้าทั้งหมด สามารถสรุปผลทดสอบจากวิธีทั้งหมดดังในตารางที่ 4.8 และสามารถวิเคราะห์ผลที่ได้ดังต่อไปนี้

5.1 พิจารณาจากจำนวนเที่ยวขนส่งที่ใช้ทั้งหมด (A1) พบว่า จำนวนเที่ยวขนส่งที่ต้องใช้ ถ้าหากใช้วิธีจัดเส้นทางของแบบจำลอง ( CLARKE-WRIGHT Heuristic ) จะมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานเดิม ( USER ) แสดงให้เห็นว่า การจัดเส้นทางเดินรถด้วยวิธีของแบบจำลองจะใช้รถขนส่งโดยเฉลี่ยน้อยกว่ามาตรฐานเดิม

5.2 พิจารณาจากปริมาณสินค้าเฉลี่ยต่อการขนส่งสินค้า 1 เที่ยว (C2) พบว่า การใช้วิธีจัดเส้นทางของแบบจำลอง จะสามารถบรรจุสินค้าต่อเที่ยวได้มากกว่ามาตรฐานเดิม ซึ่งจะทำให้ค่าขนส่งเฉลี่ยต่อหน่วยสินค้าน้อยลง

5.3 พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ของรายการสั่งซื้อที่ส่งได้เฉลี่ยต่อวัน และเปอร์เซ็นต์ของปริมาณสินค้าที่ส่งได้เฉลี่ยต่อวัน (D1, D2) พบว่า การใช้วิธีจัดเส้นทางในแบบจำลองโดยส่วนใหญ่ ( 4 วิธีแรก ) สามารถตอบสนองความต้องการแก่ลูกค้าได้ดีกว่ามาตรฐานเดิม

5.4 พิจารณาเวลาขนส่งสินค้าเฉลี่ยต่อเที่ยว (E2) พบว่า การใช้วิธีจัดเส้นทางของแบบจำลอง จะใช้เวลาเฉลี่ยต่อเที่ยวมากกว่ามาตรฐานเดิม ทั้งนี้เป็นผลต่อเนื่องมาจากข้อ 5.2 ในกรณีนี้หากเวลาที่มากขึ้นยังไม่เกินช่วงเวลาดำเนินการของรถขนส่ง ( ประมาณ 7 ชั่วโมง ) จะไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงาน แต่ถ้าเกินแสดงว่า รถขนส่งไม่สามารถขนส่งสินค้าได้หมดใน 1 วัน ทำให้การขนส่งนี้ไม่สามารถกระทำได้ ในการทำงานจริงจะต้องจัดเส้นทางขนส่งให้ดีกว่าใหม่

5.5 พิจารณาจากเวลาเฉลี่ยของการขนส่งสินค้า 1  $\text{m}^3$  (E3) พบว่า การใช้วิธีจัดเส้นทางของแบบจำลองโดยส่วนใหญ่ ( 4 วิธีแรก ) ใช้เวลาขนส่งสินค้าเฉลี่ยต่อ 1  $\text{m}^3$  มากกว่ามาตรฐานเดิม ซึ่งให้เห็นว่า การจัดเส้นทางใน 4 วิธีนี้ใช้เส้นทางที่มีระยะทางโดยเฉลี่ยไกลกว่ามาตรฐานเดิม

จากข้อสรุปเหล่านี้ เพื่อให้เห็นภาพชัดเจน สามารถสรุปเป็นข้อดี-ข้อเสียของแต่ละหัวข้อได้ดังในตารางที่ 4.9

	USER	CWH-Sav	CWH-V5	CWH-V10	CWH-V15	CWH-V20	CWH-V25
A1	62	55	54	54	53	48	47
A2	2.95	2.62	2.57	2.57	2.52	2.29	2.24
B1	5	20	20	19	16	13	12
C1	2774.2	2774.2	2773.7	2774.2	2694.7	2524.2	2501.8
C2	44.75	50.44	51.36	51.37	50.84	52.59	53.23
D1	37.8	76.8	70.0	67.8	57.7	26.2	19.4
D2	50.3	86.1	83.4	81.5	72.8	40.7	33.0
E1	20287.9	22409.0	23089.0	21841.6	20833.1	18187.0	17929.5
E2	327.2	407.4	427.6	404.5	393.1	378.9	381.5
E3	7.31	8.08	8.32	7.87	7.72	7.21	7.17

A1 : จำนวนเที่ยวขนส่งที่ใช้ทั้งหมด

A2 : จำนวนรถที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน

B1 : จำนวนเที่ยวที่ใช้เวลาขนส่ง > 420 นาที

C1 : ปริมาณสินค้าที่ขนส่งได้ทั้งหมด

( ลูกบาศก์เมตร )

C2 : เฉลี่ยปริมาณสินค้าต่อเที่ยว

( ลูกบาศก์เมตร/เที่ยว )

D1 : % รายการที่สั่งซื้อส่งได้เฉลี่ยต่อวัน

D2 : % ปริมาณสินค้าที่ส่งได้เฉลี่ยต่อวัน

E1 : เวลาขนส่งสินค้ารวม

E2 : เวลาขนส่งสินค้าเฉลี่ยต่อเที่ยว

( นาที/เที่ยว )

E3 : เวลาเฉลี่ยต่อการขนส่งสินค้า 1 m<sup>3</sup>

( นาที/ลูกบาศก์เมตร )

ตารางที่ 4.8 สรุปผลการทดสอบวิธีขนส่งสินค้าในแบบจำลอง

	USER	CWH-Sav	CWH-V5	CWH-V10	CWH-V15	CWH-V20	CWH-V25
A	2.95 คน	ดีขึ้น	ดีขึ้น	ดีขึ้น	ดีขึ้น	ดีขึ้น	ดีขึ้น
B	44.75 ๓ <sup>๓</sup>	ดีขึ้น	ดีขึ้น	ดีขึ้น	ดีขึ้น	ดีขึ้น	ดีขึ้น
C	50.3 %	ดีขึ้น	ดีขึ้น	ดีขึ้น	ดีขึ้น	ด้อยลง	ด้อยลง
D	327.2 นาที	ด้อยลง	ด้อยลง	ด้อยลง	ด้อยลง	ด้อยลง	ด้อยลง
E	7.31 นาที	ด้อยลง	ด้อยลง	ด้อยลง	ด้อยลง	ดีขึ้น	ดีขึ้น

- A : จำนวนรถที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน  
 B : ปริมาณสินค้าเฉลี่ยต่อเที่ยว  
 C : % สินค้าที่บริการแก่ลูกค้าได้  
 D : เวลาขนส่งสินค้าเฉลี่ยต่อเที่ยว  
 E : เวลาเฉลี่ยของการขนส่งสินค้า 1 ๓<sup>๓</sup>

ตารางที่ 4.9 สรุปข้อดี-ข้อเสียของวิธีการจัดเส้นทางต่าง ๆ ในแบบจำลองเทียบกับวิธีการจัดเส้นทางโดยพนักงาน

อย่างไรก็ตาม ถ้าหากพิจารณาหลักการที่ใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถของแบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้า เทียบกับวิธีการจัดเส้นทางโดยพนักงาน จะพบว่า มีหลักการคล้ายๆ กันคือ วิธีการจัดเส้นทางโดยพนักงาน จัดเส้นทางโดยการเลือกลูกค้าที่มีการสั่งซื้อสินค้าในจำนวนที่กำหนดเป็นจุดส่งเริ่มแรก จากนั้นจึงพิจารณาเลือกลูกค้าที่มีที่ตั้งอยู่ใกล้ ๆ กับจุดส่งเริ่มแรกเป็นจุดส่งต่อไปเพื่อให้ขนส่งสินค้าไปในรถเที่ยวเดียวกัน จนกระทั่งปริมาณสินค้ารวมต่อคันรถมีปริมาณมากพอ ในขณะที่วิธีการในแบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้า มีวิธีการเลือกจุดส่งเริ่มแรก 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 เลือกจากหมู่เดินทางที่มีค่า Saving มากที่สุด และ วิธีที่ 2 เลือกจากลูกค้าที่มีการสั่งซื้อสินค้ามากตามจำนวนที่กำหนด หลังจากนั้นจึงพิจารณาเลือกลูกค้าที่มีที่ตั้งใกล้กับจุดส่งเริ่มแรกเป็นจุดส่งต่อไป เพื่อให้ขนส่งสินค้าไปในรถเที่ยวเดียวกัน จนกระทั่งปริมาณสินค้ารวมต่อคันรถมีปริมาณมากตามที่กำหนด หลักการ

ที่ใช้เหล่านี้ต่างต้องการทำให้การขนส่งสินค้าในเส้นทางที่กำหนดใช้เวลาขนส่งน้อยที่สุด แต่จากการวิเคราะห์ผลการทำงาน จะพบความแตกต่างระหว่างผลวิเคราะห์ของแบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้า และ ผลวิเคราะห์ของวิธีการจัดเส้นทางโดยพนักงาน ทั้งนี้เนื่องจาก วิธีการจัดเส้นทางโดยพนักงานจะมีความยืดหยุ่นในการจัดเส้นทางตามดุลยพินิจของพนักงานผู้จัด ในขณะที่แบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้า จัดเส้นทางตามข้อกำหนดโดยไม่มี ความยืดหยุ่น ตัวอย่างความยืดหยุ่นในการจัดเส้นทางของพนักงาน เช่น การพิจารณาให้รถขนส่งสามารถขนส่งสินค้าในปริมาณที่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดได้ หรือ การไม่นำส่งสินค้าของลูกค้ารายย่อยที่มีปริมาณสั่งซื้อสินค้าน้อย และอยู่ไกลจากลูกค้าที่สั่งซื้อสินค้ารายอื่นจนกว่าปริมาณการสั่งซื้อสินค้าในบริเวณนั้นจะเพิ่มขึ้นจนถึงเกณฑ์ที่กำหนด เป็นต้น วิธีการจัดเส้นทางที่มีความยืดหยุ่นเช่นนี้ จะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการขนส่งสินค้าบางส่วนลดลง โดยพิจารณาจากผลวิเคราะห์จะพบว่า วิธีการจัดเส้นทางโดยพนักงานจะใช้รถขนส่งสินค้ามากกว่า, ปริมาณการขนส่งสินค้าโดยเฉลี่ยต่อเที่ยวต่ำกว่า, และ ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้น้อยกว่า แต่ในสภาพการทำงานจริงจะพบว่า การขนส่งสินค้ามีประสิทธิภาพสูงสุดไม่ได้ทำให้บริษัทได้รับผลตอบแทนสูงสุด เนื่องจากเป้าหมายของบริษัทไม่ใช่ต้องการให้การขนส่งสินค้ามีต้นทุนต่ำสุด แต่ต้องการขายสินค้าให้มากที่สุดโดยที่ต้นทุนของการขนส่งสินค้าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ตัวอย่างเช่น การบริการขนส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าในกรณีเร่งด่วน เช่นในกรณีของลูกค้าในรายชื่ออยู่ในช่วงของการส่งเสริมการขาย บริษัทจำเป็นต้องส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าทันทีที่ลูกค้าต้องการ ถึงแม้ว่าปริมาณสินค้าที่สั่งซื้ออาจจะไม่เต็มคันรถก็ตาม เพราะผู้ซื้ออาจเปลี่ยนใจไปซื้อสินค้าของบริษัทอื่นที่ให้บริการสินค้าได้รวดเร็วกว่า ซึ่งจะทำให้บริษัทเสียโอกาสที่จะขายสินค้านั้น เป็นต้น