บทที่ 3

การพัฒนาวิธีการหาคำตอบ

การวิเคราะห์รูปแบบและลักษณะของปัญหาที่จะทำการศึกษาในเบื้องต้น จะทำให้ทราบถึงแง่มุมสำคัญของปัญหา และสามารถกำหนดแนวคิดเพื่อออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา รวมถึงสามารถวางโครงสร้างของวิธีการแก้ปัญหาซึ่งสอดคล้องกับธรรมชาติของปัญหาได้อย่างรัดกุมและถูกต้อง โดยสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์ในระบบการกระจายเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลนั้น การวิเคราะห์ปัญหาและออกแบบแนวคิดหลักสำหรับวางแนวทางการแก้ไขปัญหาแบ่งออกได้ดังนี้

3.1 แง่มุมสำคัญของปัญหา

3.1.1 ภาระงานของพนักงานขนส่ง

ลักษณะงานของพนักงานขนส่งเวชภัณฑ์ คือ การเข็นรถขนส่งซึ่งบรรทุกเวชภัณฑ์ไปส่งตามหอผู้ป่วยต่างๆ ดังนั้นภาระงานส่วนใหญ่ของพนักงานขนส่งจึงขึ้นอยู่กับระยะเวลาเดินทางของเส้นทางการขนส่ง ซึ่งเส้นทางการขนส่งที่ดีจะช่วยลดภาระงานของพนักงานขนส่งลงได้ ดังนั้นเป้าหมายหลักของฮิวริสติกก็คือ การสร้างเส้นทางการขนส่งที่ใช้ระยะเวลาเดินทางน้อยที่สุด

3.1.2 ความไม่แน่นอนของปริมาณเวชภัณฑ์

ปริมาณความต้องการเวชภัณฑ์ของหอผู้ป่วยต่างๆ ภายในโรงพยาบาลมีความแตกต่างกันตามช่วงเวลา ส่งผลให้เกิดความไม่แน่นอนของปริมาณเวชภัณฑ์ที่จะทำการจัดเส้นทางการขนส่ง ซึ่งทำให้ปัญหามีลักษณะที่ไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้และเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา (Stochastic) ทั้งยังก่อให้เกิดความไม่แน่นอนในด้านตำแหน่งของจุดรับเวชภัณฑ์ (หอผู้ป่วย) ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะ (Attribute) หนึ่งของเวชภัณฑ์อีกด้วย ดังนั้นแนวทางการแก้ไขปัญหาจึงจำเป็นต้องทำให้ฮิวริสติกมีความยืดหยุ่นเพียงพอที่จะสามารถรองรับปริมาณความต้องการที่ไม่แน่นอนนี้ได้

3.1.3 ข้อจำกัดด้านกรอบระยะเวลาตอบสนองของเวชภัณฑ์

เวชภัณฑ์ที่ออกจากห้องจ่ายยาจะถูกขนส่งโดยพนักงานขนส่งของโรงพยาบาลเพื่อนำเวชภัณฑ์ไปส่งตามหอผู้ป่วยต่างๆ หากเวชภัณฑ์ที่ออกจากห้องจ่ายยาถูกส่งให้แก่หอผู้ป่วยล่าช้าจะทำให้เกิดปัญหาในการทำงานของหอผู้ป่วย และก่อให้เกิดความล้มเหลวในระบบการกระจายเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลได้ ดังนั้นเมื่อเวชภัณฑ์ออกจากห้องจ่ายยาแล้ว จึงจำเป็นต้องได้รับการขนส่งไปยังหอผู้ป่วยต่างๆ ให้เร็วที่สุด แต่เนื่องจากปริมาณ

พนักงานขนส่งที่จำกัดจึงจำเป็นต้องกำหนดช่วงเวลารอคอยเวชภัณฑ์ที่มากที่สุดของหอผู้ป่วย หรือเรียกว่า "ระยะเวลารับประกัน" โดยระยะเวลารับประกันนี้จะเปลี่ยนไปตามความต้องการอันเป็นข้อตกลงระหว่างฝ่ายผู้รับบริการ (หอผู้ป่วย) และฝ่ายผู้ให้บริการ (พนักงานขนส่ง) ซึ่งลักษณะข้อจำกัดด้านกรอบระยะเวลาตอบสนองของเวชภัณฑ์เช่นนี้ทำให้เกิดแนวโน้มที่เวชภัณฑ์ซึ่งออกจากห้องจ่ายยาก่อนจะมีลำดับความสำคัญสูงกว่าในการได้รับการจัดขึ้นรถขนส่ง ดังนั้นเพื่อให้วิธีการแก้ไขปัญหารองรับข้อจำกัดด้านกรอบระยะเวลาตอบสนองของเวชภัณฑ์ ฮิวริสติกจึงต้องพิจารณาเพิ่มเติมในส่วนของการจัดเส้นทางเดินรถบนข้อจำกัดด้านเวลา (Time Window) ของเวชภัณฑ์รายชิ้นได้

3.2 แนวทางการแก้ไขปัญหา

แนวทางการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์ในระบบการกระจายเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลที่เหมาะสม และสามารถครอบคลุมแง่มุมของปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นทั้งในด้านความไม่แน่นอนของปริมาณเวชภัณฑ์ ข้อจำกัดด้านกรอบระยะเวลาตอบสนองของเวชภัณฑ์ และภาระงานของพนักงานขนส่ง คือ การแก้ไขปัญหาอย่างพลวัต (Dynamics) ร่วมกับการทำการแก้ไขปัญหาในเวลาจริง (Real Time) ซึ่งนอกจากจะทำให้วิธีการแก้ปัญหามีประสิทธิภาพและมีความยืดหยุ่นสอดคล้องกับธรรมชาติของระบบงาน (Robust) แล้ว ยังทำให้เกิดการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อมูลล่าสุดสำหรับการตัดสินใจจัดเส้นทางการขนส่งอีกด้วย เส้นทางการขนส่งที่มีความยืดหยุ่นและเปลี่ยนแปลงตามปริมาณเวชภัณฑ์ที่พร้อมส่งจริง ณ ช่วงเวลาใดๆ จะสามารถแก้ไขปัญหาในด้านความไม่แน่นอนของปริมาณเวชภัณฑ์ที่ต้องขนส่ง และการคำนวณช่วงเวลารอคอยก่อนส่ง (Remaining Slack Time: RST) รายชิ้นของเวชภัณฑ์ทุกครั้งที่ระบบมีการเปลี่ยนแปลง (เวชภัณฑ์ชิ้นใหม่เข้าสู่ระบบ) ทำให้สามารถกำหนดเวลาออกรถและรักษาข้อจำกัดด้านกรอบระยะเวลาตอบสนองของเวชภัณฑ์ได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้เมื่อประยุกต์กรรมวิธีการแก้ไขปัญหา (Algorithm) สำหรับปัญหาโครงข่ายแบบ Shortest Path Problem ที่เหมาะสมแล้วย่อมจะทำให้ภาระงานของพนักงานขนส่งน้อยที่สุด แต่เนื่องจากแนวทางการแก้ไขปัญหามีลักษณะของความเป็นพลวัตและระบบซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ดังนั้นกรรมวิธีการแก้ไขปัญหาที่จะนำมาประยุกต์ใช้จึงต้องมีประสิทธิภาพที่ดีเพียงพอ และต้องสามารถหาคำตอบที่ดีได้อย่างรวดเร็ว

3.3 โครงสร้างของวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก

ฮิวริสติกสำหรับหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์ในระบบการกระจายเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนการจำลองระบบเพื่อใช้สำหรับสร้างข้อมูลนำเข้า (Input Data) ส่วนการสร้างเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์ และส่วนการสรุปผลการจัดเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์

3.3.1 ส่วนการจำลองระบบเพื่อใช้สร้างข้อมูลนำเข้า

ทำการจำลองระบบเพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการตัดสินใจจัดเส้นทางการขนส่ง โดยข้อมูลที่สร้างขึ้นประกอบด้วย

3.3.1.1 จำนวนเวชภัณฑ์รวม

ความต้องการเวชภัณฑ์ที่ไม่แน่นอนในแต่ละช่วงเวลา ทำให้จำนวนเวชภัณฑ์รวมต่อวันมีค่าไม่คงที่ ดังนั้น การจำลองจำนวนเวชภัณฑ์รวมต่อวันจะอาศัยข้อมูลเวลาที่เวชภัณฑ์เข้าสู่ส่วนการขนส่ง (Arrival Time: AT)

3.3.1.2 ประเภทของเวชภัณฑ์

ระบบการกระจายเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลแบ่งเวชภัณฑ์ออกตามปริมาตรของเวชภัณฑ์ที่แตกต่างกันได้ 2 ประเภท ดังนี้

- ยา
- น้ำเกลือและอุปกรณ์การแพทย์อื่นๆ

กำหนดให้ปริมาตรของเวชภัณฑ์มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ (Uniform Distribution) ทั้งนี้ยามีปริมาตรเล็กมากและมีผลต่อความจุของรถขนส่งน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาตรของเวชภัณฑ์ประเภทน้ำเกลือและอุปกรณ์การแพทย์อื่นๆ

3.3.1.3 เวลาที่เวชภัณฑ์เข้าสู่ส่วนการขนส่ง (Arrival Time: AT)

เวลาที่เวชภัณฑ์เข้าสู่ส่วนการขนส่งอ้างอิงจากเวลาที่เวชภัณฑ์ออกจากห้องจ่ายยา โดยคำนวณจากความแตกต่างของเวลาที่เวชภัณฑ์ออกจากห้องจ่ายยา (Interarrival Time: IT) ซึ่งมีการกระจายแบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential Distribution) แยกตามประเภทของเวชภัณฑ์ ทั้งนี้เวลาที่เวชภัณฑ์เข้าสู่ส่วนการขนส่งจะใช้กำหนดลำดับของเวชภัณฑ์ (วิธีการหารูปแบบการกระจายความน่าจะเป็นของความแตกต่างของเวลาที่เวชภัณฑ์ออกจากห้องจ่ายยาแสดงในภาคผนวก ก.)

3.3.1.4 จุดรับเวชภัณฑ์

จุดรับเวชภัณฑ์หมายถึงตำแหน่งที่ตั้งของหอผู้ป่วยในโรงพยาบาลโดยกำหนดในรูปของจุดบนระนาบ

*3.3.1.5 **เวลาเพิ่มสำหรับความหนาแน่นของเส้นทาง***

ระยะเวลาเดินทางระหว่างจุดรับสองจุดใดๆ จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา (Time-Dependent) โดยเวลาเพิ่มสำหรับความหนาแน่นของเส้นทางกำหนดให้มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ

3.3.2 **ส่วนการสร้างเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์**

ทำการสร้างเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์ที่มีระยะเวลาเดินทางที่น้อยที่สุด ตามจำนวนและจุดรับเวชภัณฑ์ที่ออกจากห้องจ่ายยาที่เวลาใดๆ (Dynamic Rerouting Decision) โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลในการพิจารณาจัดเส้นทางประกอบด้วย

*3.3.2.1. **ความจุของรถขนส่งที่เหลือ***

เมื่อมีเวชภัณฑ์ที่ทำการจัดเส้นทางเต็มความจุของรถขนส่ง หรือความจุของรถขนส่งไม่เพียงพอสำหรับเวชภัณฑ์ชิ้นถัดไป ก็จะทำการกำหนดเวลาออกรถขนส่งทันที ซึ่งความจุของรถขนส่งที่เหลือมีความสัมพันธ์กับปริมาตรของรถขนส่งและปริมาตรรวมของเวชภัณฑ์ที่จัดเส้นทางเรียบร้อยแล้ว

*3.3.2.2. **เวลารอก่อนส่งน้อยที่สุดของเวชภัณฑ์** (Minimal Remaining Slack Time: Min RST)*

เวลารอก่อนส่งน้อยที่สุดของเวชภัณฑ์ คือ ช่วงเวลาที่มากที่สุดที่รถขนส่งสามารถรอคอยเวชภัณฑ์ชิ้นต่อไปเพื่อขนส่งไปในรอบการขนส่งเดียวกันได้ ซึ่งเป็นการพิจารณาในขอบเขตของข้อจำกัดด้านกรอบระยะเวลาตอบสนองของเวชภัณฑ์ (Time Window) โดยเวลารอก่อนส่งของเวชภัณฑ์สัมพันธ์กับระยะเวลารับประกัน ระยะเวลาเดินทาง (Traveling Time) ที่คำนึงถึงความหนาแน่นของเส้นทางการขนส่ง จำนวนเวชภัณฑ์ที่ทำการจัดส่งในรอบการขนส่ง และระยะเวลาให้บริการ

3.3.3 **ส่วนการสรุปผลการจัดเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์**

ทำการกำหนดลำดับในการขนส่งเวชภัณฑ์ กำหนดเวลาออกรถขนส่ง และเวลาที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมดและพิมพ์ผลการจัดเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์

3.4 กระบวนการทำงานของฮิวริสติกที่นำเสนอ

กระบวนการทำงานของฮิวริสติกที่นำเสนอ คือ ที่เวลาใดๆ เมื่อเวชภัณฑ์เข้าสู่ระบบจะทำการคำนวณหาปริมาตรรวมของเวชภัณฑ์ทั้งหมดที่รอการจัดส่งเปรียบเทียบกับความจุของรถขนส่ง หากปริมาตรรวมของเวชภัณฑ์เกินความจุของรถขนส่งก็จะนำเวชภัณฑ์ชิ้นล่าสุดออกและกำหนดให้ออกในรอบการขนส่งถัดไป และสำหรับเวชภัณฑ์ที่เหลือจะทำการจัด

เส้นทางการขนส่งขั้นต้นโดยกรรมวิธี Saving Algorithm และคำนวณหาระยะเวลาเดินทางรวมของเส้นทางขั้นต้น จากนั้นหาค่าเวลารอก่อนส่งที่เหลืออยู่สำหรับเวชภัณฑ์ทุกชิ้นและพิจารณาค่าเวลารอก่อนส่งน้อยที่สุดเพื่อใช้กำหนดเวลาออกรถขนส่ง โดยหากเวลารอก่อนส่งน้อยที่สุดมีค่าไม่เป็นลบแสดงว่าสามารถรอคอยเวชภัณฑ์ชิ้นถัดไปเพื่อทำการจัดขึ้นรถขนส่งไปในรอบการขนส่งเดียวกันได้ แต่หากเวลารอก่อนส่งน้อยที่สุดมีค่าเป็นลบแสดงว่าไม่สามารถจัดส่งเวชภัณฑ์บางชิ้นได้ทันกำหนดระยะเวลารับประกัน จะต้องทำการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งโดยใช้กรรมวิธี 2-OPT Algorithm และ Anti-Intersection Algorithm เพื่อทำให้ระยะเวลาเดินทางรวมของเส้นทางการขนส่งลดลง และสร้างโอกาสในการจัดส่งเวชภัณฑ์ทุกชิ้นให้ทันกำหนดระยะเวลารับประกันได้มากขึ้น ซึ่งหากการปรับปรุงเส้นทางประสบความสำเร็จก็จะทำการหาค่าเวลารอก่อนส่งน้อยที่สุดอีกครั้งและรอเวชภัณฑ์ชิ้นใหม่เพื่อการจัดส่งต่อไป แต่หากการปรับปรุงเส้นทางไม่ประสบความสำเร็จก็จะนำเวชภัณฑ์ชิ้นล่าสุดออกและกำหนดให้ออกในรอบถัดไป และทำการออกรถขนส่งสำหรับเวชภัณฑ์ที่เหลือตามเส้นทางการขนส่งที่เคยสร้างไว้แล้ว โดยกระบวนการทำงานของฮิวริสติกที่นำเสนอแสดงดังรูปที่ 9

เมื่อ

t = Time Line

i = Fleet Number ; i =1, 2,..., n

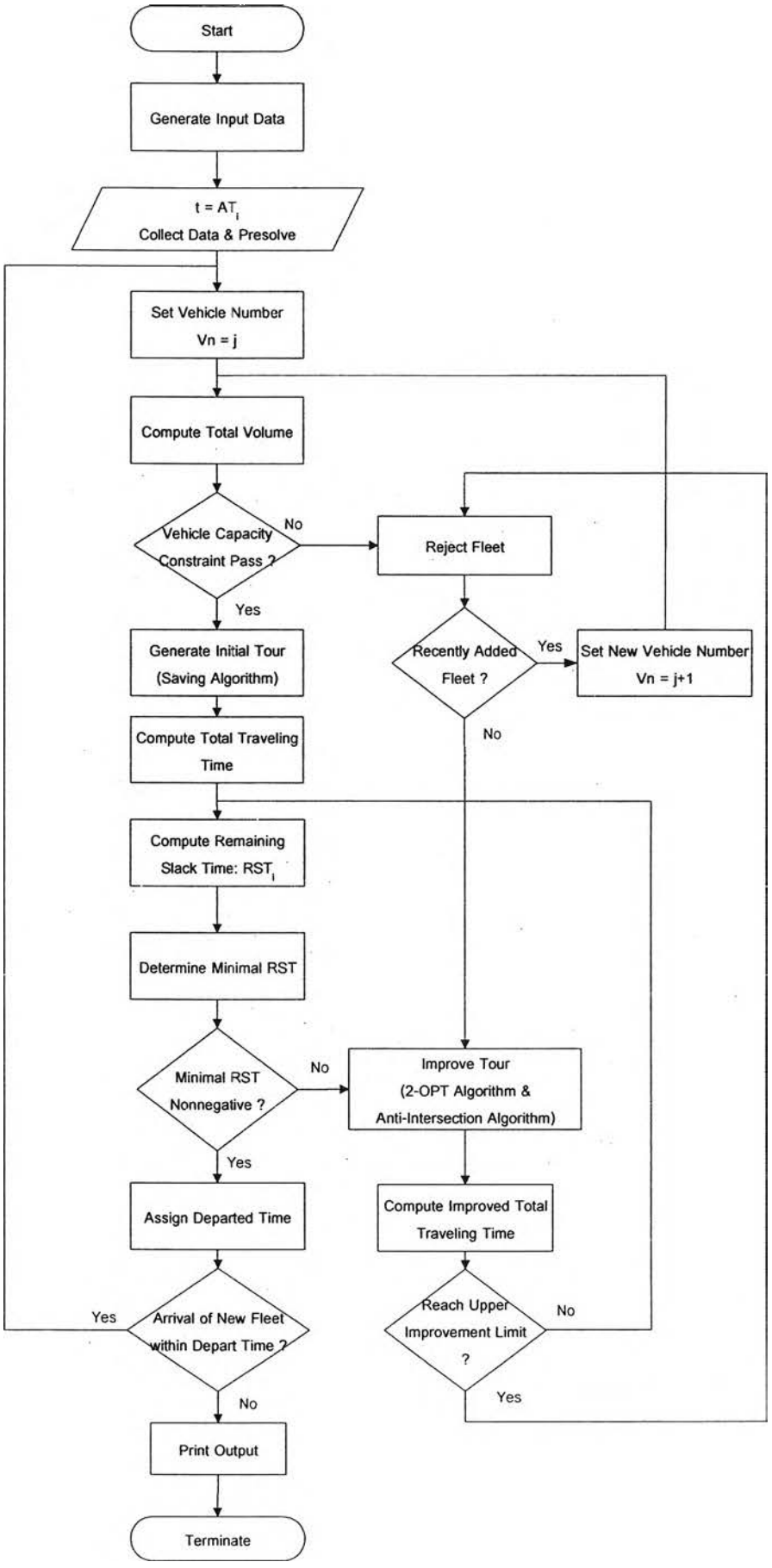
j = Number of Vehicle; j = 1, 2,..., m

Vn = Vehicle Number

AT_i = Arrival Time of Fleet Number i

RST_i = Remaining Slack Time of Fleet Number i

AT_{max} = Maximal Arrival Time



รูปที่ 9 แผนผังการทำงานของวิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์

โดยมีรายละเอียดของการทำงานของฮิวริสติกอธิบายแยกตามส่วนของโปรแกรมดังนี้

3.4.1 กำหนดค่าพารามิเตอร์ของปัญหา

ป้อนค่าพารามิเตอร์ของปัญหา ได้แก่

- ระยะเวลารับประกัน (Guaranteed Time)
- ระยะเวลาจัดเวชภัณฑ์ลงรถขนส่ง (Loading Time)
- ระยะเวลาให้บริการ (Service Time)
- ระยะเวลาน้อยที่สุดที่เวชภัณฑ์ชิ้นแรกออกจากห้องจ่ายยา
- ระยะเวลามากที่สุดที่เวชภัณฑ์ชิ้นแรกออกจากห้องจ่ายยา
- ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของเวลาที่เวชภัณฑ์ออกจากห้องจ่ายยา
- ระยะเวลาเพิ่มที่น้อยที่สุดสำหรับความหนาแน่นของเส้นทาง
- ระยะเวลาเพิ่มที่มากที่สุดสำหรับความหนาแน่นของเส้นทาง
- ช่วงเวลาที่เกิดความหนาแน่นของเส้นทาง
- ปริมาตรของรถขนส่ง
- ปริมาตรเวชภัณฑ์ที่น้อยที่สุด
- ปริมาตรเวชภัณฑ์ที่มากที่สุด
- จำนวนจุดรับทั้งหมด

3.4.2 สร้างข้อมูลนำเข้า

ทำการสร้างเวชภัณฑ์รายชิ้นแยกตามประเภทของเวชภัณฑ์โดยกำหนดเวลาที่ออกจากห้องจ่ายยา ประเภทของเวชภัณฑ์ ปริมาตรเวชภัณฑ์และจุดรับเวชภัณฑ์ ระยะเวลาเพิ่มสำหรับความหนาแน่นของเส้นทางการขนส่ง ซึ่งจำนวนเวชภัณฑ์ที่สร้างขึ้นจะไม่แน่นอน โดยพิจารณาเวชภัณฑ์ที่ออกจากห้องจ่ายยาภายในนาทีที่ 480 และทำการจัดเรียงเวชภัณฑ์ตามเวลาที่ออกจากห้องจ่ายยา

3.4.3 ประมวลผลข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการจัดเส้นทางการขนส่ง

ทำการคำนวณหาระยะทางระหว่างจุดรับสองจุดใดๆ ซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับระยะเวลาเดินทางและสร้างเป็นเมตริกซ์ระยะเวลาเดินทางเพื่อใช้สำหรับการตัดสินใจจัดเส้นทางการขนส่งต่อไป

3.4.4 หาปริมาตรของเวชภัณฑ์รวม

คำนวณหาปริมาตรรวมของเวชภัณฑ์ที่รอการจัดส่งทั้งหมด เพื่อตรวจสอบข้อจำกัดด้านความจุของปริมาตรรถขนส่ง

3.4.5 สร้างเส้นทางการขนส่งขั้นต้น

สร้างเส้นทางการขนส่งขั้นต้นสำหรับเวชภัณฑ์ที่รอคอยการจัดส่งทั้งหมดของรถขนส่งใดๆ โดยจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วพบว่ากรรมวิธีการจัด

เส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมอันหนึ่งซึ่งได้รับการยอมรับและให้คำตอบที่ดีอย่างรวดเร็ว คือ วิธีการ Saving Algorithm ดังนั้นจึงได้ประยุกต์ใช้กรรมวิธีการจัดเส้นทางนี้สำหรับสร้างเส้นทางการขนส่งขั้นต้น โดยรายละเอียดของวิธีการ Saving Algorithm ประกอบด้วย

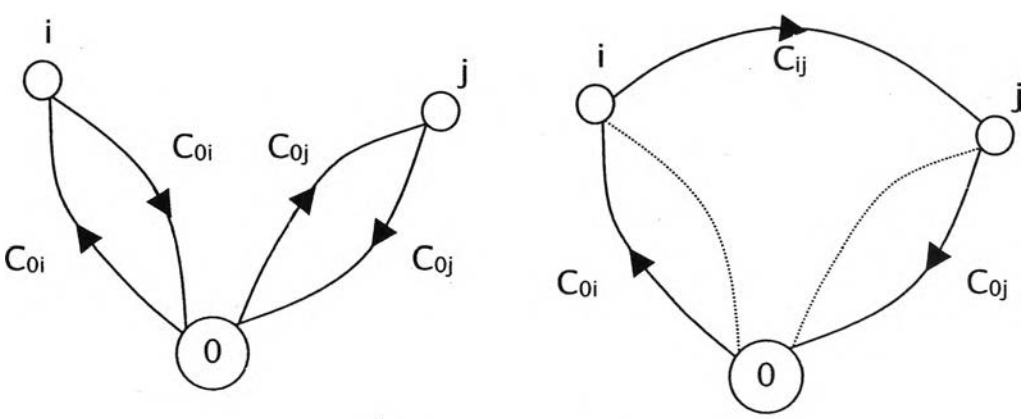
3.4.5.1 *Saving Algorithm*

เป็นวิธีการจัดเส้นทางการขนส่งโดยหาระยะทางที่ประหยัดที่สุดจากการให้รถขนส่งหนึ่งคันขนส่งสินค้าได้หลายจุดรับต่อรอบการขนส่ง ทดแทนการขนส่งเพียงจุดรับเดียวต่อรอบการขนส่ง โดยการเปรียบเทียบระยะทางรวมที่รถขนส่งเดินทางจากคลังสินค้า (ห้องจ่ายยา) ไปยังจุดรับ (หอผู้ป่วย) หลายจุดแล้วกลับมาที่คลังสินค้า กับระยะทางรวมทุกรอบการขนส่งที่รถขนส่งเดินทางไปและกลับของจุดรับเพียงจุดเดียวเท่านั้น และทำการคำนวณหาระยะเวลาเดินทางรวมของเส้นทางการขนส่งขั้นต้น

- เริ่มต้นด้วยการจัดให้รถขนส่ง 1 คันเดินทางไปยังจุดรับทุกจุด
- คำนวณหาค่าระยะทางที่ประหยัดได้ (saving: S_{ij})

  $$S_{ij} = C_{oi} + C_{oj} - C_{ij}$$
- เรียงลำดับค่าระยะทางที่ประหยัดได้จากมากไปหาน้อย
- หาค่าระยะทางที่ประหยัดได้ที่มากที่สุด ซึ่งจุดรับ i และจุดรับ j เป็นจุดรับที่ไม่อยู่บนเส้นทางเดียวกัน
- สร้างเส้นเชื่อมระหว่างจุดรับ i และจุดรับ j เพื่อสร้างเส้นทางใหม่

กรรมวิธี Saving Algorithm แสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 Saving Algorithm

3.4.6 คำนวณเวลารอก่อนส่ง

คำนวณหาเวลารอก่อนส่งสำหรับเวชภัณฑ์ทุกชิ้นตามลำดับของการขนส่งจากนั้นหาค่าเวลารอก่อนส่งที่น้อยที่สุดเพื่อกำหนดเวลาออกรถ โดยเวลารอก่อนส่งหาได้ดังนี้

$$RST_i = AT_{\max} + GT - AT_i - \sum_{j=1}^{n} LT - \sum_{j=1}^{i} TT_{(j-1,j)} - \sum_{j=1}^{i-1} ST - ATTC$$

เมื่อ RST = Remaining Slack Time

GT = Guaranteed Time

TT = Traveling Time

LT = Loaded Time

ST = Service Time

ATTC = Additive Time for Traffic Congestion

AT_{max} = Maximum Arrival Time

AT = Arrival Time

i = Traveling Sequence; i = 0,1,…,n when 0 = Depot

โดยหากค่าเวลารอก่อนส่งที่มากที่สุดมีค่ามากกว่าศูนย์แสดงว่ารถขนส่งสามารถรอเวชภัณฑ์ชิ้นถัดไปเพื่อจัดเส้นทางไปพร้อมกันได้ แต่หากมีค่าเท่ากับศูนย์แสดงว่าต้องออกรถขนส่งทันทีเพื่อส่งเวชภัณฑ์ให้ทันเวลารับประกัน และหากมีค่าน้อยกว่าศูนย์แสดงว่ามีโอกาสที่ปริมาณเวชภัณฑ์ที่จัดขึ้นรถมากเกินไปทำให้ไม่สามารถส่งของได้ทัน (Infeasible) หรือเส้นทางการขนส่งขั้นต้นยังมีค่าระยะเวลาเดินทางไม่ดีพอ

3.4.7 กำหนดเวลาออกรถ

กำหนดเวลาออกรถขนส่งโดยพิจารณาจากเวลารอก่อนส่งน้อยที่สุดและเวลาที่เวชภัณฑ์เข้าสู่ส่วนการขนส่งที่มากที่สุดในขณะนั้น จากนั้นตรวจสอบกับเวลาที่เวชภัณฑ์ชิ้นถัดไปเข้ามาในระบบ เพื่อตัดสินใจจัดเส้นทางการขนส่งซ้ำหากมีเวชภัณฑ์ชิ้นใหม่เข้ามาก่อนกำหนดเวลาออกรถ หรือเตรียมการออกรถขนส่งหากไม่มีเวชภัณฑ์ใหม่เข้ามาสู่ส่วนการขนส่งภายในกำหนดเวลาออกรถขนส่ง ดังนี้

$$Departed\ Time = AT_{\max} + Min\ RST$$

3.4.8 ปรับปรุงเส้นทาง

สำหรับเส้นทางการขนส่งที่มีค่าเวลารอก่อนส่งน้อยที่สุดน้อยกว่าหรือเท่ากับศูนย์ หรือ เส้นทางการขนส่งขั้นต้นที่ไม่มีเวชภัณฑ์ชิ้นถัดไปออกมาทันกำหนดเวลาออกรถขนส่งจะทำการปรับปรุงเส้นทางเพื่อให้ได้ค่าคำตอบ (เส้นทาง) ที่ดียิ่งขึ้น โดยจากการศึกษา

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วพบว่ากรรมวิธีการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมอันหนึ่งซึ่งได้รับการยอมรับและให้คำตอบที่ดีอย่างรวดเร็ว คือ วิธีการ 2-OPT Algorithm และวิธีการ Anti-Intersection Algorithm ดังนั้นจึงได้ประยุกต์ใช้กรรมวิธีการจัดเส้นทางนี้เพื่อปรับปรุงเส้นทางการขนส่งขั้นต้น

3.4.8.1 *2-OPT Algorithm*

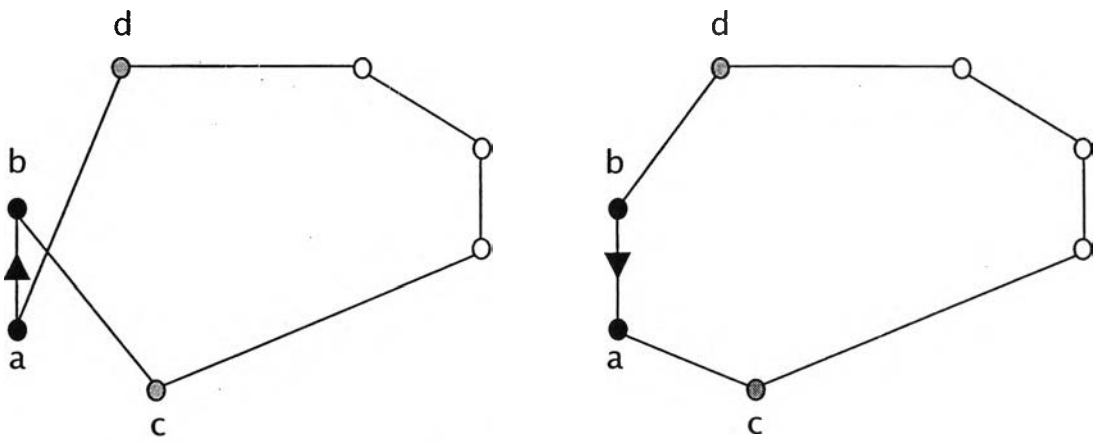
2-OPT Algorithm เป็นวิธีการปรับปรุงเส้นทางโดยพิจารณาค่าของระยะทางที่ลดลงจากการแลกเปลี่ยนเส้นเชื่อมระหว่างคู่ของจุดรับ โดยเปรียบเทียบระยะรวมที่ใช้ในการเชื่อมจุดรับของเส้นทางเบื้องต้น กับระยะทางรวมที่ได้จากการแลกเปลี่ยนเส้นเชื่อมระหว่างคู่ของจุดรับที่พิจารณา

- เริ่มต้นด้วยเส้นทางเบื้องต้น เลือกคู่ของจุดรับที่จะทำการแลกเปลี่ยนเส้นเชื่อม
- กลับทิศทางของเส้นทางย่อยของคู่จุดรับที่เลือก
- หาค่าระยะทางที่เปลี่ยนแปลงจากการแลกเปลี่ยนเส้นเชื่อม (Gain)

  $$Gain = D_{ad} - D_{bc} - D_{ac} - D_{bd}$$

- ค้นหาคู่ของจุดรับต่อไปเพื่อทำการแลกเปลี่ยนเส้นเชื่อมจนกว่าคำตอบที่ได้ไม่มีการปรับปรุงค่าอีกต่อไป

กรรมวิธีการ 2-OPT Algorithm แสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 2 – OPT Algorithm

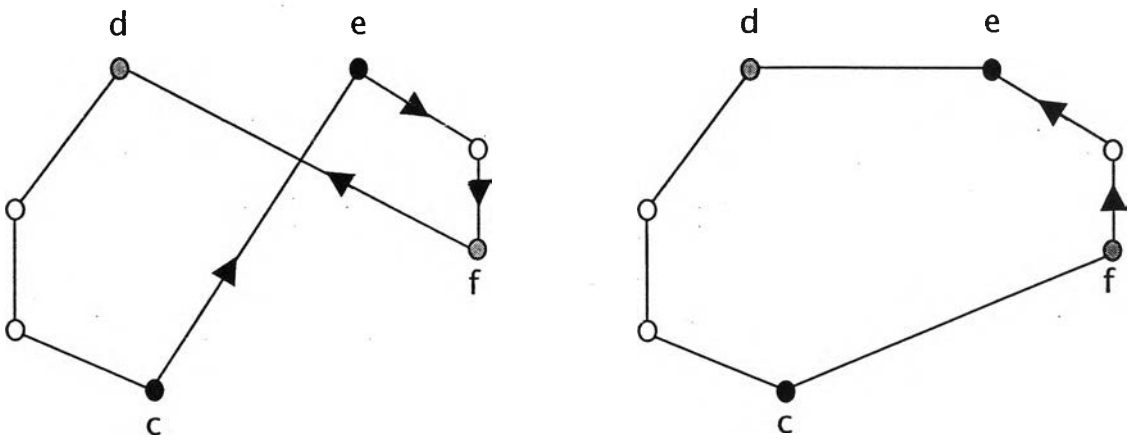
3.4.8.2 Anti-Intersection Algorithm

Anti-Intersection Algorithm เป็นวิธีการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งขั้นต้นที่มีเส้นเชื่อมระหว่างคู่ของจุดรับใดๆ ตัดกับเส้นเชื่อมระหว่างคู่ของจุดรับอื่น

ในเส้นทางการขนส่ง โดยการพิจารณาค่าของระยะทางที่ลดลงได้จากการแลกเปลี่ยนเส้นเชื่อมระหว่างคู่ของจุดรับที่ตัดกัน

- เริ่มต้นด้วยเส้นทางที่ได้รับการปรับปรุงด้วยวิธี 2-OPT Algorithm เลือกคู่ของจุดรับเพื่อหาเส้นเชื่อมหลักสำหรับการพิจารณา
- พิจารณาตำแหน่งของคู่ของจุดเชื่อมที่เลือกทั้งในแกน X และแกน Y เปรียบเทียบกับคู่ของจุดรับที่เหลือเพื่อหาคู่ของเส้นเชื่อมอื่นที่มีโอกาสตัดกับเส้นเชื่อมหลัก
- แลกเปลี่ยนเส้นเชื่อมระหว่างคู่ของจุดรับที่คาดว่าจะตัดกัน
- กลับทิศทางของเส้นทางย่อยระหว่างคู่ของจุดรับ
- หาค่าระยะทางรวมของเส้นทางการขนส่งที่เปลี่ยนแปลงจากการแลกเปลี่ยนเส้นเชื่อม
- ค้นหาคู่ของจุดรับต่อไปเพื่อทำการแลกเปลี่ยนเส้นเชื่อมจนกว่าคำตอบที่ได้ไม่มีการปรับปรุงค่าอีกต่อไป

กรรมวิธี Anti-Intersection Algorithm แสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 Anti-Intersection Algorithm

ทั้งนี้จำนวนครั้งของการคำนวณเพื่อการปรับปรุงเส้นทางสำหรับวิธี Anti-Intersection Algorithm เท่ากับ $\frac{n^2-n}{2}$ ครั้ง เมื่อ n คือ จำนวนจุดรับและจำนวนคลังสินค้า

3.4.9 ***ลดจำนวนเวชภัณฑ์***

เมื่อการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งไม่สามารถแก้ไขค่าช่วงเวลารอก่อนส่งที่น้อยที่สุดจากค่าลบให้เป็นค่าบวกได้ จะทำการลดจำนวนเวชภัณฑ์ที่พิจารณาจัดเส้นทางการขนส่งลง โดยเวชภัณฑ์ที่มีค่าเวลาที่เข้าสู่ส่วนการขนส่งมากที่สุดจะถูกดึงออก เพื่อรอการ

จัดเส้นทางสำหรับรอบการขนส่งถัดไป และออกรถขนส่งสำหรับเวชภัณฑ์ที่มีตามเส้นทางการขนส่งที่ได้วางแผนไว้ก่อนหน้านี้

3.4.10 สรุปผลการจัดเส้นทางการขนส่ง

ทำการพิมพ์ผลการจัดเส้นทางโดยแสดงลำดับการเดินทางไปยังจุดรับเวชภัณฑ์ กำหนดเวลาออกรถขนส่ง และระยะเวลาเดินทางรวมของเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์

3.5 บทสรุป

การวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์ในระบบการกระจายเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลทำให้ทราบถึง ข้อพิจารณาเฉพาะสำหรับการออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหาด้านความไม่แน่นอนของปริมาณเวชภัณฑ์ที่จะนำส่ง ความไม่คงที่ของระบบ และข้อจำกัดด้านกรอบระยะเวลาตอบสนองของเวชภัณฑ์ ซึ่งทำให้สามารถนำกรรมวิธีที่เหมาะสมต่อการแก้ไขปัญหามาประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ฮิวริสติกที่นำเสนอมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างพลวัตโดยอาศัยข้อมูลตัดสินใจในเวลาจริง และประยุกต์กรรมวิธี Saving Algorithm เพื่อจัดเส้นทางการขนส่งขั้นต้น จากนั้นทำการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งด้วยกรรมวิธี 2–OPT Algorithm และ Anti-Intersection Algorithm เพื่อหาเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมและกำหนดเวลาการออกรถขนส่ง