โครงการพัฒนาศักยภาพ-สมรรถนะการบริหารทรัพยากรและระบบงานเชิงบูรณาการสำหรับหน่วยงานภาคอุตสาหกรรมการผลิตและการบริการและภาครัฐ

ระบบสนับสนุนการบริการทางการแพทย์ของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่

(Medical Service Supporting System for Mobile Medical Unit)

เล่ม 4/6

การวางแผนการลำเลียงเวชภัณฑ์และบุคลากรทางการแพทย์สำหรับหน่วยแพทย์เคลื่อนที่

โดย

เหรียญ บุญดีสกุลโชค

มานพ เรี่ยวเดชะ

ปวีณา เชาวลิตวงศ์

ภูมิ เหลืองจามีกร

วรโชค ไชยวงศ์

โครงการวิจัยเลขที่ 102G-IE-2552

ทุนงบประมาณแผ่นดินปี 2552

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพฯ

สิงหาคม 2553

โครงการพัฒนาศักยภาพ-สมรรถนะการบริหารทรัพยากรและระบบงานเชิงบูรณาการสำหรับหน่วยงานภาคอุตสาหกรรมการผลิตและการบริการและภาครัฐ

ระบบสนับสนุนการบริการทางการแพทย์ของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่

(Medical Service Supporting System for Mobile Medical Unit)

เล่ม 4 / 6

การวางแผนการลำเลียงเวชภัณฑ์และบุคลากรทางการแพทย์สำหรับหน่วยแพทย์เคลื่อนที่

โดย

เหรียญ บุญดีสกุลโชค

มานพ เรี่ยวเดชะ

ปวีณา เชาวลิตวงศ์

ภูมิ เหลืองจามีกร

วรโชค ไชยวงศ์

โครงการวิจัยเลขที่ 102G-IE-2552

ทุนงบประมาณแผ่นดินปี 2552

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพฯ

สิงหาคม 2553

สารบัญ

หน้า

1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 1

1.1 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System) 2

1.1.1 การจัดการกับการตัดสินใจ 2

1.1.2 ระดับการตัดสินใจในองค์กร 3

1.1.3 ประเภทของการตัดสินใจ 5

1.1.4 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ 6

1.2 โมเดลระบบลอจิสติกส์ที่ใช้ในปัจจุบัน 9

1.2.1 ระบบส่งตรง 9

1.2.2 ระบบมิลค์รัน 10

1.2.3 ระบบฮับ 11

1.3 ปัญหาเส้นทางการเดินรถ (Vehicle routing problem) 12

1.3.1 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ 1 เส้นทาง (Traveling Salesman Problem, TSP) 13

1.3.2 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบหลายเส้นทาง (Multiple Traveling Salesman Problem, m-TSP) 16

1.3.3 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบ Vehicle Routing Problem (VRP) 16

1.3.4 วิธีในการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ 18

1.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 32

2 หลักการและแนวคิด 40

2.1 การรับข้อมูลใบร้องขอการออกให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ 46

2.1.1 การให้บริการแบบติดต่อกันมากกว่า 1 วัน 46

2.1.2 การให้บริการภายใน 1 วัน 47

2.2 การรับข้อมูลประมาณการจำนวนบุคลากรทางการแพทย์ของแต่ละพื้นที่ร้องขอออกหน่วย 47

2.3 การดึงข้อมูลสนับสนุนเพื่อช่วยในการประมวลผลและคำนวณ 47

2.3.1 การให้บริการแบบติดต่อกันมากกว่า 1 วัน 47

2.3.2 การให้บริการภายใน 1 วัน 47
2.4 การคำนวณของโมเดลในการตัดสินใจของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ 48
2.4.1 การจัดเส้นทางการออกหน่วยสำหรับการให้บริการแบบติดต่อกันมากกว่า 1 วัน (Round Trip) 48
2.4.2 การเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์สำหรับการให้บริการภายใน 1 วัน (One-Day Trip) 48
2.4.3 การเลือกวิธีการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์สำหรับการให้บริการภายใน 1 วัน (One-Day Trip) 49
2.5 การเปิดรับสมัครบุคลากรอาสาสมัครสำหรับการปฏิบัติงานแบบต่อเนื่อง 49
2.6 การสร้างแผนการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ 49
3 รายละเอียดระบบ 51
3.1 แบบจำลองในการตัดสินใจการวางแผนการลำเลียงสำหรับการออกหน่วยแบบต่อเนื่อง 52
3.1.1 การคำนวณเพื่อวางแผนจัดเส้นทางการออกหน่วย (Preliminary Routing) 52
3.1.2 การปรับปรุงคำตอบที่ได้จากการจัดเส้นทาง 63
3.2 แบบจำลองการตัดสินใจสำหรับการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่อง 66
3.2.1 การคำนวณเพื่อเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรและเวชภัณฑ์ 66
3.3 การคำนวณเพื่อเลือกวิธีการในการลำเลียง 77
3.3.1 การส่งตรง 78
3.3.2 จุดนัดพบ 80
3.3.3 การรวนรับแพทย์ 82
3.4 กระบวนการวางแผนการลำเลียง 86
4 การออกแบบระบบสารสนเทศ 88
4.1 การนำเข้าข้อมูลการร้องขอออกบริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ทั้งในการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์แบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง 90
4.1.1 การนำเข้าข้อมูลการร้องขอการออกบริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง 90
4.1.2 การนำเข้าข้อมูลการร้องขอการออกบริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง 92

4.2 การแสดงผลการหาคำตอบของแบบจำลองในการตัดสินใจของการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์แบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง 94
4.2.1 การแสดงผลการจัดเส้นทางการออกบริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง 94
4.2.2 การแสดงผลการเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรสำหรับการออกบริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง 95
4.3 การเลือกวิธีการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ในการวางแผนการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่อง 97
4.4 การสร้างแผนการออกหน่วยสำหรับการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์แบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง 98
4.4.1 แผนปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง 98
4.4.2 แผนปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง 105
5 สรุปผลงานวิจัย 109
5.1 ข้อจำกัดของระบบ 110

ภาคผนวก ก. ผลการประเมินวิธีคำนวณของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ 113

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 รายละเอียดขององค์ประกอบของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ..... 13

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 หน้าที่ทางการจัดการ 2
รูปที่ 2 บทบาททางการตัดสินใจ 3
รูปที่ 3 ระดับของการตัดสินใจภายในองค์กร 4
รูปที่ 4 ระดับของการตัดสินใจในกิจกรรมลอจิสติกส์ 5
รูปที่ 5 ส่วนประกอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการขนส่ง 8
รูปที่ 6 ลักษณะการกระจายสินค้าแบบ direct shipping 10
รูปที่ 7 ลักษณะการกระจายสินค้าแบบ Milk run 11
รูปที่ 8 ลักษณะการกระจายสินค้าแบบ Hub and spoke 12
รูปที่ 9 ลักษณะโครงข่ายการขนส่งของการให้บริการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง .. 42
รูปที่ 10 การลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์แบบส่งตรง 44
รูปที่ 11 การลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์แบบจุดนัดพบ 44
รูปที่ 12 การลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์แบบวนรับแพทย์ 45
รูปที่ 13 ภาพรวมของระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้น 46
รูปที่ 14 ขั้นตอนการคำนวณประมวลผลจัดเส้นทางการออกหน่วยของการให้บริการแบบต่อเนื่อง 54
รูปที่ 15 การนำจุด j เข้ามาอยู่ในเส้นทาง ที่มีจุด i เป็นจุดปลายของเส้นทาง 54
รูปที่ 16 กระบวนการหาคำตอบในการจัดเส้นทางการออกหน่วย 61
รูปที่ 17 กระบวนการหาคำตอบในการจัดเส้นทางการออกหน่วย (ต่อ) 62
รูปที่ 18 การตัดเส้นเชื่อมโดยใช้หลักการ 2-Opt 63
รูปที่ 19 การสลับทิศทางเส้นทางในการปรับปรุงโดยใช้หลัก 2 opt 65
รูปที่ 20 ขั้นตอนในการคำนวณของรูปแบบการขนส่งโดยตรง 79
รูปที่ 21 ขั้นตอนในการคำนวณของรูปแบบการขนส่งโดยจุดนัดพบ 81
รูปที่ 22 ขั้นตอนในการคำนวณของรูปแบบการขนส่งแบบวนรับแพทย์ 83
รูปที่ 23 ขั้นตอนการทำงานของ Dijkra's Algorithm 83
รูปที่ 24 กระบวนการของระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ 86
รูปที่ 25 ลักษณะแผนผังต้นไม้ของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ 89

รูปที่ 26 แผนผังคลาสเบื้องต้นของการเชื่อมต่อข้อมูลที่สำคัญในการคำนวณของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการวางแผนลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ทางการแพทย์ 90
รูปที่ 27หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการดึงข้อมูลนำเข้าร้องขอการออกหน่วย 91
รูปที่ 28 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการดึงข้อมูลนำเข้าร้องขอการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่อง 93
รูปที่ 29 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการแสดงผลการคำนวณการจัดเส้นทางสำหรับการออกหน่วยแบบต่อเนื่อง 94
รูปที่ 30 หน้าจอการแสดงผลการคำนวณของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการคำนวณเพื่อเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์ 96
รูปที่ 31 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในเลือกวิธีการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ 97
รูปที่ 32 หน้าจอการทำงานของแผนปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Tab ทั่วไป) 99
รูปที่ 33 หน้าจอการทำงานของแผนปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Tab รายชื่อแพทย์) 100
รูปที่ 34 หน้าจอการทำงานของแผนปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Tab รายชื่อบุคลากร) 101
รูปที่ 35 หน้าจอการทำงานของแผนปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Tab แผนการเดินทาง) 101
รูปที่ 36 หน้าจอการทำงานของแผนปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Tab แผนการขนส่ง) 102
รูปที่ 37 หน้าจอการทำงานของการปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง (Tab ทั่วไป) 105
รูปที่ 38 หน้าจอการทำงานของการปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง (Tab รายชื่อแพทย์) 105
รูปที่ 39 หน้าจอการทำงานของการปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง (Tab รายชื่อบุคลากร) 106
รูปที่ 40 หน้าจอการทำงานของการปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง (Tab แผนการขนส่ง) 106

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์

Decision Support System for Medical Staffs and Supplies Distribution planning

การวางแผนการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์สำหรับหน่วยแพทย์เคลื่อนที่มีกระบวนการและขั้นตอนในการตัดสินใจที่คล้ายคลึงกับการขนส่งสินค้าในภาคธุรกิจ เช่น การตัดสินใจว่าจะใช้รถกี่คันในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ ปริมาณการขนบุคลากรหรือเวชภัณฑ์ในรถแต่ละคัน และเส้นทางในการลำเลียง ซึ่งปัญหาเหล่านี้สามารถพบได้ทั่วไปในการขนส่งหรือกระจายสินค้าในภาคธุรกิจ อย่างไรก็ตาม การลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์ในการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่มีจุดมุ่งเน้นแตกต่างจากการขนส่งสินค้าในภาคธุรกิจอื่นคือ เส้นทางการในลำเลียงของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่จะเน้นการให้บริการสาธารณสุขได้ในทุกพื้นที่ที่ร้องขอโดยไม่คำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการขนส่งมากเท่ากับการขนส่งหรือกระจายสินค้าในภาคธุรกิจ(Hutachoke, 1984) นั่นคือ การขนส่งหรือการลำเลียงของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่จะมุ่งเน้นที่การให้บริการลูกค้ามากกว่าต้นทุนการขนส่ง การลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพและต้นทุนที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการออกให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่จึงมีความสำคัญเพื่ออำนวยความสะดวกแก่บุคลากรในการปฏิบัติงานและลดภาระค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นกับองค์กรหรือหน่วยงานผู้ให้บริการ หากองค์กรหรือหน่วยงานผู้ให้บริการ มีการวางแผนการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพแล้ว องค์กรหรือหน่วยงานเหล่านี้สามารถที่จะลดภาระค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากขนส่งลงได้เพื่อนำงบประมาณไปใช้ในการพัฒนาด้านอื่นที่จำเป็นมากกว่า เช่น การพัฒนาอุปกรณ์ทางการแพทย์ การจัดหาเวชภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เป็นต้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์ในการออกปฏิบัติการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่เพื่อช่วยสนับสนุนการทำงานของเจ้าหน้าที่วางแผนเพื่อให้การลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการบริการสาสาธารณสุขของประชาชนภายใต้ต้นทุนที่เหมาะสมขององค์กรผู้ให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่

1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบสนับสนุนการลำเลียงเวชภัณฑ์และบุคลากรทางการแพทย์ของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบ่งเป็น 5 หัวข้อดังนี้

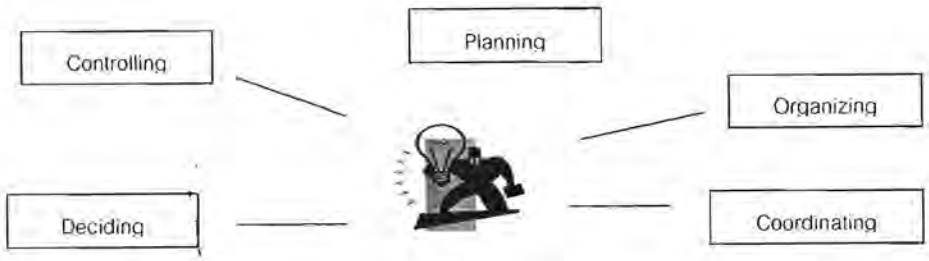
1.1 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System)

การตัดสินใจเป็นกิจกรรมที่บุคคลแต่ละคนต้องทำเป็นประจำสม่ำเสมอ เมื่อเกิดปัญหาต่างๆในชีวิตจำต้องมีการเลือกแนวทางการแก้ไขทางใดทางหนึ่งเพื่อแก้ไขปัญหาให้ลุล่วงและประสบความสำเร็จตามจุดประสงค์หรือเป้าหมายที่กำหนดไว้ Tom Peters and Robert H. Waterman, 1988 (ณัฏฐพันธ์ เขจรนันทน์, 2542) ได้กล่าวไว้ว่า "ไม่มีผู้ใดสามารถตัดสินใจได้ถูกต้องทุกครั้ง" การตัดสินใจที่ดีจึงต้องอาศัยส่วนประกอบหลายอย่าง เช่น ความรู้ ประสบการณ์ ข้อมูลแวดล้อม และ วิศัยทัศน์ของผู้ตัดสินใจ การตัดสินใจของผู้บริหารมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานขององค์กรเนื่องจากผู้บริหารจำต้องตัดสินใจในการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการใช้งาน รวมทั้งต้องตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งทั้งจากปัจจัยภายในและภายนอก

เมื่อมีการนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานทางธุรกิจ คอมพิวเตอร์จะถูกเก็บรวบรวมประมวลผล และปฏิบัติงานประจำวัน (Routine job) ซึ่งจะมีส่วนเกี่ยวข้องในการบริหารงานและสนับสนุนการตัดสินใจน้อยมาก เมื่อเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศได้รับการพัฒนาต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน จึงมีผู้มองเห็นศักยภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มากกว่าการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูล จึงได้พัฒนาระบบสารสนเทศที่ช่วยในการตัดสินใจแก้ปัญหาหรือเลือกโอกาสในการดำเนินการของผู้บริหารให้มีประสิทธิภาพ ระบบดังกล่าวผู้เรียกอย่างแพร่หลายว่า ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ(Decision Support System) หรือที่นิยมเรียกว่า DSS ซึ่งระบบดังกล่าวส่งผลกระทบอย่างมากต่อรูปแบบการบริหารงาน การแก้ปัญหา และการดำเนินงานทางธุรกิจในอนาคต

1.1.1 การจัดการกับการตัดสินใจ

Henri Fayol ได้กล่าวไว้ว่าหน้าที่หลักในการบริหารจัดการ (management functions) ประกอบไปด้วย การวางแผน (Planning) การจัดการองค์กร (organizing) การประสานงาน (Coordinating) การตัดสินใจ (Deciding) และ การควบคุม (Controlling) (ณัฏฐพันธ์ เขจรนันทน์, 2542)



รูปที่ 1 หน้าที่ทางการจัดการ

Mintzberg ได้กล่าวถึงบทบาททางการจัดการ (management roles) ว่า เป็นกิจกรรมต่างๆ ที่ผู้จัดการสมควรจะกระทำขณะปฏิบัติหน้าที่ภายในองค์กร โดยที่กิจกรรมเหล่านี้สามารถถูกจัดออกเป็น 3 กลุ่มคือ บทบาทระหว่างบุคคล (Interpersonal roles) บทบาททางสารสนเทศ (Information roles) และบทบาททางการตัดสินใจ (Decisional roles)

บทบาททางการจัดการ		
บทบาทระหว่างบุคคล	บทบาททางสารสนเทศ	บทบาททาง การตัดสินใจ

รูปที่ 2 บทบาททางการตัดสินใจ

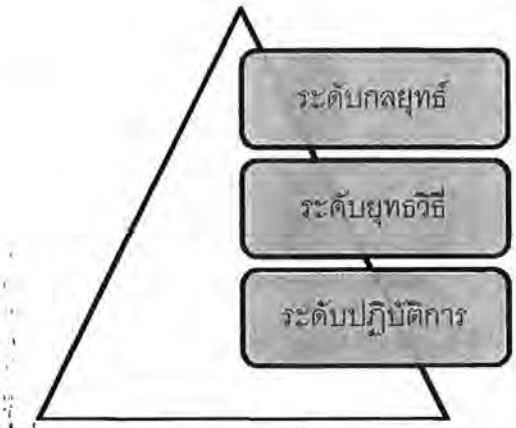
การตัดสินใจเป็นหน้าที่และบทบาทที่สำคัญของผู้บริหาร การที่องค์กรจะประสบความสำเร็จหรือประสบความล้มเหลวในการดำเนินการต่างๆนับว่ามีส่วนขึ้นอยู่กับการตัดสินใจในการเลือกโอกาสหรือการแก้ปัญหาของผู้บริหารเป็นสำคัญผู้บริหารที่สามารถตัดสินใจได้ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำและ เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ย่อมสามารถพาองค์กรให้ปฏิบัติงานได้ด้วยดีและประสบความสำเร็จ

1.1.2 ระดับการตัดสินใจในองค์กร

ระดับชั้นของผู้บริหาร(Management level) สามารถแบ่งออกเป็นลำดับขั้นซึ่งมีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมปิรามิด (Pyramid hierarchy) ตามหลักการบริหารที่ใช้กันอยู่ทั่วไปซึ่งสามารถประยุกต์กับการจำแนกระดับของการตัดสินใจของผู้บริหารภายในองค์กร (Levels of decision making) เป็น 3 ระดับดังนี้ (ณัฏฐพันธ์ เขจรนันทน์, 2542)

- การตัดสินใจระดับกลยุทธ์ (Strategic Decision Making) เป็นการตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูงในองค์กร ซึ่งจะให้ความสนใจต่ออนาคตหรือสิ่งที่ยังไม่เกิดขึ้น อันได้แก่การสร้างวิสัยทัศน์องค์กร การกำหนดนโยบายและเป้าหมายระยะยาว การลงทุนในธุรกิจใหม่ การขยายโรงงานเป็นต้น การตัดสินใจระดับกลยุทธ์นี้มักจะเกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอนของสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้น ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลจากทั้งภายนอกและภายในองค์กรตลอดจนประสบการณ์ของผู้บริหารประกอบการตัดสินใจ

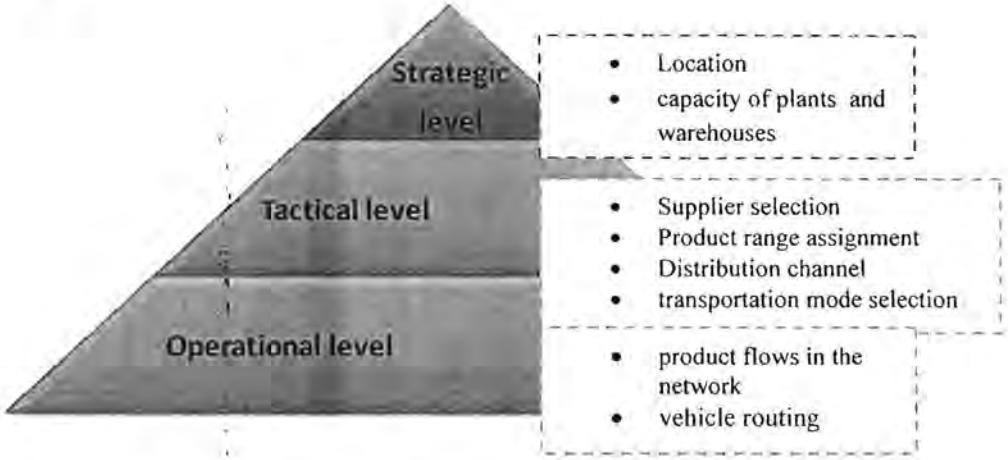
- การตัดสินใจระดับยุทธวิธี (Tactical decision making) เป็นหน้าที่ของผู้บริหารระดับกลางโดยที่การตัดสินใจในระดับนี้มักจะเกี่ยวข้องกับการจัดการเพื่อให้งานต่างๆเป็นไปตามนโยบายของผู้บริหารระดับสูง เช่น การกำหนดยุทธวิธีทางการตลาด การตัดสินใจในแผนการเงินระยะกลาง หรือ การแก้ไขปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้คาดหวัง เป็นต้น
- การตัดสินใจระดับปฏิบัติการ (operation decision making) หัวหน้างานระดับต้นมักจะเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจในระดับนี้ ซึ่งมักจะเป็นการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานเฉพาะด้านที่มักจะเป็นงานประจำที่มีขั้นตอนซ้ำๆ และได้รับการกำหนดไว้เป็นมาตรฐาน โดยที่หัวหน้างานจะพยายามควบคุมให้งานดำเนินไปตามแผนงานที่วางไว้ เช่น การมอบหมายงานให้พนักงานแต่ละคนการวางแผนควบคุมการผลิตระยะสั้น การวางแผนเบิกจ่ายวัสดุ และ การดูแลยอดสินค้าประจำวัน



รูปที่ 3 ระดับของการตัดสินใจภายในองค์กร

การตัดสินใจในกิจกรรมลอจิสติกส์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับการตัดสินใจ เช่นเดียวกันกับระดับการตัดสินใจภายในองค์กร จากงานวิจัยของ Marcel Mourits,1995 ได้แบ่งการตัดสินใจในการออกแบบเครือข่ายการกระจายสินค้าไว้ 3 ระดับโดยแบ่งเป็นการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ การตัดสินใจเชิงยุทธวิธี และ การตัดสินใจในระดับปฏิบัติการโดยแต่ละลำดับขั้นทำให้เกิดรูปแบบปัญหาของระบบลอจิสติกส์ขึ้น สำหรับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในส่วนของการลำเลียงเวชภัณฑ์และบุคลากรถือเป็นรูปแบบปัญหาในระดับปฏิบัติการ นั่นคือ การจัดเส้นทางการเดินรถเพื่อตัดสินใจว่า จะบรรทุกหรือขนสินค้าหน่วย

ใดและไปยังที่ใดบ้าง ขนจำนวนเท่าไหร่ และ ผ่านจุดใดบ้าง เป็นต้น ในส่วนของการตัดสินใจระดับยุทธวิธีสามารถยกตัวอย่างรูปแบบปัญหาได้ดังนี้ เช่น การตัดสินใจเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบ การตัดสินใจเลือกพาหนะวิธีการขนส่ง การพิจารณาเลือกขนาดของสินค้าหรือวัตถุดิบในแต่ละล็อตการสั่ง เป็นต้น ในส่วนของการตัดสินใจระดับกลยุทธ์ ได้แก่ การตัดสินใจเลือกที่ตั้งคลังเก็บสินค้าหรือวัตถุดิบ การตัดสินใจเลือกจำนวนที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า การตัดสินใจเลือกกำลังการผลิตของโรงงานหรือกำลังการเก็บสูงสุดของคลังสินค้า เป็นต้น



รูปที่ 4 ระดับของการตัดสินใจในกิจกรรมลอจิสติกส์

1.1.3 ประเภทของการตัดสินใจ

ประเภทของการตัดสินใจสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทดังต่อไปนี้

- การตัดสินใจกึ่งโครงสร้าง (Structured decision) เป็นการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับงานที่ทำเป็นกิจวัตร(Routine job) โดยการตัดสินใจประเภทนี้จะมีหลักเกณฑ์และขั้นตอนที่ถูกกำหนดไว้อย่างแน่นอน ปกติการตัดสินใจในลักษณะนี้มักจะทำกันในระดับปฏิบัติการ
- การตัดสินใจแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured decision) เป็นการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ไม่ได้เกิดขึ้นเป็นประจำ ไม่อาจวางแผนไว้ก่อนล่วงหน้า และมักจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลากหลายตลอดจนมีความสัมพันธ์กับอนาคต การตัดสินใจแบบนี้จะต้องวิเคราะห์แนวโน้มจากสิ่งแวดล้อมประกอบ และจำเป็นที่จะต้องอาศัยผู้บริหารที่มีฝีมือและประสบการณ์สูงมาเป็นผู้ตัดสินใจ เช่น การตัดสินใจในผลิตภัณฑ์ใหม่ เป็นต้น

- การตัดสินใจแบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured decision) เป็นการตัดสินใจที่อยู่ระหว่างการตัดสินใจ 2 ประเภทโดยส่วนหนึ่งของปัญหาจะสามารถนำหลักเกณฑ์และขั้นตอนในการแก้ปัญหามาประยุกต์ได้ในขณะที่ส่วนที่เหลือของปัญหาจะต้องอาศัยการประเมินผลและตัดสินใจจากผู้ที่ทำการตัดสินใจ เช่น การวางแผนงบประมาณ การวางแผนการตลาด หรือ การกำหนดเส้นทางการลำเลียง

1.1.4 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

Gerrity (1971) ได้ให้คำจำกัดความของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ คือ การผสมผสานอย่างเหมาะสมระหว่างความมีเหตุมีผลของมนุษย์กับเทคโนโลยีสารสนเทศและชุดคำสั่งที่นำมาใช้โต้ตอบเพื่อแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อน อย่างไรก็ตามคำอธิบายดังกล่าวเน้นเชิงนามธรรมในการให้ความหมายโดยรวมของระบบ DSS ต่อมา Kronenke และ Hatch (1994) ได้นำความหมายเดิมของ Gerrity มาปรับปรุงแล้วนำเสนอว่า DSS คือระบบโต้ตอบฉับพลันที่สนับสนุนโดยคอมพิวเตอร์ซึ่งนำมาช่วยอำนวยความสะดวกในการตัดสินใจปัญหาแบบไม่มีโครงสร้าง แต่นักวิชาการหลายท่านได้แย้งว่า DSS สามารถที่จะช่วยแก้ไขปัญหาได้ทั้งในแบบกึ่งโครงสร้างและไม่มีโครงสร้าง ดังนั้น Laudon (1994) จึงได้ให้คำนิยามระบบ DSS ว่า เป็นระบบสารสนเทศที่สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้โดยที่ระบบจะรวบรวมข้อมูล และ แบบจำลองในการตัดสินใจที่สำคัญ เพื่อช่วยให้ผู้ที่ทำการตัดสินใจสามารถตัดสินใจเพื่อแก้ไขปัญหาที่มีความยาก นั่นคือ แบบกึ่งโครงสร้างและไม่มีโครงสร้าง โดยDSS จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดสินใจ จากการประมวลผลและเสนอข้อมูลการตัดสินใจแก่ผู้บริหารรวมถึงการประเมินทางเลือกที่เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดของแต่ละสถานการณ์ (ณัฏฐพันธ์ เขจรนันทน์, 2542)DSS จะช่วยตั้งคำถามจาก ถ้า....แล้ว... หรือ What...if analysis และช่วยให้ผู้บริหารมีทางเลือกที่จะตอบสนองปัญหาได้หลากหลายโดยไม่ถูกจำกัดทางเลือก นอกจากนี้ DSS จะไม่ทำการตัดสินใจแทนผู้บริหารแต่จะประมวลผลและนำเสนอข้อมูลที่สำคัญต่อการตัดสินใจ

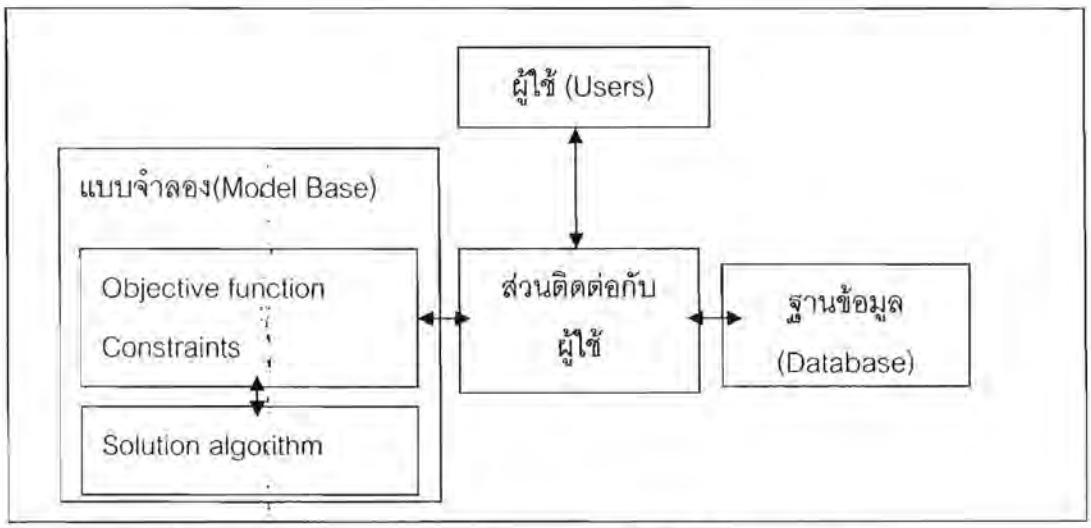
1.1.4.1 <u>ส่วนประกอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ</u>

ส่วนประกอบของ DSS สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

- ผู้ใช้(User) เป็นผู้ใช้งานโดยตรงของ DSS ได้แก่ผู้บริหารในระดับต่างๆ ตลอดจนนักวิเคราะห์และผู้เชี่ยวชาญทางด้านธุรกิจที่ต้องการข้อมูลสำหรับประกอบการตัดสินใจในปัญหาที่กิดขึ้น

- ส่วนติดต่อกับผู้ใช้(User interface) ประกอบด้วย หน้าจอแสดงผล อุปกรณ์แสดงผล และ อุปกรณ์สื่อสาร ซึ่งช่วยถ่ายทอดข้อมูล สารสนเทศตลอดจนสร้างความเข้าใจในสารสนเทศให้แก่ผู้ใช้และ ช่วยให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพ
- ฐานข้อมูล(Database) DSS จะไม่มีหน้าที่สร้าง ค้นหาหรือ ปรับปรุง ข้อมูลในฐานข้อมูลเนื่องจากระบบฐานข้อมูลเป็นระบบขนาดใหญ่มี ข้อมูลหลากหลายและเกี่ยวกับข้อมูลหลายประเภทแต่ DSS จะมี ฐานข้อมูลของตนเองมีหน้าที่รวบรวมข้อมูลที่สำคัญจากอดีตจนถึง ปัจจุบันแล้วนำมาจัดเก็บเพื่อให้ง่ายต่อการค้นหาซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะ ถูกเก็บไว้อย่างสมบูรณ์ครบถ้วนและแน่นอนเพื่อรอไปใช้ในการ ประมวลผลประกอบการตัดสินใจขณะเดียวกัน ฐานข้อมูลของ DSS อาจสามารถเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลหลักเพื่อดึงข้อมูลสำคัญบาง ประเภทมาใช้งาน
- ฐานแบบจำลอง(Model base) มีหน้าที่รวบรวมแบบจำลองทาง คณิตศาตร์(Mathematical model) และแบบจำลองในการวิเคราะห์ ปัญหาที่สำคัญ(Logic model) เพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้ปกติ DSS จะถูกพัฒนาขึ้นตามจุดประสงค์เฉพาะอย่างดังนั้นแบบจำลอง จะแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์การใช้ ในฐานแบบจำลองจะมี ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ซึ่งเป็นเป้าหมายที่ถูกจำลองขึ้นเพื่อเป็นกรอบใน การดำเนินงาน โดยในการขนส่งสินค้า Sawdy, 1972 แสดงความ คิดเห็นว่า ทุกธุรกิจมักจะมุ่งเน้นให้เกิดผลกำไรสูงสุดหรือต้นทุนใน การดำเนินงานต่ำสุด โดยแบ่งต้นทุนในการขนส่งออกเป็น 2 ประเภท ใหญ่ๆ ได้แก่ต้นทุนคงที่แม้ว่าจะมีปริมาณการขนเปลี่ยนไป และ ต้นทุนแปรผันซึ่งแปรผันตามอัตราส่วนของกิจกรรมในการขนส่ง สินค้า นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดหรือเงื่อนไข(constraints) ซึ่งเป็น ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการวิเคราะห์ปัญหา เช่นในการวิเคราะห์ ปัญหาเส้นทางการเดินรถ มักจะมีข้อจำกัดต่างๆเหล่านี้

- ข้อจำกัดด้านรถบรรทุกซึ่งสะท้อนความสามารถในการบรรทุกสินค้าเช่น ความจุของยวดยาน จำนวนของยวดยาน
- ข้อจำกัดด้านเวลา ได้แก่ เวลาการทำงานและกำหนดเวลาในการเข้าออกพื้นที่เงื่อนไขนี้ส่งผลกระทบต่อการจัดจำนวนรถและประเภทรถส่งสินค้า
- เงื่อนไขด้านสินค้าได้แก่ ประเภทและขนาดของสินค้า มีผลต่อความจุของสินค้า
- เงื่อนไขด้านสถานที่ สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการเลือกประเภทของยวดยานพาหนะที่ใช้ในการส่งสินค้าแต่ละจุดส่ง



รูปที่ 5 ส่วนประกอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการขนส่ง

1.1.4.2 คุณสมบัติของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

DSS ที่เหมาะสมควรมีคุณลักษณะดังนี้

- ง่ายต่อการเรียนรู้และใช้งาน เนื่องจากผู้ใช้อาจจะมีทักษะทางสารสนเทศที่จำกัดตลอดจนความเร่งด่วนในการใช้งานและความต้องการของปัญหา

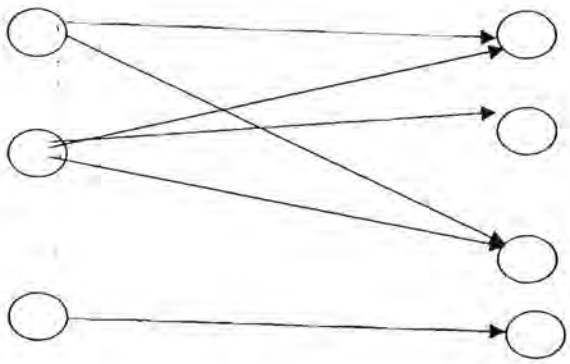
- สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพโดยที่ DSS ที่ดีต้องสามารถสื่อสารกับผู้ใช้อย่างฉับพลันโดยตอบสนองความต้องการและโต้ตอบกับผู้ใช้ได้ทันเวลา
- มีข้อมูลและแบบจำลองสำหรับการสนับสนุนการตัดสินใจที่เหมาะสมและสอดคล้องกันกับลักษณะของปัญหา
- สนับสนุนการตัดสินใจแบบกึ่งโครงสร้างและไม่มีโครงสร้างซึ่งแตกต่างจากระบบสารสนเทศสำหรับการปฏิบัติงานที่จัดการข้อมูลสำหรับงานประจำวันเท่านั้น
- มีความยืดหยุ่นที่จะสนองความต้องการที่เปลี่ยนแปลงของผู้ใช้เนื่องจากลักษณะของปัญหาที่มีความไม่แน่นอนและเปลี่ยนแปลงตามสถานการณ์

1.2 โมเดลระบบลอจิสติกส์ที่ใช้ในปัจจุบัน

ในหัวข้อนี้จะเสนอแบบจำลองหรือโมเดลของระบบลอจิสติกส์ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ซึ่งในงานวิจัยได้นำมาปรับใช้เพื่อออกแบบวิธีการลำเลียงในระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ได้แก่ ระบบส่งตรง(Direct shipping) ระบบมิลค์รัน (Milk run) และ ระบบฮับ (Hub and spoke)

1.2.1 ระบบส่งตรง

ระบบส่งตรงหรือ Direct shipping เป็นการนำสินค้าหรือบริการส่งจากแหล่งที่มาหรือ Point of origin ไปยังจุดรับสินค้า หรือ Point of delivery โดยตรงซึ่งจะทำให้มีกรณีที่จำนวนพาหนะขนส่งถูกใช้งานไม่เต็มความจุหรือศักยภาพ ซึ่งเป็นวิธีที่แพร่หลายมากในการขนส่งสินค้าในปัจจุบันเนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย และเข้าถึงจุดส่งสินค้าได้ง่าย แต่อาจจะไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ลักษณะของ DS ที่ใช้ในปัจจุบันมักจะเป็นการขนส่งในระยะทางใกล้ หรือ ภายในโรงงาน รถทุกคันจะไปถึงจุดส่งหรือที่หมายอย่างละหนึ่งที่ต่อรถหนึ่งคัน (Julien Bramel, 1999)



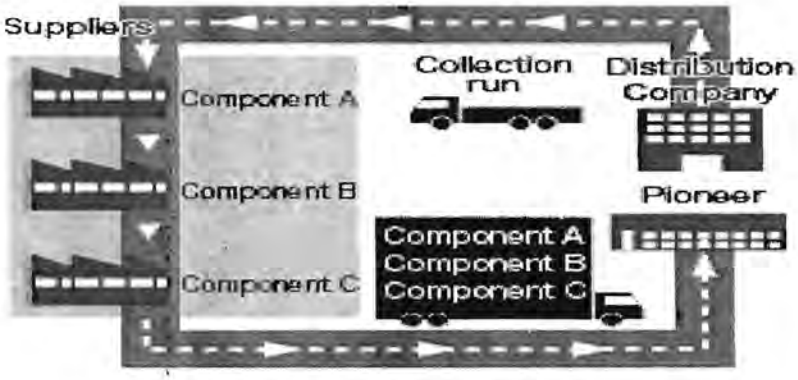
รูปที่ 6 ลักษณะการกระจายสินค้าแบบ direct shipping

1.2.2 ระบบมิลค์รัน

คำว่า Milk Run หมายถึงการที่บริษัทกำหนดให้รถบรรทุกวิ่งรับสินค้าจาก ซัพพลายเออร์ (Supplier) ต่าง ๆ แล้วนำมาส่งให้กับโรงงาน ซึ่งแนวความคิดนี้ได้มาจากการรับวัตถุดิบที่เป็นน้ำนมสด ของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นม โดยการส่งรถไปรับวัตถุดิบที่บริษัทของ supplier เอง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความคล่องตัวมากขึ้น ปัจจุบันการส่งมอบวัตถุดิบจาก Supplier ให้กับองค์กรนั้น สามารถกระทำ ได้ 2 วิธีด้วยกัน คือ Supplier เป็นผู้นำมาส่งให้เองหรือ บริษัทจะจัดรถซึ่งเป็นบริษัทผู้รับเหมา ไปรับวัตถุดิบจาก Supplier แต่ละราย จากการดำเนินการแบบ Milk Run นี้ จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อองค์การธุรกิจหลายด้านด้วยกัน อาทิ

- การลดการจราจรที่ติดขัดในโรงงานลง เนื่องจากมี Supplier จำนวนมาก ซึ่งเดิมซัพพลายเออร์ทุกรายต้องมาส่งวัตถุดิบให้ที่โรงงานเอง ทำให้การจราจรติดขัดมากในโรงงาน โดยเฉพาะช่วงที่ซัพพลายเออร์มาส่งสินค้าพร้อม ๆ กัน
- เป็นการลดพื้นที่ในการเก็บวัตถุดิบลง เนื่องจากไม่ต้องทำการสต็อควัตถุดิบไว้ จากเดิมซึ่งซัพพลายเออร์ที่มาส่งแต่ละรายจะต้องส่งด้วยปริมาณการขนส่งมากในแต่ละครั้งเพื่อทำให้เกิดต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยน้อยที่สุด ทำให้ต้องมีการสร้างคลังสินค้าเพื่อเก็บวัตถุดิบ แต่จากการนำเอาระบบ Milk Run มาใช้ ทำให้สามารถรับวัตถุดิบได้หลากหลายชนิด แต่ปริมาณต่อหน่วยสินค้าแต่ละชนิดต่ำ จึงไม่ต้องมีการเก็บสต็อคสินค้า ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการทำให้ระบบ JIT(Just-In-Time) ในองค์กรบรรลุสำเร็จด้วย

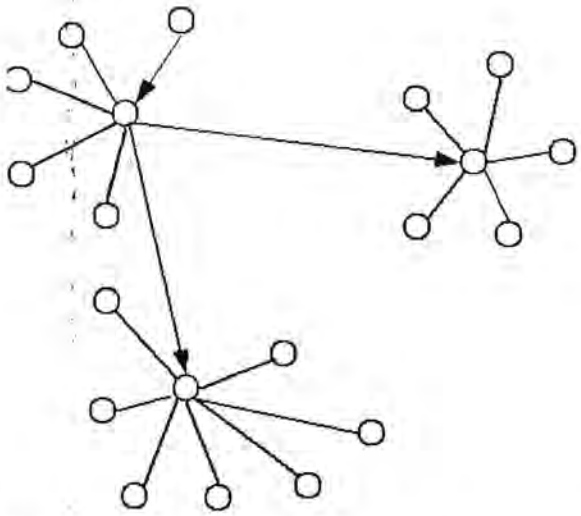
- เป็นการควบคุมการนำเข้าสินค้าได้ตรงตามกำหนดที่ต้องการ ทำให้ลดต้นทุนลงอย่างเห็นได้ชัด สามารถต่อรองลดราคาวัตถุดิบลได้ เนื่องจากเป็นการไปรับวัตถุดิบเองจาก Supplier นอกจากนี้การขนส่งในรูปแบบดังกล่าวสนับสนุนระบบ JIT ได้ดียิ่งขึ้น และมีความคุ้มค่าเนื่องจากในการไปรับวัตถุดิบแต่ละครั้งสามารถรับสินค้าได้หลากหลายชนิดทำให้ปริมาณการบรรทุกรวมเกิดการประหยัดจากขนาด (Economy of Scale) และสามารถรับวัตถุดิบได้วันละหลายรอบ. (Baudin, 2005)



รูปที่ 7 ลักษณะการกระจายสินค้าแบบ Milk run

1.2.3 ระบบฮับ

ระบบ ฮับ ถูกนำมาปรับใช้กับการขนส่งทางอากาศโดยเฉพาะการให้บริการผู้โดยสารเนื่องจากสามารถลดค่าใช้จ่ายในด้านการขนส่งได้ค่อนข้างมาก การบริหารจัดการแบบ Hub and Spoke มีลักษณะเช่นเดียวกับแนวคิดรูปแบบการขนส่งต่อเนื่องหรือ Intermodal Transportation คือ การจัดการโครงสร้างการเชื่อมโยง Network Structure ที่จะทำให้ระบบการขนส่งมีการประสานการทำงานกันได้ดีขึ้น โดยมี Hub เป็นจุดศูนย์รวมเส้นทางการเคลื่อนย้ายสินค้าที่มาจากจุดต่างๆและทำหน้าที่ในการกระจายสินค้าต่อไป (รัตนสินธุ์, 2546)



รูปที่ 8 ลักษณะการกระจายสินค้าแบบ Hub and spoke

1.3 ปัญหาเส้นทางการเดินรถ (Vehicle routing problem)

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ(Vehicle routing problem) เป็นปัญหาของการจัดการเพื่อหาจำนวนเส้นทางและลำดับของการเดินรถที่มีความเหมาะสมไปยังลูกค้าต่างๆในแต่ละเส้นทางให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายทางธุรกิจซึ่งในทางปฏิบัติจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่สำคัญต่อการจัดเส้นทางการเดินรถ(Hall and Partyka,1997) ได้แก่

- ข้อจำกัดเรื่องเส้นทาง (Route capacities) ซึ่งสะท้อนถึงขนาดของรถหรือเงื่อนไขของเวลาในการขับขี่รถบรรทุกที่กฎหมายอนุญาต
- กรอบของเวลา(Time window) เป็นการกำหนดช่วงเวลาที่จะลงสินค้าของลูกค้าแต่ละรายโดยข้อกำหนดนี้อาจเป็นได้ทั้งข้อกำหนดที่เข้มงวดคือหลีกเลี่ยงไม่ได้ (Hard constraints) และข้อกำหนดที่ไม่เข้มงวดคือผ่อนปรนได้บ้าง(Soft constraints) แต่อาจมีบทลงโทษหรือปรับ(Penalty cost)

แนวทางในการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถจะมีความซับซ้อนและเปลี่ยนไปตามรายละเอียดขององค์ประกอบของปัญหาดังตารางที่ 1.1

โดยงานวิจัยนี้ในการวางแผนการจัดเส้นทางการออกหน่วยของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ในการให้บริการแบบต่อเนื่องจะจำลองรูปแบบปัญหาให้คล้ายคลึงกับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถโดยมีโรงจอดรถหรือจุดปล่อยรถแห่งเดียว(Single depot) และทำหน้าที่เป็นคลังเวชภัณฑ์ด้วย ซึ่งความซับซ้อนของปัญหาที่เกิดขึ้นในงานวิจัยอาจจะแบ่งได้เป็น 3 ระดับเรียงจากความซับซ้อนน้อยไปมากดังนี้

- การจัดเส้นทางการเดินรถเพียง 1 เส้นทาง

- การจัดเส้นทางการเดินรถแบบหลายเส้นทาง
- ปัญหาการจัดเส้นทางแบบ Vehicle Routing Problem

ซึ่งหลายละเอียดของแต่ละปัญหาสามารถอธิบายได้ในหัวข้อ 1.3.1

ตารางที่ 1 รายละเอียดขององค์ประกอบของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ

ลักษณะของปัญหา	ทางเลือก
จุดกำเนิดของความต้องการ	ที่ตำแหน่ง(Node หรือ Point) ที่เส้นทาง(Arc หรือ Route) ที่ตำแหน่งและเส้นทาง(Mix)
ความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ	เท่ากันหมด ไม่เท่ากัน
เวลาในการขนส่งที่ยอมให้มากที่สุด	เท่ากันหมด ไม่เท่ากัน
ข้อจำกัดในด้านเวลาการขนส่ง	แบบด้านเดียว แบบสองด้าน
จำนวนยานพาหนะ	จำนวน 1 คัน จำนวนหลายคัน
ประเภทของยานพาหนะ	ประเภทเดียวกันหมด หลายๆประเภท
โรงจอดรถหรือคลังสินค้า	จำนวน 1 ที่ จำนวนหลายๆที่
ความต้องการในการขนส่ง	ความต้องการที่แน่นอน(deterministic) ความต้องการที่ไม่แน่นอน(Stochastic)

แหล่งที่มา: (Murdick และคณะ 1990)

1.3.1 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ 1 เส้นทาง (Traveling Salesman Problem, TSP)

เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนในระดับพื้นฐานที่สุดเมื่อเทียบกับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถในลักษณะอื่นๆ เนื่องจากเป็นการจัดลำดับการขนส่งสินค้าที่ใช้เส้นทางเดียวให้กับลูกค้าต่างๆโดยออกจากศูนย์กระจายสินค้าแห่งเดียวและไม่มีข้อจำกัดทางด้านเวลาและความจุของรถมาเกี่ยวข้องโดยผลลัพธ์ของเส้นทางที่จัดได้จะเริ่มและสิ้นสุดที่

ศูนย์กระจายสินค้าและผ่านลูกค้าแต่ละรายเพียงครั้งเดียวจนครบทุกราย (Laporte G., 2000)

สมมติให้โครงข่ายการขนส่ง(Network) G = [N, A, C] โดยที่ N แทนเซตของจุดส่ง (nodes) ต่างๆ A แทนเซตของเส้นทางต่างๆ (Arcs) และ C = [c_{ij}] แทนเมตริกซ์ของของ c_{ij} ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการขนส่งจากตำแหน่ง i ไปยังตำแหน่ง j โดยให้เส้นทางเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ศูนย์กระจายสินค้าซึ่งแทนด้วยจุดส่งที่ 1 หรือ node 1 สามารถจำลองปัญหา (Model Formulation) ได้ดังนี้

กำหนดให้ x_{ij}= 1 ถ้า Arc (i,j) อยู่ในเส้นทางและ x_{ij} = 0 ถ้า Arc(i,j) ไม่อยู่ในเส้นทางโดยให้ X = เมตริกซ์ของ x_{ij} ดังนั้นจะเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ได้เป็น

หาค่าต่ำสุดของ

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} C_{ij}x_{ij}$$

สมการที่ 1. 1

ภายใต้เงื่อนไข

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = b_i = 1 \qquad (j = 1, \ldots, n)$$

สมการที่ 1. 2

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = a_i = 1 \qquad (i = 1, \ldots, n;$$

สมการที่ 1. 3

$$X = (x_{ij}) \in S$$

สมการที่ 1. 4

$$x_{ij} = 0 \text{ or } 1 \qquad (i, j = 1, \ldots, n)$$

สมการที่ 1. 5

โดย S เป็นเซตที่ใช้ในการขจัดการเกิดเส้นทางย่อย (subtour) ซึ่งไม่ใช่ผลลัพธ์ของเส้นทางเดินรถที่ต้องการเนื่องจากเส้นทางย่อยที่ได้เป็นเส้นทางที่ไม่ได้เริ่มและสิ้นสุดที่จุดเริ่มต้น แต่อาจสอดคล้องกับเงื่อนไข ในสมการที่ 1.2, 1.3 และ 1.5 ซึ่งการขจัดเส้นทางย่อยดังกล่าวเรียกว่า Subtour-breaking constraints โดย S ที่เป็นไปได้ประกอบด้วย

- $S = \{(x_{ij}) : \sum_{i\in Q}\sum_{j\in Q} x_{ij} \geq 1\}$ ทุกสับเซตของ $Q \in N$ แทนการขจัดการเกิดเส้นทางย่อย (sub tour) อยู่ภายในเส้นทางการเดินรถ
- $S = \{(x_{ij}) : \sum_{i\in R}\sum_{j\in R} x_{ij} \leq |R| - 1\}$ ทุกสับเซตของ $R \in \{2,3, \ldots, n\}$ แทนเส้นทางที่เลือกจะต้องไม่มีเส้นทางที่เป็นวงซ้อนอยู่

- $S = \{(x_{ij}) : y_i - y_j + nx_{ij} \leq n-1\}$ สำหรับ $2 \leq i \neq j \leq n$ โดยสมมติให้ $y_i = t$ ถ้าลูกค้า i อยู่ในลำดับที่ t ในเส้นทางและ $y_i = 0$ ถ้าเป็นกรณีอื่น

นอกจากนี้แล้วยังมีวิธีในการจำลองปัญหาแบบอื่นๆอีกเช่น Gavish และ Graves, 1978 ได้สมมติค่าตัวแปรที่เรียกว่า Flow variables (y_{ij}) ขึ้นซึ่งเป็นตัวแปรแทนปริมาณสินค้าที่จะต้องถูกส่งจากจุด i ไปยัง จุด j และสมมติว่ามีลูกค้าจำนวน (n-1) ราย โดยการขนส่งเริ่มจากจุดส่งที่ 1 หรือ node 1 และลูกค้าแต่ละรายต้องการลงสินค้าเพียง 1 หน่วยเท่านั้นดังนั้นเมื่อมีการส่งไปยังจุดถัดไปค่า y_{ij} ก็จะมีค่าลดลงแบบจำลองปัญหาดังกล่าวสามารถเขียนได้เป็น

หาค่าต่ำสุดของ

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} C_{ij}x_{ij}$$

สมการที่ 1. 6

ภายใต้เงื่อนไข

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1 \qquad (j = 1, \ldots, n)$$

สมการที่ 1. 7

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \qquad (i = 1, \ldots, n)$$

สมการที่ 1. 8

$$\sum_{j=1}^{n} y_{ij} - \sum_{j=1}^{n} y_{ji} = -1 \qquad (i = 2, \ldots, n)$$

สมการที่ 1. 9

$$y_{ij} \leq Ux_{ij} \qquad (i, j = 1, \ldots, n)$$

สมการที่ 1. 10

$$x_{ij} = 0 \text{ or } 1 \ , y_{ij} \geq 0 \qquad (i, j = 1, \ldots, n)$$

สมการที่ 1. 11

โดยที่ $U \geq n-1$ และเงื่อนไขในสมการ 1-7 และ 1-8 เป็นจริง หมายความว่าแต่ละจุดส่ง (Node) จะมีเส้นทางเดินรถผ่านได้เพียงเส้นทางเดียวในขณะที่ข้อจำกัด 1-10 จะแทนข้อจำกัดบังคับ (Forcing constraint) ของ Flow ของ y_{ij} ที่อยู่บน Arc (i, j) มีค่า

เป็นศูนย์ถ้าเส้นทาง (Arc) ดังกล่าวไม่ได้อยู่ตามเส้นทางที่ต้องการซึ่งสะท้อนว่าถ้า x_{ij} มีค่าเท่ากับ 0 ก็จะทำให้ y_{ij} เท่ากับศูนย์

1.3.2 *ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบหลายเส้นทาง (Multiple Traveling Salesman Problem, m-TSP)*

เป็นปัญหาในการจัดลำดับการขนส่งสินค้าโดยใช้เส้นทางหลายเส้นทางให้กับลูกค้าต่างๆโดยออกจากศูนย์กระจายสินค้าเดียวโดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและความจุของรถ

สมมติให้ M เป็นจำนวนรถหรือเส้นทางซึ่งจะจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้าต่างๆจำนวน n-1 แห่งโดยทำให้ผลรวมของค่าใช้จ่ายในการขนส่งของเส้นทางจำนวน M เส้นทางมีค่าน้อยที่สุดซึ่งสามารถจำลองแบบปัญหาด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

หาค่าต่ำสุดของ

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} C_{ij}x_{ij}$$

สมการที่ 1. 12

ภายใต้เงื่อนไข

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = b_j = \begin{cases} M & \text{if } j = 1 \\ 1 & \text{if } j = 2,3,\ldots,n \end{cases}$$

สมการที่ 1. 13

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = b_i = \begin{cases} M & \text{if } i = 1 \\ 1 & \text{if } i = 2,3,\ldots,n \end{cases}$$

สมการที่ 1. 14

$$X = (x_{ij}) \in S$$

สมการที่ 1. 15

$$x_{ij} = 0 \text{ or } 1 \qquad (i,j = 1,\ldots,n)$$

สมการที่ 1. 16

โดย S เป็นเซตที่ใช้ในการขจัดการเกิดเส้นทางย่อย (Sub tour) เช่นเดียวกับที่ใช้ในปัญหาประเภท TSP

1.3.3 *ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบ Vehicle Routing Problem (VRP)*

ปัญหาแบบ VRP เป็นการหาจำนวนเส้นทางการเดินรถและลำดับของการส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังจุดต่างๆโดยทำให้ผลรวมของค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

ของรถทุกคันมีค่าน้อยที่สุดภายใต้ข้อจำกัดของการจัดส่ง เช่นความจุของรถหรือระยะเวลาในการขับขี่เป็นต้น (Laporte G., 2000)

การจำลองแบบปัญหา VRP สามารถทำได้ด้วยการสร้างสมการเชิงคณิตศาสตร์ตามลักษณะของปัญหาเช่นฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ เงื่อนไขของเวลา และความจุของรถได้ดังนี้

หาค่าต่ำสุดของ

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{v=1}^{NV} c_{ij} x_{ij}^{v}$$

สมการที่ 1. 17

ภายใต้เงื่อนไข

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{v=1}^{NV} x_{ij}^{v} = 1 \qquad (j = 2, \ldots, n)$$

สมการที่ 1. 18

$$\sum_{j=1}^{n}\sum_{v=1}^{NV} x_{ij}^{v} = 1 \qquad (i = 2, \ldots, n)$$

สมการที่ 1. 19

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ip}^{v} - \sum_{j=1}^{n} x_{pj}^{v} = 0 \ (v = 1, \ldots, NV) \ and \ (p = 1, \ldots, n)$$

สมการที่ 1. 20

$$\sum_{i=1}^{n} d_i \left(\sum_{j=1}^{n} x_{ij}^{v} \right) \leq K_v \qquad (v = 1, \ldots, NV)$$

สมการที่ 1. 21

$$\sum_{i=1}^{n} t_i^{v} \sum_{j=1}^{n} x_{ij}^{v} + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} t_{ij}^{v} x_{ij} \leq T_v \qquad (v = 1, \ldots, NV)$$

สมการที่ 1. 22

$$\sum_{j=2}^{n} x_{1j}^{v} \leq 1 \ \ (v = 1, \ldots, NV)$$

สมการที่ 1. 23

$$\sum_{i=2}^{n} x_{i1}^{v} \leq 1 \ \ (v = 1, \ldots, NV)$$

สมการที่ 1. 24

$$X \in S$$

สมการที่ 1. 25

$$x_{ij}^{v} = 0 \text{ or } 1 \qquad \text{for all i, j, v}$$

สมการที่ 1. 26

โดยที่

n= จำนวนจุดส่ง

NV= จำนวนรถ

K_v = ความจุของรถคันที่ v

T_v = ข้อกำหนดเวลาในการเดินรถของรถคันที่ v

d_i = ความต้องการของจุดส่ง i

t_i^v = เวลารถคันที่ v ใช้ในการส่งหรือบรรทุกสินค้าที่จุดส่ง i

t_{ij}^v= เวลาที่ใช้ในการเดินทางของรถคันที่ v จากจุดส่ง iไปยังจุดส่ง j

Cij = ค่าใช้จ่ายในการเดินรถของรถคันที่ v จากจุดส่ง iไปยังจุดส่ง j

กำหนดให้ $x_{ij}^v = 1$ ถ้า Arc (i, j) อยู่ในเส้นทางและ $x_{ij}^v = 0$ ถ้า Arc (i, j) ไม่อยู่ในเส้นทาง และ X = เมทริกซ์ของ x_{ij}^v ซึ่ง $x_{ij}^v = \sum_{v=1}^{NV} x_{ij}^v$

1.3.4 วิธีในการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ

ในการหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถในอดีตจะใช้คนเป็นผู้กำหนดเส้นทางโดยอาศัยประสบการณ์หรือใช้กลยุทธ์ที่ไม่ซับซ้อนในการจัดเส้นทางและไม่จำเป็นต้องมีการคำนวณที่ยุ่งยากนักเนื่องจากปัญหามีขนาดไม่ใหญ่รวมถึงมีความซับซ้อนไม่มากซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ก็จะอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่ต่อมาธุรกิจมีการเติบโตมากขึ้นรวมถึงมีการควบรวมกิจการทำให้ระบบการกระจายสินค้ามีความซับซ้อนมากขึ้นส่งผลให้ตัวปัญหาในส่วนของการจัดเส้นทางการเดินรถมีขนาดใหญ่และซับซ้อนขึ้นด้วย ซึ่งในการจัดเส้นทางที่เหมาะสมจะสามารถช่วยลดความซับซ้อนในการดำเนินงานรวมถึงสามารถลดต้นทุนลงได้เป็นจำนวนมากรูปแบบของปัญหาที่พบในระยะหลังจึงมักจะมีความซับซ้อนรวมถึงมีขนาดของปัญหาที่ใหญ่มากเกินกว่าที่จะใช้ความสามารถของคนในการจัดเส้นทางเพื่อที่จะได้คำตอบที่เหมาะสม การพัฒนานำเอาคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เราสามารถทำการคำนวณปัญหาที่มีความซับซ้อนได้ในเวลาที่สั้นลงสามารถนำเอาวิธีการหาคำตอบที่เป็นระบบและความซับซ้อนรวมถึงมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นมาประยุกต์ใช้กับปัญหาจริงที่เกิดขึ้นได้ การหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดการการเดินรถสามารถแยกออกเป็น 2 แนวทางคือการหาคำตอบแบบ

Exact Optimization และHeuristic Optimization ซึ่งทั้ง 2 แนวทางนั้นจะมีจุดเด่นและจุดด้อยที่แตกต่างกันคือ การหาคำตอบแบบ Exact Optimization จะได้คำตอบในรูปของค่าคำตอบที่ดีที่สุด(Mathematical Optima) ซึ่งจะต้องสร้างตัวแปรทางคณิตศาสตร์สำหรับการแก้ปัญหาและใช้ระยะเวลาในการคำนวณสูงเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ส่วนแนวทางการหาคำตอบแบบ Heuristic Optimization คำตอบที่ได้จะอยู่ในรูปของค่าใกล้เคียงค่าดีที่สุด (Approximate Optima) โดยที่ใช้เวลาในการคำนวณที่น้อยมากเมื่อเทียบกับแนวทางการหาคำตอบแบบ Exact Optimization และเนื่องจากรูปแบบของปัญหาในทางปฏิบัติมีความซับซ้อนและมีขนาดใหญ่แนวทางการแก้ปัญหาในทางปฏิบัติจึงจำเป็นต้องอาศัยการประยุกต์ใช้วิธีแก้ปัญหาแบบ Heuristics Optimizationในการหาคำตอบ (**พงศ์พัฒน์** โตตระกูล, 2549)

1.3.4.1 <u>วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Optimization)</u>

วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้สำหรับหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเชิงการจัด(Combinatorial optimization) นั้นมีด้วยกันหลากหลายวิธีซึ่งวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายได้แก่

- การโปรแกรมเชิงเส้นตรง(Linear Programming: LP) เป็นการประยุกต์ใช้วิธีการแก้ไขปัญหาทางการจัดสรรทรัพยากรที่มีลักษณะควบคุมสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องเป็นเชิงเส้นตรงทั้งหมดเพื่อทำการกำหนดเส้นทางเดินรถโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจให้ได้ค่าของฟังก์ชั่นเป้าหมายที่ดีที่สุด
- วิธีการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต(The Branch-and-Bound Algorithm) เป็นวิธีซึ่งใช้หลักการของการตัดทอนการแจงนับวิธีการนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ การแตกกิ่ง(Branching) คือกระบวนการแบ่งส่วนของปัญหาที่มีขนาดใหญ่ให้เป็นปัญหาย่อย 2 ปัญหาหรือมากกว่า ส่วนการจำกัดเขต(Bounding) คือกระบวนการหาค่าขอบเขตล่าง(Lower Bound) ของคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาย่อยที่กำหนดให้ ในระหว่างขั้นตอนของการแตกกิ่งจะมีการแทนที่ปัญหาเริ่มต้นด้วยเซตของปัญหาใหม่ที่มีลักษณะดังนี้

- ปัญหาตั้งเดิมจะถูกแตกออกเป็นหลายปัญหาย่อยที่ไม่เกิดขึ้นร่วมกันและมีการแจงกรณีทั้งหมดที่เป็นไปได้

- ปัญหาย่อยจะเป็นกรณีหนึ่งของปัญหาเดิมที่หาคำตอบได้แล้วบางส่วน และสุดท้ายปัญหาย่อยเหล่านี้จะมีขนาดเล็กกว่าปัญหาเดิม (ปารเมศ ชุติมา, 2546)

- การโปรแกรมแบบไดนามิก(Dynamic Programming) เป็นวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยแบ่งกลุ่มของจุดเชื่อมที่พิจารณาเส้นทางออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่จัดเส้นทางไปแล้วและกลุ่มที่ยังไม่ได้จัดเส้นทางจากนั้นพิจารณาเส้นทางที่ดีที่สุดทุกครั้งที่เลือกเชื่อมจุดเชื่อมหนึ่งจุดใดๆเข้ากับกลุ่มของจุดเชื่อมที่จัดเส้นทางไปแล้ว

1.3.4.2 <u>การหาคำตอบด้วยวิธีการแบบฮิวริสติกส์(Heuristic Optimization)</u>

การหาคำตอบด้วยวิธีการแบบฮิวริสติกส์มีลักษณะการทำงานแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ

- Uniformed Search หรือ Blind Search เป็นวิธีในการหาคำตอบโดยไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนขั้นตอนหรือ Path Cost จากสภาวะปัจจุบัน(Current State) ไปสู่สภาวะเป้าหมาย(Goal State) ตัวอย่างของวิธีการหาคำตอบในกลุ่มลักษณะการทำงานแบบนี้คือ
  - Breadth-first search มีวิธีการขยายการค้นหาคำตอบจากเป้าหมายที่อยู่ใกล้ที่สุดก่อน เป็นวิธีที่สมบูรณ์และให้ค่าที่เหมาะสมที่สุดแต่ใช้หน่วยความจำสูง
  - Depth-first search มีวิธีการขยายการค้นหาคำตอบไปยังส่วนที่ลึกที่สุดของแผนผังต้นไม้เป็นวิธีการหาคำตอบที่ไม่สมบูรณ์และไม่จำเป็นจะต้องให้ค่าที่เหมาะสมที่สุดแต่ใช้หน่วยความจำน้อยกว่าวิธี Breadth-first search

- Depth-limited search มีวิธีการคล้ายกับวิธีDepth-first search เพียงแต่จะขยายการค้นหาคำตอบไปยังส่วนที่ลึกที่สุดแต่ไม่เกินระดับความลึกที่กำหนดให้
- Iterative Deeping search มีวิธีการคล้ายกับวิธี Depth-first search เพียงแต่จะขยายการค้นหาคำตอบไปยังระดับที่ลึกที่สุดไม่เกินค่า L โดยจะมีการปรับค่า L เพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ เป็น L+1, L+2, L+3...
- Uniform Cost search มีวิธีในการขยายการค้นหาคำตอบโดยเลือกขยายคำตอบจาก Node ที่มีค่าประจำ Path ที่ต่ำที่สุด(Minimize the cost of path)

- Informed search หรือ Heuristic Search จะอาศัยข้อมูลในการเปลี่ยนจากสภาวะปัจจุบันไปสู่เป้าหมายซึ่งวิธีนี้จะมีประสิทธิภาพมากกว่า Uniformed search และมีวิธีการหาคำตอบหลากหลายวิธีดังนี้
  - Greedy search เป็นวิธีการหาคำตอบที่มีวิธีการขยายการค้นหาคำตอบจากคำตอบที่ดีที่สุดในปัจจุบันไปยังคำตอบใหม่โดยการประเมินค่าใช้จ่ายในการขยายจากสภาวะปัจจุบัน (Particular state) ไปยังสภาวะเป้าหมาย (Goal)โดยฟังก์ชั่นในการคำนวณตัวประเมินค่าใช้จ่ายจะถูกเรียกว่า Heuristic Functionโดยจะเป็นความสัมพันธ์ใดๆซึ่งในสภาวะเป้าหมายจะมีค่า h(n) = 0 วิธีการนี้จะมีค่าใช้จ่ายในการค้นหาคำตอบที่ต่ำที่สุดและมีความรวดเร็วในการทำงานแต่จะไม่รับประกันว่าจะให้ค่าที่เหมาะสมที่สุดและถ้าไม่มีเงื่อนไขป้องกันการทำวนรอบซ้ำก็จะเกิดกรณีที่ไม่สามารถให้ผลตอบที่ดีขึ้นได้(Local Optima)นอกจากนี้ผลตอบที่ได้จะขึ้นอยู่กับจุดเริ่มต้นในการค้นหาอีกด้วย

- Admission search (A search) เป็นวิธีการหาคำตอบที่เป็นวิธีการที่มีการปรับปรุงเอาข้อดีของ Greedy search และ Uniformed-cost search เข้าไว้ด้วยกันเนื่องจาก Greedy search เป็นวิธีการหาคำตอบที่ใช้หลักการคำนวณค่าคาดหมายที่ต่ำสุดในการไปยังสภาวะเป้าหมายแต่เป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่ไม่สมบูรณ์และไม่ให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดส่วน Uniformed-cost search เป็นวิธีการหาคำตอบที่ใช้หลักการในการคำนวณหาค่าใช้จ่ายประจำ Path ที่ต่ำที่สุด(Minimize the cost of path) ซึ่งเป็นวิธีการหาคำตอบที่สมบูรณ์และให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดแต่ไม่มีประสิทธิภาพดังนั้นวิธีการของ Admission search จะสร้างฟังก์ชั่นสำหรับประเมินค่าขึ้นมาใหม่ดังนี้

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

สมการที่ 1. 27

เมื่อ

f (n) = ค่าใช้จ่ายคาดหมายของคำตอบที่น้อยที่สุดผ่าน Node ที่ n

g (n) = ค่าใช้จ่ายประจำ path (path cost) จาก Node เริ่มต้นไปยัง Node ที่ n

h (n) = ค่าใช้จ่ายคาดหมายที่น้อยที่สุดจาก Node ที่ n ไปยัง Node ที่เป็นเป้าหมาย

ซึ่งเป็นการรวมเอาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงและค่าใช้จ่ายโดยประมาณในการไปยังเป้าหมายมาใช้ในการพิจารณาทำให้สามารถหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นภายในเวลาที่น้อยลงแต่มีข้อควรระวังคือในการเลือกใช้ Heuristic function ที่เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพ ต้องไม่เป็นตัวประเมินค่าที่มากเกินจริง

- A*search เป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่พัฒนาปรับปรุงมาจากวิธีการ Admission search โดยเข้าไปจัดการกับปัญหาใน

การเลือกใช้ Heuristic function ไม่ให้เกิดการประเมินค่าที่มากเกินจริงโดยการเพิ่มข้อจำกัด(Constraint) ให้กับ Heuristic function ด้วยความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$h(n) \leq h^*(n)$ สำหรับทุก Node n ใน Search space

เมื่อ

$h^*(n)$ คือค่าใช้จ่ายที่แท้จริงที่ต่ำสุดจาก Node n ไปยังเป้าหมายซึ่งเราจะเรียก h(n) ที่มีสอดคล้องกับเงื่อนไข $h(n) \leq h^*(n)$ ว่า Admission Heuristic และมีฟังก์ชั่นที่ใช้ในการประเมินค่ารวมถึงขั้นตอนในการทำงานแบบเดียวกับของวิธี Admission search

- Saving Algorithm เป็นวิธีการในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถที่เป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวางเหมาะสำหรับปัญหาที่ไม่ได้จำกัดจำนวนยานพาหนะ โดยจะทำการรวมเส้นทางสองเส้นทางด้วยกันถ้าทำให้ค่าใช้จ่ายลดลงซึ่งมีกระบวนการในการแก้ปัญหา 2 แนวทางคือ การแก้ปัญหาแบบขนาน(Parallel version) แนวทางนี้จะทำการหาการรวมสองเส้นทางที่ลดค่าใช้จ่ายได้มากที่สุดเข้าด้วยกัน(Best Feasible Merge) และการแก้ปัญหาแบบอนุกรม (sequential version) จะทำการรวมสองเส้นทางเข้าด้วยกันถ้าทำให้ค่าใช้จ่ายลดลงแล้วจะพยายามหาทางรวมเส้นทางอื่นเข้ากับเส้นทางเดิมนี้จนกว่าจะไม่สามารถรวมเส้นทางได้ก็จะไปพิจารณาที่เส้นทางอื่นจนกว่าจะไม่สามารถมีการรวมเส้นทางได้อีก(Larporte et al.,2000)
- Push Forward Insertion Heuristic (PFIH) เป็นฮิวริสติกส์ที่ใช้ในการสร้างเส้นทางเริ่มต้นโดยการคำนวณค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการแทรกลงไประหว่างEdge ที่มีอยู่แล้วในเส้นทางโดยเลือกตำแหน่งที่มีค่าใช้จ่ายในการแทรกที่ต่ำที่สุดวนทำตามขั้นตอนดังกล่าวไปจนกว่าจะไม่สามารถแทรกลูกค้าลง

ไปในเส้นทางเดิมได้ก็จะเริ่มเส้นทางใหม่แล้ววนทำขั้นตอนเดิมซ้ำไปจนกว่าจะแทรกลูกค้าลงไปในเส้นทางได้ครบทั้งหมดวิธีการนี้เป็นวิธีการที่ง่ายตรงไปตรงมาและมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดี(Tan et al.,2001)

- λ-Interchange Local search method เป็นวิธีการในการปรับปรุงผลคำตอบโดยการแลกเปลี่ยนลูกค้า (Node)ระหว่างเซตของเส้นทาง(Route) วิธีการนี้จัดเป็น Neighborhood searching algorithm ที่มีประสิทธิภาพสูงวิธีหนึ่งซึ่งขั้นตอนเริ่มแรกคือ ทำการเลือกเส้นทางมา 2 เส้นทางแล้วทำการเลือกลูกค้าที่จะทำการแลกเปลี่ยนกันโดยอาจใช้วิธีการเลือกที่เป็นระบบหรือใช้วิธีการเลือกโดยการสุ่มเลือก และจำนวนลูกค้าที่จะทำการแลกเปลี่ยนนั้นจะเป็นค่าที่ถูกกำหนดไว้ที่ค่าของ λ เช่นกำหนดให้ $\lambda = 1$ และ $\lambda = 2$ หมายความว่าจำนวน Node ที่จะทำการแลกเปลี่ยนระหว่าง Route จะไม่เกิน 2 โหนด ซึ่งในกรณีนี้จะทำให้เกิด Interchange operator ในการแลกเปลี่ยนกันได้ 8 แบบ คือ

  (0,1),(1,0),(1,1),(0,2),(2,0),(2,1),(1,2),(2,2) โดยที่ operator (1,2) สำหรับเส้นทาง 2 เส้นทาง(Rp,Rq) หมายความว่า จะทำการย้าย 2 Node จาก Rq ไปยัง Rp และทำการย้าย 1 node จากRp ไปยัง Rq โดยจะยอมรับเฉพาะคำตอบที่ดีขึ้นเท่านั้นโดยมี 2 กลยุทธ์ที่ใช้ในการเลือกคือ First-Best (FB) คือจะเลือกคำตอบแรกที่มีการปรับปรุงค่าดีขึ้น Global-Best (GB) คือจะทำการค้าหาผลลัพธ์ของทั้ง Neighborhood แล้วเลือกคำตอบที่ดีที่สุด

โดยการแลกเปลี่ยน Node ระหว่าง route ทั้ง 8 แบบที่ได้กล่าวมานั้นสามารถสรุปได้เป็น 4 ลักษณะตามแนวทางของ Van Breedam คือ

- String Cross(SC) เป็นการย้ายที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Tail Sweep เนื่องจากเป็นการสลับส่วนปลายของเส้นทาง 2 เส้นทาง
- String Exchange(SE) เป็นการสลับลูกค้าในเส้นทางของสองเส้นทาง
- String Relocation(SR) เป็นการย้ายลูกค้าจากเส้นทางหนึ่งมาอีกเส้นทางหนึ่งโดยที่เส้นทางถูกย้ายไปไม่มีการย้ายลูกค้าที่มีอยู่ในเส้นทางกลับมาอีก
- String Mix(SM) เป็นการเลือกเอาค่าที่ดีที่สุดระหว่างวิธี SE กับ SR

ซึ่งหากการปรับปรุงค่าตาม Neighborhood ได้ค่าที่ดีขึ้นก็จะทำการวนซ้ำไปจนกว่าจะไม่มีการปรับปรุงค่าคำตอบอีก โดยคำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดสัมพัทธ์ (Local optima) และจะเห็นได้ว่าผลตอบที่ได้ขึ้นอยู่กับจุดเริ่มต้นในการหาคำตอบ

- Local search method with diversification (LS-DIV) เป็นวิธีการที่พัฒนาต่อจาก Local Search Method เพื่อแก้ปัญหาในเรื่องของการไปติดอยู่ใน Local Optima โดยเพิ่มกลไกที่เรียกว่า Diversification Mechanism(Tan et al, 2001) เพื่อให้มีการค้นหาในอาณาเขตที่กว้างมากขึ้น โดยอาศัยแนวคิดที่ว่าเมื่อ Local search method ไม่สามารถให้คำตอบที่มีการปรับปรุงขึ้นได้นั่นคือกำลังติดอยู่ใน Local Optima ด้วยกลไก Diversification Mechanism จะทำการ

สุ่มเส้นทางขึ้นมาแล้วทำการสุ่มย้ายหรือแลกเปลี่ยน Node ทำให้คำตอบปัจจุบันจะหลุดไปยัง Neighbor อื่นอย่างสุ่ม ซึ่งจะได้ Initial solution ใหม่จากนั้นนำเอาวิธีการของ λ-interchange local search method มาใช้อีกครั้งแล้ววนทำตามขั้นตอนการหาคำตอบซ้ำและเนื่องจากวิธีการดังกล่าวไม่มีในการหยุดการวนซ้ำ ดังนั้นจะต้องมีการกำหนดว่าจะให้มีการทำงานเป็นจำนวนเท่าใดซึ่งถ้ามีเวลาในการค้นหามากพอจะทำให้ได้คำตอบที่เข้าใกล้กับคำตอบที่เหมาะสมที่สุด(Optimal Solution)

- Fisher and Jaikumar Algorithm เป็นแนวทางในการหาคำตอบที่จะทำการแบ่งกลุ่มลูกค้าก่อนแล้วจึงทำการจัดเส้นทาง โดยมีขั้นตอนในการทำงานเริ่มจากกำหนดจำนวนรถทั้งหมด K คันแล้วทำการแก้ปัญหา Generalized Assignment Problem (GAP) เพื่อทำการจัดกลุ่มลูกค้าเป็นทั้งหมด K กลุ่มแล้วจึงทำการแก้ปัญหา Traveling Salesman Problem (TSP) เพื่อทำการจัดเส้นทางให้กลุ่มลูกค้าแต่ละกลุ่ม
- Sweep Approach เป็นวิธีการในการหาคำตอบที่ทำการแบ่งกลุ่มลูกค้าก่อนแล้วจึงทำการจัดเส้นทางโดยกำหนดจุดรับของลูกค้า (Node) อยู่ในพิกัดเชิงมุม (Polar coordinate) ให้คลังสินค้าเป็นจุดศูนย์กลางแล้วทำการกวาดมุมโดยหมุนตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกาเมื่อกวาดมุมไปพบ Node ใดก็จะเพิ่ม Node ดังกล่าวเข้าไปในเส้นทาง(Route) และเมื่อทำการกวาดมุมและเพิ่มเข้าไปในเส้นทางจนไม่สามารถเพิ่มเข้าไปอีกได้เนื่องจากไม่สอดคล้องกับเงื่อนข้อจำกัด(Constraints) เช่น เรื่องความจุของรถ ก็จะทำการปิดเส้นทางแล้วกำหนดเส้นทางใหม่แล้วกวาดมุมเพิ่มและ

ทำการจัดแบ่ง Node ลงไปจนกว่าจะกวาดครบรอบและจัดแบ่ง Node ลงเส้นทางได้ทั้งหมด จากนั้นสำหรับแต่ละเส้นทางที่ได้แบ่งลูกค้าไว้ก็จะนำวิธีการแก้ปัญหาแบบ Traveling Salesman Problem(TSP) มาประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทางให้กับลูกค้าและกลุ่มซึ่งวิธีการนี้มีข้อบกพร่องในกรณีที่คลังสินค้าไม่ได้อยู่ที่จุดศูนย์กลางของพื้นที่ซึ่งจะมีผลทำให้ไม่สามารถจัดแบ่งจุดรับของลูกค้าลงไปในแต่ละเส้นทางได้อย่างสมดุล(Tan et al, 2001)

- Petal Algorithm เป็นวิธีการในการแก้ปัญหาโดยการนำเอาแนวคิดและวิธีการของ Sweep Algorithm มาประยุกต์ใช้ในการสร้างเส้นทางเบื้องต้นโดยจะเรียกว่า Petals จากนั้นจะทำการตัดสินใจเลือกโดยแก้ปัญหา Set partitioning problem

นอกจากวิธีฮิวริสติกส์ดังกล่าวข้างต้นแล้วยังได้มีการคิดค้นฮิวริสติกส์อื่นที่ใช้ในการปรับปรุงคำตอบเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมมากขึ้นโดยฮิวริสติกส์ที่ใช้ในการปรับปรุงคำตอบที่มักนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถได้แก่

- 2-Opt exchange operator เป็นวิธีการปรับปรุงคำตอบโดยอาศัยการแลกเปลี่ยนเส้นเชื่อม(Edges Exchange) โดยวิธีของ 2-opt จะตัดเส้นเชื่อมออกจากเส้นทาง 2 เส้น ทำให้เส้นทางถูกแยกออกเป็น 2 ส่วน กลับทิศเส้นทางแล้วเชื่อมเส้นทางกลับใหม่
- 3-Opt exchange operator เป็นวิธีการปรับปรุงคำตอบที่อาศัยการแลกเปลี่ยนเส้นเชื่อมเช่นเดียวกันกับวิธี2-Opt exchange operatorแต่เส้นเชื่อมที่ถูกตัดออกและเชื่อมกลับไปใหม่จะมี 3 เส้น

- Or-Opt exchange เป็นวิธีในการปรับปรุงคำตอบโดยการย้ายชุดของจุดรับในเส้นทางไปยังตำแหน่งใหม่โดยชุดของจุดรับที่ทำการย้ายจะอยู่ในลำดับต่อเนื่องกันในเส้นทาง
- Relocate Operator เป็นวิธีการปรับปรุงคำตอบโดยการย้ายตำแหน่งของจุดรับสินค้าไปยังตำแหน่งอื่นในเส้นทาง

- Meta-heuristic Search
  - Simulated Annealing (SA) เป็นวิธีการในการค้นหาคำตอบโดยที่การค้นหายอมให้ข้ามไปยังสภาวะถัดไปทั้งในกรณีที่ทำให้เกิดค่าที่ดีขึ้นค่าที่แย่ลงโดยใช้การสุ่มเพื่อหลีกเลี่ยงการวนรอบของการปรับปรุงค่าที่ไม่ทำให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น โดยในกรณีที่การปรับปรุงคำตอบให้ค่าที่ดีขึ้นจะยังมีโอกาสในการยอมรับคำตอบนั้นด้วยความน่าจะเป็นค่าหนึ่งโดยจะยังเก็บค่าของคำตอบที่ดีที่สุดไว้เป็นค่า Heuristic optimum ซึ่งเงื่อนไขในการยอมรับคำตอบใหม่แม้ว่าจะให้ค่าแย่กว่าเดิมมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$e^{-\Delta/T} > \theta$$

สมการที่ 1. 28

เมื่อ

Δ คือ ผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายที่ได้ของคำตอบใหม่กับค่าใช้จ่ายของคำตอบเดิม

T คือ ตัวแปรอุณหภูมิซึ่งจะมีแนวโน้มลดค่าลงจากค่าสูงมาเป็นค่าต่ำ

θ คือ ตัวแปรสุ่มระหว่าง 0 ถึง 1

จากความสัมพันธ์ดังกล่าวพบว่าเมื่อพิจารณาค่า T ซึ่งมีการปรับลดค่าลงจากค่ามากมาสู่ค่าน้อย (จนเกือบจะเป็นศูนย์) จะทำให้ในช่วงเริ่มต้นซึ่ง T มีค่าบวกทำให้ Δ/T มีค่าเข้าใกล้ 0 ทำให้ $e^{-\Delta/T}$ มีค่าเข้าใกล้ 1 จะมีโอกาสสูงที่จะมีค่ามากกว่า θ

ซึ่งเป็นตัวแปรสุ่มในช่วง [0,1] นั่นคือ ในช่วงแรกจะมีโอกาสสูงที่จะยอมรับคำตอบใหม่แม้ว่าค่าใช้จ่ายที่ได้จะมีค่าแย่ลงกว่าเดิม แต่เมื่อค่า T ลดลงจนเข้าใกล้ 0 จะทำให้ Δ/T มีค่าสูงมากทำให้ $e^{-\Delta/T}$ มีค่าเข้าใกล้ 0 ดังนั้นมีโอกาสน้อยมากที่จะมีค่ามากกว่า θ นั่นคือในช่วงหลังจะมีโอกาสน้อยมากที่จะยอมรับคำตอบที่ให้ค่าแย่ลงกว่าเดิมและเมื่อพิจารณาค่าของ Δ ก็จะพบว่าการที่ Δ มีค่าต่ำคือ ค่าที่ได้จากคำตอบใหม่แย่กว่าเดิมไม่มาก จะมีค่าความน่าจะเป็นสูงในการที่จะยอมรับคำตอบแม้ว่าคำตอบนั่นจะมีค่าแย่ลงกว่าเดิม ส่วนในกรณีที่ Δ สูงๆ จะมีความน่าจะเป็นต่ำในการที่จะยอมรับคำตอบใหม่ที่มีค่าแย่ลงกว่าเดิม ซึ่งแนวคิดและวิธีการนี้คือ ทำให้การหาคำตอบสามารถตรวจสอบ(Explore) ได้อย่างทั่วถึงในระยะแรกและจำกัดพื้นที่สำหรับการค้นหาลงมาให้เหลือเฉพาะบริเวณที่มีประสิทธิภาพในภายหลัง

- Deterministic Annealing เป็นวิธีการในการแก้ปัญหาที่มีหลักการและขั้นตอนเหมือนกันวิธีการ Simulated Annealing เพียงแต่กฎเกณฑ์ที่ใช้ในการยอมรับคำตอบใหม่จะเป็นกฎเกณฑ์ในลักษณะที่แน่นอน (Deterministic rule) ซึ่งเทคนิคที่นิยมใช้จะมีอยู่สองแบบคือแบบ Threshold Technique และแบบ Record to Record Travel โดยแบบ Threshold technique นั้นในรอบการทำงานที่ t คำตอบในรอบที่ t+1 ซึ่งคือ X_{t+1} จะถูกยอมรับถ้าสอดคล้องกับเงื่อนไข $f(x_{t+1}) < f(x_t) + \alpha_1$ โดยที่ α_1 จะคือพารามิเตอร์ที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด ส่วนในแบบ Record to record travel นั้นรอบการทำงานที่ t คำตอบในรอบที่ t+1 ซึ่งคือ X_{t+1} จะถูกยอมรับถ้าสอดคล้องกับเงื่อนไข $f(x_{t+1}) < \alpha_2 f(x_t)$ โดยที่ α_2 จะคือพารามิเตอร์ที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดซึ่งมักจะมีค่ามากกว่า 1

- TABU search เป็นแนวทางในการหาคำตอบแนวทางหนึ่งที่จะยอมให้สามารถค้นหาคำตอบไปยังคำตอบที่ไม่ทำให้ค่าที่ดีขึ้นได้ (Nonimproving move) ทำให้สามารถหลุดออกจาก Local optimum ได้ซึ่งอาจจะทำให้เกิดกรณีที่เกิดการย้ายจุดอย่างไม่สิ้นสุด(Infinite cycling) และการปรับปรุงค่าครั้งต่อไปจะทำให้คำตอบย้ายกลับมาสู่จุดเดิม แนวทางของ TABU search ก็คือการห้ามปรับปรุงค่าบางแนวทาง (TABU move) ซึ่งคำว่า TABU โดยในความหมายแล้วก็คือข้อห้าม ดังนั้นในทุกๆรอบการทำงาน (Iteration) จะเก็บคำตอบไว้ใน Tabu list และเลือกค่าที่ดีที่สุดเป็น Heuristic optimum และจะไม่ยอมให้มีการ move ไปยังคำตอบที่ถูกเก็บอยู่ใน TABU list โดย TABU จะถูกเก็บไว้ใน TABU list ตามขนาดที่กำหนดไว้ และมักจะใช้กฎ First-in-first-out ในการจัดการ TABU list ซึ่งขนาดของ TABU list นั้นมีผลต่อคำตอบที่ได้โดยถ้ามีการห้ามปรับปรุงค่า (TABU move) มากเกินไปจะทำให้ค่าคำตอบที่ได้มีค่าไม่ดี แต่หากจำนวนการห้ามปรับปรุงค่ามีอยู่น้อยเกินไปจะทำให้คำตอบยังวนอยู่ใน Local Optimum (Tan, 2001) ซึ่งโครงสร้างของ TABU list จะมีอยู่ 2 แบบ โดยแบบแรกจะทำการเก็บ Node ที่ทำการ move ล่าสุดไว้ใน Tabu list ซึ่งมีโครงสร้างในลักษณะ {R1,Node 1; R2,Node 2; R3,Node 3;...} ทำให้การพยายามย้าย Node ใดๆที่อยู่ใน TABU list ตาม Route ที่กำหนดจะเป็นข้อห้าม สำหรับแบบที่สอง จะทำการเก็บทั้งเส้นทางซึ่งมีโครงสร้างในลักษณะ{ 5-8-8-7-2; 12-4-6-3-21; 11-3-13-32-15;...} ทำให้การพยายามย้ายใดๆที่ทำให้มีโครงสร้างของเส้นทางตรงกับใน TABU list จะเป็นข้อห้าม

- Genetic Algorithm เป็นวิธีที่มีแนวคิดเลียนแบบมาจากธรรมชาติของการคัดเลือกโดยธรรมชาติและการวิวัฒนาการ ซึ่งในธรรมชาติโครโมโซมของพ่อแม่ซึ่งภายในประกอบด้วยยีนหลายตัวจะมีการ Crossover กันทำให้ได้รุ่นลูกที่มีโครโมโซมแตกต่างกันได้หลายแบบรวมถึงการวิวัฒนาการที่มีการเปลี่ยนแปลงของยีน

การทำงานจะเริ่มต้นโดยการสร้างเส้นทางเริ่มต้น(Initial solution) ขึ้นมาหลายๆแบบตามขนาดประชากร (Population size) ที่กำหนด โดยเส้นทางแต่ละแบบคือโครโมโซม จากนั้นทำการเลือก (Selection) โครโมโซมออกมาโดยโครโมโซมที่มีให้ค่า Fitness value ที่ดี (ทำให้ได้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำ) จะมีโอกาสในการถูกคัดเลือกสูง จากนั้นคู่โครโมโซมที่ถูกเลือกจะทำการแลกเปลี่ยนยีนกัน (crossover) เพื่อที่จะได้ประชากรรุ่นถัดไป นอกจากนี้ยังมีกระบวนการกลายพันธุ์ (Mutation) คือการสุ่มสลับยีนที่มีอยู่ในโครโมโซมเดียวกันด้วยความน่าจะเป็นที่กำหนด (p_m)

- Hybrid heuristic of SA and TABU (SA-TABU) เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาที่รวมเอาข้อดีของทั้ง SA และ Tabu เข้าไว้ด้วยกันเพื่อแก้ปัญหาในการวนเป็นวัฏจักรและใช้เวลาในการคำนวณที่มากเกินไปและให้มีการทำงานที่มีประสิทธิภาพโดยจะใช้วิธีการทำงานหลักเหมือนกันกับ Simulated Annealing(SA) และใช้ TABU search มาช่วยจดจำคำตอบที่ได้ทำไป
- Hybrid GA(HGA) เป็นวิธีการที่นำเอาแนวคิดของ GA มาปรับปรุงโดยการเพิ่มในส่วนของการ Grouping คือการจัดกลุ่มลูกค้าที่จัดแบ่งลงในเส้นทางโดยใช้วิธีการของ Local search เข้ามาเป็นกลไกในการจัดกลุ่มยกตัวอย่างเช่น โครโมโซม 2 5 8 10 12 9 3 7 6 1 4 11 จะทำการจัดกลุ่ม

เป็น [4 4 4] หรือ [3 6 3] หรือ [5 5 2] เป็นต้นซึ่งมีส่วนช่วยให้ได้คำตอบที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

- Ant System Algorithm เป็นวิธีการที่ได้แรงบันดาลใจมาจากพฤติกรรมตามธรรมชาติของมดในการออกไปค้นหาอาหาร โดยในเส้นทางที่มดใช้ในการค้นหาอาหารนั้นมันจะทำการปล่อยสารที่เรียกว่า ฟีโรโมน(Pheromone) โดยคุณภาพของฟีโรโมนจะขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่าง คือ คุณภาพของแหล่งอาหารและระยะทางที่ใช้ในการเดินทางไปยังแหล่งอาหาร โดยฟีโรโมนนี้จะเป็นตัวดึงดูดมดตัวอื่นให้มาสนใจเส้นทางซึ่งเส้นทางใดที่นำไปสู่แหล่งอาหารที่น่าสนใจที่สุดก็จะมีมดเลือกใช้เส้นทางนี้มากขึ้นและทำการปล่อยฟีโรโมนทิ้งไว้ทำให้ระดับของฟีโรโมนมีการสะสมเพิ่มมากขึ้นด้วยกระบวนการดังกล่าวนี้จะทำให้ได้วิธีการที่มีประสิทธิภาพในการค้นหาอาหารสำหรับกองทัพมดจากแนวคิดดังกลาวจึงได้มีการนำมาประยุกต์ใช้เป็นวิธีในการหาคำตอบให้กับปัญหาเส้นทางการเดินรถโดยเริ่มทำการจัดเส้นทางการเดินรถก่อนแล้วค่อยทำการปรับปรุงฟีโรโมน (Trial Update) ซึ่งจะทำให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดที่ให้ค่าฟีโรโมนที่สูงที่สุด (Lau, H. S. ,2003)

1.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ(Vehicle Routing Problem: VRP) มีการศึกษาอย่างเป็นระบบมาเป็นเวลานานตั้งแต่อดีตซึ่งในระยะ 30-40 ปีให้หลังปัญหานี้ได้รับความสนใจและมีการศึกษากันอย่างกว้างขวางในแง่มุมที่หลากหลายรวมถึงมีความซับซ้อนใกล้เคียงกับปัญหาที่ได้พบในสถานการณ์จริงมากยิ่งขึ้นรวมทั้งมีการพัฒนาวิธีการและแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่หลากหลายโดยมีจุดเริ่มต้นมาจากบทความของ Dantzig and Ramser ซึ่งมีการตีพิมพ์ในช่วงปลายทศวรรษ 1950 ซึ่งเหตุผลที่ปัญหานี้ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากนั้นสืบเนื่องมาจากประการแรก ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถนั้นเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในชีวิตประจำวัน ประการที่

สองปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถเป็นปัญหาที่มีความน่าสนใจทางทฤษฎีและมีความซับซ้อนในการหาคำตอบ โดยตัวปัญหาจะถูกแบ่งพิจารณาออกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ ปัญหากลุ่มแรกจะมีลักษณะเป็นแบบ Deterministic ซึ่งทราบข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดก่อนเริ่มทำการจัดเส้นทาง กับปัญหากลุ่มที่สองซึ่งมีลักษณะเป็นแบบ Dynamic (Landrieu, 2001) ซึ่งข้อมูลที่จำเป็นจะไม่ทราบแน่นอนก่อนการจัดเส้นทางแต่จะทยอยกันออกมาในระหว่างที่ทำการจัดเส้นทางโดยในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงการศึกษาที่ผ่านมาของการจัดเส้นทางการเดินรถที่เป็นลักษณะ Deterministic เท่านั้น

ปัญหาพื้นฐานของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถซึ่งเป็นที่รู้จักและมีการศึกษากันมากที่สุดคือปัญหา Travelling Salesman Problem ซึ่งมีจุดเริ่มต้นในช่วงทศวรรษที่ 1920 โดยนักคณิตศาตร์และนักเศรษฐศาตร์ที่มีชื่อว่า Karl Menger จากนั้นก็มีการศึกษากันเรื่อยมาและปัญหานี้ถูกทำให้ได้รับความนิยมและเป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวางโยนักคณิตศาตร์ที่ชื่อ Merill Flood จากนั้นในปี 1954 George Dantzig Ray Fulkerson และ Selmer Johnson ได้เสนอวิธีในการหาคำตอบในการจัดเส้นทางซึ่งสามารถจัดการกับปัญหาในการจัดเส้นทางในการเดินทางซึ่งมีเมืองที่ต้องผ่านขนาด 49 เมืองได้ จากนั้นก็มีการศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถต่อเนื่องเรื่อยมาจนกระทั่งในปี 2004 Applegate Bixby Chva'tal Cook และ Helsgaun สามารถหาเส้นทางที่เหมาะสมในการเดินทางผ่านไปยังเมือง 24,978 เมืองในประเทศสวีเดน สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ(VRP) นั้นถือได้ว่าเป็นกรณีทั่วไปของปัญหา TSP ซึ่งมีรถหรือยานพาหนะที่ใช้ในการเดินทางได้มากกว่า 1 คันโดยตัวปัญหาจะถูกแบ่งออกเป็นประเภทย่อยๆอีกหลายประเภทตามลักษณะเฉพาะตัวของปัญหาโดยในระยะแรกนั้นจะมีการศึกษาตัวปัญหาที่มีลักษณะเป็นแบบ deterministic ซึ่งข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดจะทราบก่อนเริ่มทำการจัดเส้นทาง เริ่มจากปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถพื้นฐานโดยทำการจัดเส้นทางการเดินรถให้ผ่านไปยังจุดรับให้ครบทุกจุดด้วยค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่ต่ำที่สุด และเมื่อมีข้อจำกัดในเรื่องของความจุของยานพาหนะขนส่ง ตัวปัญหาจะถูกเรียกเป็น Capacitated VRP(CVRP)(Kontoravdis,1995) แต่ถ้าหากมีท่ารถมากกว่า 1 แห่ง จะถูกเรียกจัดเป็นปัญหา Multiple Depot VRP(MDVRP)ส่วนปัญหาที่มีการไปส่งและรับคืนสินค้าได้จะถูกจัดเป็นปัญหา Vehicle Routing Problem with Pick-up and Delivering(VRPPD)(Lau, H. S. ,2003) และถ้ามีข้อจำกัดเรื่องกรอบเวลาในระยะการขนส่งและให้บริการจะถูกเรียกว่าเป็น VRP with Time Windows (VRPTW) ซึ่งได้ถูกศึกษาอย่างกว้างขวางทั้งในวิธีการแก้ปัญหาและการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาตร์ นอกจากนี้ยังมีปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถในรูปแบบอื่นๆอีกซึ่งเป็นการเพิ่มความซับซ้อนเข้าไปในตัวปัญหาเพื่อให้ใกล้เคียงกับระบบที่มีอยู่จริงมากยิ่งขึ้น รูปแบบปัญหาในลักษณะ Deterministic นั้นมีการศึกษากันมาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานและมีวิธีในการหาคำตอบในการจัดเส้นทางอยู่หลายวิธีทั้งที่เป็นแบบ Exact optimization และแบบ Heuristic การหาคำตอบแบบ Exact optimization นั้นในปี

1980 Paraftis ได้นำเอาวิธีในการแก้ปัญหาแบบ Exact algorithm โดยใช้หลักการของ Dynamic Programming และในปี 1985 Kalantari และคณะ ได้พัฒนา Branch and Bound algorithm มาใช้ในการแก้ปัญหา Single Vehicle Pickup and Delivery Problem ซึ่งสามารถใช้ในการหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดโดยที่ตัวปัญหามีจำนวนจุดรับของลูกค้า 15 รายได้สำเร็จ Kolen และคณะได้เสนอการนำเอา Branch and Bound มาใช้แก้ปัญหา VRPTW จากนั้นในปี 1997 Ruland and Rodinได้นำเสนอวิธีการ Branch and Cut Algorithm ซึ่งสามารถจัดการกับปัญหาที่มีจำนวนจุดรับของลูกค้า 15 รายได้เส้นทางที่เหมาะสมที่สุดเช่นกัน สำหรับวิธีการของ Column Generation นั้น Dumas และคณะ ได้พัฒนาและนำเอา Branch and Cut Algorithm มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา Pickup and Delivery with Hard Time Windows ซึ่งสามารถหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาที่มีจุดรับของลูกค้า 55 รายได้โดยใช้พาหนะในการขนส่ง 1 คันและในปี 1992 Desrochers และคณะได้เสนอวิธีในการหาคำตอบโดยใช้ Linear Programming relaxed set covering ร่วมกับ column generation นอกจากนี้ Lu and Dessouk (2004) ได้พัฒนาวิธีในการแก้ปัญหา Multiple Vehicle Pickup and Delivery Problem โดยอาศัยหลักการพื้นฐานของBranch-and-Cut Algorithm ซึ่งสามารถหาคำตอบโดยใช้ยานพาหนะ 5 คัน และมีจุดรับของลูกค้า 17 รายได้แต่เนื่องจากในการหาคำตอบของปัญหาการจัดการเส้นทางการเดินรถนั้นการใช้ Exact optimization นั้นจะใช้เวลาในการคำนวณที่ยาวนานและไม่สามารถจัดการกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้ด้วยเวลาในการคำนวณที่เหมาะสมการศึกษาส่วนใหญ่จึงมุ่งประเด็นไปที่แนวทางในการแก้ปัญหาด้วยฮิวริสติกส์ซึ่งให้คำตอบที่ดีโดยใช้เวลาการคำนวณที่ไม่มาก ซึ่งฮิวริสติกส์ที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้นจะแบ่งออกเป็น Heuristic ที่มีการศึกษาในระยะแรกและ Metaheuristic ซึ่งมีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มมากขึ้น

สำหรับฮิวริสติกส์ในการหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่เป็นที่รู้จักนั้นคือ Saving algorithm ซึ่งเป็นวิธีการที่นำเสนอโดย Clarke and Wright (1964) ซึ่งเป็นวิธีที่เป็นที่รู้จักมากที่สุดวิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ โดยจะทำการหาระยะทางที่ประหยัดที่สุดจากการใช้ยานพาหนะในการขนส่งไปส่งสินค้าได้หลายจุดรับต่อรอบการขนส่งทดแทนการขนส่งแบบ 1 จุดรับต่อรอบการขนส่งและขั้นตอนการทำงานมีทั้งแบบขนาน(Parallel) และแบบอนุกรม(Sequential) ซึ่ง Gillbert et al,2004 ได้ทำการทดสอบการทำงานและพบว่าขั้นตอนการทำงานแบบขนานจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบอนุกรม

นอกจากวิธี Saving algorithm แล้ว ในปี 1987 Solomon ได้เสนอวิธีการในการสร้างเส้นทางเบื้องต้นหลายวิธีการคือวิธี Push Forward Insertion Heuristic(PFIH) เป็นวิธีการหาคำตอบที่เป็นไปได้ในขั้นเริ่มต้นเพื่อนำไปทำการปรับปรุงต่อไปวิธีการนี้เป็นวิธีการที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายและมีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดี นอกจากนี้วิธีการนี้จะทำให้คำตอบในด้าน

ดีของจำนวนยานพาหนะที่ใช้ ซึ่งสามารถทำให้เราทราบขอบเขตบน(Upper bound) ของจำนวนยานพาหนะที่ต้องใช้โดยในการสร้างเส้นทางนั้นจะทำการทดลองแทรกจุดรับของลูกค้าใหม่เข้าไประหว่างจุดรับของลูกค้าที่ได้ถูกจัดลงไปแล้วในเส้นทางที่มีอยู่เดิมโดยจะเลือกตำแหน่งในการแทรกให้ได้ค่าที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับเงื่อนไขข้อจำกัดที่มีอยู่ในเรื่องของความจุของยานพาหนะหรือกรอบระยะเวลาในการจัดส่ง

Sweep Algorithm เป็นวิธีหนึ่งในการจัดการกับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถโดยการแบ่งกลุ่มจุดรับที่จะต้องทำการจัดส่งก่อนแล้วจึงค่อยจัดเส้นทางย่อยๆนั้น(Route-first cluster-second algorithm) โดยจะทำการแบ่งจุดรับโดยกรกวาดมุมรอบท่ารถ(Depot) แล้วแบ่งจุดรับลงแต่เส้นทางจนกว่าจะเกินข้อจำกัดที่กำหนดขึ้น เช่น ปริมาตรความจุของยานพาหนะ เป็นต้น แล้วจึงเริ่มเปิดเส้นทางใหม่และกวาดมุมไปจนจัดแบ่งจุดรับได้ครบทุกจุดแล้วจึงทำการแก้ปัญหา TSP ของเส้นทางย่อย โดยวิธีการนี้ถูกกล่าวถึงในงานวิจัยของ Laporte et al. 2000 ว่าวิธีการนี้เริ่มพบครั้งแรกในหนังสือของ Wren ในปี 1971 แต่วิธีการนี้มักจะเป็นที่รู้จักผ่านทางงานวิจัยของGillett และ Meller ในปี 1974 ซึ่งวิธีการนี้จะยังมีปัญหาในการจัดแบ่งจุดรับให้แต่ละเส้นทางได้อย่างไม่สมดุลรวมถึงไม่ได้คำนึงถึงถนนทำให้อาจจะเกิดกรณีที่จุดรับที่อยู่บนถนนเส้นเดียวกันแต่ถูกจัดแบ่งลงคนละเส้นทางซึ่ง Renaud and Boctor(2002) ได้นำเอาวิธีการ Sweep algorithm นี้มาประยุกต์ใช้กับปัญหา Fleet size and mix vehicle routing problem

สำหรับวิธีการในการแก้ปัญหาในลักษณะที่เป็น Route-first, Cluster-second algorithm ยังมีวิธีการอื่นๆอีกเช่น Patal algorithm ซึ่งเป็นวิธีการที่พัฒนาต่อมาจาก Sweep algorithm โดยการสร้างเส้นทางหลายๆเส้นทางที่เรียกว่า Petals แล้วจึงทำการแก้ปัญหา Set partitioning problem นอกจากนี้ยังมีวิธีการของ Fisher และ Jaikumar ซึ่งเป็นที่รู้จักมากที่สุดในบรรดาวิธีการจัดเส้นทางในกลุ่มนี้โดยจะทำการจัดแบ่งลูกค้ายังแต่ละเส้นทางโดยการแก้ปัญหา Generalized Assignment Problem (GAP) แล้วจึงทำการแก้ปัญหา TSP สำหรับในแต่ละเส้นทางย่อยที่ได้จัดแบ่งไว้แล้ว

ต่อมาในระยะหลังมีการพัฒนาฮิวริสติกส์ในการแก้ปัญหาเป็นแบบเมตาฮิวริสติกส์ (Metaheuristic) ซึ่งในงานวิจัยของ Gendreau et al, 1998 กล่าวว่าบางครั้งฮิวริสติกส์ในกลุ่มนี้จะถูกเรียกว่าเป็น Artificial Intelligence(AI) Heuristic เนื่องจากมีความสามารถในการค้นหาคำตอบในขอบเขตที่กว้างกว่า สามารถค้นหาไปยังผลตอบที่ไม่ทำให้ค่าที่ดีขึ้นได้ทำให้สามารถหลบหลีกการค้นหาคำตอบแล้วไปติดอยู่ที่ Local optimal และใช้ขอบเขตในการค้นหาที่กว้างมากขึ้นโดยอาจจะใช้การจดจำหรือสร้างเงื่อนไขพิเศษในการหลบหลีกและใน Gendreau et al, 2001 ได้นำเอา TABU search มาประยุกต์ใช้กับปัญหา Real-time ambulance relocation

Tan et al,2001 ได้นำเอา AI มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดในด้านกรอบระยะเวลาในการจัดส่งโดย Tan et al. ได้นำเสนอแนวคิดในการจัดกลุ่มโครโมโซม(Grouping) สำหรับ Genetic Algorithm ด้วย Local search โดยเรียกวิธีในการค้นหาคำตอบนี้ว่า Hybrid Genetic Algorithm (HGA) ซึ่งเปรียบเสมือนการทดลองจัดแบ่งจุดรับลูกค้าลงในยานพาหนะในรูปแบบที่แตกต่างกันเมื่อนำมาใช้กับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถทำให้ได้ค่าผลลัพธ์ในการหาคำตอบที่ดีขึ้น

Simulated Annealing ก็เป็น Meta-heuristic แบบหนึ่งซึ่ง วิธีการในการค้นหาคำตอบได้แนวคิดมาจากกระบวนการที่มีอยู่จริ งในธรรมชาติ คือ กระบวนการอบอ่อน(Annealing) ของโลหะโดย Kirkatrick et al. เป็นผู้นำเอาวิธีการนี้มาแก้ปัญหาเชิงการจัด(Combinatorial optimization) แต่ในการนำเอามาประยุกต์ใช้ก็ยังพบว่ามีปัญหาในการวนเป็นวัฏจักร(Cycle) ซึ่งทำให้เสียเวลาในการคำนวณและทำให้ได้ผลลัพธ์ไม่ดีเท่าที่ควร Tan et al, 2001 จึงได้ทำการพัฒนาโดยเอาวิธีการของ Simulated annealing มาผสมผสานกับวิธีการ TABU search กลายเป็น Hybrid SA-TABU ซึ่งมีความสามารถในการค้นหาที่ดีและลดปัญหาการวนเป็นวัฏจักรเนื่องจากมีการจดจำการค้นหาที่ได้ผ่านมาแล้วนอกจากนี้ยังมีวิธีการในการจัดเส้นทางการเดินรถที่เป็น AI ที่มีแนวคิดมาจากธรรมชาติของมดในการหาอาหาร ซึ่งมดแต่ละตัวจะออกจากรังไปค้นหาอาหารโดยจะปล่อยสารฟีโรโมน(Pheromone) ไว้ตามเส้นทางที่ผ่านมดตัวอื่นๆก็จะเลือกเดินตามเส้นทางที่มีระดับฟีโรโมนที่สูงดังนั้นเส้นทางใดที่นำไปสู่แหล่งอาหารที่ดีก็จะมีมดผ่านเป็นจำนวนมากทำให้มีระดับฟีโรโมนที่สูงแนวคิดนี้จึงนำมาสู่วิธีการในการค้นหาคำตอบที่เสนอโดย Dorigo โดยให้ชื่อว่า Ant Colony System Algorithm (ACS) และได้นำเอา ACS มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถในแง่มุมที่หลากหลายเช่น Chen(2005) ได้นำเอา ACS มาประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีเงื่อนไขด้านกรอบระยะเวลาในการจัดส่ง (VRPTW) Montemanni et al, 2005 ได้นำเอาวิธีการจัดเส้นทางแบบ ACS มาประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบพลวัตหรือ Dynamic

Greedy Randomized Adaptive Search Procedures(GRASP) เป็น Metaheuristic ประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมนำมาใช้ในการแก้ปัญหาเชิงการจัด (Combinatorial optimization) ที่เสนอโดย Kontoravdis และ Bard ซึ่งวิธีการของ GRASP เป็นวิธีการหาคำตอบที่มีการทำงานที่รวดเร็วใช้หน่วยความจำน้อยและประสบความสำเร็จในการนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาในหลากหลายรูปแบบ (Blum and Lori, 2003) โดย Chaovalitwongse et al. 2003 ได้นำเอาวิธีการของ GRASP มาประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีเงื่อนไขด้านกรอบระยะเวลาการจัดส่ง(VRPTW) โดยมีการพิจารณาถึงเรื่องลำดับในการจัดสินค้าที่มีขนาดแตกต่างกันลงบนยานพาหนะและเวลาที่ถูกเลื่อนเมื่อมีการแทรกลูกค้าเข้ามาในเส้นทาง

Lee 2005 ได้นำเอาวิธีการของ GRASP มาประยุกต์ใช้กับปัญหา TSP โดยนำ 2-opt algorithm มาใช้ในส่วนของการปรับปรุงเส้นทางและได้ทำการทดลองเปรียบเทียบผลการใช้ Restricted Candidate List ในขนาด 3, 5 และ 7 ซึ่งพบว่าการเลือกใช้ขนาดของ RCL = 3 จะสามารถให้คำตอบโดยเฉลี่ยที่ดีที่สุดและใช้เวลาในการคำนวณที่ต่ำกว่าค่าอื่นๆ

นอกจากการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาฮิวริสติกส์ให้มีความสามารถและประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นแล้วยังมีการประยุกต์ฮิวริสติกส์ที่ได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องเหล่านั้นมาใช้ในปัญหาที่เกิดขึ้นจริงซึ่งมีรูปแบบหลากหลายขึ้นอยู่กับเป้าหมายที่มุ่งเน้นที่แตกต่างของแต่ละปัญหาและข้อจำกัดที่เกิดขึ้นโดยมีการเพิ่มเงื่อนไขและข้อกำหนดต่างเพิ่มเข้ามาทำให้ปัญหามีความซับซ้อนมากขึ้นกว่าปัญหาพื้นฐานในการจัดเส้นทางการเดินรถทั่วไปโดยเริ่มจาก ในปี 1964 Clark, G and Wright, J ได้ทำการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีหลายขนาดซึ่งออกจากศูนย์กระจายสินค้าแห่งเดียวโดยใช้วิธีการหาค่าประหยัดหรือ Saving algorithm เพื่อจัดเรียงลำดับของค่าประหยัดระหว่าง Node 2 node เพื่อเชื่อมเส้นทางต่างๆเข้าด้วยกันงานศึกษาวิจัยนี้ทำให้ทราบจำนวนรถบรรทุกที่ต้องใช้และปริมาณการขนสินค้าแต่ละคัน ต่อมาในปี 1969 Christophides, N และ Eilon, S ได้ประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์เพื่อสร้างเส้นทางเริ่มต้น (Initital route) ขึ้นมาแล้วทำการปรับปรุงเส้นทางด้วยการแลกเปลี่ยนเส้นทางเพื่อให้ได้เส้นทางใหม่ที่มีระยะทางสั้นกว่าเดิมแล้วทำการปรับปรุงไปเรื่อยๆจนกระทั่งได้คำตอบที่ดีที่สุด งานวิจัยนี้ใช้เวลาในการคำนวณค่อนข้างมากและทำให้การหาคำตอบติดอยู่ภายใน Local optimum ซึ่งอาจจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดของปัญหา จากนั้นในปี 1976 Holmes, R.A. และ Parker, R.G. เป็นการจัดเส้นทางการเดินรถโดยใช้วิธีการจัดแบบ Saving algorithm แบบขนาน ซึ่งแตกต่างจากวิธีการจัดเส้นทางของ Clark and Wright ซึ่งเป็นแบบอนุกรม ในปี 1964 งานวิจัยของ Holmes, R.A. และ Parker, R.G. กำหนดโครงข่ายในการหาคำตอบแบบไม่สมมาตรนั่นคือศูนย์กระจายสินค้าไม่ได้อยู่ในจุดศูนย์กลางของระบบ ผลการศึกษาพบว่าการจัดเส้นทางแบบขนานให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการหาคำตอบแบบอนุกรม จากนั้นในปี 1983 Bartholdi et al, 1983 ได้กล่าวถึงการจัดเส้นทางและลำดับการส่งอาหารให้แก่ผู้สูงอายุในมลรัฐจอร์เจียซึ่งมีจำนวนรถขนส่ง 4 คันและต้องส่งอาหารให้แก่ผู้สูงอายุจำนวน 200 รายในช่วงเวลา 10.00 – 14.00 น. ให้ครบทุกรายซึ่งปัญหาในงานวิจัยนี้เป็นรูปแบบที่เรียกว่า Vehicle Routing Problem with Time Windows (CVRPTW) ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนมากในช่วงนั้น Bartholdi et al,จึงได้ประยุกต์การแก้ปัญหาโดยใช้เทคนิค TSP ซึ่งเป็นการกำหนดพิกัด (x,y) เพื่อหาระยะทางที่ห่างกันของแต่ละจุดและใช้เทคนิคการสร้างกราฟที่เรียกว่า Spacefilling-curve เพื่อศึกษารายละเอียดต่างๆของลูกค้าแล้วจึงแบ่งเส้นทางออกเป็นสายโดยใช้วิธีการฮิวริสติกส์ในการแบ่งกลุ่มจุดรับแล้วจัดเส้นทางภายหลัง(Cluster-first, Route-second) ซึ่งพบว่าวิธีการดังกล่าวมีประสิทธิภาพน้อยในการ

แก้ปัญหากล่าวคือสามารถแก้ไขปัญหาได้ไม่รวดเร็วเมื่อมีจำนวนจุดรับมากขึ้นและเงื่อนไขที่ซับซ้อนขึ้น ในปีเดียวกัน Bell et al ได้ประยุกต์ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถมาใช้กับปัญหาการขนส่งสินค้าประเภทก๊าซและเคมีภัณฑ์ให้กับลูกค้าต่างๆซึ่งต้องมีการคาดคะเนระดับของสินค้าต่างๆและกำหนดเวลาในการขนส่งซึ่งเป็นปัญหาในลักษณะที่ความต้องกรไม่แน่นอน (Stochastic Demand) ซึ่งมีความซับซ้อนในการแก้ปัญหามาก Bell et al จึงได้ทำการแบ่งปัญหาออกเป็น 2 ส่วนย่อยๆคือ การวิเคราะห์ปริมาณสินค้าที่จะต้องส่งให้กับลูกค้าแต่ละราย และ การวิเคราะห์เส้นทางเพื่อจัดเส้นทางให้ต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุดและมีการใช้พาหนะในการขนส่งน้อยที่สุด ในการจัดเส้นทางการเดินรถได้ประยุกต์ใช้วิธีการ Set covering มาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาทั้งนี้เนื่องจาก ลูกค้า 1 คนสามารถให้รถมากกว่า 1 คันมาส่งสินค้าและมีระยะเวลาในการปฏิบัติงานยาวนานกว่า 5 วันดังนั้นลูกค้าจึงสามารถเลื่อนการส่งสินค้าได้โดยวิธีการทำงานของฮิวริสติกส์ที่ใช้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ Route generator ซึ่งเป็นการเลือกเส้นทางที่เป็นไปได้ในแต่ละเส้นทางก่อนโดยมีการระบุลูกค้าต่างๆที่อยู่ในแต่ละเส้นทางพร้อมแสดงต้นทุนและค่าใช้จ่ายแล้วจึงเข้าสู่ขั้นตอนที่ 2 ในการหาคำตอบคือ Route optimizer เป็นขั้นตอนการเลือกเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อให้ต้นทุนสูงที่สุดโดยเส้นทางที่เลือกจะต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดการวิเคราะห์ปัญหาของ Bell et al เป็นการใช้วิธีการทำงานที่ซับซ้อนและมีจำนวนลูกค้ามากและกำหนดเวลาส่งสินค้าไม่แน่นอน ต่อมาในปี 1985 Balardo, S Duchessi, P และ Seagle J.P, ได้กล่าวถึงแนวทางในการจัดเส้นทางการขนส่งโดยใช้รถบรรทุกไปยังร้านสะดวกซื้อของบริษัท Southland Corporation งานวิจัยได้ประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจ(Decision support system, DSS) เพื่อแสดงข้อมูลเส้นทางในการเดินทางด้วยภาพกราฟฟิกรวมทั้งข้อมูลในเชิงโต้ตอบเพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถวิเคราะห์เส้นทางเพื่อให้ได้ข้อมูลลำดับการส่งไปยังลูกค้าต่างๆ ในปีเดียวกันนี้ Evans, S.R. และ Norback, J.P. ได้ศึกษาวิจัยการจัดเส้นทางการเดินรถของสินค้าอุปโภคบริโภคของบริษัท Kraft ซึ่งมีเงื่อนไขของเวลาในการจัดส่งเนื่องจากลักษณะการสั่งสินค้าที่ไม่แน่นอนและไม่คงที่โดยมีระยะเวลาในการขนส่งสินค้าน้อยกว่า 1 วันและมีข้อจำกัดด้านน้ำหนักและปริมาตรขนส่งของรถขนส่งสินค้ารวมถึงเวลาการทำงานของรถซึ่งใช้แนวทางของ DSS เช่นเดียวกันในการแสดงผลลัพธ์การจัดเส้นทางผ่านทางกราฟฟิกและการโต้ตอบและสร้างฐานข้อมูลของน้ำหนักปริมาตร ลูกค้าโดยใช้วิธีการจัดเส้นทางที่เรียกว่า Largest Angle Method และใช้ระยะทางโดยประมาณจากวิธีเส้นตรง (Euclidean Distance) ซึ่งผลลัพธ์จากการจัดเส้นทางซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้ประมาณร้อยละ 10.7 Savelbergh, M.V.P ได้เสนอวิธีการจัดเส้นทางแบบใหม่โดยพิจารณาทั้งข้อจำกัดในด้านของระยะทางการขนส่งและเวลาในการเดินทางซึ่งเป็นการพิจารณาแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถไปพร้อมๆกับการพิจารณากรอบเวลาในการขนส่ง โดยจะสร้างเส้นทางเบื้องต้นขึ้นมาก่อนหลังจากนั้นจึงปรับปรุงเส้นทางโดยใช้วิธี k-

interchange จากนั้นในปี 1988 Hsu, J.A. Kim, T.P และ Bott, K ได้ศึกษาแนวทางในการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าตามบ้าน (Home delivery) เพื่อหาลำดับการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าต่างๆ ในแต่ละเส้นทางเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด โดยมีการแบ่งลำดับในการพิจารณาเพื่อหาคำตอบดังนี้ Address locator เป็นการกำหนดถึงรายละเอียดที่อยู่ของลูกค้า Distance estimator เป็นการวิเคราห์เพื่อหาระยะทางในการจัดเส้นทาง และ Interactive graphics capabilities เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบและกลั่นกรองหรือเพิ่มเงื่อนไขในการกำหนดเส้นทางการเดินรถได้ง่ายและถูกต้องมากขึ้นโดยได้ทำการประยุกต์ใช้แนวทางหลายแนวทางมาเปรียบเทียบกัน ได้แก่ Cluster-first,Route-second Route-first,cluster-second และ saving algorithm โดยคำตอบที่ได้จากวิธีการจัดเส้นทางไม่แตกต่างกันมากนักแต่วิธี Saving alogorithm ใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่า Nag, B Golden, B.L. และ Assad, A.A. ได้เสนอผลงานการจัดเส้นทางโดยมีรถที่หลากหลายขนาดและมีเงื่อนไขขอบเขตในการขนส่งที่มีผลต่อการเลือกประเภทของรถ โดยใช้วิธีการสร้างเส้นทางจาก First-cut Algorithm เพื่อเลือกรถที่เหมาะสมในช่วงแรกหลังจากนั้นจะใช้เทคนิคการจัดเส้นทางแบบ Sweep algorithm แล้วทำการปรับปรุงเส้นทางโดยใช้วิธี 2-opt operator จากนั้นในปี 1990 Jongkol,C ได้ศึกษาการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งน้ำมันโดยใช้เทคนิค Matching ของค่าใช้จ่ายซึ่งเป็นเวลาและระยะทางโดยประยุกต์หลักการของ Saving algorithm จากศูนย์กระจายสินค้าเดียวไปยังพื้นที่บริการที่กระจายอยู่ในกรุงเทพฯโดยมีขนาดของรถที่แตกต่างกันและแบ่งการจัดเส้นทางออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ การประมาณเส้นทางที่สั้นที่สุด การจัดกลุ่มลูกค้าที่สามารถส่งสินค้าได้ และการหาลำดับการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้า ในปีเดียวกัน Klibbua, V ได้ประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถในการจัดส่งของไปยังโรงงานผลิตอาหารประเภทนมและไอศกรีมในจังหวัดเชียงใหม่โดยเงื่อนไขสำคัญคืออายุสินค้าสั้น และแบ่งความรับผิดชอบในการขนส่งสินค้าเป็น 4 พื้นที่เพื่อสอดคล้องกับจำนวนพาหนะที่ใช้ในการขนส่งที่มีอยู่ 4 คันโดยขั้นตอนในการหาคำตอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การออกแบบการทำงานของคลังสินค้า(Facility layout) รวมถึงขนาดพื้นที่คลังสินค้า จากนั้นจึงวางแผนการขนส่งสินค้าซึ่งกำหนดให้เส้นทางเป็นเส้นทางคงที่ตามความรับผิดชอบโดยใช้เทคนิค 2-opt ในการจัดเส้นทางโดยมีระยะทางเป็นฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ด้วยการสร้างเมตริกซ์ระยะทางไปยังลูกค้าต่างๆจากการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด(Shortest Path Algorithm) โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Dijkra's Algorithm หลังจากนั้นในปี 1998 Martin IV,E ได้เสนอแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ที่ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถโดยประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดส่งเบอเกอรี่โดยมีข้อจำกัดในเรื่องเงื่อนไขของเวลาในการจัดส่งสินค้าในงานวิจัยได้ใช้ระยะทางเป็นฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์และใช้เทคนิค Nearest-Neighbor Heuristics ซึ่งเป็นการหาระยะเวลาในการเดินทางระหว่างลูกค้าจากข้อมูลระยะทางในการเดินทางและความเร็วเฉลี่ยสัมพัทธ์ระหว่างระยะ

ทางการเดินทางและเวลาการเดินรถและหาเวลาในการนำสินค้าลงด้วยการสร้างกราฟความสัมพันธ์ของจำนวนสินค้าและเวลาที่ใช้ในการนำสินค้าลงจากรถจากนั้นในปี 1999 จึงได้มีการนำ Metaheuristic มาใช้ในการจัดเส้นทางการเดินรถโดยงานวิจัยของ Barbarosoglu G และ Ozgur, D เป็นการใช้เทคนิค TABU search มาใช้ในการจัดส่งสินค้าของบริษัทหนึ่งในประเทศตุรกีแต่ปัญหายังไม่มีความซับซ้อนมากไปกว่าปัญหาทั่วไปของการจัดเส้นทางการเดินรถและหลังจากงานของ Barbarosoglu G และ Ozgur, D จึงได้เริ่มมีการนำฮิวริสติกส์ในกลุ่ม Metaheuristic มาใช้ในการจัดเส้นทางการเดินรถมากขึ้นเรื่อยๆ และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน

กล่าวโดยสรุปปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถเป็นปัญหาที่ต้องการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในเชิงการจัดซึ่งมีการศึกษากันอย่างแพร่หลายและพัฒนาแยกออกเป็นปัญหาในลักษณะต่างๆอีกหลายรูปแบบ ตัวปัญหามีความซับซ้อนของการคำนวณอยู่ในระดับ NP Hard ซึ่งความยากของการแก้ปัญหาอยู่ที่การสร้างโมเดลทางคณิตศาตร์เพื่อจำลองปัญหาที่เกิดขึ้นและการสร้างกลวิธีหรือฮิวริสติกส์ในการหาคำตอบซึ่งปัจจุบันยังไม่มีงานวิจัยใดที่สามารถเสนอแนวทางที่ดีที่สุดในการจัดเส้นทางการเดินรถได้ ในการหาคำตอบจากผลงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดและการใช้ฮิวริสติกส์ในการแก้ปัญหาโดยวิธีฮิวริสติกส์นั้นได้ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนในระยะหลังได้พัฒนาฮิสริสติกแบบ Metaheuristic ซึ่งสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้ฮิวริสติกส์แบบดั้งเดิม เช่น ปัญหาการติดอยู่ใน Local optima หรือ ปัญหาที่เกิดการหาคำตอบแบบวนเป็นวัฏจักร อย่างไรก็ตามคำตอบที่ได้จากวิธีฮิวริสติกส์นั้นอาจจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดแต่เป็นคำตอบที่น่าพอใจภายใต้เวลาการคำนวณที่สมเหตุสมผลจึงเหมาะที่จะเป็นวิธีในการหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถมากกว่าการใช้การหาคำตอบแบบ Exact optimization วิธีการฮิวริสติกส์มีวิธีที่หลากหลายซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อด้อยที่แตกต่างกันไป สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการหาค่าประหยัด(Saving algorithm) มาใช้ในการจัดเส้นทางการเดินรถเนื่องจากวิธีการหาคำตอบเป็นแบบตรงไปตรงมาและมีประสิทธิภาพพอสมควรกับขนาดของปัญหาที่เกิดขึ้นในงานวิจัยซึ่งเป็นปัญหาที่มีขนาดไม่ใหญ่มากทำให้การหาคำตอบโดยการใช้ค่าประหยัดยังมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดีและให้คำตอบที่ยอมรับได้ในเวลาการคำนวณที่ไม่นาน

2 หลักการและแนวคิด

การวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์สำหรับออกปฏิบัติการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่มีปัญหาสำคัญที่ต้องตัดสินใจคือ เส้นทางการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ โรงพยาบาลที่ต้องสนับสนุนบุคลากร และ วิธีการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์ไปยังพื้นที่

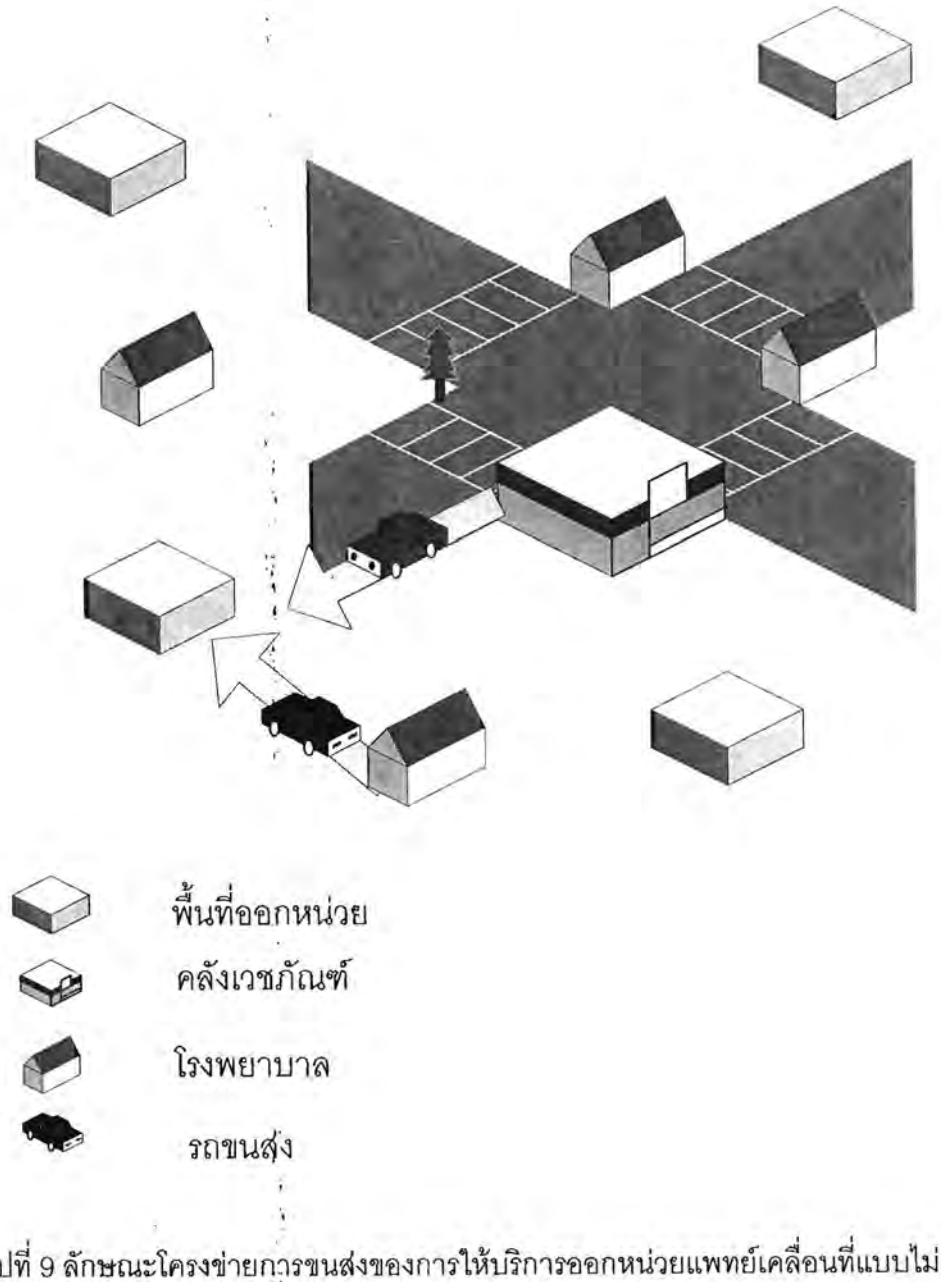
ปฏิบัติงาน เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของประชาชนด้อยโอกาสที่ต้องการบริการทางสาธารณสุขซึ่งถูกคัดกรองจากจังหวัดต่างๆออกมาเป็นพื้นที่ร้องขอออกหน่วย ภายใต้ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการขนส่งที่เหมาะสม ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์โดยแยกตามประเภทของการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ตามที่ได้ไปศึกษาจากการปฏิบัติงานของมูลนิธิแพทย์เคลื่อนที่ พอ.สว. และหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ในแต่ละจังหวัด ของกระทรวงสาธารณสุขโดยรายละเอียดของผลการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาจากการปฏิบัติงานจริงอยู่ในรายงานฉบับสมบูรณ์เล่มที่ 2: การศึกษาและวิเคราะห์ระบบการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่

กระบวนการวางแผนการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์สำหรับพัฒนาแบบจำลองในการตัดสินใจของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนการลำเลียงสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ไปยังหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ คือ

- การลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์แบบต่อเนื่องโดยให้บริการติดต่อกันมากกว่า 1 วัน (Round trip distribution planning)
- การลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์แบบไม่ต่อเนื่องโดยให้บริการภายใน 1 วัน (One-day trip distribution planning)

จากการศึกษาการปฏิบัติงานจริงของกระบวนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ของหน่วยงานต่างๆที่ให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ พบว่า การวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ควรแบ่งเป็น 2 กระบวนการได้แก่ การวางแผนการออกหน่วยแบบต่อเนื่องและการวางแผนการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากธรรมชาติการลำเลียงและการให้บริการที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์เพื่อให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ออกเป็น 2 ระบบโดยแต่ละระบบมีกระบวนการตัดสินใจที่แตกต่างกันแต่สามารถใช้ข้อมูลเดียวกันเป็นข้อมูลนำเข้าจากระบบสนับสนุนการทำงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ในด้านงานการวางแผน เช่น ข้อมูลใบร้องขอการออกหน่วย เป็นต้น นอกจากนี้บุคลากรและเวชภัณฑ์จะถูกมองเป็นหน่วยการขนส่งเดียวกัน(Distribution item) เพื่อสามารถวางแผนการลำเลียงพร้อมกันได้ การวางแผนการออกหน่วยแบบต่อเนื่องเป็นการวางแผนการออกหน่วยที่ใช้ระยะเวลาในการปฏิบัติงานมากกว่า 1 วันขึ้นไปโดยบุคลากรเป็นอาสาสมัครจากส่วนกลางโดยอาสาสมัครเดินทางมาพบกันที่จุดๆหนึ่งภายในจังหวัดเพื่อเดินทางเข้าไปปฏิบัติงานตามพื้นที่ต่างๆในเส้นทางการออกหน่วยที่กำหนด การวางแผนการออกหน่วยในลักษณะนี้จะเป็นการจัดพื้นที่ที่ร้องขอการออกหน่วยลงใน

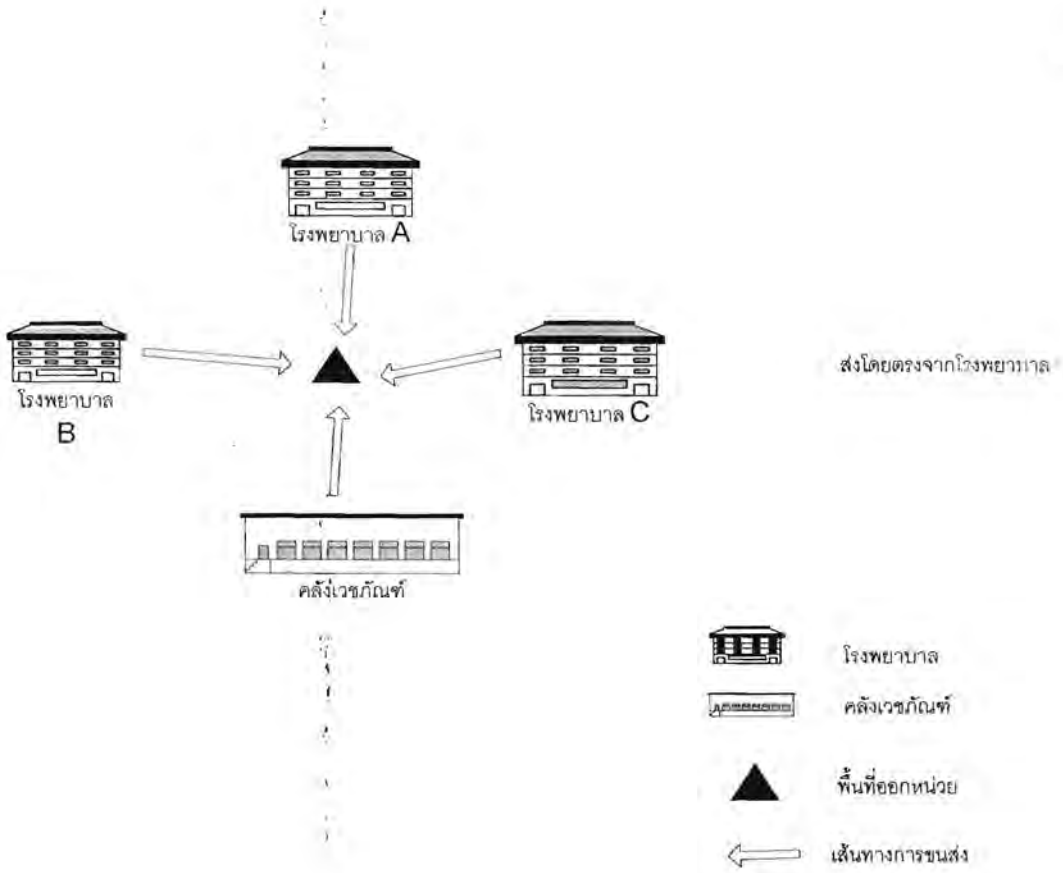
ช่วงเวลาการออกหน่วยช่วงต่างๆที่ในแต่ละจังหวัดกำหนดให้เป็นช่วงเวลาที่สามารถออกหน่วยได้ โดยมีจุดประสงค์ให้ได้เส้นทางการออกหน่วยในแต่ละช่วงเวลาที่มีระยะทางการเดินทางที่เหมาะสมเพื่อให้ต้นทุนการขนส่งที่แปรผันตามระยะทางการออกหน่วยลดลง เมื่อผ่านขั้นตอนการประมวลผลของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ จะได้กำหนดการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง เช่น ในช่วงเวลาวันที่ 1 ตุลาคม ถึง วันที่ 7 ตุลาคม จะต้องเดินทางเพื่อออกให้บริการในพื้นที่ใดและลำดับการออกหน่วยเป็นอย่างไร เป็นต้น



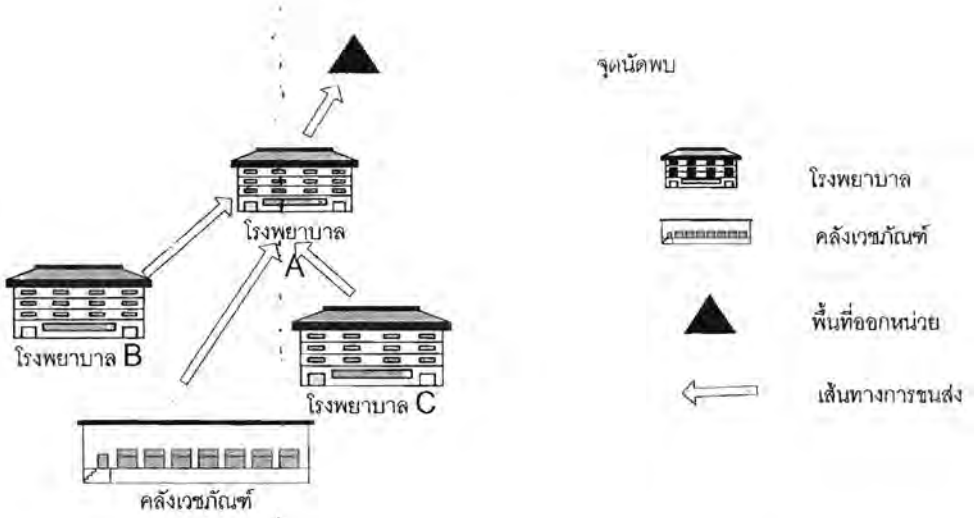
รูปที่ 9 ลักษณะโครงข่ายการขนส่งของการให้บริการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง

การวางแผนการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่องซึ่งใช้เวลาการให้บริการแต่ละพื้นที่ในจังหวัดไม่เกิน 1วัน และใช้บุคลากรอาสาสมัครจากโรงพยาบาลต่างๆภายในจังหวัดรูปที่ 9 แสดงลักษณะโครงข่ายการขนส่งของการให้บริการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง การวางแผนในลักษณะนี้จะเป็นการตัดสินใจเลือกโรงพยาบาลภายในจังหวัดเพื่อทำการสนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์ตามประมาณการจำนวนบุคลากรที่จำเป็นต้องใช้ตามกำหนดการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่โดยมีจุดประสงค์ให้ระยะทางในการลำเลียงบุคลากรจากโรงพยาบาลที่ถูกเลือกให้สนับสนุนมายังพื้นที่ออกปฏิบัติการที่เหมาะสมและมีจำนวนโรงพยาบาลที่ทำการสนธิกำลังสนับสนุนบุคลากรที่เหมาะสมเพื่อความสะดวกในการเตรียมการการให้บริการ นอกจากนี้ยังรวมถึงการเลือกรูปแบบการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อให้ระยะทางการลำเลียงบุคลากรไปยังพื้นที่ปฏิบัติงานน้อยลดลงและมีความตรงต่อเวลาในการให้บริการ เมื่อผ่านขั้นตอนการประมวลผลของระบบสนับสนุนการตัดสินใจจะได้รายชื่อโรงพยาบาลที่ต้องสนับสนุนบุคลากรประเภทและจำนวนบุคลากรที่ต้องทำการสนับสนุน ตามกำหนดการออกหน่วยของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ เช่น วันที่ 1 ตุลาคม สำหรับการออกหน่วย ณ โรงเรียน จ. โรงพยาบาล ก. ต้องสนับสนุนแพทย์ 1 คน ทันตแพทย์ 2 คน และ โรงพยาบาล ข. ต้อง สนับสนุน พยาบาล 3 คนและ เภสัชกร 1 คน เป็นต้น

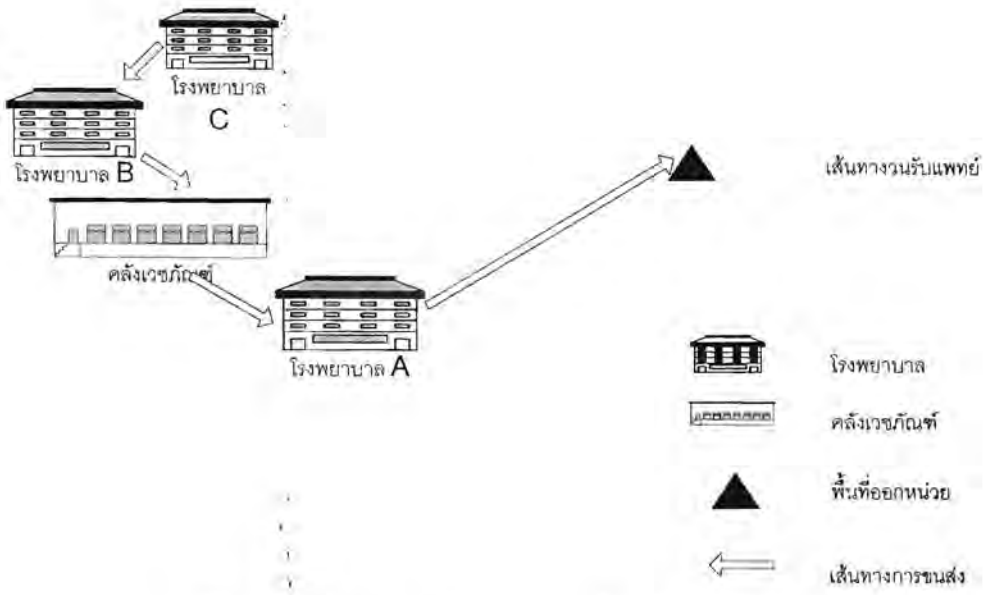
สำหรับแนวคิดของรูปแบบวิธีการลำเลียงที่ศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นการกำหนดรูปแบบวิธีการลำเลียงของโรงพยาบาลที่สนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์ในการขนส่งบุคลากรดังกล่าวไปยังพื้นที่ปฏิบัติงานที่ปรากฏในแผนการปฏิบัติงานว่าโรงพยาบาลแต่ละโรงพยาบาลจะต้องทำการลำเลียงบุคลากรตามรูปแบบของวิธีการลำเลียงใด โดยในงานวิจัยนี้มีรูปแบบการลำเลียง 3 รูปแบบได้แก่ ส่งโดยตรงจากแต่ละโรงพยาบาล จุดนัดพบ และ วนรับบุคลากร ดังแสดงในรูปที่ 10, 11 และ 12 ตามลำดับ



รูปที่ 10 การลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์แบบส่งตรง



รูปที่ 11 การลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์แบบจุดนัดพบ



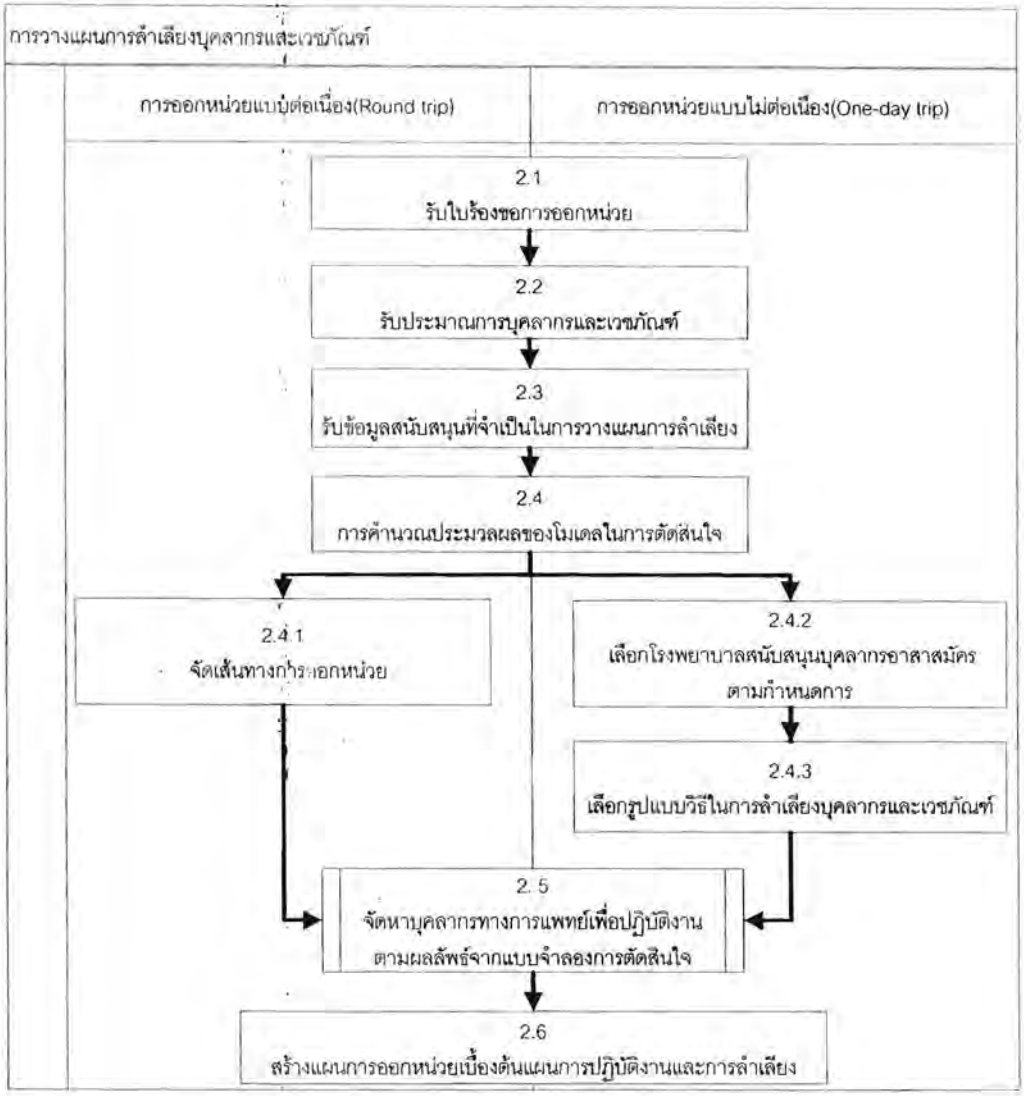
รูปที่ 12 การลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์แบบวนรับแพทย์

กระบวนการวางแผนการลำเลียงเวชภัณฑ์ทั้ง 2 ประเภทมีกระบวนการทำงานเหมือนกัน แต่แตกต่างกันในขั้นตอนการประมวลผลตามชนิดประเภทกิจกรรมการให้บริการ โดยกระบวนการทำงานในการวางแผนการออกหน่วยของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ที่พัฒนาขึ้นได้ถูกแสดงโดยละเอียดในรายงานฉบับสมบูรณ์เล่มที่ 5: การออกแบบระบบสนับสนุนการปฏิบัติงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่

กล่าวโดยสรุปการวางแผนการออกหน่วยแบบต่อเนื่องเป็นการสร้างแผนระดับกลยุทธ์ (Strategic Plan) เพื่อหาเส้นทางการออกหน่วยและจำนวนบุคลากรและเวชภัณฑ์ที่ต้องใช้ในแต่ละเส้นทาง แต่การวางแผนการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่องเป็นการสร้างแผนระดับปฏิบัติงาน (Operation Plan) เพื่อเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนและรูปแบบการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์เพื่อใช้ในการปฏิบัติงานให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้นมีขั้นตอนและตรรกะในการประมวลผลแตกต่างกันเนื่องจากลักษณะและธรรมชาติของการให้บริการ แต่เจ้าหน้าที่วางแผนสามารถวางแผนของกิจกรรมการให้บริการทั้งสองประเภทควบคู่กันไปได้โดยผ่านระบบสนับสนุนการทำงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่(รายงานฉบับสมบูรณ์เล่มที่ 5: การออกแบบระบบสนับสนุนการปฏิบัติงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่)

การตัดสินใจเพื่อวางแผนในระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์ในงานวิจัยนี้จะมีขั้นตอนและกรอบการทำงานดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 ภาพรวมของระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้น

จากรูปที่ 13 สามารถอธิบายขอบเขตของขั้นตอนการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ได้ดังนี้

2.1 **การรับข้อมูลใบร้องขอการออกให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่** ซึ่งจะมีรายละเอียดของข้อมูลที่สำคัญในการวางแผนดังนี้

2.1.1 การให้บริการแบบติดต่อกันมากกว่า 1 วัน

- รายการพื้นที่ร้องขอซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดเกี่ยวกับพื้นที่ร้องขอ ได้แก่ ชื่อพื้นที่ร้องขอ ที่ตั้งของพื้นที่ร้องขอ(ตำบล อำเภอ และ จังหวัด)

- ช่วงเวลา(สัปดาห์)ที่แต่ละรายการพื้นที่ร้องขอต้องการให้มีการออกหน่วยแพทย์(ถ้ามี)

2.1.2 การให้บริการภายใน 1 วัน

- รายการพื้นที่ร้องขอซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดเกี่ยวกับพื้นที่ร้องขอ ได้แก่ ชื่อพื้นที่ร้องขอ ที่ตั้งของพื้นที่ร้องขอ(ตำบล อำเภอ และ จังหวัด)
- กำหนดการออกหน่วยของแต่ละรายการพื้นที่ร้องขอ(วันที่และเวลา)

2.2 การรับข้อมูลประมาณการจำนวนบุคลากรทางการแพทย์ของแต่ละพื้นที่ร้องขอออกหน่วย

ข้อมูลด้านประมาณการจำนวนบุคลากรได้รับมาจากกระบวนการคำนวณบุคลากรและเวชภัณฑ์ซึ่งรายละเอียดอยู่ในรายงานฉบับสมบูรณ์เล่มที่ 3: การพยากรณ์ความต้องการบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์สำหรับหน่วยแพทย์เคลื่อนที่

ลักษณะของข้อมูลที่ได้รับเพื่อใช้ในการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ทั้งในประเภทการให้บริการแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง คือ ชนิดและจำนวนบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์ที่ต้องการในการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่เพื่อให้สามารถตอบสนองได้เพียงพอต่อความต้องการของพื้นที่ได้ ข้อมูลประมาณการจำนวนบุคลากรทางการแพทย์ประกอบด้วย จำนวนบุคลากรที่ต้องการในแต่ละชนิดของบุคลากรทางการแพทย์ ได้แก่ อายุรแพทย์ ทันตแพทย์ พยาบาล เภสัชกร และผู้ช่วยทันตแพทย์ และจำนวนเวชภัณฑ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มยาและเวชภัณฑ์ที่ใช้แล้วทิ้ง โดยบุคลากรและเวชภัณฑ์ชนิดอื่นนอกเหนือจากประเภทบุคลากรดังกล่าวอยู่นอกเหนือขอบเขตการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์

2.3 การดึงข้อมูลสนับสนุนเพื่อช่วยในการประมวลผลและคำนวณ

ซึ่งมีรายละเอียดของข้อมูลดังนี้

2.3.1 การให้บริการแบบติดต่อกันมากกว่า 1 วัน

- ระยะทางระหว่างพื้นที่ร้องขอ 2 พื้นที่ใดๆ
- ช่วงเวลาที่สามารถมีการออกหน่วยได้ของแต่ละจังหวัดในแต่ละปี

2.3.2 การให้บริการภายใน 1 วัน

- ระยะทางระหว่างพื้นที่ร้องขอและโรงพยาบาลภายในจังหวัด

- ข้อมูลการจำนวนบุคลากรอาสาสมัครของแต่ละโรงพยาบาลในแต่ละเดือนที่ลงทะเบียนปฏิบัติงาน

ข้อมูลสนับสนุนที่จำเป็นทั้งหมดจะถูกใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการประมวลผลอย่างมีประสิทธิภาพภายในระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อวางแผนการลำเลียงเวชภัณฑ์แล้วแสดงผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำไปประกอบเป็นข้อมูลในการตัดสินใจสร้างแผนระดับกลยุทธ์ในส่วนของการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์สำหรับการออกหน่วยแบบต่อเนื่องและการตัดสินใจสร้างแผนระดับปฏิบัติการสำหรับการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์สำหรับการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่อง

2.4 การคำนวณของโมเดลในการตัดสินใจของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

2.4.1 การจัดเส้นทางการออกหน่วยสำหรับการให้บริการแบบติดต่อกันมากกว่า 1 วัน (Round Trip)

เป็นการตัดสินใจในการจัดเส้นทางการออกหน่วยของแต่ละช่วงเวลา(สัปดาห์) โดยเส้นทางการออกหน่วยจะประกอบไปด้วย ลำดับการปฏิบัติงานและวันปฏิบัติงาน ณ แต่ละพื้นที่ออกหน่วยที่ถูกจัดอยู่ในเส้นทางของคาบเวลาใดคาบเวลาหนึ่งเพื่อเป็นข้อมูลสำคัญในขั้นตอน 2.5 การเปิดรับสมัครบุคลากรอาสาสมัครจากส่วนกลาง เพื่อให้บุคลากรอาสาสมัครใช้ในการตัดสินใจเพื่อลงสมัครเป็นบุคลากรทำหน้าที่ให้บริการทางการแพทย์ ณ พื้นที่ออกหน่วยตามลำดับและวันเวลาที่กำหนดจากผลของการจัดเส้นทางการออกหน่วยของแต่ละช่วงเวลา

2.4.2 การเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์สำหรับการให้บริการภายใน 1 วัน (One-Day Trip)

ซึ่งจะนำไปสู่ข้อมูลนำเข้าในการเลือกวิธีการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์โดยข้อมูลนำเข้าที่สำคัญในการวางแผนเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนมีรายละเอียดดังนี้

- รายการโรงพยาบาลที่ต้องสนับสนุนบุคลากรตามกำหนดการออกหน่วย
- ประเภทและจำนวนบุคลากรที่แต่ละโรงพยาบาลทำการสนับสนุนการออกหน่วย

การเลือกโรงพยาบาลเป็นการตัดสินใจเลือกโรงพยาบาลในการทำหน้าที่สนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์มายังพื้นที่ออกหน่วยตามกำหนดการออกหน่วยโดยเมื่อถูกเลือกให้เป็นโรงพยาบาลสนับสนุนไปยังพื้นที่ออกหน่วยต้องทำการสนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์ในแต่ละชนิดบุคลากรเท่ากับค่าน้อยที่สุดระหว่างจำนวนบุคลากรที่มีของโรงพยาบาลและจำนวนบุคลากรที่พื้นที่ร้องขอ

2.4.3 การเลือกวิธีการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์สำหรับการให้บริการภายใน 1 วัน (One-Day Trip)

เป็นการเปิดโอกาสให้เจ้าหน้าที่วางแผนสามารถเลือกวิธีอื่นในการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์ไปยังพื้นที่ออกหน่วยจากวิธีการขนส่งแบบส่งตรงที่ปฏิบัติกันมาช้านาน โดยเจ้าหน้าที่วางแผนสามารถเลือกวิธีการขนส่งตามเกณฑ์ในการตัดสินใจซึ่งถูกแสดงผ่านตัวชี้วัดของแต่ละวิธีคือ ระยะรวมในการเดินทาง เวลาเฉลี่ยต่อบุคลากร 1 คนที่ใช้ในการเดินทาง และ จำนวนยานพาหนะรวมที่ใช้ในการเดินทาง

2.5 การเปิดรับสมัครบุคลากรอาสาสมัครสำหรับการปฏิบัติงานแบบต่อเนื่อง

บุคลากรอาสาสมัครสำหรับการปฏิบัติงานแบบไม่ต่อเนื่องไม่จำกัดอยู่ในเฉพาะบุคลากรในพื้นที่หรือจังหวัดของพื้นที่ออกหน่วย บุคลากรอาสาสมัครจากส่วนกลางสามารถสมัครเข้ามาเป็นบุคลากรอาสาสมัครได้ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการวางแผนไปประชาสัมพันธ์เพื่อรับสมัครบุคลากรอาสาสมัครตามกำหนดการออกหน่วยโดยรายละเอียดของขั้นตอนนี้อยู่ในรายงานฉบับสมบูรณ์เล่มที่ 5: การออกแบบระบบสนับสนุนการปฏิบัติงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่

2.6 การสร้างแผนการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่

เป็นการสร้างแผนการออกหน่วยเป็นการออกแผนการออกหน่วยรายจังหวัดในแต่ละปีงบประมาณ(Yearly Operation Plan) โดยแผนการออกหน่วยแบบรายปีของการให้บริการต่อเนื่องติดต่อกันมากกว่า 1 วันประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

- รายการพื้นที่ปฏิบัติงานและกำหนดการปฏิบัติงานภายในแต่ละช่วงเวลา(สัปดาห์)การให้บริการ
- ประเภทและจำนวนบุคลากรที่ต้องนำไปในแต่ละช่วงเวลา(สัปดาห์)การให้บริการ
- ประเภทและจำนวนเวชภัณฑ์ที่ต้องนำไปในแต่ละช่วงเวลา(สัปดาห์)การให้บริการ
- จำนวนรถที่ต้องใช้ในการให้บริการในแต่ละช่วงเวลา(สัปดาห์)การให้บริการ

และแผนการออกหน่วยแบบรายปีของการให้บริการแบบไม่ต่อเนื่องภายในระยะเวลาปฏิบัติงานไม่เกิน 1 วันประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

- รายการโรงพยาบาลที่ต้องสนับสนุนบุคลากรตามกำหนดการออกหน่วยในแต่ละเดือนของแผนรายปี
- ประเภทและจำนวนบุคลากรที่แต่ละโรงพยาบาลทำการสนับสนุนการออกหน่วยในแต่ละเดือนของแผนรายปี
- วิธีการลำเลียงบุคลากรของแต่ละโรงพยาบาลไปยังพื้นที่ปฏิบัติการในแต่ละวันออกปฏิบัติการ
- จำนวนรถรวมที่ต้องใช้ในการขนส่งตามแผนปฏิบัติงานในแต่ละวันออกปฏิบัติการ
- รายการบุคลากรและเวชภัณฑ์ที่รถแต่ละคันต้องขนไปเพื่อใช้ในการปฏิบัติงานในแต่ละวัน

แนวคิดในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์อาศัยหลักการวิเคราะห์หลักเกณฑ์ และปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง (Heuristic) ภายใต้เงื่อนไขที่เกิดขึ้นจริงในการปฏิบัติงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ที่ได้ทำการศึกษาและการตั้งสมมติฐานเพื่อความสะดวกในการคำนวณและประมวลผล แล้วพัฒนาเป็นระบบสนับสนุนการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ที่มีขั้นตอนและกระบวนการทำงานที่เป็นระบบ เพื่อตอบสนองความต้องการของแต่ละจังหวัดในการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ตามความต้องการที่ร้องขอและต้นทุนการขนส่งที่เหมาะสม การที่จะสามารถตัดสินใจเพื่อเลือกทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งนั้นจำเป็นต้องหาตัวชี้วัดที่จะนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละทางเลือกที่มีอยู่ซึ่งในการกำหนดตัวชี้วัดขึ้นมานั้นจะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของผู้ที่ทำการตัดสินใจซึ่งในการตัดสินใจเพื่อลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์ สำหรับการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ตัวชี้วัดที่เหมาะสมคือ ค่าขนส่งในการลำเลียงซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลากหลายปัจจัย เช่น ค่าจ้างรถขนส่ง ค่าประกันในการปฏิบัติงานของบุคลากรทางการแพทย์ ค่าเสื่อมราคาที่ขึ้นอยู่กับระยะทาง เป็นต้น ซึ่งผู้ดำเนินการวิจัยเห็นว่า ปัจจัยที่จะเป็นตัวชี้วัดที่ชัดเจนและมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์คือ ระยะทาง เนื่องจาก ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการขนส่งสำหรับการให้บริการทางสาธารณสุขโดยเฉพาะหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ไม่ได้เป็นปัจจัยสำคัญของหน่วยงานที่ให้บริการ การให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่มุ่งเน้นที่การให้บริการสาธารณสุขแก่ผู้ที่ด้อยโอกาสและมีแนวโน้มในการให้บริการทุกพื้นที่ที่ร้องขอในลักษณะการขอความร่วมมือจากการบริจาคของหน่วยงานเอกชนและ

บุคคลทั่วไป ค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าจ้างรถมิได้เป็นภาระที่เกิดขึ้นโดยตรง ทั้งนี้เนื่องจากองค์กรที่ให้บริการสามารถหาผู้สนับสนุนทำการบริจาคได้ นอกจากนี้ในส่วนของค่าใช้จ่ายสำหรับการขนส่งแพทย์อาสาสมัครมายังจังหวัดเพื่อเดินทางต่อไปยังพื้นที่ออกหน่วยเป็นงบประมาณที่ตั้งขึ้นเพื่อบริการอาสาสมัครแต่หากอาสาสมัครได้สมัครเข้ามาเกินจำนวนงบประมาณดังกล่าวอาสาสมัครก็พร้อมที่จะออกค่าใช้จ่ายในการเดินทางนั้นเอง ดังนั้น ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าขนส่งที่มักเกิดขึ้นในปัญหาทางธุรกิจดังกล่าวจึงไม่มีผลต่อการวางแผนเส้นทางการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ ในงานวิจัยนี้จึงใช้ระยะทางเป็นตัวชี้วัดหลักในการวางแผนการออกหน่วยทั้งในส่วนของการวางแผนการออกหน่วยแบบต่อเนื่องและการวางแผนการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่องโดยรายละเอียดในการออกแบบระบบและการคำนวณประมวลผลจะถูกอธิบายในหัวข้อต่อไป

3 รายละเอียดระบบ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์สำหรับการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ โดยแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการวางแผนในระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ในลักษณะการบริการที่แตกต่างกัน นั่นคือ การวางแผนสำหรับการออกหน่วยแบบต่อเนื่องและการวางแผนสำหรับการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่องโดยกระบวนการตัดสินใจเพื่อการวางแผนลำเลียงทั้งสองกระบวนการจะช่วยให้เจ้าหน้าที่วางแผนลดความยุ่งยากในการตัดสินใจต่างๆที่เกิดขึ้นในการวางแผนการลำเลียงและนำไปสู่การสร้างแผนการออกหน่วยและแผนปฏิบัติงานของหน่วยงานในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ไปยังพื้นที่ปฏิบัติงานเพื่อสนับสนุนการทำงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่โดยในการออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจจะเป็นการออกแบบการทำงานให้ระบบทำงานโดยอัตโนมัติเพื่อเสนอแนวทางในการตัดสินใจสำหรับการสร้างแผนปฏิบัติงานต่างๆจากข้อมูลที่ได้จากการประมวลผล โดยระบบจะทำการแสดงข้อมูลที่ได้จากการคำนวณประมวลผลเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของเจ้าหน้าที่วางแผนซึ่งสามารถที่จะปรับเปลี่ยนรายละเอียดของข้อมูลต่างๆได้ตามความต้องการและสามารถที่จะทราบผลลัพธ์ที่เกิดจากการปรับเปลี่ยนนั้นๆเพื่อเป็นข้อมูลในสร้างแผนการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ต่อไป

ขั้นตอนในการดำเนินงานและการคำนวณต่างๆที่เกิดขึ้นของแบบจำลองในการตัดสินใจของระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการลำเลียงสามารถแสดงรายละเอียดแบ่งออกเป็น 2 แบบจำลองคือ แบบจำลองการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการลำเลียงของการออกหน่วยแบบต่อเนื่องและแบบจำลองการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่อง

3.1 แบบจำลองในการตัดสินใจการวางแผนการลำเลียงสำหรับการออกหน่วยแบบต่อเนื่อง

เป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ช่วยให้เจ้าหน้าที่วางแผนสามารถจัดพื้นที่ร้องขอลงในช่วงเวลาที่สามารถปฏิบัติงานได้ของแต่ละจังหวัดซึ่งเป็นข้อมูลตั้งต้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของระบบสนับสนุนการตัดสินใจจะเป็นแผนการออกหน่วยในระดับกลยุทธ์ซึ่งจะแสดงถึงกำหนดการออกหน่วยและลำดับการให้บริการในแต่ละพื้นที่ที่ถูกจัดอยู่ในเส้นทางการออกหน่วยของช่วงเวลาต่างๆ ก่อนการจัดเส้นทางการออกหน่วยของแต่ละคาบเวลาจำเป็นต้องทราบข้อมูลจำนวนวันปฏิบัติงานในแต่ละคาบเวลาซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญในการจัดพื้นที่ร้องขอลงในวันปฏิบัติงานของแต่ละคาบเวลาได้

สมการที่ใช้หาจำนวนวันปฏิบัติงานรวมแต่ละช่วงเวลาของแต่ละจังหวัดในแต่ละฤดูกาล (N_k) คือ

$$N_k = (ST_k - ET_k) - 1 \qquad \text{สมการที่ 3. 1}$$

โดย N_k = จำนวนวันปฏิบัติงานของแต่ละช่วงเวลา k โดย k = (1, 2, 3,..., k)

ST_k = วันเริ่มปฏิบัติงานของช่วงเวลาที่ k

ET_k = วันสุดท้ายของการปฏิบัติงานของช่วงเวลาที่ k

โดยกำหนดให้สมการที่ 3.1 สามารถใช้ได้เมื่อ S_k และ E_k เป็นวันที่อยู่ภายในเดือนเดียวกัน

3.1.1 การคำนวณเพื่อวางแผนจัดเส้นทางการออกหน่วย(Preliminary Routing)

ในการจัดเส้นทางการออกหน่วยที่เกิดขึ้นในการวิจัยนี้เป็นปัญหาในรูปแบบหนึ่งของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถของบุรุษไปรษณีย์ซึ่งรู้จำนวนเส้นทางชัดเจน หรือเรียกว่า Multiple Travelling Salesman Problem (M - TSP) โดยในการแก้ปัญหาในรูปแบบนี้ถือเป็นการแก้ปัญหาแบบ NP สัมบูรณ์ซึ่งมีความยากและสลับซับซ้อน (Garey and Johnson 1979) ดังนั้นการพัฒนาอัลกอริทึม(Algorithm) ที่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาในคลาสนี้จึงเป็นไปได้ยาก และเนื่องจากการจัดเส้นทางการออกหน่วยของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ไม่ได้ต้องการคำตอบที่ดีที่สุดแต่เป็นการหาคำตอบที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่ใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานจริงของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่มากที่สุด วิธีฮิวริสติกส์จึงถูกประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบที่ดีเพียงพอสำหรับการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ในกิจกรรมการให้บริการแบบต่อเนื่อง

วิธีฮิวริสติกส์ที่ประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ประยุกต์วิธีการหาค่าประหยัด(Saving method) ซึ่งถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในทางปฏิบัติเพราะเป็นวิธีที่ง่ายและให้คำตอบ

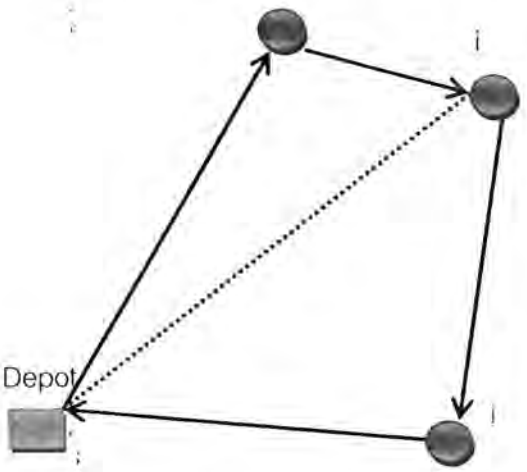
ตรงไปตรงมาแม้ว่าคำตอบที่ได้อาจจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดก็ตาม เนื่องจากปัญหาของการจัดเส้นทางการออกหน่วยสำหรับหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ในงานวิจัยนี้เป็นปัญหาที่มีขนาดไม่ใหญ่นัก การใช้วิธีการหาค่าประหยัดจึงเป็นเพียงการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการประมาลผลเพียงเล็กน้อยโดยใช้เวลาการประมวลผลไม่นานมากและสามารถให้คำตอบที่ดีสำหรับการวางแผนโดยมีสมมติฐานในการจัดเส้นทางการออกหน่วยดังนี้

- การปฏิบัติงานใน 1 วันสามารถปฏิบัติงานได้เพียง 1 พื้นที่
- ไม่คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนผู้ป่วยและความต้องการบุคลากรในการกำหนดเส้นทาง
- ระยะทางลงโทษในการไม่สามารถจัดพื้นที่ที่ร้องขอที่เกินภายในช่วงเวลาลงในช่วงเวลาความต้องการพิเศษที่ร้องขอมีค่าน้อยมากจนสามารถละเลยได้
- การพิจารณาเลือกจัดช่วงเวลาลงในคาบเวลาในเกณฑ์การพิจารณาอันดับสองรองจากระยะทางคือ การใช้ค่าฐานนิยมของความต้องการแพทย์ในเส้นทาง หากเส้นทางใดไม่มีฐานนิยมให้ใช้ค่าเฉลี่ยโดยค่าเฉลี่ยของความต้องการทางการแพทย์ให้ปัดเศษทศนิยมขึ้น
- การนำแพทย์ไปเกินความต้องการไม่มีผลต่อการเพิ่มของค่าขนส่งในการจัดเส้นทางการออกหน่วย
- บุคลากรหมายถึงบุคลากรทางการแพทย์ที่ทำหน้าที่ให้บริการสาธารณสุขโดยตรง ได้แก่ แพทย์ ทันตแพทย์ พยาบาล ทันตพิบาล และ เภสัชกร บุคลากรเหล่านี้รวมกันอยู่ในจังหวัดออกหน่วย ณ จุดปล่อยรถหรือคลังเวชภัณฑ์ บุคลากรประเภทอื่นนอกเหนือจากบุคลากรประเภทเหล่านี้ไม่อยู่ในขอบเขตของระบบที่ออกแบบขึ้น
- เวชภัณฑ์หมายถึง ยาและเวชภัณฑ์ที่ใช้แล้วทิ้ง ซึ่งใช้ในการให้บริการทางการแพทย์ของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ตามบัญชีรายการเวชภัณฑ์ของหน่วยงาน
- คลังเวชภัณฑ์สามารถจัดหาเวชภัณฑ์ได้เพียงพอกับการสนับสนุนการให้บริการ

โดยขั้นตอนในการคำนวณประมวลผลเพื่อจัดเส้นทางการออกหน่วยของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ประเภทการให้บริการแบบต่อเนื่องสามารถแสดงได้ดังรูปที่

รูปที่ 14 ขั้นตอนการคำนวณประมวลผลจัดเส้นทางการออกหน่วยของการให้บริการแบบต่อเนื่อง

การคำนวณค่าประหยัดระหว่าง 2 พื้นที่ออกหน่วย พื้นที่ i และพื้นที่ j ใดๆเป็นการคำนวณค่าประหยัดที่เกิดขึ้นจากการนำพื้นที่ i และพื้นที่ j มาอยู่ในเส้นทางการออกหน่วยเดียวกัน ซึ่งเป็นหลักการทำงานของวิธีการใช้ค่าประหยัดในการจัดเส้นทาง โดยในระยะแรกของการจัดเส้นทางจะกำหนดให้ พื้นที่ i และพื้นที่ j อยู่ในเส้นทางที่แตกต่างกัน จากนั้น ให้ทดลองรวมให้พื้นที่ i และพื้นที่ j มาอยู่ในเส้นทางเดียวกันโดยใช้ค่าประหยัดเป็นตัวเลือกคู่จุดเพื่อรวมเส้นทางแล้วทำการตรวจสอบว่าผ่านเงื่อนไขการจัดเส้นทางที่ตั้งขึ้นได้หรือไม่ หากสามารถผ่านเงื่อนไขได้จึงกำหนดให้พื้นที่ i และพื้นที่ j อยู่ในเส้นทางเดียวกัน จากรูป 15 หลังจากการรวมเส้นทางของจุด i และจุด j เข้าด้วยกัน จะเห็นว่ารถออกเดินทางจากจุดปล่อยรถไปยังพื้นที่ i และพื้นที่ j หลังจากนั้นจะเดินทางกลับเข้าสู่จุดปล่อยรถ ซึ่งคล้ายคลึงกับระบบการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้



รูปที่ 15 การนำจุด j เข้ามาอยู่ในเส้นทาง ที่มีจุด i เป็นจุดปลายของเส้นทาง

สมการที่ใช้คำนวณค่าประหยัดระหว่าง 2 พื้นที่ใดๆ (S_{ij}) คือ

$$S_{ij} = d_{oi} + d_{oj} - d_{ij} \qquad \text{สมการที่ 3. 2}$$

โดย S_{ij} = ค่าประหยัดระหว่างพื้นที่ i และพื้นที่ j โดย i และ j อยู่ในเซตของจุดในเซตจุด G ซึ่ง

G = {i, j, 0, 1, 2, 3, ..., g}

d_{oi} = ระยะทางจริงในการเดินทางโดยถนนจากจุดปล่อยรถ o ไปยังพื้นที่ j

d_{oj} = ระยะทางจริงในการเดินทางโดยถนนจากจุดปล่อยรถ o ไปยังพื้นที่ j

d_{ij} = ระยะทางจริงในการเดินทางโดยถนนจากพื้นที่ i ไปยังพื้นที่ j

การจัดพื้นที่ร้องขอลงในเส้นทางการออกหน่วยของแต่ละช่วงเวลาจะกระทำหลังจากการคำนวณค่าประหยัดของทุกคู่จุดในระบบ โดยการจัดจุดพื้นที่ลงในเส้นทางของแต่ละคาบเวลาจะมุ่งเน้นการให้ความสำคัญของการร้องขอการออกหน่วยจำเพาะเจาะจงในช่วงเวลาใดๆก่อน เนื่องจากอาจจะเป็นความต้องการเร่งด่วนหรือความสะดวกของพื้นที่ในการให้บริการ เพื่อที่จะสามารถจัดพื้นที่ลงในเส้นทางของแต่ละคาบเวลาจำเป็นจะต้องทราบถึงข้อมูล ประเภทและจำนวนบุลคากรและเวชภัณฑ์ที่ต้องการของแต่ละพื้นที่โดยข้อมูลดังกล่าวได้จากการประมาณการบุคลากรและเวชภัณฑ์ นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องรู้ความต้องการจำเพาะเจาะจงของบางพื้นที่ในการร้องขอการออกหน่วยซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้จากข้อมูลร้องขอการออกหน่วย การจัดพื้นที่เข้าสู่เส้นทางในแต่ละช่วงเวลามุ่งเน้นที่ปัจจัยเรื่องระยะทางมากกว่าความแปรปรวนของจำนวนแพทย์ที่ต้องการให้บริการของแต่ละเส้นทางการออกหน่วย เนื่องจากการนำแพทย์ไปเกินความต้องการในพื้นที่ไม่ทำให้เกิดผลเสียในการทำงานหรือค่าขนส่งที่เพิ่มมากขึ้นดังนั้นเกณฑ์การพิจารณาจัดพื้นที่ลงในเส้นทางจะใช้ค่าประหยัดของระยะทางเป็นเกณฑ์หลักในการตัดสินใจ หากเกิดกรณีที่ค่าประหยัดของคู่จุดใดๆเท่ากันจะพิจารณาเลือกจัดพื้นที่ลงในเส้นทางของช่วงเวลาที่ไม่ทำให้จำนวนความต้องการแพทย์ภายในเส้นทางแตกต่างกันมากนักโดยมีเงื่อนไขหลักในการพิจารณาคือจำนวนจุดที่จัดลงในเส้นทางของแต่ละช่วงเวลาต้องไม่เกินจำนวนวันปฏิบัติงานของช่วงเวลานั้น จากเงื่อนไขดังกล่าวจะพบว่าอาจเกิดกรณีที่การร้องขอการออกหน่วยของพื้นที่มีความต้องการออกหน่วยจำเพาะเจาะจงเกินเงื่อนไขด้านจำนวนวันปฏิบัติงานของคาบเวลา และไม่สามารถที่จะจัดจุดเหล่านั้นลงในเส้นทางของคาบเวลาเดียวกันได้ทั้งหมด ดังนั้นเงื่อนไขของการจัดจุดที่มีความต้องการเจาะจงในตรงกับช่วงเวลาที่ต้องการนั้นเป็นเงื่อนไขที่สามารถผ่อนปรนได้โดยจะคิดเป็นระยะทางลงโทษจากการที่ไม่สามารถจับจุดลงในช่วงเวลาที่ต้องการได้ ซึ่งจุดที่ไม่สามารถจัดลงใน

คาบเวลาที่ต้องการได้จะเปลี่ยนเป็นจุดที่ไม่มีความต้องการเฉพาะเจาะจงและสามารถจัดไปลงในเส้นทางของช่วงเวลาอื่นได้ ทั้งนี้เนื่องจากการวางแผนเป็นการวางแผนในแต่ละปีงบประมาณ ดังนั้นการออกหน่วยไม่ตรงช่วงเวลาความต้องการจำเพาะจึงไม่มีผลต่อการลดลงของจำนวนผู้ป่วยที่เข้ามารับบริการเพียงแต่เป็นเรื่องของความสะดวกของพื้นที่ในการจัดกำหนดการออกหน่วยเท่านั้น จึงกำหนดให้ระยะทางลงโทษมีค่าน้อยมากจนสามารถที่จะละเลยได้

จากนั้นจึงทำการคำนวณจำนวนบุคลากรที่ต้องนำไปของเส้นทางในแต่ละคาบเวลาและจำนวนรถที่ใช้ในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ โดย ขั้นตอนการจัดจุดพื้นที่ต่างๆลงในเส้นทางของแต่ละช่วงเวลามีฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์และเงื่อนไขในการหาคำตอบที่เหมาะสมดังนี้

หาค่าต่ำสุด

$$Z = \sum_{k=1}^{k} \sum_{\forall ij \in k} d_{ij}$$

สมการที่ 3. 3

ภายใต้เงื่อนไข

- จำนวนจุดในเส้นทางของแต่ละช่วงเวลาต้องไม่เกินจำนวนวันปฏิบัติงานช่วงเวลา
- สามารถที่จะจัดทุกจุดที่มีความต้องการจำเพาะเจาะจงลงในช่วงเวลาที่ต้องการได้หมดทุกจุดโดยหากไม่สามารถจัดจุดลงได้จะเกิดระยะทางลงโทษซึ่งมีค่าน้อยมากจนสามารถละเลยได้
- จำนวนจุดพื้นที่ทั้งหมดต้องไม่เกินจำนวนวันปฏิบัติงานรวมของทุกคาบเวลา
- ทุกจุดพื้นที่ต้องถูกจัดอยู่ในเส้นทางของคาบเวลาใดคาบเวลาหนึ่ง

โดยกำหนดให้

d_{ij} = ระยะทางระหว่างพื้นที่ i ไปพื้นที่ j ซึ่ง i, j อยู่ในเส้นทางของช่วงเวลา k โดย k= {1, 2, 3,..., k}

หลังจากทำการจัดเส้นทางเบื้องต้นในการออกหน่วยของแต่ละคาบเวลาแล้วต้องทำการคำนวณจำนวนบุคลากรทางการแพทย์ในแต่ละประเภทสำหรับให้บริการให้เพียงพอต่อความต้องการบุคลากรทางการแพทย์ในทุกพื้นที่ออกหน่วยที่อยู่ในเส้นทางการ

ออกหน่วยของแต่ละคาบเวลา รวมถึงจำนวนรถที่ใช้ในการขนส่งบุคคลากรทางการแพทย์ในการปฏิบัติงานของแต่ละเส้นทางด้วย เพื่อเป็นข้อมูลที่สำคัญในการเปิดรับบุคลากรอาสาสมัครจากทางส่วนกลางให้ได้ครบตามจำนวนบุคลากรทางการแพทย์ในแต่ละประเภทของแต่ละคาบเวลา

สมการที่ใช้คำนวณจำนวนบุคลากรที่ต้องขนไปในเส้นทางของแต่ละช่วงเวลา ($\sum_{n=1}^{n} R_{kn}$) คือ

$$R_{kn} = \max_{\forall i,j \in k} R_{ni} \qquad \text{สมการที่ 3. 4}$$

โดย

R_{kn} = จำนวนบุคลากรประเภท n ที่ต้องขนไปในเส้นทางของคาบเวลา k ซึ่งเป็นความต้องการ บุคลากรชนิด n สูงสุดสำหรับทุกๆจุด i, j ในเส้นทางของคาบเวลา k

R_{ni} = ความต้องการบุคลากรประเภท n ของจุด i ในเส้นทางของคาบเวลา k โดย i, j ∈ k

สมการที่ใช้คำนวณจำนวนเวชภัณฑ์ที่ต้องขนไปในเส้นทางของแต่ละช่วงเวลาคือ $\sum_{m=1}^{m} R_{km}$ คือ

$$R_{km} = \sum_{\forall i,j \in k}^{n} R_{im}$$

สมการที่ 3. 5

โดย

R_{km} = จำนวนเวชภัณฑ์ประเภท m ที่ต้องขนไปในเส้นทางของคาบเวลา k ซึ่งเป็นความต้องการรวมของเวชภัณฑ์ m ของทุกจุดพื้นที่ i, j ในเส้นทางของคาบเวลา k

R_{im} = ความต้องการเวชภัณฑ์ประเภท m ของจุด i ในเส้นทางของคาบเวลา k โดย i, j ∈ k

สมการที่ใช้คำนวณจำนวนรถที่ต้องใช้ในเส้นทางของแต่ละช่วงเวลา (V_k) คือ

$$V_k = \frac{R_{kn} + \frac{R_{km}}{\tilde{C}}}{C} \qquad \text{สมการที่ 3. 6}$$

โดย

V_k = จำนวนรถที่ใช้ในการลำเลียงของเส้นทาง k

R_{kn} = จำนวนบุคลากรประเภท n ที่ต้องขนไปในเส้นทางของคาบเวลา k

R_{km} = จำนวนเวชภัณฑ์ประเภท m ที่ต้องขนไปในเส้นทางของคาบเวลา k

$\tilde{C}$ = จำนวนเวชภัณฑ์เทียบเท่าพื้นที่การขนส่งบุคลากรโดยกำหนดให้เท่ากันทุกประเภทเวชภัณฑ์ m

C = ความสามารถในการขนบุคลากรของรถซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากันทุกคัน

รายละเอียดของขั้นตอนในการหาคำตอบของการจัดเส้นทางการออกหน่วยสำหรับกิจกรรมการให้บริการแบบต่อเนื่องสามารถแบ่งออกเป็น 5 ขั้นดังนี้

3.1.1.1 สร้างเส้นทางไปยังจุดพื้นที่ร้องขอทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 1: สร้างเส้นทางเบื้องต้นไปยังจุดพื้นที่ร้องขอทุกจุดจากจุดปล่อยรถ (Depot) ที่กำหนดโดยจำนวนเส้นทางที่สร้างขึ้นจะเท่ากับจำนวนพื้นที่ร้องขอที่นำเข้าสู่ระบบในการคำนวณการจัดเส้นทางของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

3.1.1.2 จับจุดพื้นที่ออกหน่วยลงตามคาบเวลาที่ร้องขอเข้ามา

เนื่องจากในการออกแบบระบบสนับสนุนการทำงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่มีความมุ่งเน้นในการให้บริการเพื่อความสะดวกแก่พื้นที่ร้องขอมากที่สุด ดังนั้น การร้องขอการออกหน่วยในบางพื้นที่จึงแสดงความจำนงในการออกหน่วยจำเพาะเจาะจงมา เพื่อให้ระบบสามารถทำงานยืดหยุ่นในการวางแผนได้ระบบจึงอนุญาติให้พื้นที่ร้องขอทำการร้องขอการออกหน่วยภายในช่วงเวลาที่สามารถออกหน่วยได้ของหน่วยงานเพียง 1 ช่วงเวลาเพื่อให้ระบบสามารถจัดเส้นทางการออกหน่วยที่เหมาะสมทั้งในแง่ของความสะดวกของพื้นที่และค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่เกิดขึ้น ในขั้นตอนนี้จะเป็นการจัดจุดที่มีความต้องการพิเศษจำเพาะเหล่านี้ลงในช่วงเวลาที่ร้องขอมา

ขั้นตอนที่ 2: นำเส้นทางของจุดพื้นที่ร้องขอที่มีการร้องขอการออกหน่วยในคาบเวลาเดียวกันรวมเข้าด้วยกันให้เป็นเส้นทางของคาบเวลานั้นโดยมีการจัดลำดับจุดพื้นที่ออกหน่วยในเส้นทางดังนี้

จุดที่ใกล้จุดปล่อยรถ(Depot) มากที่สุดเป็นจุดพื้นที่ออกหน่วยลำดับแรกในเส้นทางและจุดที่ให้ค่าประหยัดมากสุดจากจุดพื้นที่ร้องขอในลำดับแรกเป็นจุดพื้นที่ร้องขอในลำดับต่อไปของเส้นทาง

ขณะทำการจัดเส้นทางของแต่ละคาบเวลาโดยการผนวกเส้นทางของจุดให้ตรวจสอบเงื่อนไขจำนวนจุดที่ถูกจัดอยู่ในเส้นทางของแต่ละคาบเวลาโดยจำนวนจุดพื้นที่ออกหน่วยในแต่ละเส้นทางต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนวันปฏิบัติงานของแต่ละคาบเวลา

$$n \leq N_k \qquad \text{สมการที่ 3. 7}$$

- หากพบว่าการตรวจสอบเงื่อนไขให้ค่าจริง (True) ให้ดำเนินการต่อในขั้นตอนที่ 3

- หากพบว่าการตรวจสอบเงื่อนไขให้ค่าเท็จ (False) แสดงว่าจุดดังกล่าวไม่สามารถอยู่ในเส้นทางที่ร้องขอมาได้ให้ปรับค่าความต้องการจำเพาะเจาะจงในคาบเวลาการออกหน่วยเป็นคาบเวลาใดก็ได้เพื่อเป็นการเสนอแนะว่าจุดดังกล่าวควรไปอยู่ในเส้นทางการออกหน่วยของคาบเวลาใดที่ทำให้ระยะทางในการเดินทางสั้นที่สุดก่อนแล้วค่อยดำเนินการต่อในขั้นตอนที่ 3

หมายเหตุ: แบบจำลองการตัดสินใจสามารถปรับใช้ในสถานการณ์ที่จุดพื้นที่ออกหน่วยทุกจุดไม่มีเงื่อนไขพิเศษในคาบเวลาจำเพาะเจาะจงในการให้บริการ สำหรับการผนวกรวมเส้นทางของจุดพื้นที่ออกหน่วยเข้าเป็นเส้นทางของแต่ละคาบเวลาสามารถทำได้โดย เลือกคู่จุดพื้นที่ออกหน่วยที่มีค่าประหยัดมากสุดโดยมีจำนวนคู่จุดเท่ากับจำนวนคาบเวลาการออกหน่วยแล้วทำการจัดเส้นทางตามขั้นตอนที่ 2 เพื่อหาจุดปลายของเส้นทางในแต่ละคาบเวลาเพื่อเข้าสู่การทำงานในขั้นตอนที่ 3 ต่อไป การที่จุดพื้นที่ร้องขอไม่มีเงื่อนไขจำเพาะเจาะจงในเรื่องของคาบเวลาการออกหน่วยจะทำให้ผลลัพธ์การจัดเส้นทางเบื้องต้นได้ค่าระยะทางรวมที่ดีกว่าเนื่องจากการเลือกคู่จุดลำดับแรกเข้ามาในเส้นทางได้ทำการเลือกคู่จุดที่ทำให้เกิดค่าประหยัดสูงสุดในการผนวกเส้นทางของจุดสองจุดเข้าด้วยกัน

3.1.1.3 <u>จับจุดอื่นเข้ามาในเส้นทาง</u>

ในขั้นตอนนี้ แต่ละเส้นทางของคาบเวลาจะมีจุดปลายของเส้นทางเพื่อทำการหาจุดอื่นที่ไม่มีความต้องการเฉพาะเจาะจงในการออกหน่วยเข้ามาอยู่ในเส้นทางจนกว่าจะทำให้เงื่อนไขจำนวนจุดในช่วงเวลาน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนวันทำงานที่สามารถทำงานได้ของแต่ละช่วงเวลาตามสมการที่ 3.7 ไม่เป็นจริงหรือให้ค่าเท็จเพื่อเข้าสู่การทำงานของขั้นที่ 4 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 3: จากจุดปลายที่ไกลจากจุดปล่อยรถในเส้นทางของทุกเส้นทางให้ทำการหาค่าประหยัดไปยังจุดพื้นที่ร้องขออื่นที่เหลือ เลือกจุดที่มีค่าประหยัดมากสุดเข้ามาอยู่ในเส้นทางเพื่อทำหน้าที่เป็นจุดปลายของเส้นทางนั้นเพื่อหาจุดอื่นต่อไป

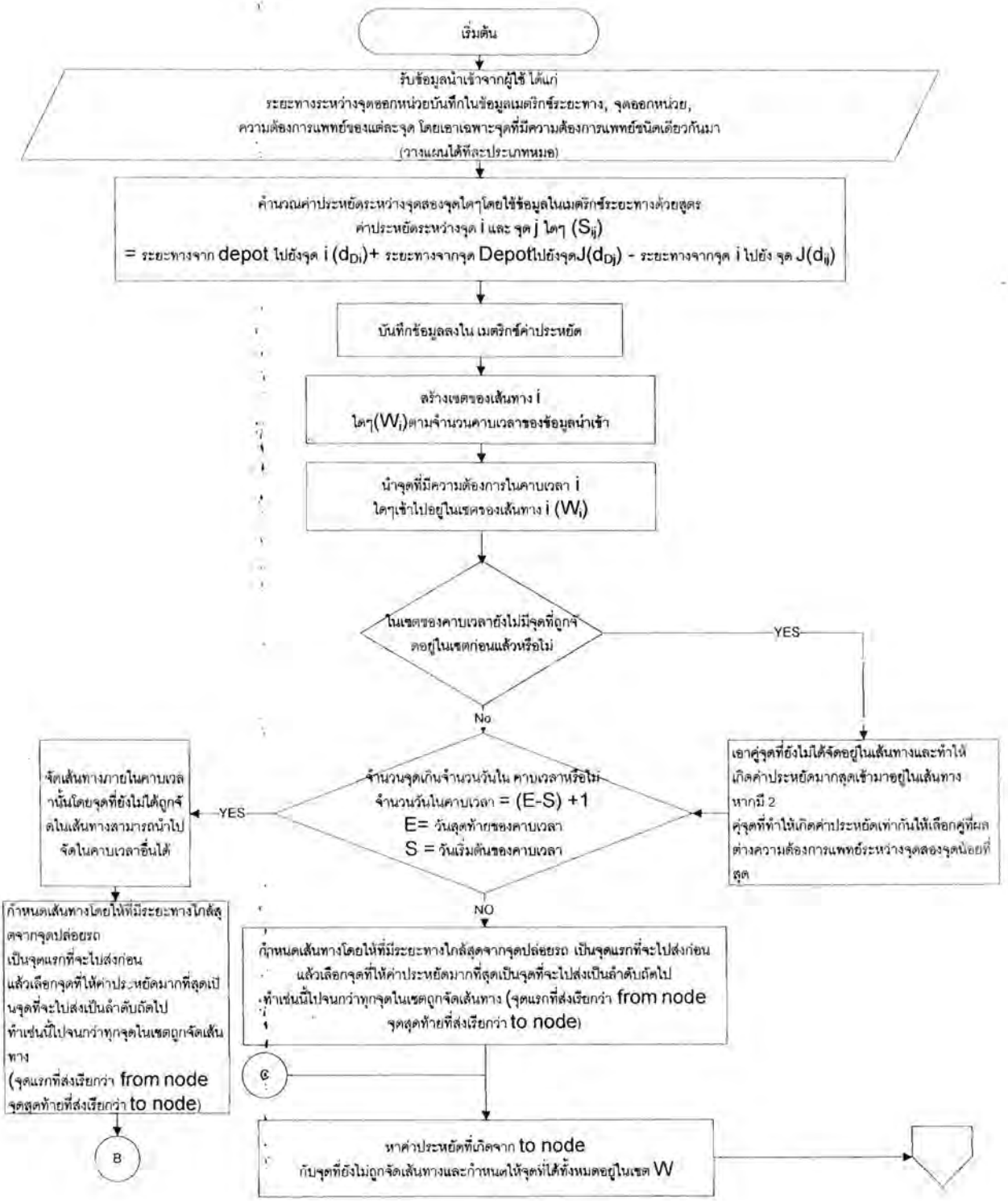
โดยจุดที่เพิ่มเข้ามาใหม่ต้องถูกเลือกโดยคาบเวลาเพียงคาบเวลาเดียว หากพบว่า จุดที่เลือกมานั้นถูกเลือกซ้ำโดยเส้นทางของคาบเวลามากกว่า 1 คาบเวลาให้เลือกจุดนั้นไปอยู่ในเส้นทางของคาบเวลาที่เกิดค่าประหยัดจากจุด

ปลายของเส้นทางมายังจุดนั้นมากที่สุดและหากค่าประหยัดจากจุดนั้นไปยังจุดปลายของเส้นทางต่างๆเท่ากันให้ จุดนั้นเลือกอยู่ในช่วงเวลาที่ ค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างความต้องการบุคลากรทางการแพทย์ ณ จุดนั้นกับฐานนิยมของเส้นทางของคาบเวลาน้อยที่สุด และหากเส้นทางหรือคาบใดไม่มีฐานนิยมให้ใช้ค่าเฉลี่ยของความต้องการบุคลากรทางการแพทย์แทน ทำการวนซ้ำในขั้นตอนที่ 3 ต่อไปเรื่อยๆจนทุกจุดพื้นที่ถูกจัดให้อยู่ในเส้นทางของคาบเวลาใดเวลาหนึ่ง หลังจากทุกจุดถูกจัดอยู่ในเส้นทางของคาบเวลาใดคาบเวลาหนึ่งแล้วให้เข้าสู่ขั้นตอนที่ 4 เพื่อคำนวณหาจำนวนบุคลากร เวชภัณฑ์ และ จำนวนรถ ที่ต้องการใช้ในการปฏิบัติงานของแต่ละคาบเวลา

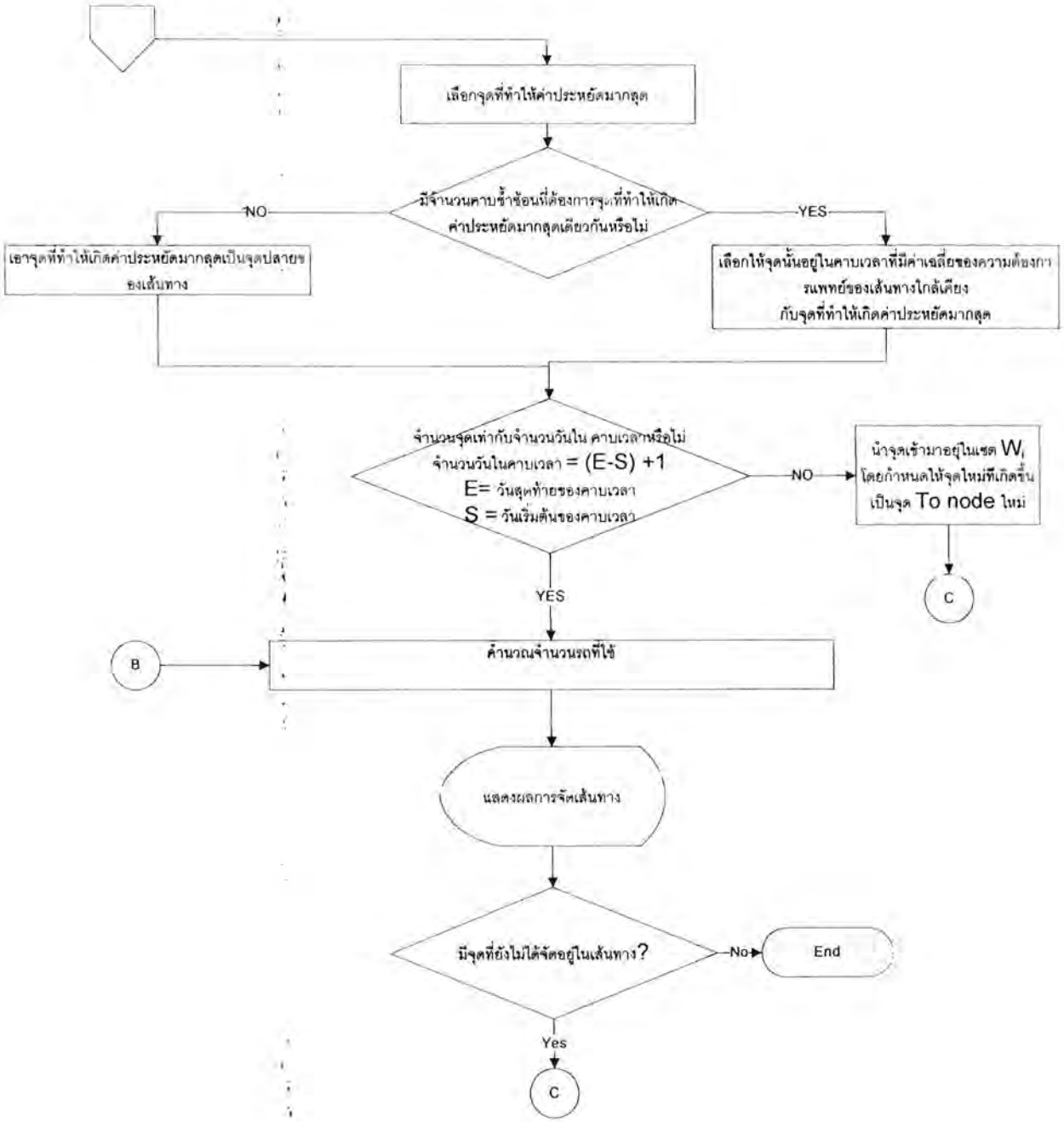
3.1.1.4 <u>คำนวณจำนวนบุคลากร, เวชภัณฑ์ และ จำนวนรถ</u>

ขั้นตอนที่ 4: คำนวณจำนวนบุคลากรที่ต้องการตามสูตรในสมการที่ 3.4 จำนวนเวชภัณฑ์ที่ต้องใช้ตามสูตรในสมการที่ 3.5 และจำนวนรถตามสมการที่3.6 ของแต่ละเส้นทาง เพื่อสร้างแผนการออกหน่วยและเปิดรับอาสาสมัครตามจำนวนที่ต้องการต่อไป

ขั้นตอนการและกระบวนหาคำตอบของฮิวริสติกส์ที่ออกแบบขึ้นเพื่อใช้ในการจัดเส้นทางการออกหน่วยของโปรแกรมระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการวางแผนการจัดสรรบุคลากรและเวชภัณฑ์ของกิจกรรมการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่องสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.3 และ 3.4



รูปที่ 16 กระบวนการหาคำตอบในการจัดเส้นทางการออกหน่วย



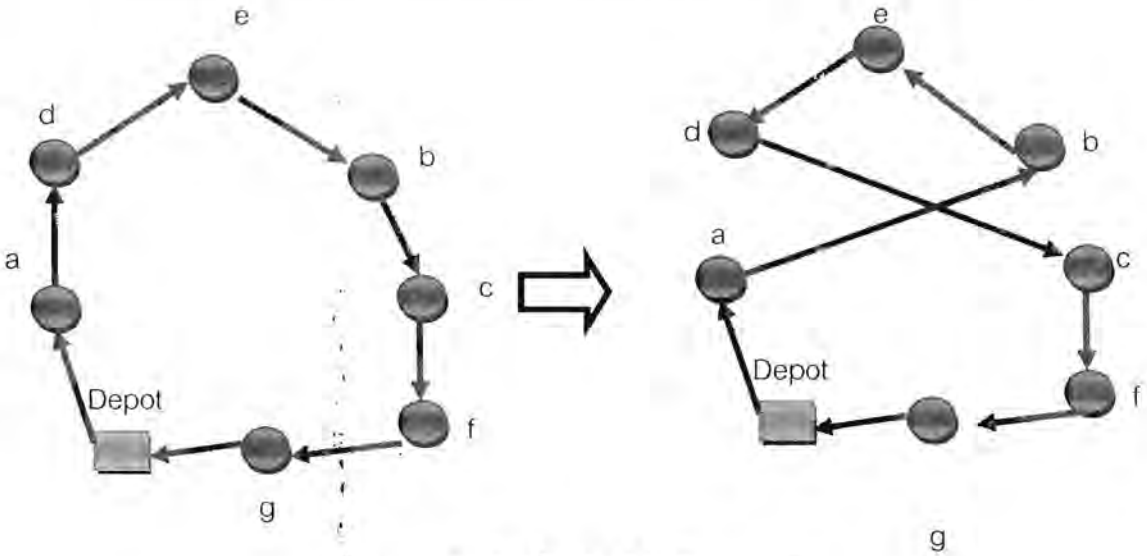
รูปที่ 17 กระบวนการหาคำตอบในการจัดเส้นทางการออกหน่วย (ต่อ)

3.1.2 การปรับปรุงคำตอบที่ได้จากการจัดเส้นทาง

การปรับปรุงคำตอบที่ได้จากการจัดเส้นทางการออกหน่วยเบื้องต้นเป็นการปรับปรุงคำตอบภายในเส้นทางเพื่อให้ได้ระยะทางในการเดินทางแต่ละคาบเวลาน้อยที่สุด ในการปรับปรุงคำตอบสำหรับการจัดปัญหาการเดินรถมีงานวิจัยหลายงานวิจัยที่ได้พัฒนาฮิวริสติกส์เพื่อการปรับปรุงเส้นทางให้ดีขึ้นโดยมีเงื่อนไขหรือตัวชี้วัดเพื่อยอมรับการปรับปรุงเส้นทางและขอบเขตการหาคำตอบของฮิวริสติกส์ วิธีหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้มากที่สุด คือ หลักการ 2-Opt Algorithm เนื่องจากเป็นวิธีที่ให้คำตอบที่มีคุณภาพสูงและวิธีการในการหาคำตอบไม่ซับซ้อนมากนักโดยการหาคำตอบเพื่อให้ได้เส้นทางที่ดีขึ้นจะเป็นการค้นหาคำตอบแบบกลับทิศทางกับเส้นทางเดิม (Braysy and Gendreau, 2005) 2-Opt Algorithm จะปรับปรุงเส้นทางโดยพิจารณาค่าของระยะทางที่ลดลงจากการแลกเปลี่ยนเส้นเชื่อมระหว่างคู่ของจุดรับโดยเปรียบเทียบระยะทางจากเส้นทางเดินรถเบื้องต้นกับระยะทางหลังจากการแลกเปลี่ยนเส้นเชื่อมระหว่างคู่จุดที่ทำการพิจารณา

ขั้นตอนการทำงานจะเริ่มจากเส้นทางเบื้องต้นที่ได้จากการหาคำตอบของหลักการหาค่าประหยัดจากนั้นทำการเลือกคู่จุดพื้นที่ที่จะทำการแลกเปลี่ยนเส้นเชื่อมแล้วทำการกลับทิศของเส้นทางย่อยของคู่จุดรับที่เลือกแล้วหาค่าระยะทางที่ได้จากการแลกเปลี่ยนเส้นเชื่อม(Gain) โดยค่า Gain สามารถคำนวณโดยใช้สมการที่ 3.8 ดังตัวอย่างในรูป 18

$$\mathbf{Gain} = (\mathbf{D_{ad}} + \mathbf{D_{bc}}) - (\mathbf{D_{ab}} + \mathbf{D_{dc}}) \qquad \text{สมการที่ 3. 8}$$



รูปที่ 18 การตัดเส้นเชื่อมโดยใช้หลักการ 2-Opt

หลักการในการใช้ 2-Opt Algorithm ในงานวิจัยนี้เนื่องจากเป็นปัญหาที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนักจึงสามารถใช้การตัดเส้นเชื่อมของ 2 คู่จุดพื้นที่ทุกแบบที่เป็นไปได้แล้ว

เลือกการตัดเส้นเชื่อมที่ให้ค่า gain สูงที่สุดในแต่ละรอบการหาคำตอบและวนหาคำตอบไปจนกว่าจะไม่สามารถทำการตัดเส้นเชื่อมระหว่าง 2 คู่จุดพื้นที่ใดที่ให้ค่า Gain ที่ดีขึ้นกว่าเดิมได้ โดยการหาเส้นทางใหม่จะทำการกลับทิศเส้นเชื่อมของจุดรับจุดแรกและจุดสุดท้ายในเส้นทาง

เริ่มต้นให้รับค่าเส้นทางเบื้องต้นที่ได้จากการจัดเส้นทางแบบหาค่าประหยัด จากนั้นการปรับปรุงจะทำการทดลองตัดเส้นเชื่อมระหว่าง 2 จุดพื้นที่ใดๆแล้วคำนวณค่า gain ในการตัดเส้นเชื่อมและกลับทิศเส้นทางในแต่ละครั้งแล้วให้เลือกค่า gain ที่มากที่สุดจากการตัดเส้นเชื่อมเป็นตัวแทนคำตอบในการวนรอบหาคำตอบนั้น จากนั้นจึงจะทำการวนรอบหาคำตอบในรอบต่อไปเพื่อหาตัวแทนค่า Gain ที่มากขึ้นกว่าเดิม หากการวนรอบหาคำตอบไม่สามารถหาการตัดเส้นเชื่อมที่ให้ค่า Gain ที่ดีขึ้นจากค่า Gain ล่าสุดให้หยุดการวนหาคำตอบหรือหยุดการวนรอบหาคำตอบเมื่อค่า Gain ที่มากที่สุดหรือเป็นตัวแทนในรอบการคำนวณเป็นค่าน้อยกว่า 0

ขั้นตอนการในหาคำตอบเพื่อปรับปรุงเส้นทางเบื้องต้นสำหรับการวางแผนการให้บริการแบบต่อเนื่องสามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นดังนี้

3.1.2.1 <u>การตัดเส้นเชื่อม(Arc) ระหว่างคู่จุดในเส้นทางของคาบเวลา</u>

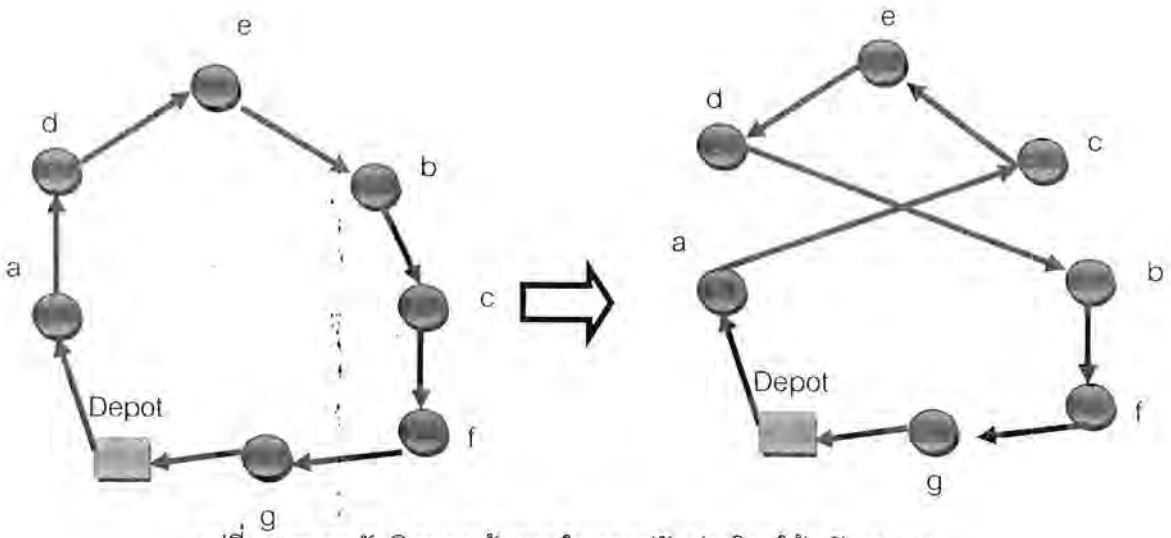
ขั้นตอนที่ 1: กำหนดค่าตัวแปร exchange = 1 เพื่อให้สามารถวนรอบการปรับปรุงได้โดยตัวแปร exchange=1 หมายถึงการวนรอบเพื่อปรับปรุงเส้นทางมีโอกาสให้ค่าการปรับปรุงที่ดีขึ้น หากการวนรอบทำเพื่อปรับปรุงเส้นทางไม่มีโอกาสให้ค่าการปรับปรุงที่ดีขึ้นตัวแปร exchangeจะมีค่าเท่ากับ 0

ในการวนรอบให้ตัดเส้นเชื่อมทุกคู่จุดที่เป็นไปได้โดยจำนวนรูปแบบในการตัดเส้นเชื่อมทุกรูปแบบที่เป็นไปได้สามารถคำนวณจำนวนรูปแบบทั้งหมดดังนี้

$$\mathbf{Patterns} = (\mathbf{n}+\mathbf{1})(\mathbf{n}-\mathbf{2}) \qquad \text{สมการที่ 3. 9}$$

3.1.2.2 <u>การสลับทิศทางของเส้นทางการออกหน่วย</u>

ขั้นตอนที่ 2: หลังจากการตัดเส้นเชื่อมในทุกรูปแบบที่เป็นไปได้ให้สลับทิศทางของเส้นทางการออกหน่วยดังตัวอย่างในรูปที่ แล้วคำนวณค่า Gain ในสมการที่ 3.8 ของการสลับทิศทางของเส้นทางทุกรูปแบบ



รูปที่ 19 การสลับทิศทางเส้นทางในการปรับปรุงโดยใช้หลัก 2 opt

3.1.2.3 <u>การเลือกค่าการสลับทิศเพื่อปรับปรุงต่อไป</u>

ขั้นตอนที่ 3: จากค่า Gain ทั้งหมดของรูปแบบการตัดเส้นเชื่อมในทุกรูปแบบให้เลือกรูปแบบที่ให้ค่า Gain ที่เป็นบวกมากที่สุดเป็นรูปแบบที่จะทำการปรับปรุงต่อไป ทำซ้ำขั้นตอนในการตัดเส้นเชื่อมของขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 3 ต่อไปเรื่อยๆ

3.1.2.4 <u>การหยุดการปรับปรุงเส้นทาง</u>

ขั้นตอนที่ 4: หยุดการปรับปรุงเส้นทางเมื่อค่าตัวแปร exchange= 0 ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อรอบการวนหาคำตอบให้ค่า Gain น้อยกว่า 0 ในทุกรูปแบบการตัดเส้นเชื่อมซึ่งแสดงว่าไม่สามารถทำการปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้นได้อีกให้หยุดกรวนรอบปรับปรุงและค่าคำตอบสุดท้ายเป็นคำตอบที่ได้ในการปรับปรุงคำตอบ

การปรับปรุงคำตอบที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองในการตัดสินใจของระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้นเป็นการหาคำตอบในทุกรูปแบบของคำตอบและเลือกคำตอบที่ดีที่สุดในการปรับปรุงต่อไปทั้งนี้เพื่อให้สามารถหาคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดได้(Optimizied Solution) ทั้งนี้วิธีการดังกล่าวสามารถทำได้ในรูปแบบปัญหาที่เกิดขึ้นในงานวิจัยเนื่องจากเป็นปัญหาที่มีโครงสร้างไม่ใหญ่มากนักและเป็นการปรับปรุงลำดับภายในเส้นทางแต่วิธีการดังกล่าวไม่สามารถหาคำตอบที่ดีภายในระยะเวลาการคำนวณที่เหมาะสมหากปัญหามีขนาดใหญ่มากขึ้น

3.2 แบบจำลองการตัดสินใจสำหรับการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่อง

เป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ช่วยให้เจ้าหน้าที่วางแผนสามารถตัดสินใจเลือกโรงพยาบาลที่จะทำหน้าที่สนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์จากอาสาสมัครในแต่ละโรงพยาบาลภายในพื้นที่เพื่อทำการให้บริการรักษาตามกำหนดการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ที่ผ่านการอนุมัติจากผู้บริหารของหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ซึ่งในงานวิจัยนี้คือสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด เมื่อเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนและสรุปจำนวนการสนับสนุนในแต่ละรายการการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่จากแผนการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่สำหรับการให้บริการแบบไม่ต่อเนื่องภายใน 1 วัน เจ้าหน้าที่วางแผนสามารถวางแผนการปฏิบัติงานในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์จากสถานที่สนับสนุนต่างๆภายในจังหวัดโดยการเลือกรูปแบบการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ไปยังพื้นที่ออกหน่วยตามกำหนดการการออกหน่วยซึ่งการเลือกรูปแบบการลำเลียงนี้เป็นส่วนที่ผู้ทำการวิจัยได้พัฒนาเพิ่มเติมจากการตัดสินใจจริงในการทำงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ขององค์กรที่ได้ทำการศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ของหน่วยงานที่ให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่มักจะใช้รูปแบบการลำเลียงแบบเดียวคือการส่งโดยตรงจากโรงพยาบาลสนับสนุนหรือสถานที่สนับสนุนบุคลากรต่างๆมายังพื้นที่ปฏิบัติงาน รูปแบบดังกล่าวมีความคล่องตัวสูงในการขนส่งและสามารถส่งบุคลากรและเวชภัณฑ์ได้ตรงตามกำหนดเวลาออกหน่วย อย่างไรก็ตาม รูปแบบการขนส่งแบบส่งตรงมีข้อเสียคือ ความคุ้มค่าในการใช้งานรถขนส่งในการลำเลียงเพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงาน และจำนวนรถที่ใช้ในการขนส่งมีจำนวนมาก ผู้ทำการวิจัยจึงประยุกต์ใช้รูปแบบจำลองการขนส่งของอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์ในปัจจุบันเพื่อสร้างทางเลือกให้กับเจ้าหน้าที่ทำการตัดสินใจเลือกรูปแบบอื่นในการขนส่งบุคลากรและเวชภัณฑ์มายังพื้นที่ปฏิบัติงานเพื่อสร้างโอกาสในการลดต้นทุนค่าขนส่งและการใช้รถในการขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของระบบสนับสนุนการตัดสินใจจะเป็นแผนการปฏิบัติงานของการสนับสนุนบุคลากรอาสาสมัครภายในพื้นที่

รายละเอียดขั้นตอนการประมวลผลสำหรับการวางแผนการลำเลียงของการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่องแบ่งเป็น การคำนวณเพื่อเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรและเวชภัณฑ์ และการคำนวณเพื่อเลือกรูปแบบในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์จากแหล่งสนับสนุน

3.2.1 การคำนวณเพื่อเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรและเวชภัณฑ์

การคำนวณประมวลผลในการเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรสำหรับการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่องมีรูปแบบปัญหาคล้ายคลึงกับปัญหาจัดตารางการผลิต(Assignment Problem) ในการเลือกเครื่องจักรให้ทำงานโดยมีฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์คือต้นทุนการผลิตน้อยที่สุด หรือ เวลาล่าช้าน้อยที่สุดเป็นต้น ปัญหาที่เกิดขึ้น

ในลักษณะนี้เรียกว่าปัญหาการมอบหมายงานซึ่งตัวแปรการตัดสินใจจะมีลักษณะเป็น 2 มิตินั่นคือ สมาชิกของกลุ่มพื้นที่ที่มีความต้องการการออกหน่วย m พื้นที่ และสมาชิกในกลุ่มโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากร n โรงพยาบาล โดยปัญหาการตัดสินใจที่เกิดขึ้นในงานวิจัยนี้คือการเลือกมอบหมายงานสนับสนุนบุคลากรของพื้นที่ออกหน่วยให้โรงพยาบาลภายในจังหวัดทำการสนับสนุนบุคลากรตามแผนการออกหน่วยที่อนุมัติแล้ว โดยมีสมมติฐานในเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนดังนี้

- การปฏิบัติงานใน 1 วันสามารถปฏิบัติงานได้เพียง 1 พื้นที่
- บุคลากรอาสาสมัคร 1 คนสามารถสมัครปฏิบัติงานได้เดือนละครั้งเท่านั้นแต่จะสมัครปฏิบัติงานกี่เดือนก็ได้
- จำนวนความสามารถในการสนับสนุนบุคลากรและเวชภัณฑ์รวมของทุกโรงพยาบาลใน 1 เดือนต้องมากกว่าจำนวนความต้องการบุคลากรและเวชภัณฑ์รวม หากน้อยกว่าให้เพิ่มปริมาณ Dummy เท่ากับจำนวนบุคลากรที่ขาดในแต่ละประเภทบุคลากรและเวชภัณฑ์ที่คลังเวชภัณฑ์ภายในจังหวัด
- ในการคำนวณเพื่อเลือกวิธีการลำเลียงจะไม่สนใจจำนวนรถที่ใช้ขนส่งจากโรงพยาบาลมายังจุดนัดพบ
- ในการคำนวณเพื่อเลือกวิธีการลำเลียงสำหรับการวนรับแพทย์รถขนส่งจะออกพร้อมกันที่คลังเวชภัณฑ์แล้ววนรับแพทย์ตามลำดับโรงพยาบาลต่างๆภายในเส้นทางที่มีระยะทางสั้นที่สุด
- บุคลากรหมายถึงบุคลากรทางการแพทย์ที่ทำหน้าที่ให้บริการสาธารณสุขโดยตรง ได้แก่ แพทย์ ทันตแพทย์ พยาบาล ทันตพิบาล และเภสัชกร บุคลากรประเภทอื่นนอกเหนือจากบุคลากรประเภทเหล่านี้ไม่อยู่ในขอบเขตของระบบ
- เวชภัณฑ์หมายถึง ยาและเวชภัณฑ์ที่ใช้แล้วทิ้ง ซึ่งใช้ในการให้บริการทางการแพทย์ของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ตามบัญชีรายการเวชภัณฑ์ของหน่วยงาน

- คลังเวชภัณฑ์สามารถจัดหาเวชภัณฑ์ได้เพียงพอกับการสนับสนุนการให้บริการ

ลักษณะแบบจำลองของปัญหาการมอบหมายงานในงานวิจัยเพื่อเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรสำหรับการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่องมีลักษณะคล้ายคลึงกับแบบจำลอง Generalized Assignment Problem (GAP) ซึ่งเป็นการตัดสินใจที่มีจำนวนตัวปฏิบัติการ (Agent) จำนวน n ตัวและมีงาน (Job) จำนวน m ตัว โดยสามารถใช้โรงพยาบาลเป็นตัวปฏิบัติการและใช้พื้นที่ออกหน่วยเป็นงานโดยกำหนดให้

I = เซตของโรงพยาบาล ซึ่ง i = 1, 2, 3, r,..., n

R_j = เซตของโรงพยาบาลที่สนับสนุนบุคลากรไปยังพื้นที่ j โดย $r_j = \{1, 2, 3,..., r\} \in I$

J = เซตของพื้นที่ออกหน่วยในกรอบเวลา 1 เดือน ซึ่ง j = 1, 2, 3... m

K = เซตของชนิดทรัพยากรบุคลากรทางการแพทย์ ซึ่ง

k= {แพทย์, ทันตแพทย์, พยาบาล, เภสัชกร}

d_{ij} = ระยะทางจากการเดินทางของบุคลากรสนับสนุนจากโรงพยาบาล i มายังพื้นที่ปฏิบัติงาน j

a_{ijk} = ทรัพยากรบุคลากรประเภท k ที่โรงพยาบาล i สนับสนุนการทำงานของพื้นที่ออกหน่วย j

B_{ik} = ข้อจำกัดในศักยภาพการสนับสนุนบุคลากรประเภท k ของโรงพยาบาล i

D_{jk} = ความต้องการบุคลากรประเภท k ของพื้นที่ออกหน่วย j

ตัวแปรการตัดสินใจในแบบจำลองที่ใช้ในมอบหมายการสนับสนุนบุคลากรให้กับพื้นที่ออกหน่วยมีค่าเป็นไบนารี คือ

$$X_{ij} = \begin{cases} \mathbf{1} \text{ ถ้าโรงพยาบาล } \boldsymbol{i} \text{ ถูกมอบหมายให้สนับสนุนบุคลากรไปยังพื้นที่ออกหน่วย } \boldsymbol{j} \\ \mathbf{0} \text{ ถ้าโรงพยาบาล } \boldsymbol{i} \text{ ไม่ถูกมอบหมายให้สนับสนุนบุคลากรไปยังพื้นที่ออกหน่วย } \boldsymbol{j} \end{cases} \quad \text{สมการที่ 3. 10}$$

ในการเลือกโรงพยาบาลเพื่อทำการสนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์ในงานวิจัยนี้มีความแตกต่างจากการศึกษาวิจัยในการมอบหมายงานที่ผ่านมาเนื่องจากทรัพยากรของเครื่องจักร(โรงพยาบาล)และงาน(พื้นที่ออกหน่วย) มีหลายชนิด ปัญหาในลักษณะดังกล่าวทำให้การมอบหมายงานมีความซับซ้อนมากขึ้น

โดยในการมอบหมายงานเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นให้โรงพยาบาลที่มีศักยภาพเพียงพอในการสนับสนุนบุคลากรและมีระยะทางจากโรงพยาบาลมายังพื้นที่ที่เหมาะสมทำการสนับสนุนบุคลากรไปยังพื้นที่เพื่อให้การลำเลียง

บุคลากรทางการแพทย์ที่เป็นอาสาสมัครมีต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม มีศักยภาพและประสิทธิภาพเพียงพอในการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ซึ่งมีความต้องการบุคลากรทางการแพทย์มากน้อยแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ดังนั้นระยะทางจะเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในการตัดสินใจเลือกโรงพยาบาลในการสนับสนุนบุคลากรนอกจากนี้โรงพยาบาลที่ทำการสนับสนุนบุคลากรควรจะมีชนิดและจำนวนบุคลากรอาสาสมัครเพียงพอในการให้บริการแต่ละครั้งการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่เพื่อความสะดวกในการเตรียมความพร้อมของบุคลากรและเวชภัณฑ์ในการออกหน่วย การใช้บุคลากรจากโรงพยาบาลเดียวกันในการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่จะมีประโยชน์ในแง่ของความสะดวกในการติดต่อประสานงานหรือแลกเปลี่ยนหน้าที่ความรับผิดชอบของบุคลากร แต่การสนธิกำลังระหว่างบุคลากรอาสาสมัครจากหลายโรงพยาบาลก็เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้เนื่องจากอาจมีกรณีที่จำนวนบุคลากรที่เป็นอาสาสมัครภายในโรงพยาบาลโดยเฉพาะโรงพยาบาลชุมชนมีจำนวนน้อยและบุคลากรอาสาสมัครสามารถออกปฏิบัติงานได้เพียง 1 ครั้งในแต่ละเดือน ทำให้ต้องมีการสนธิกำลังบุคลากรอาสาสมัครจากโรงพยาบาลอื่นๆภายในตัวจังหวัดเพื่อให้สนับสนุนบุคลากรเพื่อบริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่มีความสอดคล้องสอดคล้องกับความต้องการบุคลากรของพื้นที่

โดยมีฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ในการเลือกโรงพยาบาลเพื่อสนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์สำหรับการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่คือระยะรวมที่เกิดขึ้นจากการมอบหมายการสนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์ให้ทุกพื้นที่ตามกำหนดการออกหน่วยน้อยที่สุด

หาค่าต่ำสุด

$$z = \sum_{j=1}^{m} \sum_{r_j}^{R_j} d_{ij} x_{ij}$$

สมการที่ 3. 11

การเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรเพื่อให้บริการแก่พื้นที่ออกหน่วยตามกำหนดการออกหน่วยจำเป็นต้องคำนึงถึงเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- เงื่อนไขที่ 1แสดงในสมการที่ 3.12 ในการสนับสนุนของโรงพยาบาลต้องสนับสนุนไม่เกินความสามารถในการสนับสนุนหรือจำนวนบุคลากรอาสาสมัครที่โรงพยาบาลนั้นมี

- เงื่อนไขที่ 2 แสดงในสมการที่ 3.13 ค่าความต้องการของพื้นที่ j ในประเภทบุคลากร k หลังจากการสนับสนุนของโรงพยาบาลที่เป็นสมาชิกในเซต R_j ต้องเท่ากับ 0
- เงื่อนไขที่ 3 แสดงในสมการที่ 3.14 จำนวนโรงพยาบาลสนับสนุนในแต่ละพื้นที่ออกหน่วยต้องไม่เกินจำนวนโรงพยาบาลสนับสนุนทั้งหมดในจังหวัด
- เงื่อนไขที่ 4 แสดงในสมการที่ 3.12 ผลรวมของจำนวนบุคลากรอาสาสมัครทั้งหมดในจังหวัดต้องมากกว่าหรือเท่ากับผลรวมความต้องการบุคลากรทางการแพทย์ของทุกพื้นที่

$$\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{4} a_{ijk}\, x_{ij} \leq \sum_{k=1}^{4} B_{ik}$$

สมการที่ 3. 12

$$\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{4} R_{jk} = 0$$

สมการที่ 3. 13

$$\sum_{r_j}^{R_j} x_{ij} \leq n$$

สมการที่ 3. 14

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{4} B_{ik} \geq \sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{4} D_{jk}$$

สมการที่ 3. 15

เมื่อ

$$R_{jk} = D_{jk} - \sum_{r_j}^{R_j} a_{ijk} x_{ij}$$

สมการที่ 3. 16

โดย

R_{jk} = ค่าความต้องการของพื้นที่ j ในประเภทบุคลากร k หลังจากการสนับสนุนของโรงพยาบาลที่เป็นสมาชิกในเซต R_j

เนื่องจากปัญหาการมอบหมายงานเป็นรูปแบบปัญหาในคลาส NP สัมบูรณ์เช่นเดียวกับปัญหาในการวางแผนจัดเส้นทางออกหน่วยของการให้บริการแบบต่อเนื่อง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาวิธีการหาคำตอบโดยใช้หลักฮิวริสติกส์ในการหาคำตอบที่

เหมาะสมภายใต้เวลาการคำนวณที่ไม่มากเพื่อเลือกโรงพยาบาลในการสนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์ไปยังพื้นที่ออกหน่วยตามวัตถุประสงค์และเหตุผลในทางปฏิบัติงาน

อย่างไรก็ตามวิธีที่พัฒนาขึ้นนั้นอาจไม่นำไปสู่การแก้ปัญหาที่ได้คำตอบที่ดีที่สุดแต่เป็นการหาคำตอบที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่ใกล้เคียงกับการทำงานจริงของหน่วยงานที่ได้ไปศึกษามากที่สุดเพื่อให้การในไปประยุกต์ใช้งานจริงในอนาคตผู้ใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานมากนัก

การทำงานของฮิวริสติกส์ที่พัฒนาขึ้นจำเป็นจะต้องมีการแบ่งการหาคำตอบออกเป็น 4 ขั้นต่อเนื่องกันทั้งนี้เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นการพยายามจัดโรงพยาบาลเพื่อทำการสนับสนุนบุคลากรไปยังพื้นที่ตามความต้องการบุคลากรทางการแพทย์ที่มี 4 ประเภทที่แตกต่างกันและไม่สามารถทำงานแทนกันได้(Independent Multiple Resources) ได้แก่ แพทย์ ทันตแพทย์ เภสัช และ พยาบาล โดยในการออกให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่นั้น แพทย์กับทันตแพทย์ เป็นบุคลากรที่สำคัญที่สุดเนื่องจากเป็นบุคลากรที่ปฏิบัติหน้าที่ ตรวจ รักษา อาการผู้ป่วยโดยตรง แต่ เภสัชกร และ พยาบาล รวมถึงผู้ช่วยทันตแพทย์จะเป็นบุคลากรที่ทำหน้าที่สนับสนุนการทำงานของแพทย์หรือทันตแพทย์ ซึ่งเจ้าหน้าที่สาธารณสุขจังหวัดที่ออกหน่วยแพทย์สามารถทำงานแทนได้ นอกจากนี้ในประเภทบุคลากรที่มีความสำคัญได้มีการใช้ค่าความสำคัญของบุคลากรเพื่อให้แบบจำลองการตัดสินใจสามารถที่จะจัดสรรบุคลากรเพื่อตอบสนองความต้องการบุคลากรของพื้นที่ที่มีค่าความสำคัญสูงได้มากที่สุด บุคลากรแพทย์มีค่าความสำคัญมากกว่าทันตแพทย์เนื่องจากการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่องมีจุดประสงค์ในการให้บริการรักษาโรคพื้นฐานเบื้องต้น(Primary Care) แพทย์จึงเป็นบุคลากรหลักในการให้บริการสำหรับทันตแพทย์มีการออกหน่วยแบบต่อเนื่องรองรับทำให้กิจกรรมการรักษาทันตกรรมในการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่องไม่ใช่กิจกรรมหลักทันตแพทย์จึงมีค่าความสำคัญของบุคลากรน้อยกว่าแพทย์ ดังนั้นฮิวริสติกส์ที่พัฒนาขึ้นจึงมุ่งเน้นให้การจัดสรรโรงพยาบาลเพื่อทำหน้าที่สนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์มีศักยภาพเพียงพอในการสนับสนุนบุคลากรตามความต้องการของพื้นที่โดยเน้นในการมอบหมายงานให้โรงพยาบาลที่สามารถสนับสนุนบุคลากรประเภทที่ให้บริการรักษาโดยตรง(Dominant Type)ก่อนภายใต้ระยะทางที่เหมาะสมเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์ที่แปรผันตามระยะทางที่เหมาะสม

การทำงานของฮิวริสติกส์จะเริ่มจากการตรวจสอบเงื่อนไขด้านจำนวนรวมของบุคลากรอาสาสมัครทางการแพทย์ในทุกประเภทบุคลากรของทุกโรงพยาบาลต้องมากกว่าความต้องการรวมของบุคลากรในทุกประเภทบุคลากรของทุกพื้นที่ ซึ่งเป็นการทำ

ให้ทรัพยากรบุคลากรอาสาสมัครที่มีอยู่สมดุลกับปริมาณความต้องการของพื้นที่ออกหน่วยเพื่อให้สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดดังนั้นหากเกิดกรณีที่จำนวนผลรวมบุคลากรอาสาสมัครน้อยกว่าผลรวมความต้องการบุคลากรของทุกพื้นที่จึงต้องทำการเพิ่มปริมาณ Dummy ให้เท่ากับจำนวนบุคลากรที่ขาดไปเพื่อให้สอดคล้องกับเงื่อนไขความสมดุลระหว่างจำนวนบุคลากรที่มีและจำนวนที่ต้องการเพื่อการประมวลผลของแบบจำลองผ่านเงื่อนไขและสามารถทำงานได้ ทั้งนี้ปริมาณบุคลากร Dummy ที่ใส่เข้าไปนั้นไม่มีผลต่อการตัดสินใจเนื่องจากในความเป็นจริงบุคลากร Dummy ไม่มีตัวตนอยู่และหากเกินกรณีจำนวนบุคลากรอาสาสมัครไม่เพียงพอสำหรับการปฏิบัติงาน แพทย์อาสาสมัครที่มีต้องออกปฏิบัติงานตามกำหนดการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่เช่นเดิม ดังนั้น ปริมาณ Dummy จะเป็นปริมาณที่แสดงให้เห็นถึงจำนวนบุคลากรที่ต้องการเพิ่มเพื่อไปปฏิบัติหน้าที่ ณ พื้นที่ออกหน่วยใดๆ

โดยสมการที่ใช้คำนวณปริมาณ Dummy (S_{ok}) หรือทรัพยากรบุคลากรอาสาสมัครซึ่งเป็นปริมาณ Dummy ของคลังยา o ประเภท k เพื่อทำให้เงื่อนไขที่ 4 เป็นจริงคือ

$$S_{ok} = \sum_{i=1}^{n} S_{ik} - \sum_{j=1}^{m} D_{jk}$$

สมการที่ 3. 17

อย่างไรก็ตามในระบบสนับสนุนการทำงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ได้มีระบบการคัดเลือกพื้นที่เพื่อแบ่งลักษณะการร้องขอการออกหน่วยเป็นแบบต่อเนื่องหรือแบบไม่ต่อเนื่องซึ่ง จะทำการตรวจสอบให้เกิดความสมดุลของแพทย์อาสาสมัครกับความต้องการบุคลากรของพื้นที่ภายในจังหวัดเดียวกัน โดยมีจุดประสงค์ให้ใช้แพทย์ในจังหวัดทำการให้บริการก่อนทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลที่จำเป็นในการรักษาของผู้ป่วยจะได้ถูกเก็บในโรงพยาบาลภายในจังหวัดซึ่งมีประโยชน์ในการใช้ติดตามการรักษาต่อไปโดยหากพื้นที่ร้องขอใดทำให้เกิดความไม่สมดุลระหว่างบุคลากรอาสาสมัครและความต้องการบุคลากรพื้นที่นั้นจะถูกกำหนดให้เป็นพื้นที่ร้องขอในลักษณะการให้บริการการออกหน่วยแบบต่อเนื่องโดยฟังก์ชั่นการคัดเลือกประเภทการให้บริการของระบบสนับสนุนการทำงานที่พัฒนาขึ้น (รายงานฉบับสมบูรณ์เล่มที่ 5: การออกแบบระบบสนับสนุนการปฏิบัติงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่) เพราะฉะนั้น ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองการตัดสินใจจึงมีเฉพาะในกรณีที่ จำนวนบุคลากรอาสาสมัครรวมที่มีอยู่ภายในทุกโรงพยาบาลมีจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับจำนวนความต้องการบุคลากรรวมของพื้นที่ออกหน่วย

เมื่อผ่านการหาคำตอบทั้ง 4 ขั้นของฮิวริสติกส์ที่พัฒนาขึ้นจะได้คำตอบที่อยู่ในขอบเขตคำตอบที่เหมาะสม(Feasible solution)ตามเงื่อนไขของแบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยข้อเสียของการใช้วิธีดังกล่าวจะทำให้คำตอบที่ได้จากกระบวนการฮิวริสติกส์นั้นได้คำตอบที่ไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด เนื่องจากอาจเกิดกรณีคำตอบแรกที่ได้จากการจำกัดขอบเขตเงื่อนไขความสัมพันธ์การสนับสนุนระหว่างโรงพยาบาลและพื้นที่ออกหน่วยเป็น 1-1 อยู่ภายพื้นที่ขอบเขตของคำตอบที่เป็นไปได้ที่ลดลง(Search Space)ในขณะที่คำตอบที่ดีที่สุดอาจอยู่นอกขอบเขตคำตอบที่เป็นไปได้จากการกำหนดเงื่อนไขออกไปซึ่งหากเกิดกรณีดังกล่าวจะให้ค่าคำตอบที่ห่างไกลจากคำตอบที่ดีที่สุด นั่นคือ กระบวนการฮิวริสติกส์ที่พัฒนาขึ้นนั้นทำให้โอกาสที่จะได้คำตอบที่ดีที่สุดของการเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนลดลง อย่างไรก็ตามวิธีการที่พัฒนาขึ้นมีข้อดีในการ สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่ตั้งขึ้นในขั้นตอนเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนของการวนรอบหาคำตอบในแต่ละรอบ ซึ่งได้คัดเลือกโรงพยาบาลที่มีศักยภาพเพียงพอและระยะทางน้อยสุดทำการสนับสนุนบุคลากรแล้วโดยกำหนดให้การสนับสนุนระหว่างโรงพยาบาลกับพื้นที่เป็นไปในรูปแบบความสัมพันธ์แบบ 1-1 จึงสามารถสรุปได้ว่าในแต่ละขั้นตอนการหาคำตอบของฮิวริสติกส์ได้เลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรที่เหมาะสมที่สุดทำให้คำตอบสุดท้ายที่ได้เป็นคำตอบที่เหมาะสมเช่นเดียวกัน ดังนั้นหากคำตอบที่เหมาะสมที่ได้จากการเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนในขั้นตอนแรกเป็นคำตอบที่ดีคำตอบสุดท้ายที่ได้ก็จะเป็นคำตอบที่ดีเช่นกันและสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานของฮิวริสติกส์ได้ดังนี้

การทำงานของฮิวริสติกส์ในการเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนแบ่งเป็น 4 ขั้นในการหาคำตอบ

3.2.1.1 <u>*ขั้นที่หนึ่ง(Phase I): การเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนที่สามารถสนับสนุนบุคลากรในประเภทสำคัญ (Dominant Type) ได้ทั้งหมด*</u>

การหาคำตอบในเฟสนี้จะใช้หลักการ Relax constraints ในส่วนของความต้องการหลังสนับสนุนของแต่ละพื้นที่ โดยกำหนดให้ความต้องการหลังการสนับสนุนเหลือ 0 ในเฉพาะประเภท หมอและทันตแพทย์เท่านั้น นั้นคือโรงพยาบาลที่ถูกเลือกให้สนับสนุนบุคลากรจำเป็นจะต้องมีจำนวนบุคลากรในประเภทแพทย์และทันตแพทย์เพียงพอต่อความต้องการของพื้นที่ออกหน่วยและมีระยะทางในการเดินทางจากโรงพยาบาลไปยังพื้นที่สั้นที่สุดโดยกำหนดให้การสนับสนุนของโรงพยาบาลหากถูกเลือกจะต้องทำการสนับสนุนบุคลากรดังนี้ กำหนดให้ การสนับสนุนจำนวนบุคลากรในประเภท k จากโรงพยาบาล i ที่ถูก

เลือกให้สนับสนุนบุคลากรไปยังพื้นที่ j (a_{ijk}) มีค่าเท่ากับจำนวนน้อยที่สุดระหว่างจำนวนบุคลากรอาสาสมัครประเภท k ที่มีอยู่ในโรงพยาบาลและจำนวนความต้องการบุคลากรประเภท k ณ พื้นที่ออกหน่วย

ขั้นตอนที่ 1: สร้างรายชื่อโรงพยาบาลที่มีศักยภาพสนับสนุนบุคลากร

โรงพยาบาลที่มีศักยภาพคือโรงพยาบาลที่มีจำนวนบุคลากรทางการแพทย์ในประเภทที่สำคัญ(Dominant Type) นั่นคือ จำนวนแพทย์และทันตแพทย์มากกว่าจำนวนความต้องการของพื้นที่ออกหน่วยโดยทำการตรวจสอบเงื่อนไขนี้กับทุกพื้นที่ร้องขอ ซึ่งจะได้เป็นตารางโดยมีด้านแถวเป็นรายชื่อพื้นที่ร้องขอและคอลัมน์เป็นรายชื่อโรงพยาบาลที่มีศักยภาพ

ขั้นตอนที่ 2: การเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนไปยังพื้นที่ร้องขอจะใช้หลักการของการมอบหมายงานที่มีความสัมพันธ์เป็น 1-1 โดยในขั้นตอนนี้จะต้องมีการแยกปัญหาย่อยออกเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกรณีคำตอบขัดเงื่อนไขลักษณะความสัมพันธ์แบบ 1-1 ซึ่งส่งผลให้ไม่สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมได้ (infeasible) ปัญหาย่อยสามารถแยกได้โดยทำการรวมกลุ่มพื้นที่ร้องขอที่มีรายชื่อโรงพยาบาลที่มีศักยภาพในการสนับสนุนมายังพื้นที่ร้องขอต่างๆเหล่านั้นเป็นโรงพยาบาลเดียวกันทั้งหมดทุกโรงพยาบาล แล้วจึงใช้หลักเกณฑ์การมอบหมายหมายงานแบบ 1-1ในแต่ละปัญหาย่อยโดยการมอบหมายงานสามารถเกิดกรณีในการหาคำตอบได้ 3 กรณีดังนี้

- กรณีที่ จำนวนแถว < จำนวนคอลัม

  เงื่อนไขการสนับสนุนเพื่อให้ความสัมพันธ์ในการจับคู่เป็นลักษณะแบบ 1-1 คือ ทุกพื้นที่ต้องถูกสนับสนุนโดย 1 โรงพยาบาลแต่ทุกโรงพยาบาลจะสนับสนุนหรือไม่ก็ได้

  $$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \ \forall \ i \in I$$

  สมการที่ 3. 18

  $$0 \leq \sum_{i=1}^{m} x_{ij} \leq 1 \ \forall \ j \in J$$

  สมการที่ 3. 19

- กรณีที่ จำนวนแถว > จำนวนคอลัม

  เงื่อนไขการสนับสนุนเพื่อให้ความสัมพันธ์ในการจับคู่เป็นลักษณะแบบ 1-1 คือ ทุกโรงพยาบาลต้องถูกเลือกให้สนับสนุนไปยังพื้นที่ออกหน่วยพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งแต่ทุกพื้นที่จะถูกสนับสนุนหรือไม่ก็ได้

$$0 \leq \sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq 1 \ \forall i \in I$$

สมการที่ 3. 20

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = 1 \ \forall j \in J$$

สมการที่ 3. 21

- กรณีที่ จำนวนแถว = จำนวนคอลัม

  เงื่อนไขการสนับสนุนเพื่อให้ความสัมพันธ์ในการจับคู่เป็นลักษณะแบบ 1-1 คือ ทุกโรงพยาบาลต้องถูกเลือกให้สนับสนุนไปยังพื้นที่ออกหน่วยพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งและทุกพื้นที่จะถูกสนับสนุนโดย 1 โรงพยาบาล

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \ \forall i \in I$$

สมการที่ 3. 22

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = 1 \ \forall j \in J$$

สมการที่ 3. 23

โดยต้องทำให้การจับคู่สนับสนุนระหว่างโรงพยาบาลกับพื้นที่ออกหน่วยมีระยะทางรวมในการสนับสนุนไปยังพื้นที่ภายในเดือนที่ทำการวางแผนน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 3: ในทุกปัญหาย่อยที่เกิดขึ้นในแต่ละการวนรอบหาคำตอบภายในขั้นที่ 1 ของฮิวริสติกส์ที่พัฒนาขึ้น หากเกิดกรณีที่การจับคู่ระหว่างโรงพยาบาลกับพื้นที่มีการจับคู่โรงพยาบาลซ้ำกันให้โรงพยาบาลเลือกสนับสนุนไปยังพื้นที่ออกหน่วยที่มีระยะทางมายังโรงพยาบาลนั้นสั้นที่สุด

ขั้นตอนที่ 4: ทำการบันทึกค่าการสนับสนุนบุคลากรเมื่อได้ทำการจับคู่โรงพยาบาลที่ถูกเลือกโดย ค่าการสนับสนุนบุคลากรจากโรงพยาบาลมายังพื้นที่คือค่าน้อยสุดระหว่างจำนวนบุคลากรที่โรงพยาบาลมีและความต้องการของพื้นที่และทำการบันทึกค่าใหม่ของจำนวนบุคลากรอาสาสมัครภายหลังการสนับสนุนให้เป็นจำนวนบุคลากรคงเหลือของทั้งโรงพยาบาลและพื้นที่ออกหน่วย

ขั้นตอนที่ 5: ทำการวนหาคำตอบซ้ำในขั้นตอนที่ 1-4 จนกว่าจะไม่สามารถสร้างรายชื่อโรงพยาบาลที่มีศักยภาพสนับสนุนบุคลากรของพื้นที่ใดได้อีกหรือจำนวนบุคลากรในประเภทสำคัญในทุกพื้นที่เหลือ 0 แล้วให้หยุดการทำงานในเฟสที่ 1 บันทึกค่าคำตอบแล้วใช้ในการหาคำตอบของเฟสที่ 2 ต่อไป

3.2.1.2 ขั้นที่ 2 (Phase II) การเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนที่สามารถสนับสนุนบุคลากรในประเภทสำคัญ (Dominant Type) ที่มีค่าความสำคัญมากสุด ได้ทั้งหมด

การหาคำตอบในเฟสนี้จะใช้หลักการและขั้นตอนแบบเดียวกันในขั้นตอนการหาคำตอบของเฟสที่ 1 เพียงแต่การ Relax constraints จะลดลงให้เหลือเพียงในส่วนของความต้องการของแต่ละพื้นที่หลังการสนับสนุนบุคลากรให้เหลือประเภทที่สำคัญและมีค่าความสำคัญมากที่สุด คือ ให้ความต้องการหลังได้รับการสนับสนุนเหลือ 0 ในเฉพาะประเภท แพทย์เท่านั้น ทำให้เงื่อนไขการสร้างรายชื่อโรงพยาบาลศักยภาพเปลี่ยนไปเป็นโรงพยาบาลที่มีจำนวนบุคลากรคงเหลือในประเภทแพทย์มากกว่าหรือเท่ากับความต้องการคงเหลือของบุคลากรของพื้นที่ร้องขอ นอกจากนี้ เงื่อนไขการหยุดการวนหาคำตอบให้หยุดเมื่อไม่สามารถสร้างรายชื่อโรงพยาบาลที่มีศักยภาพสนับสนุนบุคลากรของพื้นที่ใดได้อีก หรือจำนวนบุคลากรในประเภทสำคัญในทุกพื้นที่เหลือ 0

3.2.1.3 ขั้นที่ 3 (Phase III) การเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนที่สามารถสนับสนุนบุคลากรในประเภทสำคัญ (Dominant Type) ที่มีค่าความสำคัญมากสุดในลำดับถัดไป ได้ทั้งหมด

การหาคำตอบในเฟสนี้จะใช้หลักการและขั้นตอนแบบเดียวกันในขั้นตอนการหาคำตอบของเฟสที่ 1และ 2 เพียงแต่การ Relax constraints จะลดลงให้เหลือเพียงในส่วนของความต้องการของแต่ละพื้นที่หลังการสนับสนุนบุคลากรให้เหลือประเภทที่สำคัญและมีค่าความสำคัญมากที่สุดในลำดับถัดไป คือ ให้ความต้องการหลังได้รับการสนับสนุนเหลือ 0 ในเฉพาะประเภท ทันตแพทย์เท่านั้น ทำให้เงื่อนไขการสร้างรายชื่อโรงพยาบาลศักยภาพเปลี่ยนไปเป็นโรงพยาบาลที่มีจำนวนบุคลากรคงเหลือในประเภทแพทย์มากกว่าหรือเท่ากับความต้องการคงเหลือของบุคลากรของพื้นที่ร้องขอ นอกจากนี้ เงื่อนไขการหยุดการวนหาคำตอบให้หยุดเมื่อไม่สามารถสร้างรายชื่อโรงพยาบาลที่มีศักยภาพสนับสนุนบุคลากรของพื้นที่ใดได้อีก หรือจำนวนบุคลากรในประเภทสำคัญในทุกพื้นที่เหลือ 0

3.2.1.4 ขั้นที่ 4 (Phase IV) การเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนเพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการบุคลากรในทุกประเภทได้ทั้งหมด

การหาคำตอบในขั้นนี้ของฮิวริสติกส์ต้องพยายามทำให้เงื่อนไขความต้องการบุคลากรคงเหลือของทุกพื้นที่เป็น 0 นั่นคือสามารถสนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์ได้ทั้งหมด โรงพยาบาลที่มีศักยภาพในการสนับสนุนบุคลากรกำหนดให้เป็นโรงพยาบาลที่มีจำนวนบุคลากรคงเหลืออย่างน้อย 1 ประเภทบุคลากรตามความต้องการของพื้นที่และการวนหาคำตอบจะหยุดเมื่อไม่มีโรงพยาบาลใดถูกเลือกให้อยู่ในรายชื่อโรงพยาบาลที่มีศักยภาพ หรือทุกพื้นที่มีความต้องการคงเหลือรวมเท่ากับ 0 แล้ว

จะเห็นว่าการทำงานของฮิวริสติกส์จะมีประสิทธิภาพด้อยลงในเฟสที่ 4 ทั้งนี้เนื่องจากกำหนดให้โรงพยาบาลที่มีบุคลากรคงเหลือมากกว่าจำนวนความต้องการคงเหลือของพื้นที่เพียงประเภทเดียวสามารถสนับสนุนบุคลากรไปยังพื้นที่ได้ ทำให้การจัดโรงพยาบาลเพื่อทำการสนับสนุนบุคลากรไปยังพื้นที่ออกหน่วยในขั้นนี้มีการสนธิกำลังระหว่างโรงพยาบาลไปยังพื้นที่ออกหน่วยใดๆค่อนข้างมากและการสนับสนุนในแต่ละครั้งสนับสนุนด้วยจำนวนบุคลากรที่น้อยเนื่องจากคำถึงระยะทางในการสนับสนุนเป็นตัวหลักในการเลือกโรงพยาบาล อย่างไรก็ตามเนื่องจากการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรนั้นมุ่งเน้นให้การทำงานของระบบสามารถตอบสนองได้ใกล้เคียงกับการทำงานจริงของหน่วยงานที่ไปทำการศึกษาให้มากที่สุดโดยมิได้มุ่งหวังถึงการได้คำตอบที่ดีที่สุดแต่ต้องการเพียงแค่คำตอบที่ดีพอสำหรับการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ ดังนั้นคุณภาพของคำตอบที่ได้จากกระบวนการฮิวริสติกส์ที่พัฒนาขึ้นนี้ถือว่ามีคุณภาพเหมาะสมเนื่องจากเป็นคำตอบที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขและสอดคล้องกับฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง

ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลคือ โรงพยาบาลที่ทำการสนับสนุนบุคลากรประเภทและจำนวนในการสนับสนุนให้แต่ละพื้นที่การออกหน่วยตามกำหนดการออกหน่วยซึ่งเป็นข้อมูลนำเข้าของระบบซึ่งคำตอบที่ได้จากการเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์นี้จะถูกนำปคำนวณและประมวลผลในการเลือกรูปแบบการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ไปยังพื้นที่ปฏิบัติงาน

3.3 การคำนวณเพื่อเลือกวิธีการในการลำเลียง

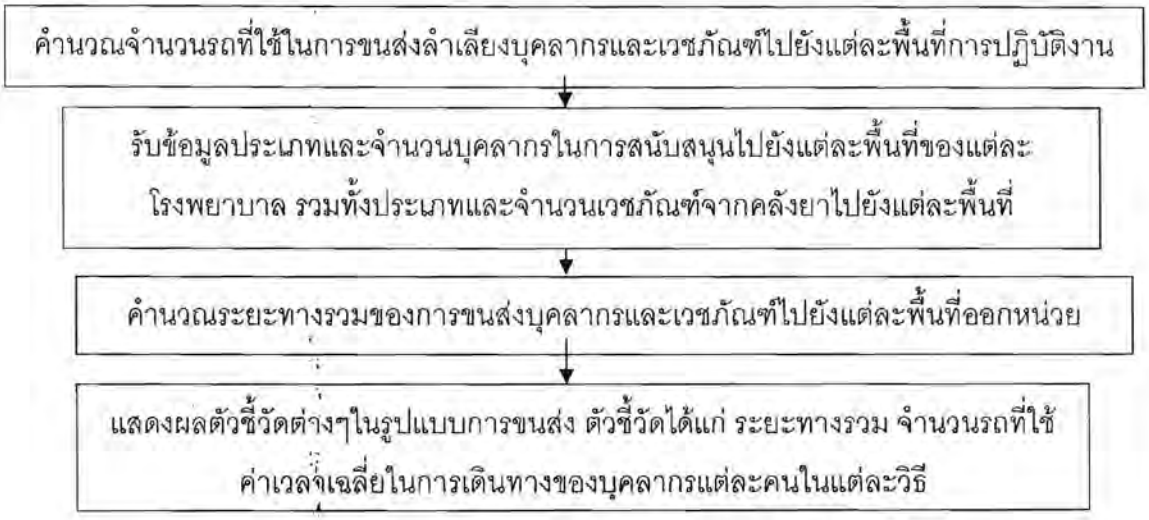
ในส่วนของการคำนวณเพื่อเลือกวิธีการในการลำเลียงเป็นการออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพิ่มเติมของผู้ทำการวิจัยซึ่งในการปฏิบัติงานจริงของหน่วยงานที่ไปศึกษาไม่มีการตัดสินใจในส่วนนี้ ทั้งนี้เนื่องจากการดำเนินการในอดีตของรูปแบบการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ของหน่วยงานที่ให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่จะเป็นการขนส่งรูปแบบเดียวคือการส่ง

ตรงจากสถานที่สนับสนุนบุคลากรหรือเวชภัณฑ์ไปยังพื้นที่ปฏิบัติงาน ในปัจจุบันภาคธุรกิจพยายามที่จะพัฒนากระบวนการขนส่งและลอจิสติกส์เพื่อสร้างความสามารถในการแข่งขันโดยการลดต้นทุนที่เกิดขึ้นในการขนส่งสินค้าทำให้มีการพัฒนารูปแบบโมเดลในการขนส่งหลากหลายรูปแบบ เพื่อที่จะสามารถเพิ่มโอกาสของหน่วยงานผู้ให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ในการลดต้นทุนค่าขนส่งที่เกิดขึ้นในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์เพื่อให้บริการ จึงมีการประยุกต์ใช้โมเดลทางการขนส่งและลอจิสติกส์ทำให้เกิดรูปแบบการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ที่หลากหลายมากขึ้นเพื่อให้เจ้าหน้าที่วางแผนได้เลือกรูปแบบวิธีการลำเลียงที่เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของหน่วยงานตามตัวชี้วัดที่ออกแบบในระบบสนับสนุนการตัดสินใจ โดยในงานวิจัยนี้ได้พัฒนารูปแบบในการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์ออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ ส่งตรง จุดนัดพบ และ วนรับแพทย์ โดยในแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันทั้งนี้เจ้าหน้าที่วางแผนต้องทำการตัดสินใจเลือกรูปแบบการลำเลียงโดยการประมวลผลของระบบจะแสดงข้อมูลของตัวชี้วัดในแต่ละรูปแบบเพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกรูปแบบการลำเลียงของเจ้าหน้าที่วางแผน

3.3.1 การส่งตรง

รูปแบบการส่งตรงเป็นวิธีการลำเลียงที่หน่วยงานให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ได้ปฏิบัติต่อเนื่องกันมาเป็นเวลานานซึ่งรูปแบบการลำเลียงในลักษณะนี้มีความคล่องตัวสูงและบุคลากรทางการแพทย์สามารถเดินทางด้วยความสะดวกสบายโดยใช้เวลาในการเดินทางไม่มาก นอกจากนี้วิธีการลำเลียงรูปแบบนี้ยังสามารถส่งบุคลากรและเวชภัณฑ์ได้ตรงตามเวลาหรือล่าช้าเพียงเล็กน้อยและไม่ทำให้เกิดค่าสูญเสียเวลาของบุคลากรทางการแพทย์ในการเดินทาง ทำให้เป็นวิธีที่นิยมใช้ในหน่วยงานผู้ให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ รูปแบบการขนส่งแบบส่งตรงสามารถลดระยะทางที่ใช้ในการเดินทางจากโรงพยาบาลไปยังพื้นที่ออกหน่วยได้มากหากพื้นที่ออกหน่วยอยู่ตำแหน่งศูนย์กลางของโรงพยาบาลสนับสนุน หรือ โรงพยาบาลสนับสนุนมีการกระจายตัวห่างไกลกัน อย่างไรก็ตาม รูปแบบการลำเลียงในลักษณะนี้ทำให้การใช้ประโยชน์จากยานพาหนะในการขนส่งไม่เต็มศักยภาพ และใช้จำนวนพาหนะเยอะ โดยเฉพาะในกรณีที่มีการสนับสนุนบุคลากรจากหลายโรงพยาบาลภายในพื้นที่ ลักษณะการขนส่งในรูปแบบนี้เป็นที่นิยมแพร่หลายในการให้บริการขนส่งผู้โดยตรงจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่งเช่น การให้บริการรถขนส่งโดยสาร

สำหรับการคำนวณเพื่อแสดงตัวชี้วัดของการขนส่งในรูปแบบการส่งตรงให้เป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจของเจ้าหน้าที่วางแผนสามารถแสดงขั้นตอนการคำนวณได้ดังรูปที่ 20



รูปที่ 20 ขั้นตอนในการคำนวณของรูปแบบการขนส่งโดยตรง

โดยสมการที่ใช้คำนวณจำนวนรถในการขนส่งแบบส่งตรงของการให้บริการในแต่ละพื้นที่โดยโรงพยาบาล r_j ทำการสนับสนุนบุคลากรคือ ($V_{1_{r_j}}$) คือ

$$V_{1r_j\bar{j}} = \sum_{r_j}^{R_j} \frac{\sum_{\forall k} a_{ijk} x_{ij}}{C}$$

สมการที่ 3. 24

สมการที่ใช้คำนวณระยะทางรวมในการขนส่งแบบส่งตรงของการให้บริการในแต่ละพื้นที่ (s_{1_j}) คือ

$$s_{1j} = \sum_{r_j}^{R_j} V_{1r_j j}\, d_{ij} x_{ij}$$

สมการที่ 3. 25

สมการที่ใช้คำนวณเวลารวมในการขนส่งแบบส่งตรงของการให้บริการในแต่ละพื้นที่ (T_{1_j}) คือ

$$T_{1j} = \sum_{r_j}^{R_j} t_{ij} x_{ij}$$

สมการที่ 3. 26

โดยสมการเพื่อหาเวลาเฉลี่ยของแพทย์แต่ละคนในการเดินทางเพื่อให้บริการโดยการลำเลียงแบบส่งตรงของการให้บริการในแต่ละพื้นที่ ($T_{avg_{1_j}}$) คือ

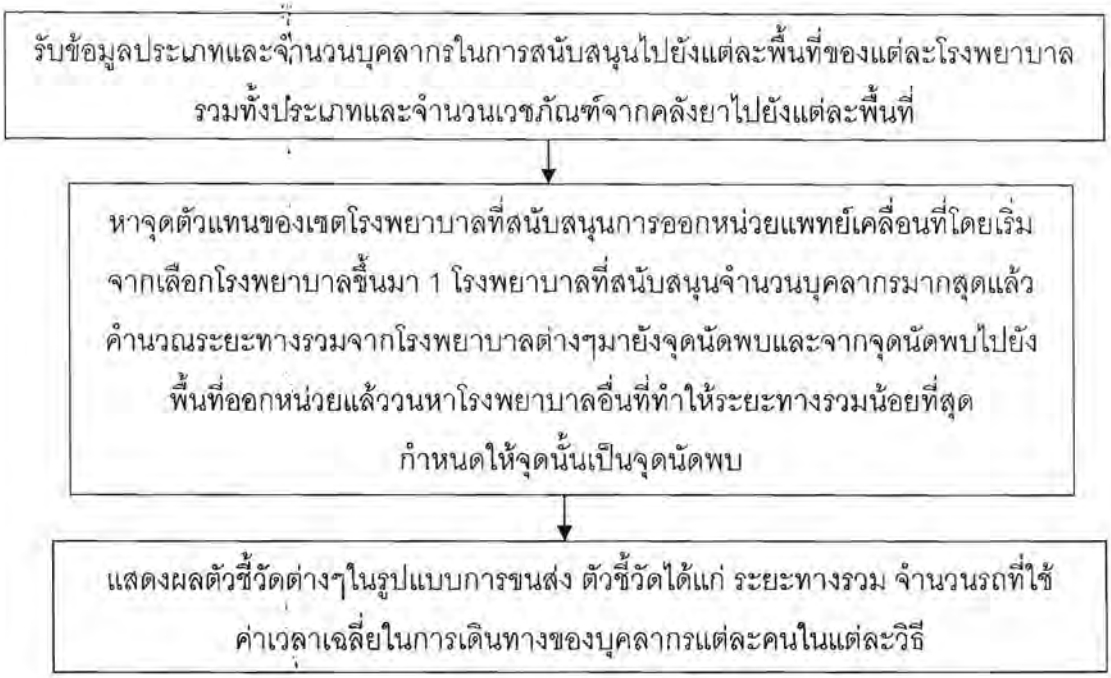
$$T_{avg_{1j}} = \frac{\sum_{r_j}^{R_j} t_{ij} \sum_{k=1}^{4} a_{ijk} x_{ij}}{\sum_{r_j}^{R_j} \sum_{k=1}^{4} a_{ijk} x_{ij}}$$

สมการที่ 3. 27

3.3.2 จุดนัดพบ

การออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ของทหารจำเป็นต้องมีการนัดรวมพลที่จุดๆหนึ่งเพื่อลำเลียงเสบียงต่างๆไปพร้อมกันเพื่อความปลอดภัยของแพทย์ทหารในการให้บริการผู้ป่วยในพื้นที่เสี่ยง ลักษณะการขนส่งแบบนี้มักพบในการเดินทางของสายการบินต่างๆที่มีการนำผู้โดยสารมายังศูนย์กลางเพื่อรวบรวมผู้โดยสารจากสายการบินอื่นให้มารวมกันเพื่อลำเลียงผู้โดยสารไปยังสถานีปลายทางเดียวกัน รูปแบบดังกล่าวเรียกว่าระบบฮับ ซึ่งได้หลักการมาจากการนัดรวมพลก่อนการออกเดินทางหรือลำเลียงเสบียงของทหาร รูปแบบการขนส่งนี้จะทำให้มีความสะดวกในการขนส่งและการเตรียมพร้อมสำหรับการขนส่งและใช้ศักยภาพในการขนส่งของพาหนะได้อย่างเต็มที่มากกว่าการขนส่งแบบตรงและใช้จำนวนพาหนะน้อยกว่า รูปแบบการขนส่งลักษณะนี้เหมาะกับการที่โรงพยาบาลที่เป็นจุดนัดพบอยู่บนเส้นทางการเดินทางของโรงพยาบาลสนับสนุนอื่นๆไปยังพื้นที่ออกหน่วย อย่างไรก็ตามการใช้รูปแบบจุดนัดพบไม่เหมาะกับการลำเลียงในระยะใกล้ๆจากจุดเริ่มต้นต่างๆไปยังจุดปลายทางโดยเฉพาะในการกระจายตัวในแนวรัศมีของจุดเริ่มต้นต่างๆ จากจุดปลายทางเพราะจะทำให้เสียเวลาในการเดินทางมายังจุดนัดพบแทนที่จะไปยังจุดปลายทางเลย การลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์สำหรับการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่สามารถประยุกต์ใช้รูปแบบจุดนัดพบในการลำเลียงได้เนื่องจากพื้นที่ออกหน่วยส่วนใหญ่มักจะอยู่ในถิ่นทุรกันดารและเดินทางเข้าถึงยากการรวมตัวกันที่จุดๆหนึ่งเพื่อลำเลียงทั้งหมดไปด้วยกันจะทำให้เกิดความสะดวกในการเดินทาง ความปลอดภัย และการใช้พาหนะในการขนส่งอย่างคุ้มค่า

สำหรับการคำนวณเพื่อแสดงตัวชี้วัดของการขนส่งในรูปแบบจุดนัดพบเพื่อให้เป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจของเจ้าหน้าที่วางแผนสามารถแสดงขั้นตอนการคำนวณได้ดังรูปที่ 21



รูปที่ 21 ขั้นตอนในการคำนวณของรูปแบบการขนส่งโดยจุดนัดพบ

กำหนดให้ o ซึ่งเป็นสมาชิกในเซต R_j เป็นจุดนัดพบ

โดยสมการที่ใช้คำนวณจำนวนรถรวมในการขนส่งแบบจุดนัดพบของการให้บริการในแต่ละพื้นที่ (V_{2j}) คือ

$$V_{2j} = \frac{\sum_{r_j}^{R} \sum_{k=1}^{4} a_{ijk} x_{ij}}{C}$$

สมการที่ 3. 28

โดยไม่สนใจจำนวนรถที่ใช้ในการขนส่งแพทย์จากโรงพยาบาลอื่นมายังจุดนัดพบ เนื่องจากเมื่อบุคลากรมาพบกันที่จุดนัดพบแล้วจะถูกลำเลียงไปพร้อมกันซึ่งในทางปฏิบัติการที่บุคลากรมาพบกันยังจุดนัดพบอาจจะมาโดยส่วนตัวหรือรวมกันมาก็ได้ทำให้สามารถละเลยจำนวนรถจากโรงพยาบาลอื่นมายังโรงพยาบาลที่เป็นจุดนับพบได้

สมการที่ใช้คำนวณระยะทางรวมในการขนส่งแบบจุดนัดพบของการให้บริการในแต่ละพื้นที่ (S_{2j}) คือ

$$s_{2j} = \sum_{r_j}^{R_j} d_{io} x_{ij} + d_{oj} \quad \text{เมื่อ} \quad o \in R_j \text{ และ } \forall i \in R_j$$

สมการที่ 3. 29

สมการที่ใช้คำนวณเวลารวมในการขนส่งการขนส่งแบบจุดนัดพบของการให้บริการในแต่ละพื้นที่ (T_{2j}) คือ

$$T_{2j} = \sum_{r_j}^{R_j} t_{io} x_{ij} + d_{oj} \text{ เมื่อ } o \in R_j \text{ และ } \forall i \in R_j$$

สมการที่ 3. 30

โดยสมการเพื่อหาเวลาเฉลี่ยของแพทย์แต่ละคนในการเดินทางเพื่อให้บริการโดยการลำเลียงการขนส่งแบบจุดนัดพบของการให้บริการในแต่ละพื้นที่ ($T_{avg_{2j}}$) คือ

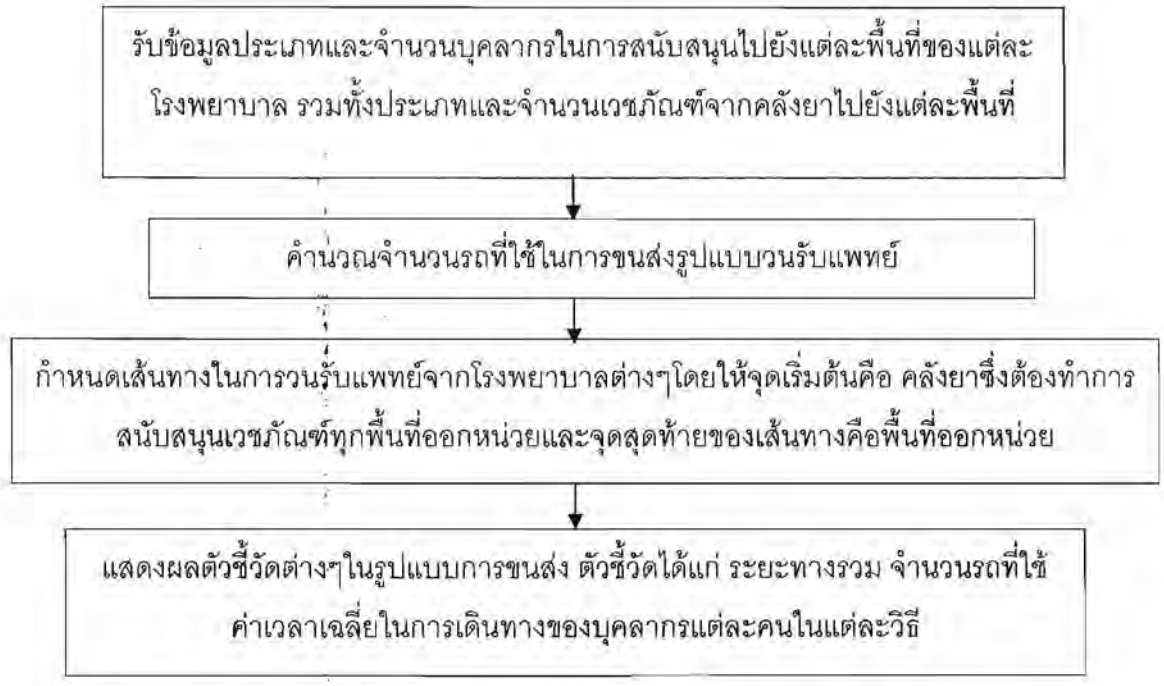
$$T_{avg_{2j}} = \frac{\sum_{r_j}^{R_j} t_{io} \sum_{k=1}^{4} a_{ijk} x_{ij}}{\sum_{r_j}^{R_j} \sum_{k=1}^{4} a_{ijk} x_{ij}} + d_{oj}$$

สมการที่ 3. 31

3.3.3 การวนรับแพทย์

รูปแบบโมเดลการขนส่งแบบวนรับแพทย์ได้มาจากรูปแบบการขนส่งสินค้าแบบมิลค์รันซึ่งเป็นการขนส่งในระบบการผลิตแบบลีนเพื่อให้สามารถรับวัตถุดิบในการผลิตจากผู้ขายที่กระจายตัวอยู่ตามที่ต่างๆมาให้ทันกำหนดเวลาในการผลิตโดยลักษณะการขนส่งจะเป็นการขนส่งแบบวนรับสินค้าตามที่ต่างๆแล้วกลับมาที่โรงงานการผลิตตามกำหนดเวลาการผลิตของโรงงานการขนส่งในรูปแบบนี้ใช้ศักยภาพการขนของพาหนะแบบเต็มประสิทธิภาพและมีต้นทุนค่าขนส่งที่ถูกเนื่องจากระยะทางรวมในการขนส่งสั้น อย่างไรก็ตามในแง่ข้องความสะดวกของบุคลากรโดยเฉพาะในกรณีที่มาปรับใช้กับการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์พบว่าขาดความสะดวกและมีค่าเสียเวลาในการขนส่งบุคลากรมากกว่าใน 2 รูปแบบข้างต้น การลำเลียงในลักษณะนี้เหมาะกับการกระจายตัวของโรงพยาบาลในเส้นทางเดียวกันของการเดินทางหรือกระจายตัวอยู่ใกล้เคียงกันแต่ไกลจากพื้นที่ออกหน่วย ในอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์มักเรียกการขนส่งในลักษณะนี้ว่า backhaul transportation ซึ่งเป็นการขนส่งสินค้าจากคลังหรือศูนย์กระจายสินค้าที่อยู่ไกลจากกลุ่มลูกค้าซึ่งมีการกระจายตัวใกล้เคียงหรือติดกัน

สำหรับการคำนวณเพื่อแสดงตัวชี้วัดของการขนส่งในรูปแบบวนรับแพทย์เพื่อให้เป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจของเจ้าหน้าที่วางแผนสามารถแสดงขั้นตอนการคำนวณได้ดังรูป 22



รูปที่ 22 ขั้นตอนในการคำนวณของรูปแบบการขนส่งแบบวนรับแพทย์

ในการจัดเส้นทางในการวนรับแพทย์จะประยุกต์ใช้อัลกอริทึมเส้นทางที่สั้นที่สุดในการหาเส้นทางการวนรับแพทย์โดยอัลกอริทึมที่ใช้คือ Dijkra's Algorithm ซึ่งมีกระบวนการทำงานของอัลกอริทึมในรูปแบบ pseudo code ดังแสดงในรูปที่ 23

```
Begin

  Initialise P = {r}, T = V - {r}
  Initialise d(s) = 0, pred(s) = 0
  Let d(j) = c(r,j)
  Let pred(j) = r

  For all (s,j) ∈ A
       d(j) = ∞ for other nodes

       While P≠V do
              Choose minimun i ∈T
              d(i) = min {d(j): j ∈T}

              Update P and T:
                P = P {i}
                T = T - {i}

              Update temporaryLabels:
                For all j ∈A(i)
                     Compute d(j) = min {d(j), d(i) + c(i,j)}
                     Set pred (j) = I
                End for

       End do
  End for

End // end function
```

รูปที่ 23 ขั้นตอนการทำงานของ Dijkra's Algorithm

กำหนดให้

- ฟังก์ชั่น d(s) คือฟังก์ชั่นที่จะแสดงระยะทางที่สั้นที่สุดจากจุดเริ่มต้นถึงโหนด s
- ฟังก์ชั่น pred(s) คือ การจัดเก็บของเส้นทางการเดินทาง ของแต่ละโหนดที่ผ่านมา
- ฟังก์ชั่น c(i,j) คือการจัดเก็บระยะทางของเส้นทาง
- Adjacent Node คือ การที่โหนดหนึ่งโหนดนั้นสามารถมองไปยังโหนดถัดไปที่เชื่อมต่อกัน
- Infinity คือ เป็นค่าเริ่มต้นของ d(s)

โดยสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

ขั้นที่ 1: กำหนดค่าฟังก์ชั่น d(s) ของแต่ละโหนด = Infinity และ pred (v) = 0

ขั้นที่ 2: กำหนดให้อาร์กที่เชื่อมระหว่างโหนด i และ j หรือ arc (i, j) ส่วนระยะทางระหว่างโหนด i และ j จะเรียกว่า c (i, j)

ขั้นที่ 3: แบ่งกลุ่มของโหนดเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม Permanent (P) และ กลุ่ม Temporary (T) โดยให้ทุกโหนดเป็น T ในตอนเริ่มต้น

ขั้นที่ 4: เลือกโหนดเริ่มต้น จากจุดในกลุ่มโหนด T เช่นให้เป็นโหนด j และ ให้ d (j) = 0

ขั้นที่ 5: โหนดที่ถูกเลือกให้เปลี่ยนสถานะเป็นโหนดในกลุ่ม P และให้ เลือกโหนดอีกหนึ่งโหนดจากกลุ่มโหนด T ซึ่งเป็นโหนดที่มีค่า d (j) น้อยที่สุดในกลุ่มโหนดT และให้โหนด jกลายเป็นโหนดในกลุ่มโหนด P และ กำหนดให้ อาร์กที่เชื่อมระหว่างโหนดj กับโหนดที่เลือกใหม่ คือ arc (j, pred (j))

ขั้นที่ 6 : เป็นขั้นปรับปรุงระยะทางให้พิจารณาทุกอาร์กที่มีปลายหนึ่งติดกับโหนดที่อยู่ในกลุ่ม P และ อีกปลายหนึ่งติดกับโหนดในกลุ่ม T สมมุติว่าเป็น arc(i,j) จะได้โหนด i เป็นโหนดในกลุ่ม P และ โหนด j เป็นโหนดในกลุ่ม T และ เรียกโหนด j เป็นโหนดที่ติดกับโหนด i หรือ Adjacent node ซึ่งถ้า d(i) + c(i,j) < d(j) ให้เปลี่ยนค่าของ d(j) โดยให้ d(j) = d(i) + c(i,j) และ pred(j) = i

ขั้นที่ 7: กลับไปที่ทำขั้นที่ 5, และ 6 จนกระทั่ง ทุกโหนดอยู่ในกลุ่ม T

Dijkra's Algorithm เป็นการจัดเส้นทางที่สั้นที่สุดจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดต่างๆ (one node to all other nodes) โดยหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางนอกเหนือจาก Dijkra's Algorithmแล้วยังมี Bellman-Ford's Algorithm, Floyd-Warshall's Algorithm และ A*Shortest Path Algorithm โดยอัลกอริทึมทั้ง 3 ชนิดเหมาะกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่และโครงสร้างซับซ้อนแต่ในงานวิจัยนี้ปัญหาที่ศึกษาในการจัดเส้นทางการวนรับแพทย์มีขนาดเล็กประสิทธิภาพในการหาคำตอบของDijkra's Algorithm ก็เพียงพอที่จะได้คำตอบที่เหมาะสมเพื่อแสดงตัวชี้วัดสำหรับเจ้าหน้าที่วางแผนเพื่อตัดสินใจเลือกวิธีการลำเลียงในการสร้างแผนปฏิบัติงานต่อไป

โดยสมการที่ใช้คำนวณจำนวนรถรวมในการขนส่งแบบวนรับแพทย์ของการให้บริการในแต่ละพื้นที่ (V_{2j}) คือ

$$V_{3j} = \frac{\sum_{r_j}^{R} \sum_{k=1}^{4} a_{ijk} x_{ij}}{C}$$

สมการที่ 3. 32

สมการที่ใช้คำนวณระยะทางรวมในการขนส่งแบบวนรับแพทย์ของการให้บริการในแต่ละพื้นที่ (s_{2j}) คือ

$$s_{3j} = \sum_{r_i}^{R_j} d_{ir} x_{ij} + d_{dj} \text{ เมื่อ } i, d, r \in R_j \text{ และ } r_j = \{1,2,3,4, \ldots, r, d\}$$

สมการที่ 3. 33

สมการที่ใช้คำนวณเวลารวมในการขนส่งแบบวนรับแพทย์ของการให้บริการในแต่ละพื้นที่ (T_{2j}) คือ

$$T_{3j} = \sum_{r_{j_i}}^{R_j} t_{ir} x_{ij} + t_{dj} \text{ เมื่อ } i, d, r \in R_j \text{ และ } r_j = \{1,2,3,4, \ldots, r, d\}$$

สมการที่ 3. 34

โดยสมการเพื่อหาเวลาเฉลี่ยของแพทย์แต่ละคนในการเดินทางเพื่อให้บริการโดยการลำเลียงการขนส่งแบบวนรับแพทย์ของการให้บริการในแต่ละพื้นที่ ($T_{avg_{3j}}$) คือ

$$T_{avg_{3j}} = \frac{\sum_{r_j}^{R_j} t_{ir} \sum_{k=1}^{4} a_{ijk} x_{ij}}{\sum_{r_j}^{R_j} \sum_{k=1}^{4} a_{ijk} x_{ij}} + t_{dj}$$

สมการที่ 3. 35

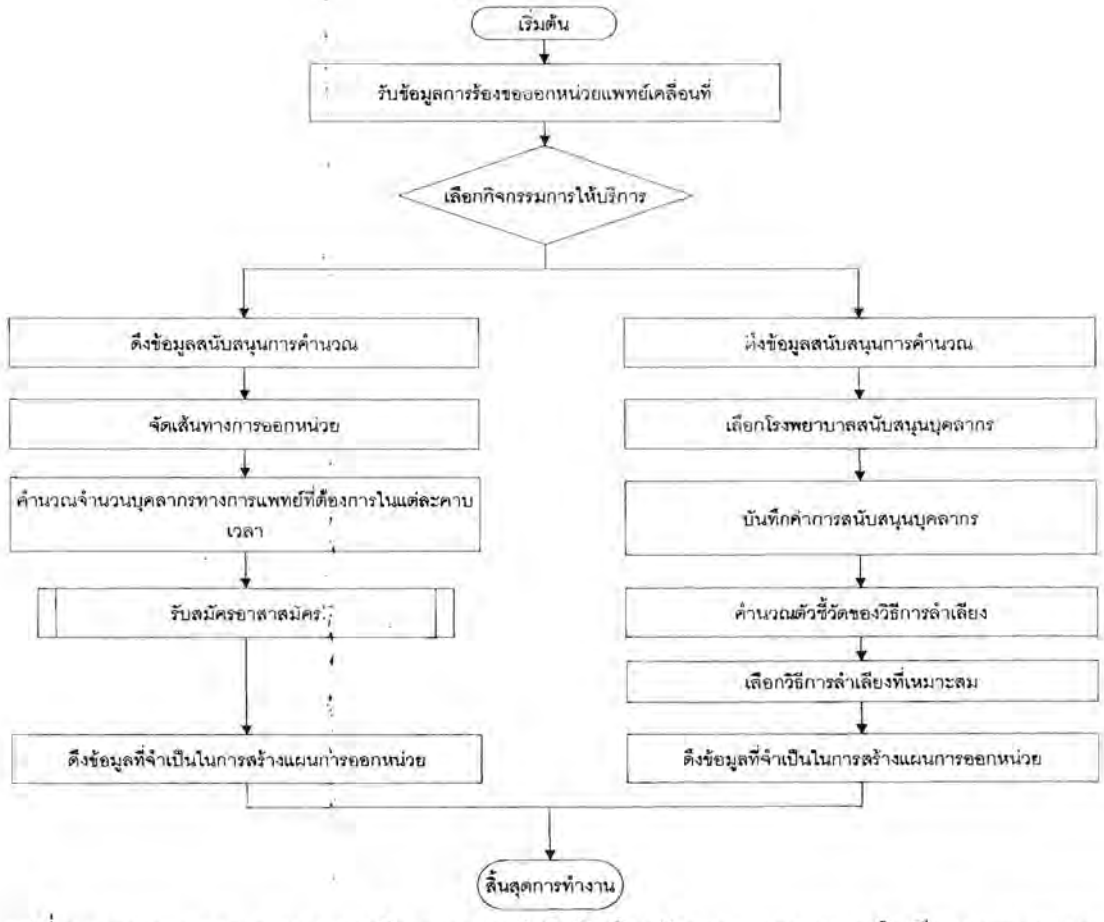
ผลลัพธ์จากการคำนวณเพื่อเลือกรูปแบบการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์จะได้ข้อมูลที่สำคัญในการสร้างแผนปฏิบัติการของการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์

แบบการให้บริการไม่ต่อเนื่องดังนี้

- รูปแบบที่เหมาะสมในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์จากโรงพยาบาลไปยังพื้นที่ออกหน่วย
- จำนวนรถที่ใช้ในการลำเลียง
- ระยะทางรวมในการลำเลียง
- ค่าเวลาเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักสำหรับบุคลากร 1 คนใช้ในเวลาการเดินทาง

3.4 กระบวนการวางแผนการลำเลียง

เครื่องมือกระบวนการธุรกิจเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการอธิบายกระบวนการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์เพื่อชี้ให้เห็นถึงความเชื่อมโยงและลำดับขั้นตอนของกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นภายในระบบโดยกระบวนการของระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ในงานวิจัยนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 24



รูปที่ 24 กระบวนการของระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์

กระบวนการวางแผนเริ่มต้นจากการรับข้อมูลร้องขอออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่จากการคัดเลือกพื้นที่ของระบบสนับสนุนการทำงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ โดยกระบวนการวางแผนการลำเลียงจะแยกออกเป็น 2 กระบวนการตามลักษณะการลำเลียงบุคลากรคือการออกหน่วยแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง

สำหรับกระบวนการออกหน่วยแบบต่อเนื่องหลังจากรับข้อมูลร้องขอแล้วระบบสารสนเทศเพื่อใช้ในการสนับสนุนตัดสินใจจะดึงข้อมูลสนับสนุนการคำนวณที่จำเป็นจากฐานข้อมูลภายในระบบสนับสนุนการทำงานขึ้นมาเป็นข้อมูลนำเข้าในการจัดเส้นทางการออกหน่วย หลังจากผ่านการประมวลผลของแบบจำลองการตัดสินใจจะได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลกำหนดการออกหน่วยและเปิดรับสมัครบุคลากรอาสาสมัครจากส่วนกลางตามกำหนดการออกหน่วยต่อไปซึ่งกระบวนการเปิดรับอาสาสมัครมีรายละเอียดอยู่ในเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์เล่มที่ 5: การออกแบบระบบสนับสนุนการปฏิบัติงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่

สำหรับกระบวนการวางแผนการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์แบบไม่ต่อเนื่อง ระบบสารสนเทศของระบบสนับสนุนการตัดสินใจจะดึงข้อมูลการร้องขอของพื้นที่ที่ถูกคัดเลือกให้เป็นบริการแบบไม่ต่อเนื่องเพื่อวางแผนการจัดสรรแพทย์จากโรงพยาบาลภายในจังหวัดทำหน้าที่เป็นบุคลากรปฏิบัติงานการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ รวมทั้งทำการดึงข้อมูลสนับสนุนที่จำเป็นต่อการคำนวณและประมวลผลของแบบจำลองในการตัดสินใจเพื่อให้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยหลังจากระบบสนับสนุนการตัดสินใจได้ผลลัพธ์ในการเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนแล้วผู้ใช้งานระบบต้องเลือกวิธีการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์ที่เหมาะสมตามเกณฑ์ที่ต้องการโดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจจะทำการคำนวณค่าของตัวชี้วัดในแต่ละแง่มุมเพื่อให้ผู้ใช้งานระบบสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจได้

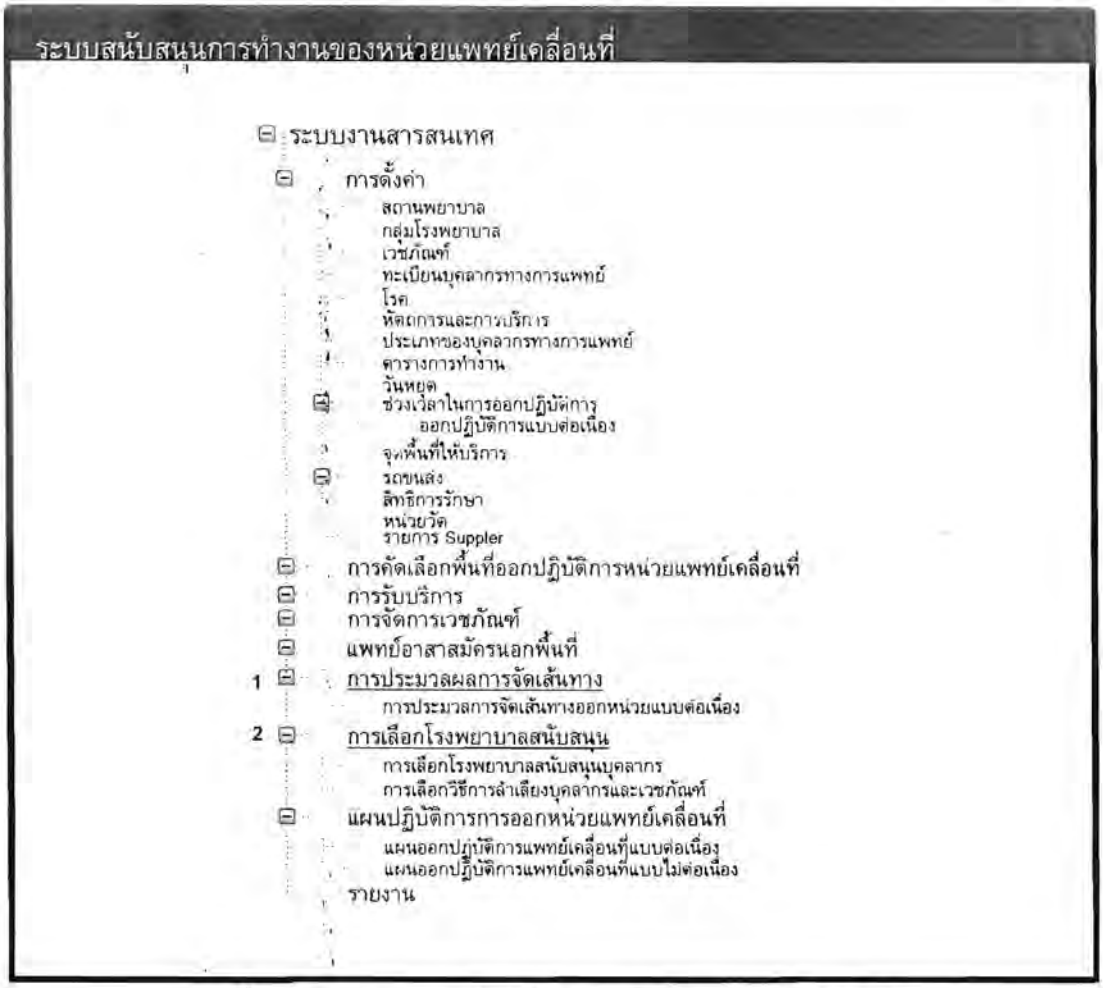
ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ยังสามารถสร้างแผนการออกหน่วยในลักษณะเอกสารรายงานการปฏิบัติการเพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารและประสานงานกับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่เพื่อให้การให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่มีประสิทธิผลสูงสุด

4 การออกแบบระบบสารสนเทศ

กระบวนการทำงานในการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ต้องสามารถช่วยให้เจ้าหน้าที่วางแผนใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการทำงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีขั้นตอนการทำงานสอดคล้องกับกระบวนการวางแผนที่มีอยู่ในปัจจุบันโดยเฉพาะในส่วนของระบบสารสนเทศควรเป็นระบบที่ใช้งานง่าย ไม่สลับซับซ้อน และ ช่วยให้การทำงานของเจ้าหน้าที่วางแผนง่ายและสะดวกขึ้น หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจจึงควรถูกออกแบบให้เข้าใจง่ายและมีความซับซ้อนน้อยที่สุดและเป็นมิตรกับผู้ใช้งาน(User Friendly)

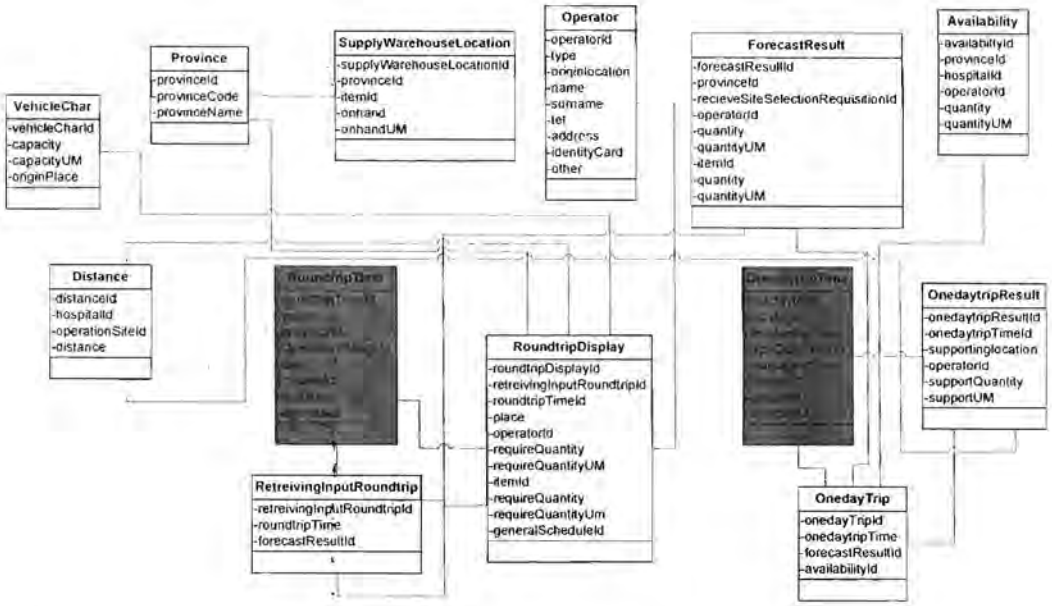
หน้าจอการทำงานเป็นส่วนที่สำคัญที่ใช้ติดต่อระหว่างผู้ใช้กับระบบ เพื่อให้ผู้งานสามารถใช้งานโต้ตอบกับระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพและตรงกับความต้องการการออกแบบหน้าจอให้ใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อนจึงมีความสำคัญมากในการออกแบบระบบสารสนเทศ หน้าที่หลักของหน้าจอคือการแสดงข้อมูลผลการคำนวณหรือประมวลผล การรับข้อมูลเข้าระบบจากผู้ใช้งานและการส่งคำสั่งเพื่อให้โปรแกรมสามารถดำเนินการทำงานได้ โดยมีแนวคิดในการออกแบบหน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับวางแผนการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์เพื่อสนับสนุนการทำงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ดังนี้

การเข้าถึงการทำงานส่วนต่างๆสามารถดึงออกมารวมกันในลักษณะแผนผังต้นไม้ซึ่งแสดงอยู่ด้านข้างของระบบสารสนเทศสำหรับการสนับสนุนการปฏิบัติงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่โดยแยกหมวดหมู่การเข้าถึงหน้าจอการทำงานในส่วนต่างๆของโปรแกรม แผนผังต้นไม้เฉพาะส่วนของระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์สามารถแสดงได้ดังรูป 25



รูปที่ 25 ลักษณะแผนผังต้นไม้ของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

จากรูป 25 จะเห็นว่าแผนผังต้นไม้ของการระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการทำงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ในส่วนของระบบสนับสนุนการตัดสินใจแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ตามกระบวนการวางแผนการลำเลียงที่ได้พัฒนาขึ้นโดยแต่ละกระบวนการวางแผนมีหน้าจอการทำงานเพื่อใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้ ฐานข้อมูล และแบบจำลองการตัดสินใจเพื่อเกิดประสิทธิผลในการวางแผนโดยสามารถแสดงภาพรวมการทำงานของหน้าจอทำงานต่างๆที่เกี่ยวเนื่องกันในแต่ละกระบวนการได้โดยใช้แผนผังคลาสเบื้องต้นเพื่อแสดงถึงข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการคำนวณของระบบสนับสนุนการตัดสินใจดังรูป โดยแผนผังคลาสเบื้องต้นสำหรับการสร้างแผนการออกหน่วยเพื่อเป็นเอกสารรายงานประกอบการปฏิบัติงานมีรายละเอียดอยู่รายงานเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์เล่มที่ 5: การออกแบบระบบสนับสนุนการปฏิบัติงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่



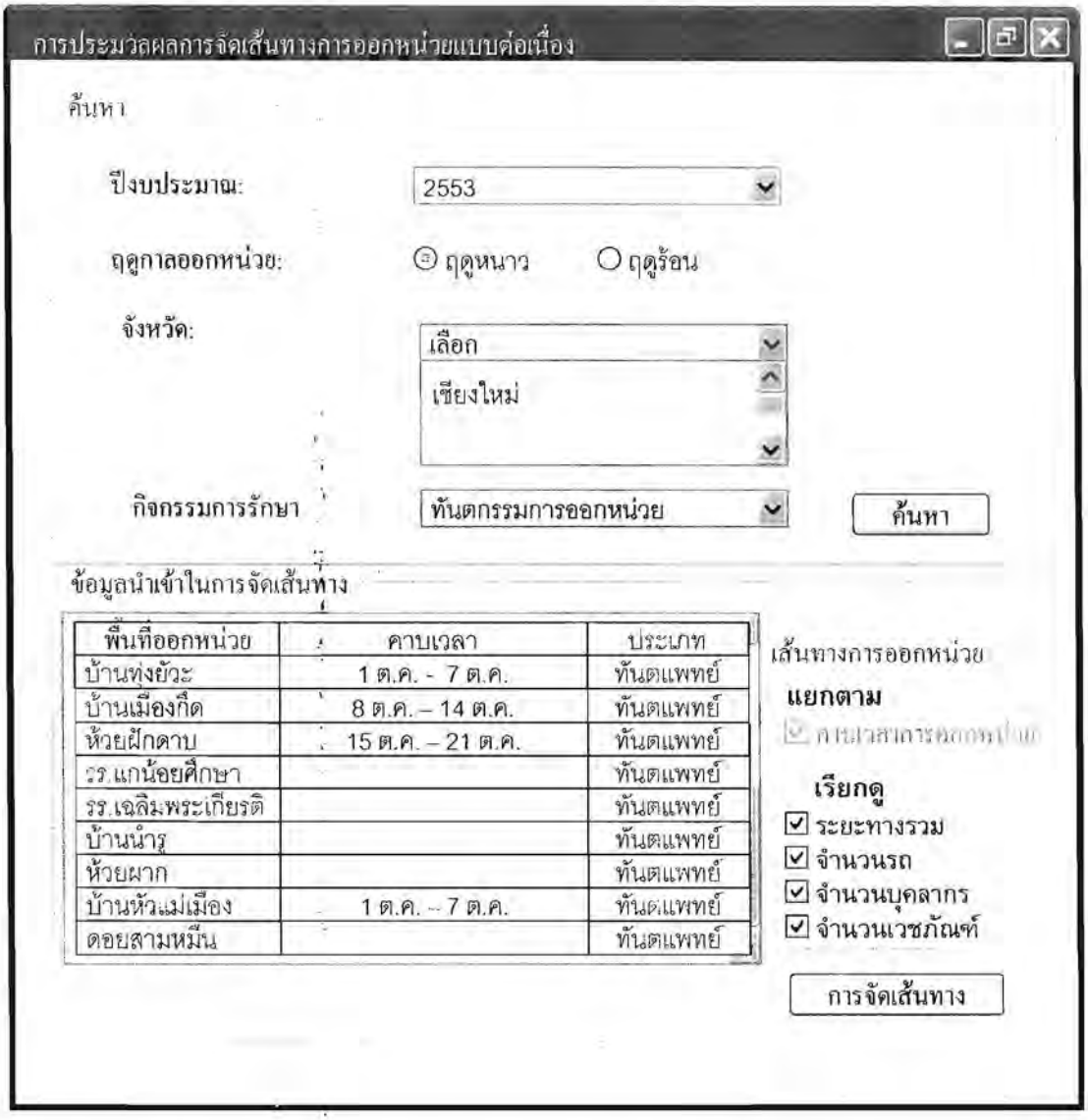
รูปที่ 26 แผนผังคลาสเบื้องต้นของการเชื่อมต่อข้อมูลที่สำคัญในการคำนวณของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการวางแผนลำเลียงบุคลากรแลพเวชภัณฑ์ทางการแพทย์

รายละเอียดการทำงานของหน้าจอสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภทตามหน้าที่ของหน้าจอการทำงานในระบบสารสนเทศของระบบที่ออกแบบขึ้น คือ

4.1 การนำเข้าข้อมูลการร้องขอออกบริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ทั้งในการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์แบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง

4.1.1 การนำเข้าข้อมูลการร้องขอการออกบริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง

หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการดึงข้อมูลนำเข้าร้องขอการออกหน่วยแบบต่อเนื่องแสดงได้ดังรูป 27



รูปที่ 27หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการดึงข้อมูลนำเข้าร้องขอการออกหน่วย

<u>วัตถุประสงค์การใช้งาน</u>

เพื่อดึงข้อมูลจากใบร้องขอการออกหน่วยของแต่ละจังหวัดที่ส่งเข้ามาขอบริการเพื่อเข้ามาสู่ขั้นตอนในการคำนวณประมวลผลการจัดเส้นทางการออกหน่วย

<u>รายละเอียดการทำงาน</u>

เจ้าหน้าที่วางแผนจากส่วนกลางเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงการทำงานของหน้าจอนี้ได้โดยในส่วนของข้อมูลนำเข้าเป็นการดึงข้อมูลจากการร้องขอออกหน่วยซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

- ปีงบประมาณการออกหน่วย

- ฤดูกาลออกหน่วย
- จังหวัด
- กิจกรรมการรักษา

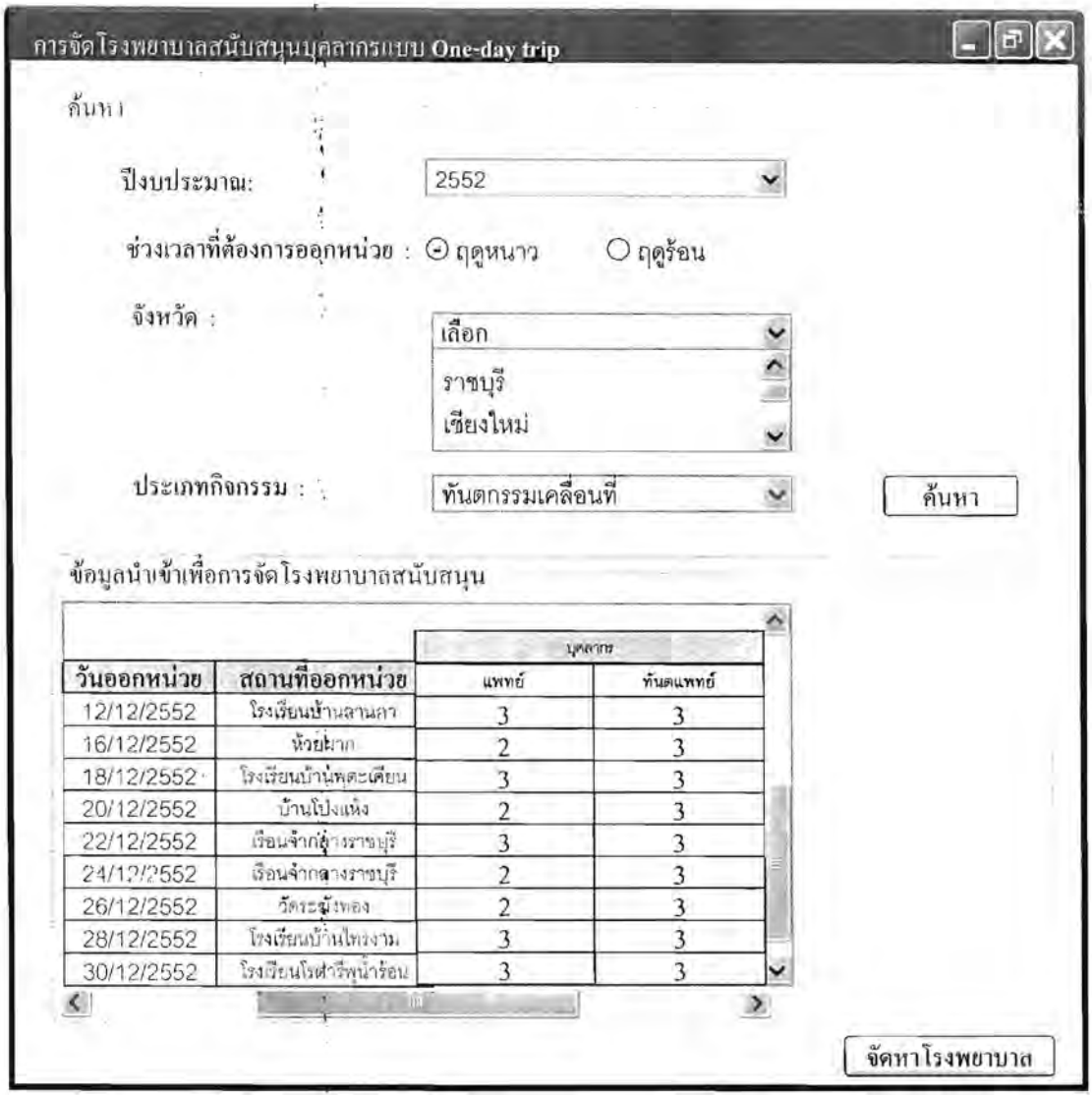
เมื่อกดปุ่ม **ค้นหา** จะเป็นการดึงข้อมูลการร้องขอออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ของแต่ละจังหวัดของแต่ละจังหวัดในแต่ละฤดูในปีงบประมาณที่ต้องการวางแผนออกมาข้อมูลที่ดังมาจากฐานข้อมูลการร้องขอ(อ้างอิงแผนผังคลาสเบื้องต้นในรายงานประกอบเล่มที่ 1) จะปรากฏอยู่ในรายละเอียดของข้อมูลนำเข้าเพื่อจัดเส้นทางโดยผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขรายละเอียดการร้องขอได้ในหน้าจอการทำงานนี้ ผู้ใช้งานสามารถเลือกดูข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลเส้นทางได้แก่

- ระยะทางรวม
- จำนวนรถ
- จำนวนบุคลากรที่ควรนำไป
- จำนวนเวชภัณฑ์ที่ควรนำไป

จากนั้นทำการกดปุ่ม **จัดเส้นทาง** ก็จะสามารถแสดงผลการจัดเส้นทางเป็นข้อมูลการออกหน่วยของฤดูกาลนั้นๆออกมาได้โดยสามารถแสดงผลทั้งในส่วนของระยะทางรวมหรือจำนวนรถที่ต้องใช้โดยเรียงตามจังหวัดหรือช่วงเวลาก็ได้ตามแต่ที่ผู้ใช้งานได้กดเรียกดู

4.1.2 การนำเข้าข้อมูลการร้องขอการออกบริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง

หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการดึงข้อมูลนำเข้าร้องขอการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่องแสดงได้ดังรูป 28



รูปที่ 28 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการดึงข้อมูลนำเข้าร้องขอการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่อง

<u>วัตถุประสงค์การใช้งาน</u>

เพื่อดึงข้อมูลจากแผนการออกหน่วยของแต่ละจังหวัดและประมาณการเวชภัณฑ์เพื่อเข้ามาสู่ขั้นตอนในการคำนวณประมวลผลการเลือกรูปแบบวิธีการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ไปยังพื้นที่ปฏิบัติงานเพื่อสนับสนุนการทำงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่

<u>รายละเอียดการทำงาน</u>

เจ้าหน้าที่วางแผนจากสาธารณสุขจังหวัดเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงการทำงานของหน้าจอนี้ได้โดยในส่วนของข้อมูลนำเข้าเป็นการดึงข้อมูลจากกำหนดการออกหน่วยของแต่ละจังหวัดในแต่ละเดือนในปีงบประมาณออกมาเช่นเดียวกับการใช้หน้าจอการนำเข้าข้อมูลการวางแผนการออก

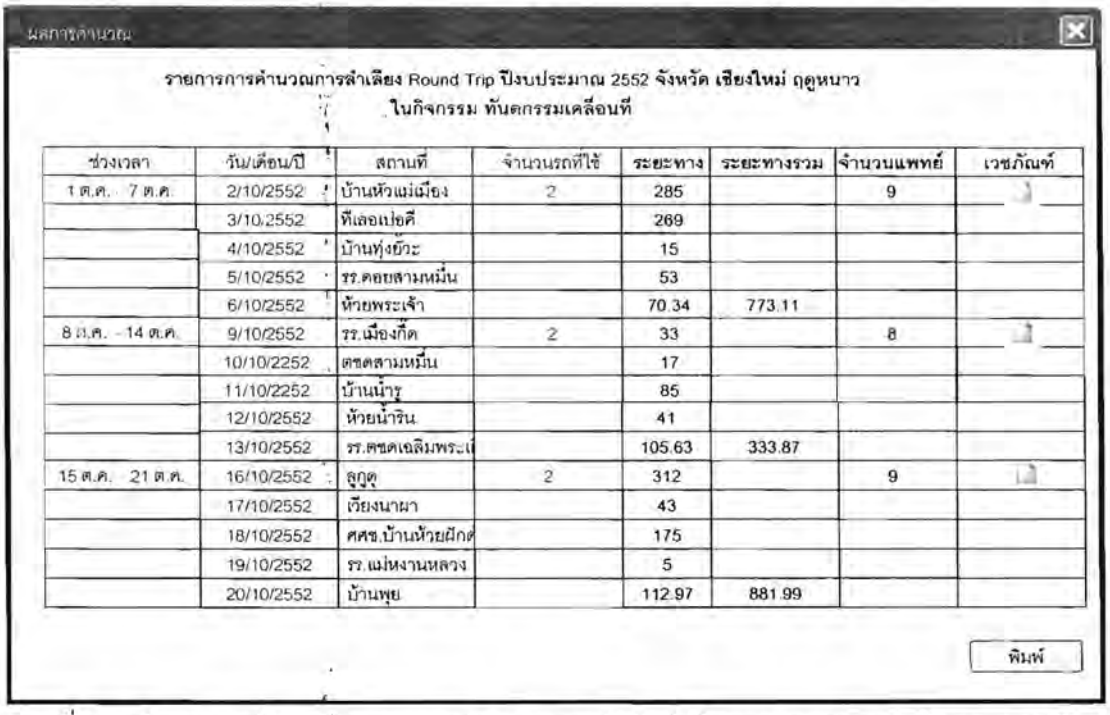
หน่วยแบบต่อเนื่องโดยหลังจากทำการกดปุ่ม **ค้นหา** ระบบจะการดึงข้อมูลร้องขอการออกหน่วยซึ่งสาธารณสุขจังหวัดที่มีสถานะยืนยันการให้บริการและปรากฏอยู่ในช่องข้อมูลนำเข้าโดยระบบสารสนเทศจะทำการดึงข้อมูลประมาณการบุคลากรทางการแพทย์ในฐานข้อมูลขึ้นมาโดยอัตโนมัติ ซึ่งเมื่อกดปุ่มค้นกาแล้วผู้ใช้งานระบบไม่สามารถแก้ไขข้อมูลได้อีก

จากนั้นให้กดปุ่ม **จัดหาโรงพยาบาล** ก็จะสามารถแสดงผลการเลือกโรงพยาบาลที่เหมาะสมในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานในพื้นที่นั้นออกมาออกมาได้โดยจะแสดงผลการคำนวณว่าโรงพยาบาลใดต้องสนับสนุนบุคลากรในชนิดใดและเท่าใด

4.2 การแสดงผลการหาคำตอบของแบบจำลองในการตัดสินใจของการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์แบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง

4.2.1 การแสดงผลการจัดเส้นทางการออกบริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง

หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการแสดงผลการคำนวณการจัดเส้นทางสำหรับการออกหน่วยแบบต่อเนื่องแสดงได้ดังรูป 29



รูปที่ 29 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการแสดงผลการคำนวณการจัดเส้นทางสำหรับการออกหน่วยแบบต่อเนื่อง

<u>วัตถุประสงค์การใช้งาน</u>

เพื่อแสดงผลการจัดเส้นทางในการออกหน่วยจากการส่งใบร้องขอการออกหน่วย

<u>รายละเอียดการทำงาน</u>

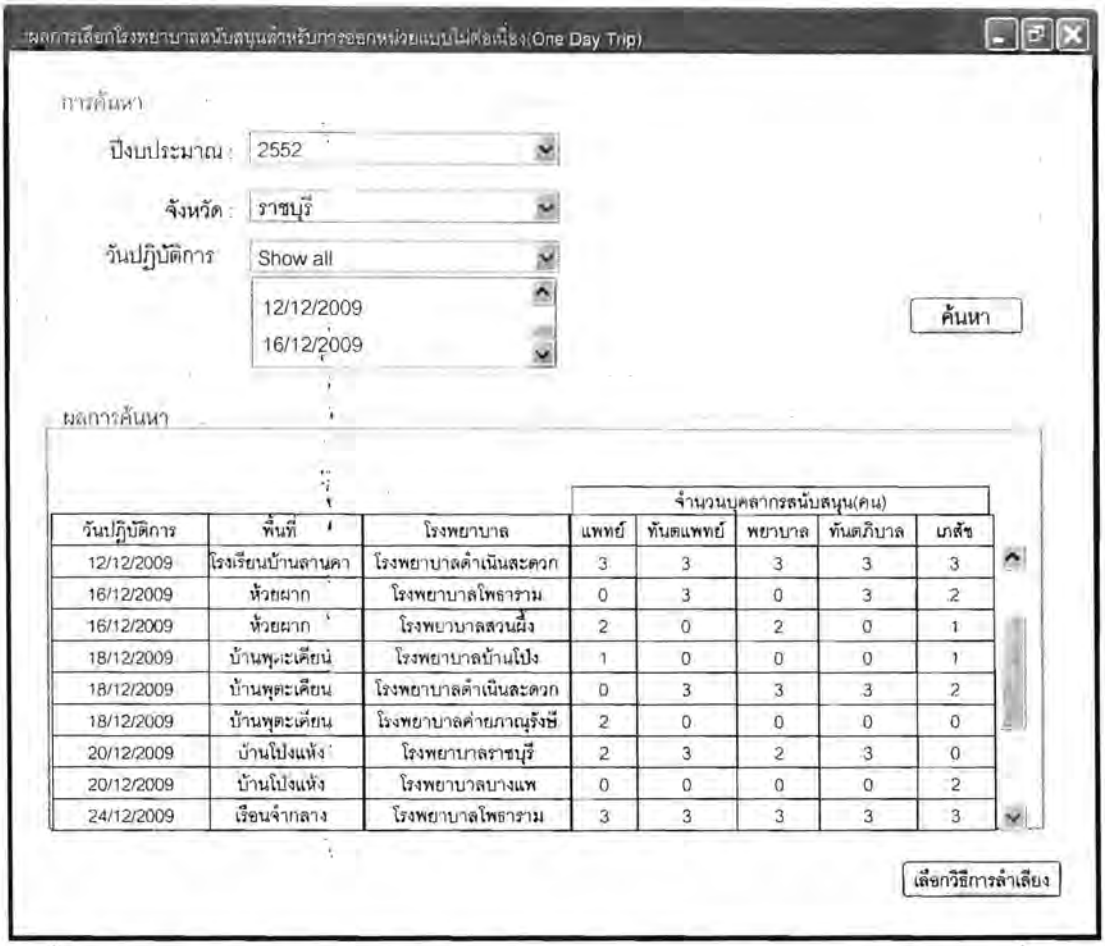
เจ้าหน้าที่วางแผนจากส่วนกลางเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงการทำงานของหน้าจอนี้ได้โดยจะแสดงผลตามที่ผู้ใช้เลือกดูข้อมูลการแสดงผลจากหน้าจอการประมวลผลการจัดเส้นทางโดยหน้าจอนี้สามารถพิมพ์ออกมาเป็นรายงานรายละเอียดการคำนวณจัดเส้นทางได้ข้อมูลที่แสดงผลได้แก่

- ช่วงเวลาการออกหน่วย โดยจะแสดงผลออกมาว่าในช่วงเวลาการออกหน่วยประกอบไปด้วยวันการออกหน่วยวันใดบ้าง
- วันการออกหน่วย จะแสดงผลว่าในวันการออกหน่วยของช่วงเวลาต่างๆต้องไปออกหน่วยในพื้นที่ร้องขอใด
- จำนวนรถ แสดงจำนวนรถที่ใช้ในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ไปในเส้นทางการออกหน่วยหรือช่วงเวลาการออกหน่วยนั้น
- ระยะทางสะสมในการออกหน่วยแสดงระยะทางจริงแบบสะสมในการเดินทางตามเส้นทางการออกหน่วยที่แสดงผลออกมา
- จำนวนและรายละเอียดเวชภัณฑ์ที่ต้องนำไปในแต่ละคาบเวลาการออกหน่วยแสดงโดยผ่านการกดปุ่ม

เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม **พิมพ์** การพิมพ์ผลการจัดเส้นทางการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่พร้อมกับเป็นการจัดเก็บข้อมูลที่คำนวณได้ลงในฐานข้อมูลเพื่อดำเนินการดึงข้อมูลที่ได้จากการคำนวณมาสร้างเป็นแผนการออกหน่วยดั่งแสดงในหน้าจอถัดไป

4.2.2 การแสดงผลการเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรสำหรับการออกบริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง

หน้าจอการแสดงผลการคำนวณของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการคำนวณเพื่อเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์แสดงได้ดังรูป 30



รูปที่ 30 หน้าจอการแสดงผลการคำนวณของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการคำนวณเพื่อเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์

<u>วัตถุประสงค์การใช้งาน</u>

เพื่อแสดงผลการเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรจากการส่งใบร้องขอการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่องและเป็นข้อมูลในการสนับสนุนบุคลากรที่สำคัญของแต่ละโรงพยาบาลในการทำการสนับสนุนตามผลการคำนวณของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

<u>รายละเอียดการทำงาน</u>

เจ้าหน้าที่วางแผนจากสาธารณสุขจังหวัดเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงการทำงานของหน้าจอนี้ได้โดยจะแสดงผลตามที่ผู้ใช้เลือกดูข้อมูลตามปีงบประมาณและวันเวลาการปฏิบัติงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่และเลือกให้แสดงผลโดยกดปุ่ม **ค้นหา** ข้อมูลผลการคำนวณการเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนจะปรากฏขึ้นมา และสามารถพิมพ์ออกมาเป็นรายงานรายละเอียดการคำนวณเลือกโรงพยาบาลได้ ข้อมูลที่แสดงผลได้แก่

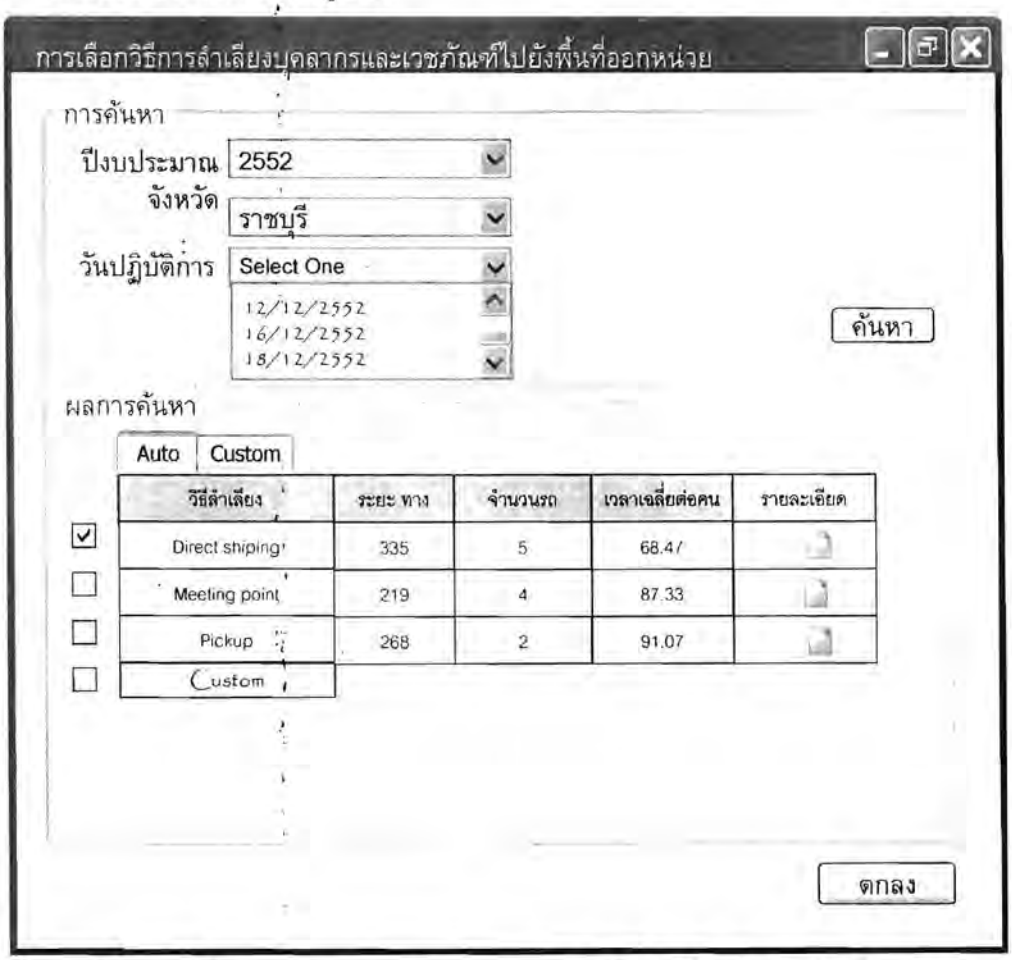
- วันปฏิบัติการ
- พื้นที่ออกหน่วย

- รายชื่อโรงพยาบาลที่ทำการสนับสนุน
- ชนิดและจำนวนบุคลากรที่แต่ละโรงพยาบาลทำการสนับสนุน
- ระยะทางระหว่างโรงพยาบาลสนับสนุนไปยังพื้นที่ออกหน่วย

จากนั้นผู้ใช้ต้องทำการกดปุ่ม **เลือกวิธีการลำเลียง** เพื่อเป็นการจัดเก็บข้อมูลที่คำนวณได้ลงในฐานข้อมูลซึ่งจะถูกดำเนินการดึงข้อมูลที่ได้จากการคำนวณมาสร้างเป็นแผนการออกหน่วยและร้องขอบุคลากรไปยังโรงพยาบาลที่มีหน้าที่สนับสนุนต่อไป

4.3 การเลือกวิธีการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ในการวางแผนการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่อง

หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในเลือกวิธีการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์แสดงได้ดังรูป 31



รูปที่ 31 หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในเลือกวิธีการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์

วัตถุประสงค์การใช้งาน

เพื่อแสดงผลการคำนวณตัวชี้วัดต่างๆของการลำเลียงในรูปแบบการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์รูปแบบต่างๆ

รายละเอียดการทำงาน

หน้าจอนี้จะแสดงผลการคำนวณหลังจากการเลือกโรงพยาบาลที่ควรสนับสนุนบุคลากรรวมทั้งประเภทและจำนวนในการสนับสนุนแล้วโดยจะแสดงผลในทุกรูปแบบวิธีการลำเลียงเพื่อให้เจ้าหน้าที่วางแผนสามารถเลือกรูปแบบการลำเลียงซึ่งมี 3 รูปแบบได้แก่ ส่งตรง จุดนับพบ และ วนรับแพทย์ ซึ่งแต่ละวิธีจะแสดงตัวชี้วัด 3 ตัวที่สำคัญคือระยะทางรวม จำนวนรถที่ใช้ในการขนส่ง และ เวลาเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของการที่บุคลากรทางการแพทย์ 1 คนใช้เวลาไปในการเดินทาง ผู้ใช้สามารถเลือกรูปแบบการลำเลียงได้โดยสามารถเลือกได้เพียงรูปแบบเดียวในแต่ละวันการออกหน่วย โดยเมื่อกดปุ่ม **ตกลง** จะเป็นการเก็บข้อมูลที่ได้จากการคำนวณเพื่อไปสร้างเป็นแผนการลำเลียงสำหรับการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่อง รายละเอียดการคำนวณได้ข้อมูลที่แสดงผลออกมาดังนี้

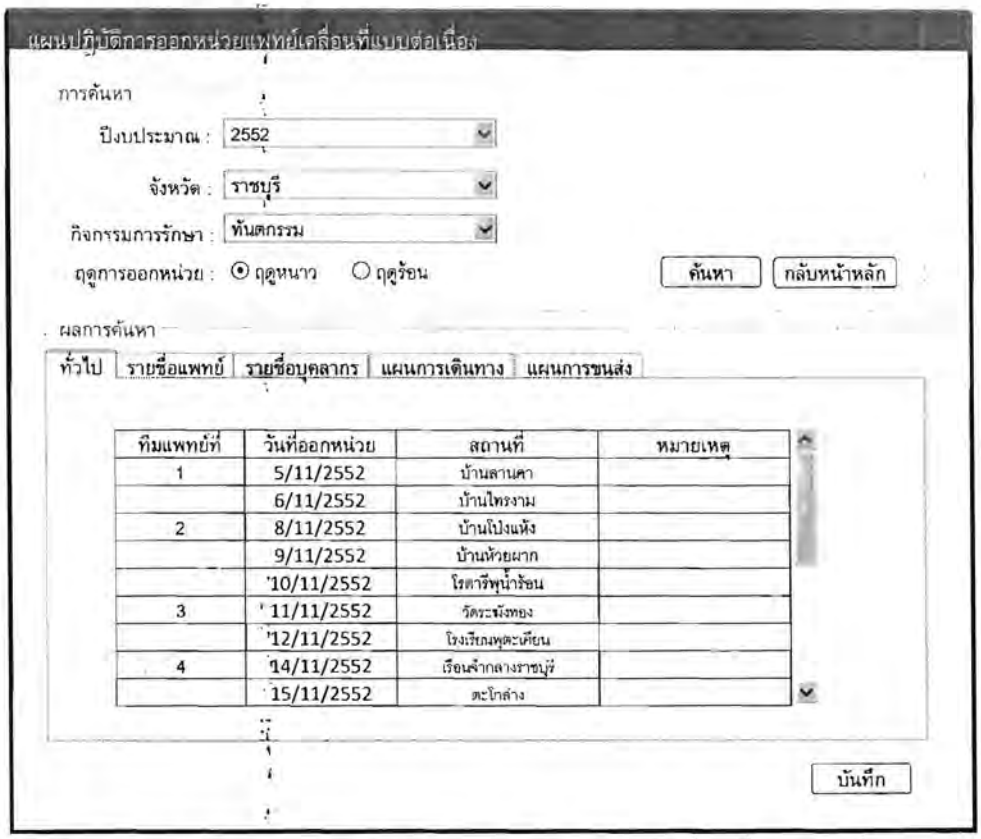
- โรงพยาบาลสนับสนุนในแต่ละวันการออกหน่วย(พื้นที่การออกหน่วย)ซึ่งเหมือนกันทุกวิธี
- ระยะทางรวมในการเดินทางของแต่ละรูปแบบ
- จำนวนรถ แสดงจำนวนรถรวมที่ใช้ในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ในแต่ละรูปแบบ
- เวลาเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของการที่บุคลากรทางการแพทย์ 1 คนใช้เวลาไปในการเดินทาง
- จำนวนและรายละเอียดเวชภัณฑ์ที่ต้องนำไปในแต่ละคาบเวลาการออกหน่วยแสดงโดยผ่านการกดปุ่ม

เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม **ตกลง** จะเป็นการจัดเก็บข้อมูลที่คำนวณได้ลงในฐานข้อมูลเพื่อดำเนินการดึงข้อมูลที่ได้จากการคำนวณมาสร้างเป็นแผนการปฏิบัติงานดังแสดงในหน้าจอถัดไป

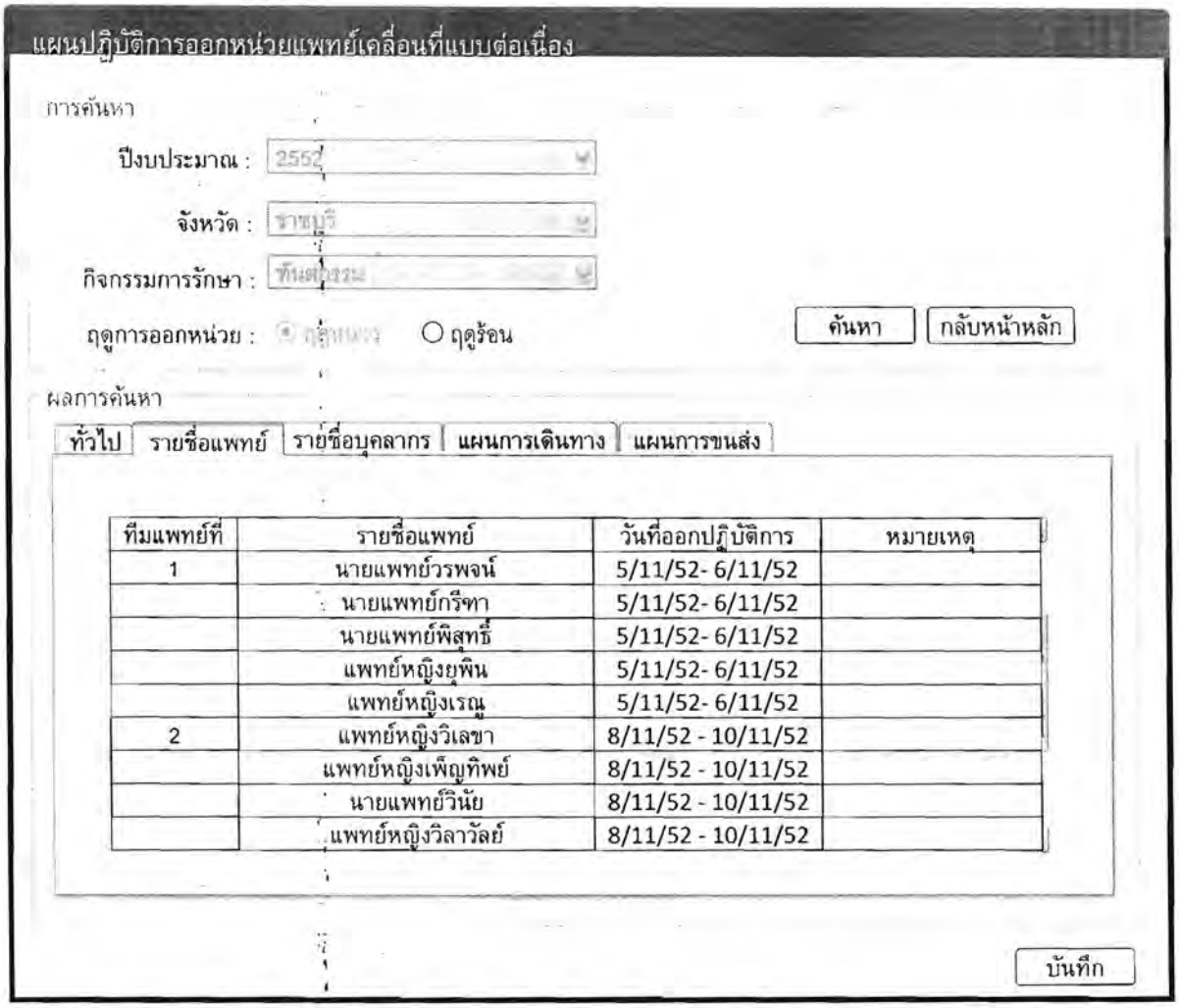
4.4 การสร้างแผนการออกหน่วยสำหรับการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์แบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง

4.4.1 แผนปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง

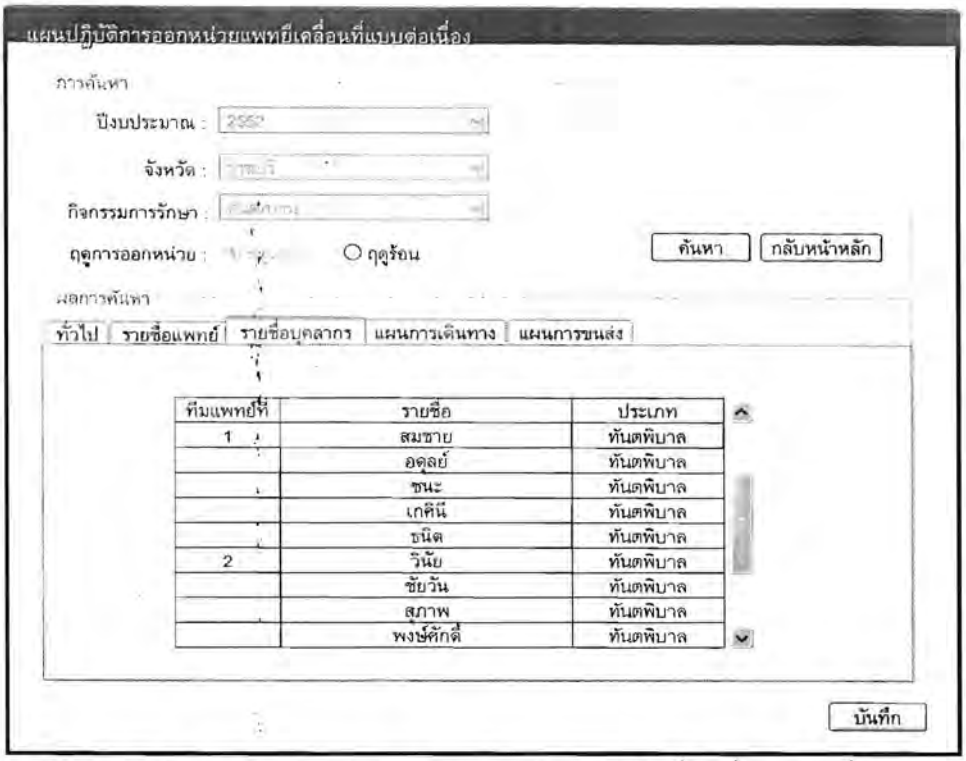
หน้าจอการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการสร้างแผนการลำเลียงแบบต่อเนื่องแสดงได้ดังรูป 32



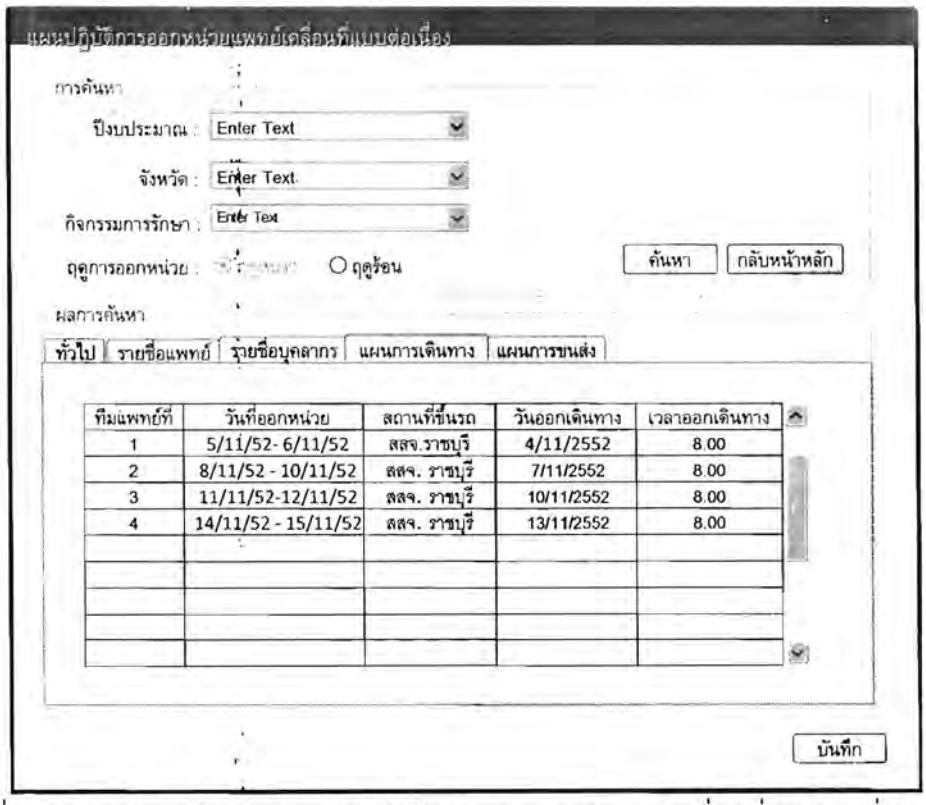
รูปที่ 32 หน้าจอการทำงานของแผนปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Tab ทั่วไป)



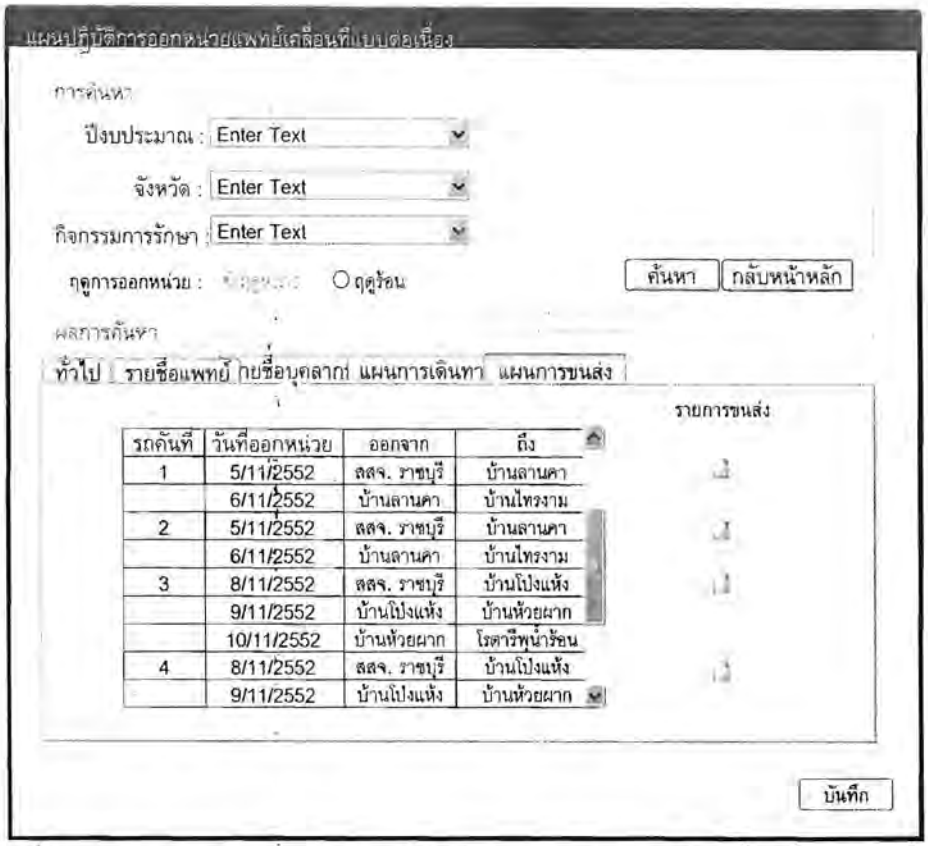
รูปที่ 33 หน้าจอการทำงานของแผนปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Tab รายชื่อแพทย์)



รูปที่ 34 หน้าจอการทำงานของแผนปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Tab รายชื่อบุคลากร)



รูปที่ 35 หน้าจอการทำงานของแผนปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Tab แผนการเดินทาง)



รูปที่ 36 หน้าจอการทำงานของแผนปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Tab แผนการขนส่ง)

<u>วัตถุประสงค์การใช้งาน</u> เพื่อนำข้อมูลจากการคำนวณจัดเส้นทางการออกหน่วยมาสร้างเป็นแผนการออกหน่วยสำหรับการออกหน่วยแบบต่อเนื่อง

<u>รายละเอียดการใช้งาน</u> ผู้ใช้งานสามารถเรียกใช้งานหน้าจอการทำงานนี้ได้จากการกดเลือกจากแผนผังต้นไม้ส่วนของของแผนปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง โดยมีรายละเอียดในหน้าจอการทำงาน ดังนี้

1) ข้อมูลประมาณการบุคลากรและเวชภัณฑ์ในพื้นที่ต่างๆที่ถูกจัดในแต่ละเส้นทาง
2) ข้อมูลทะเบียนอาสาสมัครที่สมัครเข้ามาปฏิบัติหน้าที่ตามแผนการออกหน่วย
3) ข้อมูลรถที่ใช้
4) ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณจัดเส้นทางการออกหน่วย

โดยในหน้าจอการสร้างแผนการออกหน่วยนี้สามารถแบ่งออกเป็น 5 แผนการออกหน่วย ดังนี้

- Tab ทั่วไป (รูปที่ 32) แสดงแผนรวมที่บ่งบอกว่าทีมแพทย์อาสาสมัครใดต้องทำหน้าที่ให้บริการในช่วงเวลาหรือเส้นทางการออกหน่วยนั้นๆโดยแสดงเป็นรหัสทีมแพทย์ซึ่งได้จากทะเบียนอาสาสมัครที่ทำการสมัครเข้ามาตามแผนการออกหน่วยเบื้องต้นที่เพยแพร่ออกไปเพื่อทำการรับสมัครบุคลากรอาสาสมัครโดยในแผนการออกหน่วยรวมจะแสดงข้อมูล
    - O รหัสทีมแพทย์ปฏิบัติงาน
    - O สถานที่และวันการปฏิบัติงานของแต่ละสถานที่
    - O หมายเหตุหรือรายละเอียดของพื้นที่(ถ้ามี)

- Tab รายชื่อแพทย์ (รูปที่ 33) เป็นการแสดงรายละเอียดของบุคลากรประเภทแพทย์ซึ่งเป็นบุคลากรสำคัญในการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ซึ่งเป็นข้อมูลเชื่อมโยงโดยรหัสของทีมแพทย์แสดงรายละเอียดว่าแพทย์คนใดอยู่ในทีมแพทย์ในรหัสทีมแพทย์ซึ่งต้องออกปฏิบัติงานของแต่ละเส้นทางโดยในรายชื่อแพทย์จะแสดงข้อมูล
    - O รหัสทีมแพทย์ปฏิบัติงาน
    - O รายชื่อแพทย์ที่อยู่ในรหัสทีม
    - O ช่วงเวลาการปฏิบัติงาน

- Tab รายชื่อบุคลากร (รูปที่ 34) เป็นการแสดงรายละเอียดของบุคลากรประเภทอื่นๆที่ไม่ใช่แพทย์ซึ่งเป็นบุคลากรสนับสนุนในการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ซึ่งเป็นข้อมูลเชื่อมโยงจากรหัสของทีมแพทย์ในทะเบียนอาสาสมัครแสดงรายละเอียดว่าบุคลากรคนใดอยู่ในทีมแพทย์ในรหัสทีมแพทย์ซึ่งต้องออกปฏิบัติงานของแต่ละเส้นทางโดยในรายชื่อบุคลากรจะแสดงข้อมูล
    - O รหัสทีมแพทย์ปฏิบัติงาน
    - O รายชื่อของบุคลากรที่ออกปฏิบัติงาน
    - O ช่วงเวลาการปฏิบัติงาน
    - O ประเภทบุคลากรสนับสนุน

- Tab แผนการเดินทาง (รูปที่ 35) เป็นการแสดงรายละเอียดสถานที่การออกเดินทางของแต่ละช่วงเวลาการปฏิบัติงานเพื่อให้บุคลากรและเวชภัณฑ์มาพร้อม

กัน ณ สถานที่ออกเดินทางเพื่อเดินทางไปปฏิบัติการตามพื้นที่ต่างๆในเส้นทางการออกหน่วยของช่วงเวลานั้นโดยในแผนการเดินทางจะแสดงข้อมูล

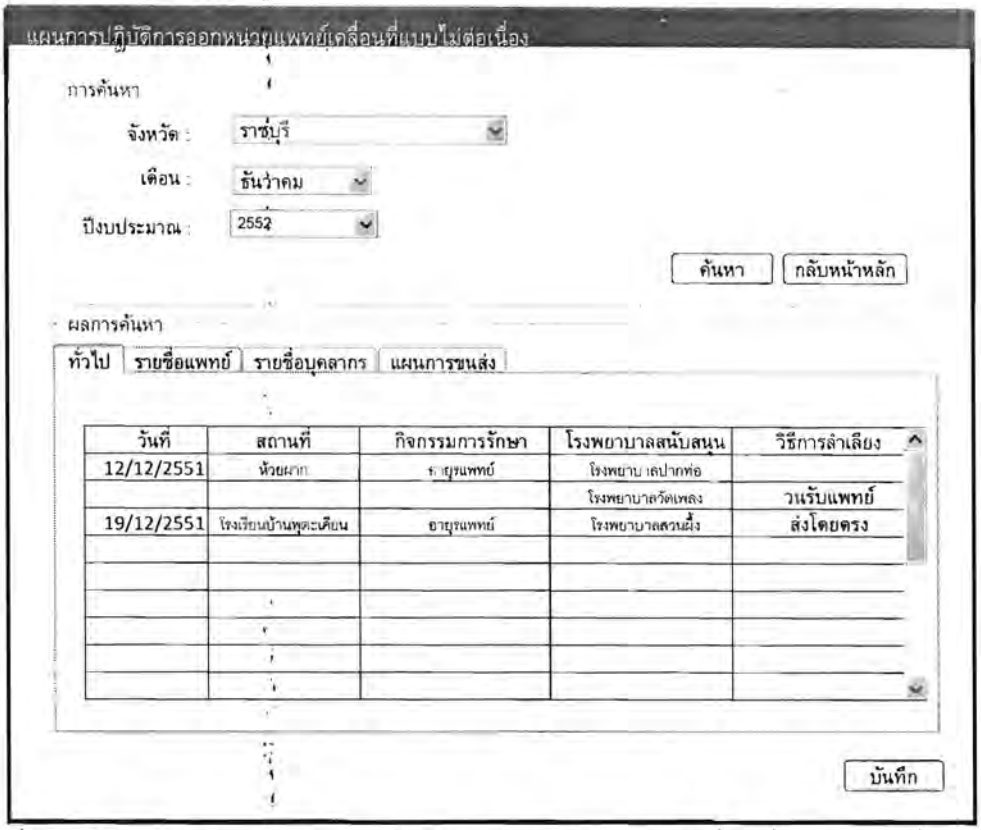
- รหัสทีมแพทย์ปฏิบัติงาน
- ช่วงเวลาการปฏิบัติงาน
- สถานที่ออกเดินทางจากจังหวัด
- กำหนดการออกเดินทาง

ซึ่งแผนการเดินทางสามารถปรับเปลี่ยนสถานที่ออกเดินทางภายในจังหวัดได้ภายหลังตามความสะดวกของพื้นที่และความพร้อมของบุคลากรและเวชภัณฑ์ในการปฏิบัติงานจริงซึ่งแผนนี้เจ้าหน้าที่สาธารณสุขจังหวัดสามารถเข้าถึงการใช้หน้าจอในแถบนี้ได้ เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลภายในแผนให้เหมาะสมกับการดำเนินงาน

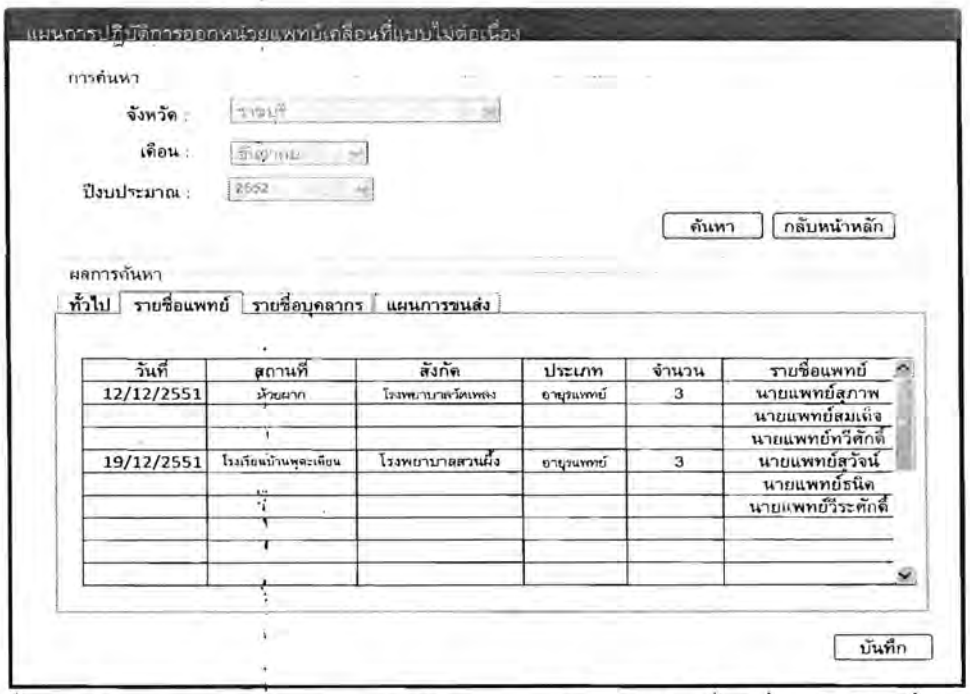
- Tab แผนการขนส่ง (รูปที่ 36) เป็นการแสดงรายละเอียดว่ารถแต่ละคันขนบุคลากรหรือเวชภัณฑ์ใดบ้างและมีการเดินทางตามเส้นทางการออกหน่วยอย่างไรโดยการขนบุคลากรถูกกำหนดให้ขนตามลำดับความสำคัญของบุคลากรโดยในแผนการขนส่งจะแสดงข้อมูล
  - รหัสรถ
  - กำหนดการออกเดินทาง
  - สถานที่ออกเดินทางและสถานที่จอดในแต่ละวันการออกหน่วยในช่วงเวลาการเดินทาง
  - รายละเอียดรายการบุคลากรและเวชภัณฑ์ที่ขนไป

ซึ่งแผนการขนส่งสามารถปรับเปลี่ยนรายการการขนส่งได้ภายหลังตามความสะดวกในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ในการปฏิบัติงานจริงรวมถึงปรับเพิ่มหรือลดจำนวนรถที่ใช้ในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ซึ่งแผนนี้เจ้าหน้าที่สาธารณสุขจังหวัดสามารถเข้าถึงการใช้หน้าจอในแถบนี้ได้ เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลภายในแผนให้เหมาะสมกับการดำเนินงาน

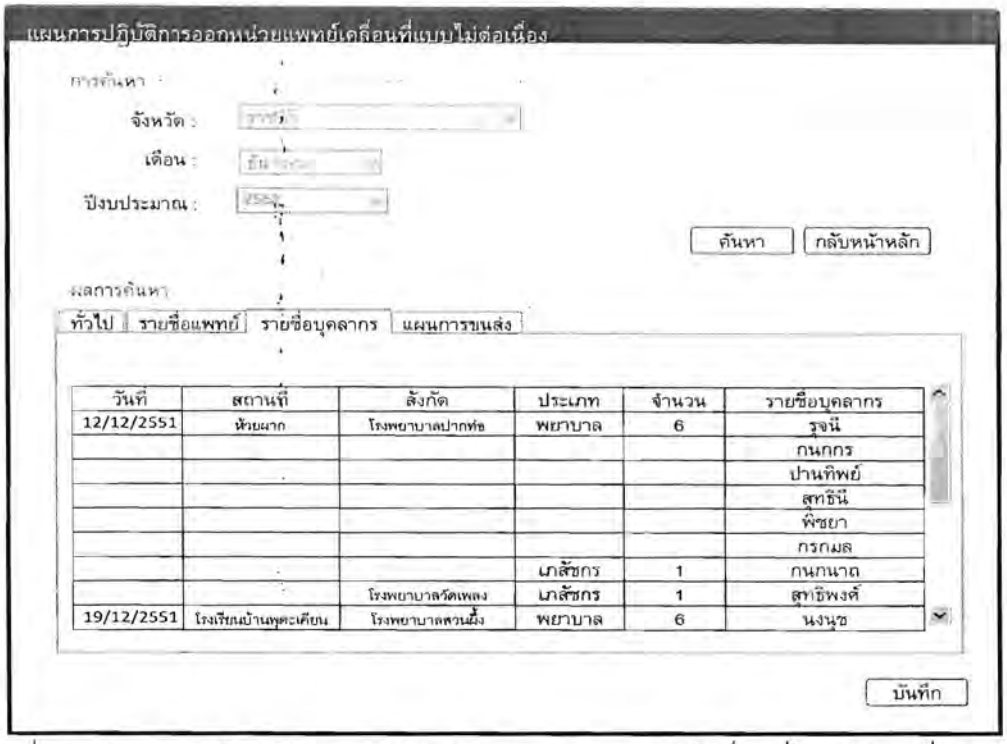
4.4.2 แผนปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง



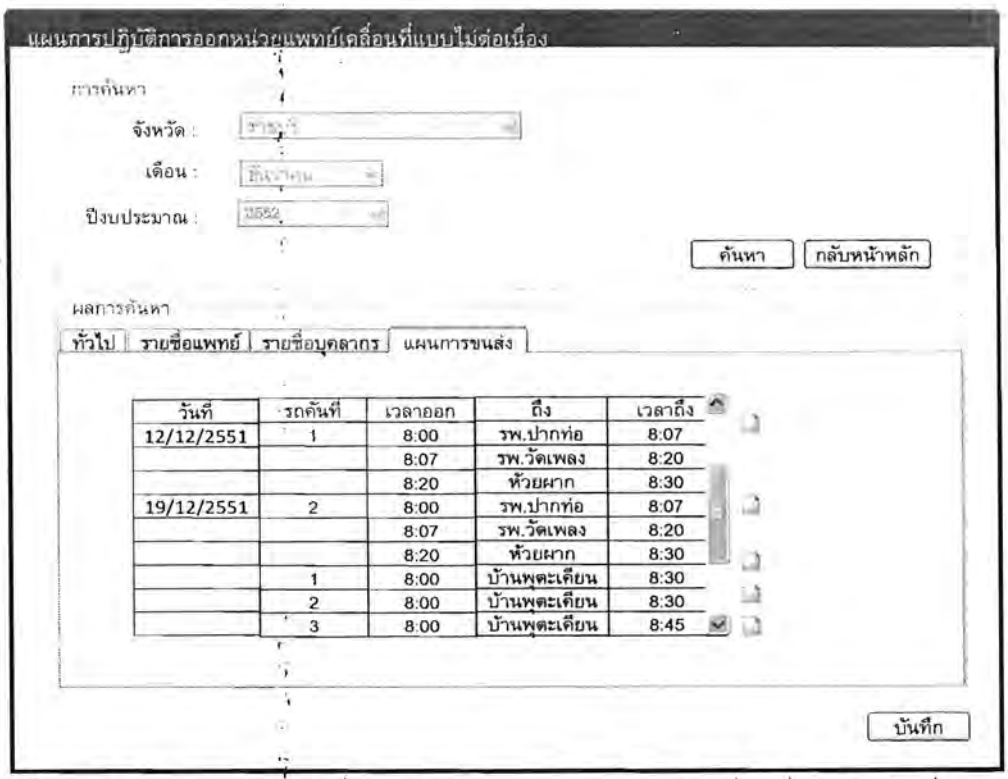
รูปที่ 37 หน้าจอการทำงานของการปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง (Tab ทั่วไป)



รูปที่ 38 หน้าจอการทำงานของการปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง (Tab รายชื่อแพทย์)



รูปที่ 39 หน้าจอการทำงานของการปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง (Tab รายชื่อบุคลากร)



รูปที่ 40 หน้าจอการทำงานของการปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง (Tab แผนการขนส่ง)

<u>วัตถุประสงค์การใช้งาน</u> เพื่อนำข้อมูลจากการคำนวณจัดเส้นทางการออกหน่วยมาสร้างเป็นแผนการออกหน่วยสำหรับการออกหน่วยแบบไม่ต่อเนื่อง

<u>รายละเอียดการใช้งาน</u> ผู้ใช้งานสามารถเรียกใช้งานหน้าจอการทำงานนี้ได้จากการกดเลือกจากแผนผังต้นไม้ส่วนของของแผนปฏิบัติการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง โดยมีรายละเอียดในหน้าจอการทำงาน ดังนี้

1) ข้อมูลประมาณการบุคลากรและเวชภัณฑ์ในพื้นที่ต่างๆที่ถูกจัดในแต่ละเส้นทาง
2) ข้อมูลทะเบียนอาสาสมัครที่สมัครเข้ามาปฏิบัติหน้าที่ตามแผนการออกหน่วย
3) ข้อมูลรถที่ใช้
4) ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณการเลือกโรงพยาบาลสนับสนุน

ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณตามรูปแบบวิธีการลำเลียงโดยในหน้าจอการสร้างแผนการออกหน่วยนี้สามารถแบ่งออกเป็น 5 แผนการออกหน่วยดังนี้

- Tab ทั่วไป (รูปที่ 37) แสดงแผนรวมที่บ่งบอกว่ากำหนดการออกหน่วยของจังหวัดมีกิจกรรมการออกหน่วยใดบ้าง วันและเวลาในการออกหน่วยแต่ละพื้นที่ สถานที่ที่ใช้ในการออกหน่วยและการออกหน่วยแต่ละครั้งโรงพยาบาลใดสนับสนุนบุคลากรในการออกหน่วยโดยแผนการปฏิบัติงานรวมประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้
  - กำหนดการออกหน่วย วันที่และเวลา
  - สถานที่ออกปฏิบัติงานของแต่ละวัน
  - โรงพยาบาลที่ทำการสนับสนุนบุคลากร
  - รูปแบบการลำเลียงที่ใช้ในแต่ละวันการออกหน่วย

- Tab รายชื่อแพทย์ (รูปที่ 38) แผนรายชื่อแพทย์ดังแสดงในรูป เป็นการแสดงรายละเอียดของบุคลากรประเภทแพทย์ซึ่งเป็นบุคลากรสำคัญในการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ซึ่งเป็นข้อมูลเชื่อมโยงกับโรงพยาบาลที่ทำหน้าที่สนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์โดยในแผนรายชื่อแพทย์ประกอบไปด้วรหัสทีมแพทย์ปฏิบัติงาน
  - วันการออกหน่วย
  - โรงพยาบาลที่ทำการสนับสนุนบุคลากร
  - ประเภทบุคลากรที่แต่ละโรงพยาบาลสนับสนุน

- จำนวนบุคลากรแต่ละประเภทที่แต่ละโรงพยาบาลสนับสนุน
- รายชื่อแพทย์อาสาสมัครที่ต้องออกปฏิบัติการ

- Tab รายชื่อบุคลากร (รูปที่ 39) เป็นการแสดงรายละเอียดของบุคลากรประเภทอื่นที่ไม่ใช่แพทย์ซึ่งเป็นบุคลากรสนับสนุนในการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ซึ่งเป็นข้อมูลเชื่อมโยงกับโรงพยาบาลที่ทำหน้าที่สนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์ โดยในแผนรายชื่อบุคลากรประกอบไปด้วย
  - วันการออกหน่วย
  - โรงพยาบาลที่ทำการสนับสนุนบุคลากร
  - ประเภทบุคลากรที่แต่ละโรงพยาบาลสนับสนุน
  - จำนวนบุคลากรแต่ละประเภทที่แต่ละโรงพยาบาลสนับสนุน

- Tab แผนการขนส่ง (รูปที่ 40) เป็นการแสดงรายละเอียดว่ารถแต่ละคันขนบุคลากรหรือเวชภัณฑ์ใดบ้างและมีรูปแบบการขนส่งจากสถานที่เริ่มต้นแบบใด โดยการขนบุคลากรถูกกำหนดให้ขนตามลำดับความสำคัญของบุคลากรโดยในแผนการขนส่งจะแสดงข้อมูล
  - รูปแบบการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์
  - รหัสรถ
  - สถานที่ออกเดินทางและสถานที่จอดในแต่ละวันการออกหน่วยและเส้นทางของรถแต่ละคัน
  - กำหนดเวลาออกจากสถานที่เริ่มต้นไปยังสถานที่ปลายทาง

รายละเอียดรายการบุคลากรและเวชภัณฑ์ที่ขนไปซึ่งแผนการขนส่งสามารถปรับเปลี่ยนรายการการขนส่งได้ภายหลังตามความสะดวกในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ในการปฏิบัติงานจริงรวมถึงปรับเพิ่มหรือลดจำนวนรถที่ใช้ในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ซึ่งแผนนี้เจ้าหน้าที่สาธารณสุขจังหวัดสามารถเข้าถึงการใช้หน้าจอในแถบนี้ได้ เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลภายในแผนให้เหมาะสมกับการดำเนินงาน

ซึ่งแผนการขนส่งสามารถปรับเปลี่ยนรายการการขนส่งได้ภายหลังตามความสะดวกในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ในการปฏิบัติงานจริงรวมถึงปรับเพิ่มหรือลดจำนวนรถที่ใช้ในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ให้เหมาะสมกับการดำเนินงาน

กระบวนการวางแผนการลำเลียงบุคลากรทางการแพทย์และเวชภัณฑ์ผ่านระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการทำงานของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ออกแบบขึ้นทำให้เจ้าหน้าที่วางแผนสามารถทำงานได้ง่าย สะดวก และรวดเร็วขึ้น โดยกระบวนการที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับกระบวนการวางแผนเดิมทั้งในด้านข้อมูลที่จำเป็นในการวางแผนและเพิ่มเติมในส่วนข้อมูลที่ต้องการสำหรับการสร้างแผนปฏิบัติการออกหน่วย เช่น แผนการขนส่ง เป็นต้น

5 สรุปผลงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการทำงานในการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ของหน่วยแพทย์เคลื่อนที่เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์เพื่อสนับสนุนการให้บริการที่มีประสิทธิภาพและต้นทุนในการขนส่งที่เหมาะสม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความยุ่งยากในการตัดสินใจของเจ้าหน้าที่วางแผนในการวางแผนการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์และช่วยลดความผิดพลาดจากการตัดสินใจโดยใช้ประสบการณ์ของเจ้าหน้าที่วางแผนในการวางแผน โดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้นจะแสดงข้อมูลที่เป็นประโยชน์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของเจ้าหน้าที่วางแผนให้มีความแม่นยำมากขึ้น โดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนการลำเลียงเวชภัณฑ์แบ่งกิจกรรมการวางแผนออกเป็น 2 กิจกรรมคือการวางแผนจัดเส้นทางการออกหน่วยสำหรับการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบต่อเนื่องและการวางแผนเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรและรูปแบบการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ไปยังพื้นที่ปฏิบัติงานสำหรับการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง โดยการวางแผนการจัดเส้นทางการออกหน่วยเป็นการวางแผนในระดับกลยุทธ์เพื่อสร้างแผนการออกหน่วยที่มีเส้นทางการออกหน่วยภายใต้ระยะทางที่เหมาะสม และการวางแผนเลือกโรงพยาบาลสนับสนุนบุคลากรและรูปแบบการลำเลียงเป็นแผนระดับปฏิบัติการในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์เพื่อสนับสนุนการให้บริการ โดยในการวิเคราะห์แต่ละทางเลือกทั้งในส่วนของการจัดเส้นทางการออกหน่วย การเลือกโรงพยาบาลสนับสนุน และ รูปแบบการลำเลียงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลนำเข้าและข้อมูลสนับสนุนหลายข้อมูลเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบทางเลือกต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัดสินใจเพื่อที่การคำนวณประมวลผลของระบบสนับสนุนการตัดสินใจจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและให้คำตอบที่มีคุณภาพเหมาะสมและยอมรับได้ภายใต้เงื่อนไขต่างๆที่เกิดขึ้นในการดำเนินงานจริง โดยคุณภาพของคำตอบขึ้นอยู่กับปัจจัยที่หลากหลาย เช่น ความถูกต้องของข้อมูลนำเข้า ความครบครอบคลุมของข้อมูลนำเข้า และประสบการณ์ในการตัดสินใจของเจ้าหน้าที่วางแผนซึ่งเป็นผู้ใช้ระบบ นอกจากนี้ยังได้นำเสนอระบบสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับระบบสนับสนุนการตัดสินใจในส่วนที่ทำงานติดต่อกับผู้ใช้ เช่น หน้าจอการทำงาน แผนภูมิคลาสเบื้องต้นซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงของข้อมูลต่างๆที่สำคัญ

ของระบบสนับสนุนการทำงานที่มีความสำคัญกับการคำนวณประมวลผลของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ โดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ออกแบบขึ้นได้ทำการทดสอบใน 3 แง่มุมคือ ความสามารถในการหาคำตอบของฮิวริสติกส์ซึ่งเป็นวิธีในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัดสินใจ คุณภาพของคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกส์ และความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบซึ่งรวมถึงความเป็นไปได้ในการนำระบบไปใช้งานในสภาพแวดล้อมการทำงานจริง โดยจากการทดสอบพบว่า ฮิวริสติกส์ที่พัฒนาขึ้นสามารถหาคำตอบที่เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนดในทุกๆกรณีทดสอบซึ่งออกแบบตามลักษณะข้อมูลนำเข้าที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยคำตอบที่ได้จากการคำนวณประมวลผลพบว่าให้คำตอบที่มีระยะทางรวมในการเดินทางน้อยกว่าคำตอบที่ได้จากประสบการณ์การวางแผนของเจ้าหน้าที่วางแผนในกระบวนวางแผนที่เป็นอยู่ในปัจจุบันของหน่วยงานที่ได้ทำการศึกษาถึง 10.86% นอกจากนี้ยังพบว่า รูปแบบการลำเลียงที่พัฒนาขึ้นใหม่ในงานวิจัยนี้ คือ จุดนัดพบและจุดรับแพทย์สามารถลดระยะทางรวมที่เกิดขึ้นในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ไปยังพื้นที่ปฏิบัติงานได้ ซึ่งทำให้เจ้าหน้าที่วางแผนมีทางเลือกเพิ่มขึ้นในเรื่องของรูปแบบการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์ในสถานการณ์ที่เหมาะสม ผู้ที่เกี่ยวข้องในการวางแผนซึ่งเป็นผู้ใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจมีระดับความพึงพอใจสูงกับกระบวนการทำงานและแนวคิดของระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ออกแบบขึ้นเนื่องจากระบบที่พัฒนาขึ้นหากสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้วจะลดความยุ่งยากในการตัดสินใจและทำให้เกิดความสะดวกในการวางแผนและประสานงานกับหน่วยงานต่างๆที่ร่วมให้บริการการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่และมีแนวโน้มสูงในการนำไปใช้งานในส่วนของการวางแผนการลำเลียงได้จริงเนื่องจากกระบวนการทำงานของระบบมีความสอดคล้องกับกระบวนการวางแผนในปัจจุบันและสามารถปรับเปลี่ยนการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจให้เหมาะสมกับการทำงานของหน่วยงานได้

5.1 ข้อจำกัดของระบบ

- ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองการออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ในการปฏิบัติงาน 1 วันได้เพียง 1 พื้นที่การออกหน่วยเท่านั้น โดยหากมีพื้นที่ซ้ำซ้อนระบบจะไม่สามารถคำนวณและประมวลผลได้แต่ในทางปฏิบัติจริงสามารถมีพื้นที่ซ้ำซ้อนได้หากพื้นที่ที่ออกปฏิบัติงานพร้อมกันในวันนั้นไม่ห่างกันมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการบริหารจัดการของผู้ให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ที่เห็นเหมาะสมรวมถึงความพร้อมของพื้นที่ในการออกหน่วยได้

- ระบบสนับสนุนการตัดสินในที่พัฒนาขึ้นได้ศึกษาและออกแบบเพื่อการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ในสภาวะการณ์ปกติที่ไม่มีความต้องการเร่งด่วน สภาวะฉุกเฉิน หรือ เหตุภัยพิบัติ ในการให้บริการและการรักษาส่วนใหญ่เป็นการให้บริการรักษาโรคพื้นฐานไม่ใช่โรคเฉพาะทางพิเศษ
- ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้นอยู่บนสมมติฐานที่ว่า จำนวนรถในการขนส่งไม่จำกัด คลังยาสามารถจัดหาเวชภัณฑ์ให้เพียงพอกับความต้องการเมื่อมีการร้องขอการออกหน่วยเสมอ
- ค่าคำตอบที่ได้เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของเจ้าหน้าที่วางแผนอาจไม่ใช่ค่าคำตอบที่ดีที่สุดแต่เป็นการนำเสนอคำตอบที่เหมาะสมคำตอบหนึ่งตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด
- ในการใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีการประเมิรค่าตัวชี้วัดต่างๆซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์ทำงานและความรู้ความชำนาญของเจ้าหน้าที่วางแผนเพื่อที่ระบบจพสามารถให้ข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงในการปฏิบัติงานมากที่สุด
- เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจหลักคือระยะทางการขนส่งซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของค่าขนส่งในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์เพื่อให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่โดยไม่สนใจปัจจัยอื่นที่มีผลต่อค่าขนส่งทั้งนี้เพราะปัจจัยอื่นๆนั้นมิได้มีความสำคัญในการตัดสินใจเมื่อเทียบกับระยะทางเนื่องจากการให้บริการหน่วยแพทย์เคลื่อนที่เป็นการให้บริการทางสาธารณสุขโดยไม่หวังผลกำไรและเป็นไปในรูปแบบของการกุศล ปัจจัยอื่น เช่น ค่าจ้างรถ ค่าให้บริการของแพทย์ต่อชั่วโมง จึงไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจในการลำเลียงบุคลากรและเวชภัณฑ์

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการประเมินวิธีการคำนวณของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

(System Evaluation Result)

ภาคผนวก ก

ผลการประเมินวิธีการคำนวณของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

1 คาบเวลาการปฏิบัติงานหน่วยทันตกรรมเคลื่อนที่ของจังหวัดเชียงใหม่

ตาราง 1 แสดงรายละเอียดของคาบเวลาในการออกหน่วยทันตกรรมเคลื่อนที่ของจังหวัดเชียงใหม่ซึ่งเป็นแผนการปฏิบัติงานในปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 โดยมีจำนวน 9 คาบเวลาได้แก่

ตารางที่ 1 คาบเวลาการปฏิบัติงาน

คาบเวลาที่	ระยะเวลา	จำนวนวันปฏิบัติงาน
1	1 ตุลาคม - 7 ตุลาคม	5
2	8 ตุลาคม - 14 ตุลาคม	5
3	15 ตุลาคม - 21 ตุลาคม	5
4	22 ตุลาคม - 28 ตุลาคม	5
5	29 ตุลาคม - 4 พฤศจิกายน	5
6	5 พฤศจิกายน - 11 พฤศจิกายน	5
7	12 พฤศจิกายน - 18 พฤศจิกายน	5
8	19 พฤศจิกายน - 25 พฤศจิกายน	5

2 กรณีทดสอบความสามารถในการหาคำตอบของแบบจำลองในการตัดสินใจจัดเส้นทางการออกหน่วย

กรณีทดสอบได้ถูกออกแบบขึ้นโดยคำนึงถึงรูปแบบข้อมูลนำเข้าในทุกกรณีที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในระบบสารสนเทศของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ โดยกรณีทดสอบแบ่งออกเป็น 5 กรณีซึ่งมีลักษณะความต้องการบุคลากรทางการแพทย์ที่แตกต่างกันแต่ใช้ข้อมูลพื้นที่ร้องขอออกหน่วยจริงในแผนการปฏิบัติงานหน่วยทันตกรรมเคลื่อนที่ภูเขาปีงบประมาณ 2552

ตารางที่ 2 กรณีทดสอบที่ 1

กรณีทดสอบที่ 1 เป็นการทดสอบความสามารถในการหาคำตอบของแบบจำลองการตัดสินใจที่พื้นที่ร้องขอทุกพื้นที่ไม่มีความต้องการออกหน่วยจำเพาะเจาะจงในคาบเวลาใดซึ่งเป็นลักษณะข้อมูลนำเข้าในลักษณะเดิมของกระบวนการวางแผนขององค์กรที่ทำการศึกษาเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพคำตอบที่ได้จากแบบจำลองการตัดสินใจและการใช้ประสบการณ์ของเจ้าหน้าที่วางแผนในการจัดเส้นทาง

พื้นที่ออกหน่วยที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย	แพทย์	พยาบาล	คาบเวลาที่ต้องการไป
O1	Ban Tung Yuo	บ้านทุ่งยั้วะ	5	5	-
O2	Meung Kut	รร.เมืองกึ๊ด	5	5	-
O3	Huai fuk Dap	ศศช.ห้วยฝักตาบ	5	5	-
O4	Kae Noi Suksa	รร. แก่น้อยศึกษา	5	5	-
O5	Chalermprakriet	รร.ตชด.เฉลิมพระเกียรติ	5	5	-
O6	Sam Meun	ตชดสามหมื่น	5	5	-
O7	Num Ru	บ้านน้ำรู	5	5	-
O8	Hua Mae Moeng	บ้านหัวแม่เมือง	5	5	-
O9	Doi Sam Meun	รร.ดอยสามหมื่น	5	5	-
O10	Huai Pra Jao	ห้วยพระเจ้า	5	5	-
O11	Mae Sa Top	รรแม่สะต๊อบ	5	5	-
O12	Mae Jum Sam	แม่จุ่มสาม	5	5	-
O13	Ohm Lan	รร.อมลาน	5	5	-
O14	Ngan Luang	รร.แม่หงานหลวง	5	5	-
O15	Ban Pui	บ้านพุย	5	5	-
O16	Ban Mae Long Tai	บ้านแมล่องใต้	5	5	-
O17	Ou Lo Kee Lang	โอโลคีล่าง	5	5	-
O18	Pa deng	ตชด ผาแดง	5	5	-

พื้นที่ออกหน่วยที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย	แพทย์	พยาบาล	คาบเวลาที่ต้องการไป
O19	Tee Lee Per Kee	ทีเลอเปอคี	5	5	-
O20	Long Pae	ล่องแพ	5	5	-
O21	Tung Ting	ตุงติง	5	5	-
O22	Mae Ang Kang	แม่อ่างข่าง	5	5	-
O23	Mae Lai Duaung Jan	แม่ลายดวงจันทร์	5	5	-
O24	Mae Pok Bon	แม่ป๊อกบน	5	5	-
O25	Doi Luang	ดอยหลวง	5	5	-
O26	Lang Pa Ka	หลังป่าข่า	5	5	-
O27	Sob Lan	สบลาน	5	5	-
O28	Huai Kai Pa	ห้วยไก่ป่า	5	5	-
O29	Lu Ku Do	ลูกุดู	5	5	-
O30	Huai Ka Noon	ห้วยขนุน	5	5	-
O31	Pa Ka She	พะกะเซ	5	5	-
O32	Ma Ou Jo	หม่าโอโจ	5	5	-
O33	Tung Ton Kyou	ทุ่งต้นงิ้ว	5	5	-
O34	Le Tor	เลอะตอ	5	5	-
O35	Huai Nam Kun	ห้วยน้ำขุ่น	5	5	-
O36	Khon Muang	ขอนม่วง	5	5	-
O37	Huai Nam Rin	ห้วยน้ำริน	5	5	-
O38	Huai Pong	ห้วยปง	5	5	-
O39	Huai E go	ห้วยอีโก้	5	5	-
O40	Huai Pa Kak	บ้านห้วยป่าแขก	5	5	-
O41	Huia Muang Nai	บ้านห้วยม่วงใน(แม่นาวาง)	5	5	-
O42	Pang Poi	ปางปอย	5	5	-
O43	Pong Juk Mai	โป่งจ๊อกใหม่	5	5	-
O44	Viang Na Pa	เวียงนาผา	5	5	-

ตารางที่ 3: กรณีทดสอบที่ 2

กรณีทดสอบที่ 2 เป็นการทดสอบความสามารถในการหาคำตอบของแบบจำลองการตัดสินใจที่คาบเวลาปฏิบัติงานได้บางคาบเวลามีจำนวนพื้นที่ร้องขอเกินจำนวนวันปฏิบัติงานของคาบเวลานั้นทำให้มีจำนวนพื้นที่ร้องขอบางพื้นที่ไม่ถูกจัดอยู่ในคาบเวลาที่ต้องการ

พื้นที่ออกหน่วยที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย	แพทย์	พยาบาล	คาบเวลาที่ต้องการไป
O1	Ban Tung Yuo	บ้านทุ่งยั้วะ	5	5	1
O2	Meung Kut	รร.เมืองกึ๊ด	5	5	2
O3	Huai fuk Dap	ศคช.ห้วยฝักดาบ	5	5	3
O4	Kae Noi Suksa	รร. แก่น้อยศึกษา	5	5	-
O5	Chalermprakriet	รร.ตชดเฉลิมพระเกียรติ	5	5	-
O6	Sam Meun	ตชดสามหมื่น	5	5	-
O7	Num Ru	บ้านน้ำรู	5	5	-
O8	Hua Mae Moeng	บ้านหัวแม่เมือง	5	5	1
O9	Doi Sam Meurn	รร.ดอยสามหมื่น	5	5	-
O10	Huai Pra Jao	ห้วยพระเจ้า	5	5	-
O11	Mae Sa Top	รรแม่สะต๊อบ	5	5	-
O12	Mae Jum Sam	แม่จุ่มสาม	5	5	6
O13	Ohm Lan	รร.อมลาน	5	5	-
O14	Ngan Luang	รร.แม่หงานหลวง	5	5	3
O15	Ban Pui	บ้านพุย	5	5	3
O16	Ban Mae Long Tai	บ้านแม่ล่องใต้	5	5	-
O17	Ou Lo Kee Lang	โอโลคีล่าง	5	5	-
O18	Pa deng	ตชด ผาแดง	5	5	-
O19	Tee Lee Per Kee	ทีเลอเปอคี	5	5	1
O20	Long Pae	ล่องแพ	5	5	-
O21	Tung Ting	ตุงติง	5	5	-

พื้นที่ออกหน่วยที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย	แพทย์	พยาบาล	คาบเวลาที่ต้องการไป
O22	Mae Ang Kang	แม่อ่างร่าง	5	5	7
O23	Mae Lai Duaung Jan	แม่ลายดวงจันทร์	5	5	3
O24	Mae Pok Bon	แม่ป๊อกบน	5	5	-
O25	Doi Luang	ดอยหลวง	5	5	-
O26	Lang Pa Ka	หลังป่าข่า	5	5	-
O27	Sob Lan	สบลาน	5	5	-
O28	Hual Kai Pa	ห้วยไก่ป่า	5	5	3
O29	Lu Ku Do	ลู่กู่ดู	5	5	-
O30	Huai Ka Noon	ห้วยขนุน	5	5	-
O31	Pa Ka She	พะกะเซ	5	5	-
O32	Ma Ou Jo	หม่าโอโจ	5	5	-
O33	Tung Ton Kyou	ทุ่งต้นงิ้ว	5	5	8
O34	Le Tor	เลอะตอ	5	5	-
O35	Huai Nam Kun	ห้วยน้ำขุ่น	5	5	-
O36	Khon Muang	ขอนม่วง	5	5	-
O37	Huai Nam Rin	ห้วยน้ำริน	5	5	4
O38	Huai Pong	ห้วยปง	5	5	-
O39	Huai E go	ห้วยอีโก้	5	5	-
O40	Huai Pa Kak	บ้านห้วยป่าแขก	5	5	9
O41	Huia Muang Nai	บ้านห้วยม่วงใน(แม่นาวาง)	5	5	-
O42	Pang Poi	ปางปอย	5	5	9
O43	Pong Juk Mai	โป่งจ๊อกใหม่	5	5	3
O44	Viang Na Pa	เวียงนาผา	5	5	1

ตารางที่ 4: กรณีทดสอบที่ 3

กรณีทดสอบที่ 3 เป็นการทดสอบความสามารถในการหาคำตอบของแบบจำลองการตัดสินใจที่มีบางคาบเวลาปฏิบัติงานไม่มีพื้นที่ร้องขอปฏิบัติงานในคาบเวลานั้นทำให้มีจำนวนพื้นที่ร้องขอบางพื้นที่ไม่ถูกจัดอยู่ในคาบเวลาที่ต้องการ

พื้นที่ออกหน่วยที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย	แพทย์	พยาบาล	คาบเวลาที่ต้องการไป
O1	Ban Tung Yuo	บ้านทุ่งยั้วะ	5	5	1
O2	Meung Kut	รร.เมืองกึ๊ด	5	5	2
O3	Huai fuk Dap	ศศช.ห้วยฝักดาบ	5	5	-
O4	Kae Noi Suksa	รร. แก่น้อยศึกษา	5	5	-
O5	Chalermprakriet	รร.ตชด.เฉลิมพระเกียรติ	5	5	-
O6	Sam Meun	ตชดสามหมื่น	5	5	-
O7	Num Ru	บ้านน้ำรู	5	5	-
O8	Hua Mae Moeng	บ้านหัวแม่เมือง	5	5	-
O9	Doi Sam Meurn	รร.ดอยสามหมื่น	5	5	-
O10	Huai Pra Jao	ห้วยพระเจ้า	5	5	1
O11	Mae Sa Top	รรแม่สะต๊อบ	5	5	-
O12	Mae Jum Sam	แม่จุ่มสาม	5	5	-
O13	Ohm Lan	รร.อมลาน	5	5	-
O14	Ngan Luang	รร.แม่หงานหลวง	5	5	-
O15	Ban Pui	บ้านพุย	5	5	-
O16	Ban Mae Long Tai	บ้านแม่ล่องใต้	5	5	-
O17	Ou Lo Kee Lang	โอโลคีล่าง	5	5	-
O18	Pa deng	ตชด ผาแดง	5	5	1
O19	Tee Lee Per Kee	ทีเลอเปอคี	5	5	-
O20	Long Pae	ล่องแพ	5	5	-
O21	Tung Ting	ตุงติง	5	5	-
O22	Mae Ang Kang	แม่อ่างข่าง	5	5	-

พื้นที่ออกหน่วยที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย	แพทย์	พยาบาล	คาบเวลาที่ต้องการไป
O23	Mae Lai Duaung Jan	แม่ลายดวงจันทร์	5	5	-
O24	Mae Pok Bon	แม่ป๊อกบน	5	5	-
O25	Doi Luang	ดอยหลวง	5	5	-
O26	Lang Pa Ka	หลังป่าข่า	5	5	-
O27	Sob Lan	สบลาน	5	5	2
O28	Huai Kai Pa	ห้วยไก่ป่า	5	5	-
O29	Lu Ku Do	ลูกูดู	5	5	-
O30	Huai Ka Noon	ห้วยขนุน	5	5	-
O31	Pa Ka She	พะกะเซ	5	5	-
O32	Ma Ou Jo	หม่าโอโจ	5	5	-
O33	Tung Ton Kyou	ทุ่งต้นงิ้ว	5	5	-
O34	Le Tor	เลอะตอ	5	5	-
O35	Huai Nam Kun	ห้วยน้ำขุ่น	5	5	-
O36	Khon Muang	ขอนม่วง	5	5	7
O37	Huai Nam Rin	ห้วยน้ำริน	5	5	2
O38	Huai Pong	ห้วยป่ง	5	5	-
O39	Huai E go	ห้วยอีโก้	5	5	6
O40	Huai Pa Kak	บ้านห้วยป่าแขก	5	5	-
O41	Huia Muang Nai	บ้านห้วยม่วงใน(แม่นาวาง)	5	5	-
O42	Pang Poi	ปางปอย	5	5	9
O43	Pong Juk Mai	โป่งจ๊อกใหม่	5	5	4
O44	Viang Na Pa	เวียงนาผา	5	5	1

ตารางที่ 5: กรณีทดสอบที่ 4

กรณีทดสอบที่ 4 เป็นการทดสอบความสามารถในการหาคำตอบของแบบจำลองการตัดสินใจที่ทุกคาบเวลาปฏิบัติงานมีพื้นที่ร้องขอปฏิบัติงานในคาบเวลานั้นแต่จำนวนที่ร้องขอไม่เกินจำนวนวันปฏิบัติงานของคาบเวลา

พื้นที่ออกหน่วยที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย	แพทย์	พยาบาล	คาบเวลาที่ต้องการไป
O1	Ban Tung Yuo	บ้านทุ่งยั้วะ	5	5	1
O2	Meung Kut	รร.เมืองกึ๊ด	5	5	-
O3	Huai fuk Dap	ศคช.ห้วยฝักดาบ	5	5	-
O4	Kae Noi Suksa	รร. แก่น้อยศึกษา	5	5	-
O5	Chalermprakriet	รร.ตชดเฉลิมพระเกียรติ	5	5	-
O6	Sam Meun	ตชดสามหมื่น	5	5	2
O7	Num Ru	บ้านน้ำรู	5	5	-
O8	Hua Mae Moeng	บ้านหัวแม่เมือง	5	5	-
O9	Doi Sam Meun	รร.ดอยสามหมื่น	5	5	-
O10	Huai Pra Jao	ห้วยพระเจ้า	5	5	-
O11	Mae Sa Top	รรแม่สะต๊อบ	5	5	3
O12	Mae Jum Sam	แม่จุ่มสาม	5	5	-
O13	Ohm Lan	รร.อมลาน	5	5	-
O14	Ngan Luang	รร.แม่หงานหลวง	5	5	-
O15	Ban Pui	บ้านพุย	5	5	-
O16	Ban Mae Long Tai	บ้านแม่ล่องใต้	5	5	4
O17	Ou Lo Kee Lang	โอโลคีล่าง	5	5	-
O18	Pa deng	ตชด ผาแดง	5	5	-
O19	Tee Lee Per Kee	ทีเลอเปอคี	5	5	-
O20	Long Pae	ล่องแพ	5	5	-
O21	Tung Ting	ตุงติง	5	5	5

พื้นที่ออกหน่วยที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย	แพทย์	พยาบาล	คาบเวลาที่ต้องการไป
O22	Mae Ang Kang	แม่อ่างข่าง	5	5	-
O23	Mae Lai Duaung Jan	แม่ลายดวงจันทร์	5	5	-
O24	Mae Pok Bon	แม่ป๊อกบน	5	5	-
O25	Doi Luang	ดอยหลวง	5	5	6
O26	Lang Pa Ka	หลังป่าข่า	5	5	-
O27	Sob Lan	สบลาน	5	5	-
O28	Huai Kai Pa	ห้วยไก่ป่า	5	5	-
O29	Lu Ku Do	ลูกูดู	5	5	-
O30	Huai Ka Noon	ห้วยขนุน	5	5	7
O31	Pa Ka She	พะกะเช	5	5	-
O32	Ma Ou Jo	หม่าโอโจ	5	5	-
O33	Tung Ton Kyou	ทุ่งต้นงิ้ว	5	5	-
O34	Le Tor	เลอะตอ	5	5	-
O35	Huai Nam Kun	ห้วยน้ำขุ่น	5	5	8
O36	Khon Muang	ขอนม่วง	5	5	-
O37	Huai Nam Rin	ห้วยน้ำริน	5	5	-
O38	Huai Pong	ห้วยปง	5	5	-
O39	Huai E go	ห้วยอีโก้	5	5	-
O40	Huai Pa Kak	บ้านห้วยป่าแขก	5	5	9
O41	Huia Muang Nai	บ้านห้วยม่วงใน(แม่นาวาง)	5	5	-
O42	Pang Poi	ปางป่อย	5	5	-
O43	Pong Juk Mai	โป่งจ๊อกใหม่	5	5	-
O44	Viang Na Pa	เวียงนาผา	5	5	1

ตารางที่ 6: กรณีทดสอบที่ 5

กรณีทดสอบที่ 5 เป็นการรวมกรณีทดสอบที่ 3 และกรณีทดสอบที่ 4 เข้าเป็นกรณีเดียวกันเพื่อทดสอบว่าหากเกิดกรณีดังกล่าวขึ้นพร้อมกัน แบบจำลองการตัดสินใจยังสามารถที่จะหาคำตอบของการจัดเส้นทางการออกหน่วย

พื้นที่ออกหน่วยที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย	แพทย์	พยาบาล	คาบเวลาที่ต้องไป
O1	Ban Tung Yuo	บ้านทุ่งยั้วะ	5	5	1
O2	Meung Kut	รร.เมืองกึ๊ด	5	5	1
O3	Hual fuk Dap	ศสช.ห้วยผักดาบ	5	5	1
O4	Kae Noi Suksa	รร. แก่น้อยศึกษา	5	5	1
O5	Chalermpraknet	รร.ตชด.เฉลิมพระเกียรติ	5	5	1
O6	Sam Meun	ตชด.สามหมื่น	5	5	1
O7	Num Ru	บ้านน้ำรู	5	5	-
O8	Hua Mae Moeng	บ้านหัวแม่เมือง	5	5	-
O9	Doi Sam Meun	รร.ดอยสามหมื่น	5	5	-
O10	Huai Pra Jao	ห้วยพระเจ้า	5	5	3
O11	Mae Sa Top	รรแม่สะต๊อบ	5	5	3
O12	Mae Jum Sam	แม่จุ่มสาม	5	5	3
O13	Ohm Lan	รร.อมลาน	5	5	3
O14	Ngan Luang	รร.แม่หงานหลวง	5	5	3
O15	Ban Pui	บ้านพุย	5	5	3
O16	Ban Mae Long Tai	บ้านแม่ล่องใต้	5	5	4
O17	Ou Lo Kee Lang	โอโลคีล่าง	5	5	4
O18	Pa deng	ตชด ผาแดง	5	5	4
O19	Tee Lee Per Kee	ทีเลอเปอคี	5	5	4
O20	Long Pae	ล่องแพ	5	5	4
O21	Tung Ting	ตุงติง	5	5	-
O22	Mae Ang Kang	แม่อ่างข่าง	5	5	5

พื้นที่ออกหน่วยที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย	แพทย์	พยาบาล	คาบเวลาที่ต้องไป
O23	Mae Lai Duaung Jan	แม่ลายดวงจันทร์	5	5	-
O24	Mae Pok Bon	แม่ป๊อกบน	5	5	-
O25	Doi Luang	ดอยหลวง	5	5	6
O26	Lang Pa Ka	หลังปาข่า	5	5	-
O27	Sob Lan	สบลาน	5	5	-
O28	Huai Kai Pa	ห้วยไก่ป่า	5	5	-
O29	Lu Ku Do	ลูกูดู	5	5	-
O30	Huai Ka Noon	ห้วยขนุน	5	5	7
O31	Pa Ka She	พะกะเซ	5	5	-
O32	Ma Ou Jo	หม่าโอโจ	5	5	-
O33	Tung Ton Kyou	ทุ่งต้นงิ้ว	5	5	-
O34	Le Tor	เลอะตอ	5	5	-
O35	Huai Nam Kun	ห้วยน้ำขุ่น	5	5	8
O36	Khon Muang	ขอนม่วง	5	5	-
O37	Huai Nam Rin	ห้วยน้ำริน	5	5	-
O38	Huai Pong	ห้วยป่อง	5	5	-
O39	Huai E go	ห้วยอีโก้	5	5	-
O40	Huai Pa Kak	บ้านห้วยปาแขก	5	5	9
O41	Huia Muang Nai	บ้านห้วยม่วงใน(แม่นาวาง)	5	5	-
O42	Pang Poi	ปางปอย	5	5	-
O43	Pong Juk Mai	โป่งจ๊อกใหม่	5	5	-
O44	Viang Na Pa	เวียงนาผา	5	5	1

3. ผลการทดสอบวิธีการหาคำตอบของแบบจำลองการจัดเส้นทางการออกหน่วย

คำตอบที่ได้ของทุกกรณีทดสอบที่ทดสอบผ่านการทำงานขอโปรแกรมในคอมพิวเตอร์ที่มีค่าคุณสมบัติดังนี้ Intel® Core™ 2 Duo CPU P9600@ 2.66 GHz 1.99 GB of RAM โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นได้มาจากการเขียนโดยใช้ภาษา C++ ผ่านโปรแกรม Microsoft Visual Studio Professional 2008 ในการเขียนโปรแกรมได้ใช้ฟังก์ชั่นในการบันทึกเวลาการหาคำตอบเพื่อประสิทธิภาพของวิธีการหาคำตอบและทดสอบคุณภาพของคำตอบระหว่างคำตอบที่ได้วิธีการหาคำตอบที่พัฒนาขึ้นและคำตอบที่ได้จากเจ้าหน้าที่วางแผน

ตารางที่ 7 แสดงคำตอบที่ได้จากการวางแผนโดยใช้ประสบการณ์ของเจ้าหน้าที่วางแผนซึ่งเป็นแผนการปฏิบัติงานฉบับจริงของการออกหน่วยทันตกรรมเคลื่อนที่ ในจังหวัดเชียงใหม่
ตารางที่ แสดงคำตอบที่ได้จากการวางแผนโดยใช้วิธีการหาคำตอบที่พัฒนาขึ้นซึ่งเป็นคำตอบที่ของชุดทดสอบกรณีที่ 1 ซึ่งเป็นกรณีที่ทุกพื้นที่ออกหน่วยไม่มีความต้องการพิเศษจำเพาะเจาะจงในการออกหน่วยในคาบเวลาใดเป็นพิเศษ

ตารางที่ 7 คำตอบที่ได้จากการวางแผนโดยใช้ประสบการณ์ของเจ้าหน้าที่ (กรณีทดสอบที่ 1)

Route1	O1	O2	O3	O4	O5	
	บ้านทุ่งยั้วะ	รร.เมืองกึ๊ด	ศศช.ห้วยฝักดาบ	รร. แกน้อยศึกษา	รร.ตชด.เฉลิมพระเกียรติ	Distance
67	16	10	60	16	106	274.84
Route2	O6	O7	O8	O9	O10	
	ตชด.สามหมื่น	บ้านน้ำรู	บ้านหัวแม่เมือง	รร.ดอยสามหมื่น	ห้วยพระเจ้า	Distance
109	17	8	17	53	70	274.36
Route3	O11	O12	O13	O14	O15	
	รร.แม่สะต๊อบ[illegible]	[illegible] แม่จุ่มสำมี	รร.อมลาน	รร.แม่หงานหลวง[illegible]	[illegible] บ้านพุย	Distance
113	3	4	61	5	113	298.49
Route4	O16	O17	O18	O19	O20	
	บ้านแม่ลองใต้	โอโลคีล่าง	ตชด ผาแดง	ทีเลอเปอคี	ล่องแพ	Distance
175	51	82	58	19	170	554.34
Route5	O21	O22	O23	O24	O25	
	ดุงดิง	แม่อ่างข่าง	แม่ลายดวงจันทร์	แม่ป๊อกบน	ดอยหลวง	Distance
142	26	50	22	24	98	361.46
Route6	O26	O27	O28	O29	O30	
	หลังป่าข่า	สบลาน	ห้วยไก่ป่า	ลุกุ	ห้วยขนุน	Distance
172	12	40	41	39	201	504.32
Route7	O31	O32	O33	O34		
	พะกะเอ	หม่าโอโจ	ทุ่งต้นจิ้ว	เลอะตอ		Distance
184	18	28	46	181		456.54
Route8	O35	O36	O37	O38	O39	
	ห้วยน้ำขุ่น	ขอนม่วง	ห้วยน้ำริน	ห้วยปง	ห้วยอีโก้	Distance
116	18	48	41	59	157	439.36
Route9	O40	O41	O42	O43	O44	
	บ้านห้วยป่าแขก	บ้านห้วยม่วงใน	ป่างปอย	โป่งจ๊อกใหม่	เวียงนาผา	Distance
171	19	33	40	31	102	396.17
					Total Distance	3559.88

ตารางที่ 8 คำตอบที่ได้จากวิธีการหาคำตอบที่พัฒนาขึ้น (กรณีทดสอบที่ 2)

Route1	O2	O1	O3	O4	O5	
	รร.เมืองกึ๊ด	บ้านทุ่งยั้วะ	ศสช.ห้วยฝักดาบ	รร. แกน้อยศึกษา	รร.ตชด.เฉลิมพระเกียรติ	Distance
52	16	14	60	16	106	264
Route2	O9	O6	O7	O8	O10	
	รร.ดอยสามหมื่น	ตชด.สามหมื่น	บ้านน้ำรู	บ้านหัวแม่เมือง	ห้วยพระเจ้า	Distance
76	14	17	8	33	70	218
Route3	O11	O12	O13	O14	O15	
	รร.แม่สะต๊อบ	แม่จุ่มสาม	รร.อมลาน	รร.แม่หงานหลวง	บ้านพุย	Distance
113	3	4	61	5	113	299
Route4	O18	O20	O19	O16	O17	
	ตชด ผาแดง	ล่องแพ	ทีเลอเปอคี	บ้านแม่ลองใต้	โอโลคีล่าง	Distance
162	19	19	15	51	209	475
Route5	O22	O21	O23	O24	O25	Distance
	แม่อ่างข่าง	ตุงติง	แม่ลายดวงจันทร์	แม่ป๊อกบน	ดอยหลวง	
127	26	28	22	24	98	325
Route6	O28	O29	O30	O27	O26	Distance
	ห้วยไก่ป่า	ลุงดู	ห้วยขนุน	สบลาน	หลังป่าป่า	
107	41	39	13	12	172	384
Route7	O31	O32	O33	O34		Distance
	พะกะเซ	หม่าโอโจ	ทุ่งต้นจิ๋ว	เลอะตอ		
184	18	28	46	181		457.12
Route8	O38	O37	O39	O35	O36	Distance
	ห้วยปง	ห้วยน้ำริน	ห้วยอีโก้	ห้วยน้ำขุ่น	ขอนม่วง	
70	41	73	13	18	157	372
Route9	O40	O41	O42	O43	O44	Distance

ตารางที่ 9 คำตอบที่ได้จากวิธีการหาคำตอบที่พัฒนาขึ้น (กรณีทดสอบที่ 3)

Route1	ที่เลอเปอคี	ห้วยไก่ป่า	รร.ตชดเฉลิมพระเกียรติ	บ้านหัวแม่เมือง	บ้านทุ่งยั้วะ	Distance
	O19	O28	O5	O8	O1	558.46
Route2	โอโลคีล่าง	แม่ป๊อกบน	รร.เมืองกิ๊ด	ตชดสามหมื่น	บ้านน้ำรู	Distance
	O17	O24	O2	O6	O7	336.84
Route3	ห้วยขนุน	ลูกดู	เวียงนาผา	ศศช.ห้วยฝักตาบ	รร.ดอยสามหมื่น	Distance
	O30	O29	O44	O3	O9	434.08
Route4	ห้วยพระเจ้า	ห้วยปง	ปางปอย	พะกะเซ	บ้านแม่ลองใต้	Distance
	O10	O38	O42	O31	O16	488.39
Route5	ขอนม่วง	ห้วยป่าแขก	แม่สะต๊อบ	หลังป่าข่า		Distance
	O36	O40	O11	O26		588.49
Route6	ห้วยน้ำขุ่น	ตุงติง	รร.แม่หงานหลวง	รร.แม่จุ่มสาม	รร.อมลาน	Distance
	O35	O21	O14	O12	O13	399.5
Route7	ห้วยอีโก้	แม่อ่างข่าง	แม่ลายดวงจันทร์	หม่าโอโจ	บ้านพุย	Distance
	O39	O22	O23	O32	O15	492.24
Route8	ดอยหลวง	เลอะตอ	สบลาน	ตชด ผาแดง	ห้วยน้ำริน	Distance
	O25	O34	O27	O18	O37	441.28
Route9	รร.แกน้อยศึกษา	บ้านห้วยม่วงใน	โป่งจ๊อกใหม่	ทุ่งต้นงิ้ว	ส่องแพ	Distance
	O4	O41	O43	O33	O20	519.91
					Total distance	4259.19

ตารางที่ 10 คำตอบที่ได้จากวิธีการหาคำตอบที่พัฒนาขึ้น (กรณีทดสอบที่ 4)

Route1	ห้วยพระเจ้า	บ้านทุ่งยั้วะ	รร.ตชด.เฉลิมพระเกียรติ	ทุ่งต้นจิ๋ว	ตชด ผาแดง	Distance
	O10	O1	O5	O33	O18	591.25
Route2	รร.เมืองกึ๊ด	ห้วยปง	ล่องแพ	โอโลดีล่าง	ห้วยไก่ป่า	Distance
	O2	O38	O20	O17	O28	380.11
Route3	แม่ลายดวงจันทร์	ห้วยขนุน	ศศช.ห้วยผักดาบ	ตชด สามหมื่น	รร.แม่จุ่มสาม	Distance
	O23	O30	O3	O6	O12	382.5
Route4	สบลาน	แม่ป๊อกบน	ป่างป่อย	เวียงนาผา	บ้านหัวแม่เมือง	Distance
	O27	O24	O42	O44	O8	518.51
Route5	เลอะตอ	แม่อ่างข่าง	บ้านน้ำรู	บ้านห้วยม่วงใน		Distance
	O34	O22	O7	O41		461.02
Route6	รร.แม่หงานหลวง	ทีเลอเปอคี	ห้วยป่าแขก	ขอนม่วง	รร.ดอยสามหมื่น	Distance
	O14	O19	O40	O36	O9	635.07
Route7	ห้วยน้ำริน	ห้วยอีโก้	บ้านแม่ล่องโต้	หม่าโอโจ	บ้านพุย	Distance
	O37	O39	O16	O32	O15	475.99
Route8	ห้วยน้ำขุ่น	ดุงติง	พะกะเซ	ดอยหลวง	แม่สะต๊อบ	Distance
	O35	O21	O31	O25	O11	384.98
Route9	รร.แกน้อยศึกษา	โป่งจ๊อกใหม่	ลูกดู	หลังป่าข่า	รร.อมลาน	Distance
	O4	O43	O29	O26	O13	751.46
					Total distance	4580.89

ตารางที่ 11 คำตอบที่ได้จากวิธีการหาคำตอบที่พัฒนาขึ้น (กรณีทดสอบที่ 5)

Route1	รร.เมืองกึ๊ด	บ้านทุ่งยั้วะ	รร.ดอยสามหมื่น	โป่งจ๊อกใหม่	ห้วยไก่ป่า	Distance
	O2	O1	O9	O43	O28	465.95
Route2	ตชด.สามหมื่น	บ้านหัวแม่เมือง	บ้านน้ำรู	ห้วยน้ำขุ่น	ลุกดู	Distance
	O6	O8	O7	O35	O29	481.8
Route3	โอโลดีล่าง	แม่สะต๊อบ	รร.อมลาน	ห้วยพระเจ้า	ห้วยอีโก้	Distance
	O17	O11	O13	O10	O39	570.37
Route4	รร.แม่จุ่มสาม	ห้วยขนุน	สบลาน	บ้านแม่ลองใต้	ห้วยน้ำริน	Distance
	O12	O30	O27	O16	O37	574.43
Route5	รร.แม่หงานหลวง	แม่ลายดวงจันทร์	หม่าโอโจ	ตุงติง	เวียงนาผา	Distance
	O14	O23	O32	O21	O44	432.3
Route6	รร.แก้มอ้อยศึกษา	บ้านพุย	แม่ป๊อกบน	เลอะตอ	หลังป่าข่า	Distance
	O4	O15	O24	O34	O26	394.25
Route7	แม่อ่างข่าง	พะกะเซ	ทุ่งต้นงิ้ว	ตชด.ผาแตง	รร.ตชด.เฉลิมพระเกียรติ	Distance
	O22	O31	O33	O18	O5	478.31
Route8	ล่องแพ	ดอยหลวง	ป่างป๋อย	ขอนม่วง	ห้วยปง	Distance
	O20	O25	O42	O36	O38	433.75
Route9	ทีเลอเปอคี	ห้วยป่าแขก	บ้านห้วยม่วงใน	ศศช.ห้วยผึ้งตาบ		Distance
	O19	O40	O41	O3		470.28
					Total distance	4301.44

ตารางที่ 12 คำตอบที่ได้จากวิธีการหาคำตอบที่พัฒนาขึ้น (กรณีทดสอบที่ 6)

Route1	รร.ดอยสามหมื่น	บ้านทุ่งยั้วะ	รร.เมืองกิ๊ด	โป่งจ๊อกใหม่	รร.ตชด.เฉลิมพระเกียรติ	Distance
	O9	O1	O2	O43	O5	375.46
Route2	ตชด.สามหมื่น	แม่สะต๊อบ	แม่ป๊อกบน	บ้านน้ำรู		Distance
	O6	O11	O24	O7		615.11
Route3	บ้านหัวแม่เมือง	ศศช.ห้วยผักตบ	รร.แม่จุ่มสาม	รร.อมลาน	รร.แม่หงานหลวง	Distance
	O8	O3	O12	O13	O14	474.16
Route4	รร.แก่น้อยศึกษา	ห้วยพระเจ้า	บ้านพุย	ตชด ผาแดง	โอโลคีล่าง	Distance
	O4	O10	O15	O18	O17	474.84
Route5	เวียงนาผา	ล่องแพ	บ้านแม่ล่องใต้	หม่าโอโจ	แม่ลายดวงจันทร์	Distance
	O44	O20	O16	O32	O23	453.26
Route6	ห้วยน้ำขุ่น	ทีเลอเปอคี	ห้วยขนุน	สบลาน	หลังปาง่า	Distance
	O35	O19	O30	O27	O26	479.89
Route7	ห้วยยีโก้	ตุงติง	พะกะเซ	ทุ่งต้นงิ้ว	เลอะตอ	Distance
	O39	O21	O31	O33	O34	489.67
Route8	ห้วยไก่ป่า	แม่อ่างข่าง	ป่างป่อย	ขอนม่วง	ห้วยน้ำริน	Distance
	O28	O22	O42	O36	O37	447.68
Route9	ลุกุดู	ดอยหลวง	ห้วยป่าแขก	บ้านห้วยม่วงใน	ห้วยปง	Distance
	O29	O25	O40	O41	O38	449.13

3. ผลการทดสอบวิธีการหาคำตอบของการเลือกโรงพยาบาลสนับสนุน

กรณีทดสอบ 6 กรณีได้ถูกซ่อกแบบขึ้นเพื่อเป็นการทดลองหาประสิทธิภาพในการหาคำตอบของวิธีการหาคำตอบที่พัฒนาขึ้นโดยตั้งอยู่บนความเป็นไปได้ของลักษณะข้อมูลการร้องขอแบบต่างๆที่อาจเกิดขึ้นในระบบ

ตารางที่ 13 กรณีทดสอบที่ 1 (การเลือกโรงพยาบาล)

วันที่ (Date)	Name	Operaton site	สถานที่	ความต้องการบุคลากร(Demand)				
				หมอ (doctor)	ทันตแพทย์ (Dentist)	ทันตพิบาล (Asst. Dentist)	พยาบาล (Nurse)	เภสัช (Phar)
12/12/2009	Ban Lan Ka	A	โรงเรียนบ้านลานคา	20	18	18	52	15
16/12/2009	Huai Pak	B	ห้วยผาก	12	21	21	43	12
			Total	32	39	39	95	27

Hospital_ID	Hospital	สถานที่	ศักยภาพของโรงพยาบาล(Capacity)				
			หมอ (doctor)	ทันตแพทย์ (Dentist)	ทันตพิบาล (Asst. Dentist)	พยาบาล (Nurse)	เภสัช (Phar)
H1	Ratchaburi	โรงพยาบาลราชบุรี	5	8	8	20	2
H2	Ban Pong	โรงพยาบาลบ้านโป่ง	3	9	9	10	5
H3	Dum Nern Sa Duk	โรงพยาบาลดำเนินสะดวก	5	8	8	5	4
H4	Potharam	โรงพยาบาลโพธาราม	3	9	9	8	7
H5	Jom Bung	โรงพยาบาลจอมบึง	3	1	1	10	3
H6	Bangpae	โรงพยาบาลบางแพ	2	0	0	11	2
H7	Pak Tor	โรงพยาบาลปากท่อ	2	0	0	12	1
H8	Jed Sameurn	โรงพยาบาลเจ็ดเสมียน	2	1	1	6	1
H9	Wat Peng	โรงพยาบาลวัดเพลง	2	1	1	3	1
H10	Suan Pung	โรงพยาบาลสวนผึ้ง	2	0	0	5	1
H11	Pa Nu Rang Si	โรงพยาบาลค่ายภาณุรังษี	2	0	0	4	1
		Total	31	37	37	94	28

ตารางที่ 14 กรณีทดสอบที่ 2 (การเลือกโรงพยาบาล)

วันที่(Date)		Operaton site	Name	ความต้องการบุคลากร(Demand)				
				หมอ	ทันตแพทย์	ทันตพิบาล	พยาบาล	เภสัช
12/12/2009	A	Ban Lan Ka	โรงเรียนบ้านลานคา	6	9	8	20	7
16/12/2009	B	Huai Pak	ห้วยผาก	8	8	4	20	7
18/12/2009	C	Pu Ta Kien	โรงเรียนบ้านพุตะเคี่ยน	7	5	12	20	7
20/12/2009	D	Pong Heng	บ้านโป่งแห้ง	5	9	4	20	7
22/12/2009	E	Ratchaburi Prison	เรือนจำกลางราชบุรี	10	8	9	20	7
			Total	36	39	37	100	35

Hospital_ID	Hospital	สถานที่	ศักยภาพของโรงพยาบาล(Capacity)				
			หมอ	ทันตแพทย์	ทันตพิบาล	พยาบาล	เภสัช
H1	Ratchaburi	โรงพยาบาลราชบุรี	5	8	8	20	2
H2	Ban Pong	โรงพยาบาลบ้านโป่ง	3	9	9	10	5
H3	Dum Nern Sa Duk	โรงพยาบาลดำเนินสะดวก	5	8	8	5	4
H4	Potharam	โรงพยาบาลโพธาราม	3	9	9	8	7
H5	Jom Bung	โรงพยาบาลจอมบึง	3	1	1	10	3
H6	Bangpae	โรงพยาบาลบางแพ	2	0	0	11	2
H7	Pak Tor	โรงพยาบาลปากท่อ	2	0	0	12	1
H8	Jed Sameurn	โรงพยาบาลเจ็ดเสมียน	2	1	1	6	1
H9	Wat Peng	โรงพยาบาลวัดเพลง	2	1	1	3	1
H10	Suan Pung	โรงพยาบาลสวนผึ้ง	2	0	0	5	1
H11	Pa Nu Rang Si	โรงพยาบาลค่ายภาณุรังษี	2	0	0	4	1
		Total	31	37	37	94	28

ตารางที่ 15 กรณีทดสอบที่ 3 (การเลือกโรงพยาบาล)

วันที่		Operaton site	สถานที่	ความต้องการบุคลากร(Demand)				
				หมอ	ทันตแพทย์	ทันตพิบาล	พยาบาล	เภสัช
12/12/2009	A	Ban Lan Ka	โรงเรียนบ้านลานคา	3	4	4	15	4
16/12/2009	B	Huai Pak	ห้วยผาก	3	2	2	15	3
18/12/2009	C	Pu Ta Kien	โรงเรียนบ้านพุตะเคียน	5	5	5	10	4
20/12/2009	D	Pong Heng	บ้านโป่งแห้ง	3	3	3	7	2
22/12/2009	E	Ratchaburi Prison	เรือนจำกลางราชบุรี	2	4	4	7	2
24/12/2009	G	Wat Ra Kung Tong	วัดระฆังทอง	5	6	6	12	4
26/12/2008	H	Ban Tri Ngam	โรงเรียนบ้านไทรงาม	3	6	6	10	2
28/12/2009	I	Rotari Pu Num Ron	โรงเรียนโรตารีพุน้ำร้อน	7	5	5	12	4
30/12/2009	J	Ban Ta Kor Lang	บ้านตะโกล่าง	3	6	6	9	4

Hospital_ID	Hospital	สถานที่	ศักยภาพของโรงพยาบาล(Capacity)				
			หมอ (doctor)	ทันตแพทย์ (Dentist)	ทันตพิบาล (Asst. Dentist)	พยาบาล (Nurse)	เภสัช (Phar)
H1	Ratchaburi	โรงพยาบาลราชบุรี	1	8	8	20	2
H2	Ban Pong	โรงพยาบาลบ้านโป่ง	1	9	9	10	5
H3	Dum Nern Sa Duk	โรงพยาบาลดำเนินสะดวก	1	8	8	5	4
H4	Potharam	โรงพยาบาลโพธาราม	1	9	9	8	7
H5	Jom Bung	โรงพยาบาลจอมบึง	1	1	1	10	3
H6	Bangpae	โรงพยาบาลบางแพ	1	0	0	11	2
H7	Pak Tor	โรงพยาบาลปากท่อ	1	0	0	12	1
H8	Jed Sameurn	โรงพยาบาลเจ็ดเสมียน	1	1	1	6	1
H9	Wat Peng	โรงพยาบาลวัดเพลง	1	1	1	3	1
H10	Suan Pung	โรงพยาบาลสวนผึ้ง	1	0	0	5	1

ตารางที่ 16 กรณีทดสอบที่ 4 (การเลือกโรงพยาบาล)

วันที่		Operaton site	สถานที่	ความต้องการบุคลากร(Demand)				
				หมอ (doctor)	ทันตแพทย์ (Dentist)	ทันตพิบาล (Asst. Dentist)	พยาบาล (Nurse)	เภสัช (Phar)
12/12/2009	A	โรงเรียนบ้านลานคา	Ban Lan Ka	3	3	3	3	3
16/12/2009	B	ห้วยผาก	Huai Pak	2	3	3	2	3
			Total	5	6	6	5	6

Hospital_ID	Hospital	สถานที่	ศักยภาพของโรงพยาบาล(Capacity)				
			หมอ (doctor)	ทันตแพทย์ (Dentist)	ทันตพิบาล (Asst. Dentist)	พยาบาล (Nurse)	เภสัช (Phar)
H1	Ratchaburi	โรงพยาบาลราชบุรี	5	8	8	20	2
H2	Ban Pong	โรงพยาบาลบ้านโป่ง	3	9	9	10	5
H3	Dum Nern Sa Duk	โรงพยาบาลดำเนินสะดวก	5	8	8	5	4
H4	Potharam	โรงพยาบาลโพธาราม	3	9	9	8	7
H5	Jom Bung	โรงพยาบาลจอมบึง	3	1	1	10	3
H6	Bangpae	โรงพยาบาลบางแพ	2	0	0	11	2
H7	Pak Tor	โรงพยาบาลปากท่อ	2	0	0	12	1
H8	Jed Sameurn	โรงพยาบาลเจ็ดเสมียน	2	1	1	6	1
H9	Wat Peng	โรงพยาบาลวัดเพลง	2	1	1	3	1
H10	Suan Pung	โรงพยาบาลสวนผึ้ง	2	0	0	5	1
H11	Pa Nu Rang Si	โรงพยาบาลค่ายภาณุรังษี	2	0	0	4	1
		Total	31	37	37	94	28

ตารางที่ 17 กรณีทดสอบที่ 5 (การเลือกโรงพยาบาล)

วันที่		Operaton site	สถานที่	ความต้องการบุคลากร(Demand)				
				หมอ (doctor)	ทันตแพทย์ (Dentist)	ทันตพิบาล (Asst. Dentist)	พยาบาล (Nurse)	เภสัช (Phar)
12/12/2009	A	โรงเรียนบ้านลานคา	Ban Lan Ka	3	3	3	3	3
16/12/2009	B	ห้วยผาก	Huai Pak	2	3	3	2	3
18/12/2009	C	โรงเรียนบ้านพุตะเคียน	Pu Ta Kien	3	3	3	3	3
20/12/2009	D	บ้านโป่งแห้ง	Pong Heng	2	3	3	2	2
22/12/2009	E	เรือนจำกลางราชบุรี	Ratchaburi Prison	3	3	3	3	3
			Total	13	15	15	13	14

Hospital_ID	Hospital	สถานที่	ศักยภาพของโรงพยาบาล(Capacity)				
			หมอ (doctor)	ทันตแพทย์ (Dentist)	ทันตพิบาล (Asst. Dentist)	พยาบาล (Nurse)	เภสัช (Phar)
H1	Ratchaburi	โรงพยาบาลราชบุรี	5	8	8	20	2
H2	Ban Pong	โรงพยาบาลบ้านโป่ง	3	9	9	10	5
H3	Dum Nern Sa Duk	โรงพยาบาลดำเนินสะดวก	5	8	8	5	4
H4	Potharam	โรงพยาบาลโพธาราม	3	9	9	8	7
H5	Jom Bung	โรงพยาบาลจอมบึง	3	1	1	10	3
H6	Bangpae	โรงพยาบาลบางแพ	2	0	0	11	2
H7	Pak Tor	โรงพยาบาลปากท่อ	2	0	0	12	1
H8	Jed Sameurn	โรงพยาบาลเจ็ดเสมียน	2	1	1	6	1
H9	Wat Peng	โรงพยาบาลวัดเพลง	2	1	1	3	1
H10	Suan Pung	โรงพยาบาลสวนผึ้ง	2	0	0	5	1

ตารางที่ 18 กรณีทดสอบที่ 6 (การเลือกโรงพยาบาล)

วันที่		Operaton site	สถานที่	ความต้องการบุคลากร(Demand)				
				หมอ (doctor)	ทันตแพทย์ (Dentist)	ทันตพิบาล (Asst. Dentist)	พยาบาล (Nurse)	เภสัช (Phar)
12/12/2009	A	โรงเรียนบ้านลานคา	Ban Lan Ka	3	3	3	3	3
16/12/2009	B	ห้วยผาก	Huai Pak	2	3	3	2	3
18/12/2009	C	โรงเรียนบ้านพุตะเคียน	Pu Ta Kien	3	3	3	3	3
20/12/2009	D	บ้านโป่งแห้ง	Pong Heng	2	3	3	2	2
22/12/2009	E	เรือนจำกลางราชบุรี	Ratchaburi Prison	3	3	3	3	3
24/12/2009	G	วัดระฆังทอง	Wat Ra Kung Tong	2	3	3	2	2
26/12/2008	H	โรงเรียนบ้านไทรงาม	Ban Tri Ngam	2	3	3	2	2
28/12/2009	I	โรงเรียนโรตารีพุน้ำร้อน	Rotari Pu Num Ron	3	3	3	3	3
30/12/2009	J	บ้านตะโกล่าง	Ban Ta Kor Lang	3	3	3	3	3

Hospital_ID	Hospital	สถานที่	ศักยภาพของโรงพยาบาล(Capacity)				
			หมอ (doctor)	ทันตแพทย์ (Dentist)	ทันตพิบาล (Asst. Dentist)	พยาบาล (Nurse)	เภสัช (Phar)
H1	Ratchaburi	โรงพยาบาลราชบุรี	5	8	8	20	2
H2	Ban Pong	โรงพยาบาลบ้านโป่ง	3	9	9	10	5
H3	Dum Nern Sa Duk	โรงพยาบาลดำเนินสะดวก	5	8	8	5	4
H4	Potharam	โรงพยาบาลโพธาราม	3	9	9	8	7
H5	Jom Bung	โรงพยาบาลจอมบึง	3	1	1	10	3
H6	Bangpae	โรงพยาบาลบางแพ	2	0	0	11	2
H7	Pak Tor	โรงพยาบาลปากท่อ	2	0	0	12	1
H8	Jed Sameurn	โรงพยาบาลเจ็ดเสมียน	2	1	1	6	1
H9	Wat Peng	โรงพยาบาลวัดเพลง	2	1	1	3	1
H10	Suan Pung	โรงพยาบาลสวนผึ้ง	2	0	0	5	1

4. คำตอบของกรณีทดสอบเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการหาคำตอบในการเลือกโรงพยาบาล

คำตอบที่ได้ของทุกกรณีทดสอบที่ทดสอบผ่านการทำงานขอโปรแกรมในคอมพิวเตอร์ที่มีค่าคุณสมบัติดังนี้ Intel® Core™ 2 Duo CPU P9600@ 2.66 GHz 1.99 GB of RAM โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นได้มาจากการเขียนโดยใช้ภาษา C++ ผ่านโปรแกรม Microsoft Visual Studio Professional 2008 ในการเขียนโปรแกรมได้ใช้ฟังก์ชั่นในการบันทึกเวลาการหาคำตอบเพื่อประสิทธิภาพของวิธีการหาคำตอบ

ตารางที่ 19 คำตอบกรณีทดสอบที่ 1 (การเลือกโรงพยาบาล)

Hospital	Operation Site	Supporting Value					
		Doctor	Dentist	Dentist Assistant	Nurse	Pharmacist	Distance
Pak Tor	Ban Lan Ka	2	0	0	12	1	1.5
Wat Peng	Ban Lan Ka	2	1	1	3	1	12.8
Panurangsi	Ban Lan Ka	2	0	0	4	1	23.6
Dum nern sa duk	Ban Lan Ka	5	8	8	5	4	32.8
Potharam	Ban Lan Ka	3	9	9	8	7	44.4
Bangpae	Ban Lan Ka	2	0	0	9	0	62.7
Ban Pong	Ban Lan Ka	3	0	0	10	1	62.7
Suan Pung	Huai Pak	2	0	0	5	1	23.1
Jom Bung	Huai Pak	3	1	1	10	3	47.9
Ratchaburi	Huai Pak	5	8	8	20	2	68.7
Jed Sa Muern	Huai Pak	2	1	1	6	1	80.8
Bangpae	Huai Pak	0	0	0	2	2	92.3
Ban Pong	Huai Pak	0	9	9	0	3	92.3
						Total	645.6

ตารางที่ 20 คำตอบกรณีทดสอบที่ 2 (การเลือกโรงพยาบาล)

hospital	operation site	supporting value					
		doctor	dentist	assistant dentist	Nurse	Pharm	distance
Potharam	Ban Lan Ka	3	9	8	8	7	44.4
Pak Tor	Ban Lan Ka	2	0	0	12	0	1.5
Wat Peng	Ban Lan Ka	1	0	0	0	0	12.8
Jom Bung	Huai Pak	3	0	1	10	0	47.9
Suan Pung	Huai Pak	2	0	0	5	0	23.1
Ratchaburi	Huai Pak	0	0	3	0	0	68.7
Panurangsi	Huai Pak	2	0	0	4	0	70.5
Jed Sameurn	Huai Pak	1	1	0	1	1	80.8
Wang Peng	Huai Pak	0	1	0	0	1	85.2
Pak Tor	Huai Pak	0	0	0	0	1	85.9
Bang Pae	Huai Pak	0	0	0	0	2	88.3
Ban Pong	Huai Pak	0	4	0	0	0	107
Ban Pong	Pu Ta Kien	3	5	9	10	5	69
Ratchaburi	Pu Ta Kien	0	0	1	0	0	64.4
Potharam	Pu Ta Kien	0	0	1	0	0	69.9
Wat Peng	Pu Ta Kien	0	0	1	0	0	77.8
Bang Pae	Pu Ta Kien	0	0	0	4	0	76.8
Ratchaburi	Pong Heng	5	8	4	20	2	60.6
Jom Bung	Pong Heng	0	1	0	0	3	39.8
Suan Pung	Pong Heng	0	0	0	0	1	15
Panurangsi	Pong Heng	0	0	0	0	1	62.4
Dum Nern Sa Duk	Ratchaburi Prison	5	8	8	5	4	51.2
Jed Sameurn	Ratchaburi Prison	1	0	1	5	0	28.8
Wat Peng	Ratchaburi Prison	1	0	0	3	0	37.8
Bang Pae	Ratchaburi Prison	2	0	0	7	0	46.7
						Total	1416.3

ตารางที่ 21 คำตอบกรณีทดสอบที่ 3 (การเลือกโรงพยาบาล)

Hospital	Operation Site	Supporting Value					
		Doctor	dentist	assistant dentist	nurse	Phar	distance
Dum Nern Sa Duk	Ban Lan Ka	1	4	4	5	4	32.8
Pak Tor	Ban Lan Ka	1	0	0	10	0	1.5
Wat Peng	Ban Lan Ka	1	0	0	0	0	36.9
Ratchaburi	Huai Pak	0	2	2	13	0	68.7
Suan Pung	Huai Pak	0	0	0	0	1	23.1
Pa Nu Rang Si	Huai Pak	0	0	0	2	1	71
Potharam	Huai Pak	0	0	0	0	1	88.3
Ban Pong	Pu Ta Kien	1	5	5	10	4	69
Potharam	Pong Heng	0	3	3	0	2	80.2
Suan Pung	Pong Heng	1	0	0	5	0	15
Pa Nu Rang Si	Pong Heng	0	0	0	2	0	62.4
Ratchaburi	Ratchaburi Prison	1	4	4	7	2	24.3
Pa Nu Rang Si	Ratchaburi Prison	1	0	0	0	0	25.1
Potharam	Wat Ra Kung Tong	1	6	6	8	4	19.4
Jed Sameurn	Wat Ra Kung Tong	1	0	0	4	0	21.5
Bangpae	Wat Ra Kung Tong	1	0	0	0	0	27.5
Pak Tor	Ban Tri Ngam	0	0	0	2	1	32.6
Wat Peng	Ban Tri Ngam	0	1	1	3	1	43.9
Dum Nern Sa Duk	Ban Tri Ngam	0	4	4	0	0	64
Bangpae	Ban Tri Ngam	0	0	0	2	0	75.8
Jom Bung	Rotari Pu Num Ron	1	1	1	10	3	35.2
Ratchaburi	Rotari Pu Num Ron	0	2	2	0	0	55.7
Jed Sameurn	Rotari Pu Num Ron	0	1	1	2	1	67.8
Ban Pong	Rotari Pu Num Ron	0	1	1	0	0	93.6
Bangpae	Ban Ta Kor Lang	0	0	0	9	2	103
Ban Pong	Ban Ta Kor Lang	0	3	3	0	1	118
						Total	1356.3

ตารางที่ 22 คำตอบกรณีทดสอบที่ 4 (การเลือกโรงพยาบาล)

hospital	Operation site	Supporting Value					
		Doctor	Dentist	Asst. Dentist	Nurse	Phar	distance
Dum Nern Sa Duk	Ban Lan Ka	3	3	3	3	3	32.8
Ratchaburi	Huai Pak	2	3	3	2	2	68.7
Suan Pung	Huai Pak	0	0	0	0	1	23.1
						Total	124.6

ตารางที่ 23 คำตอบกรณีทดสอบที่ 5 (การเลือกโรงพยาบาล)

hospital	Operation site	Supporting Value					
		Doctor	Dentist	Asst. Dentist	Nurse	Pharm.	distance
Dum Nern Sa Duk	Ban Lan Ka	3	3	3	3	3	32.8
Ratchaburi	Huai Pak	2	3	3	2	0	68.7
Jom Bung	Huai Pak	0	0	0	0	3	47.9
Ban Pong	Pu Ta Kien	3	3	3	3	3	69
Ratchaburi	Pong Heng	2	3	3	2	2	60.6
Potharam	Ratchaburi Prison	3	3	3	3	3	38.7
						Total	317.7

ตารางที่ 24 คำตอบกรณีทดสอบที่ 6 (การเลือกโรงพยาบาล)

Hospital	Operation site	Supporting Value					
		Doctor	Dentist	Asst. Dentist	Nurse	Phar	distance
Dum Nern Sa Duk	Ban Lan Ka	3	3	3	3	3	32.8
Suan Pung	Huai Pak	2	0	0	2	1	23.1
Ban Pong	Huai Pak	0	3	3	0	2	107
Ban Pong	Pu Ta Kien	3	3	3	3	3	69
Ratchaburi	Pong Heng	2	3	3	2	0	60.6
Wat Peng	Pong Heng	0	0	0	0	1	77.1
Pa Nu Rang Si	Pong Heng	0	0	0	0	1	62.4
Ratchaburi	Ratchaburi Prison	3	3	3	3	2	24.3
Jed Sameum	Ratchaburi Prison	0	0	0	0	1	28.8
Potharam	Wat Ra Kung,Tong	2	3	3	2	2	19.4
Dum Nern Sa Duk	Ban Tri Ngam	2	3	3	2	1	64
Pak Tor	Ban Tri Ngam	0	0	0	0	1	32.6
Jom Bung	Rotari Pu Num Ron	3	1	1	3	3	35.2