

## บทที่ 4

### ผลงานวิจัย และการวิเคราะห์ผลงานวิจัย

การประเมินผลการจัดเส้นทางขนส่งที่ได้จากการหาคำตอบด้วยฮิวริสติกสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งเวชภัณฑ์ในระบบการกระจายเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลที่นำเสนอ จะแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสม และประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันของกรรมวิธีการแก้ปัญหาที่นำมาประยุกต์ใช้ นอกจากนี้การวิเคราะห์ผลงานวิจัยยังจะทำให้ทราบถึงข้อบกพร่องของฮิวริสติกเพื่อการปรับปรุง ซึ่งแนวทางการวิเคราะห์และประเมินผลงานวิจัยมีดังนี้

#### 4.1 วิธีการทดสอบฮิวริสติก

เนื่องจากฮิวริสติกที่นำเสนอมีการแก้ไขปัญหาย่างพลวัตตามปริมาณเวชภัณฑ์ที่ไม่แน่นอน และระบบที่ไม่คงที่ ดังนั้นการทดสอบประสิทธิภาพการหาคำตอบของฮิวริสติกจึงควรเปรียบเทียบกับค่าที่ดีที่สุดสากล (Global Optimum) ภายใต้สภาวะเดียวกัน แต่เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมา ยังไม่มีการพิจารณาแก้ไขปัญหาระบบงานที่มีความผสมผสานระหว่างรูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเพื่อให้ได้ระยะเวลาเดินทางน้อยที่สุด เมื่อระบบไม่คงตัวและความต้องการไม่แน่นอน บนเงื่อนไขด้านกรอบระยะเวลาตอบสนองของเวชภัณฑ์คล้ายคลึงกับระบบการกระจายเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลที่ทำการศึกษานั้น ดังนั้นการทดสอบประสิทธิภาพของฮิวริสติกจึงทำการเปรียบเทียบผลระยะเวลาเดินทางของเส้นทางขนส่งที่ได้จากฮิวริสติก กับระยะเวลาเดินทางของเส้นทางขนส่งซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุดสากลเมื่อคำนึงถึงข้อจำกัดด้านกรอบระยะเวลาตอบสนองของเวชภัณฑ์ที่ได้จากการคำนวณแบบแจกแจงสมบูรณ์ (Complete Enumeration) ต่อรอบการขนส่ง ทั้งนี้จะทำการทดสอบกับปัญหาทดสอบที่สร้างขึ้นโดยพิจารณาจำนวนจุดรับขั้นต่ำ 10 จุด และทำการทดสอบกับค่าที่ดีที่สุดสากลด้วยจำนวนซ้ำของปัญหา (Replicate) ตามความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการคำนวณค่าที่ดีที่สุดสากลที่ได้จากการแจกแจงสมบูรณ์ จากนั้นพิจารณาปัญหาที่มีจุดรับเพิ่มขึ้นทีละจุดจนกว่าการคำนวณหาค่าที่ดีที่สุดสากลจะใช้ระยะเวลานานเกินไปหรือหน่วยความจำไม่เพียงพอสำหรับการประมวลผล (การกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับการทดสอบฮิวริสติกแสดงในภาคผนวก ข)

## 4.2 ผลการทดสอบฮิวริสติก

### 4.2.1 ปัญหาทดสอบที่มีจำนวน 10 จุดรับ

การทดสอบเบื้องต้นพบว่าการคำนวณหาเส้นทางการขนส่งที่ดีที่สุดสากลสำหรับปัญหาทดสอบที่มีจำนวน 10 จุดรับ ใช้ระยะเวลาในการคำนวณ 5 นาทีโดยประมาณ ดังนั้นจึงเลือกทำการทดสอบที่จำนวนซ้ำของปัญหา 15 ปัญหา ซึ่งผลการสร้างข้อมูลนำเข้าและผลการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับจากปัญหาทดสอบที่ 10.1 มีดังต่อไปนี้

#### 4.2.1.1 ข้อมูลนำเข้า

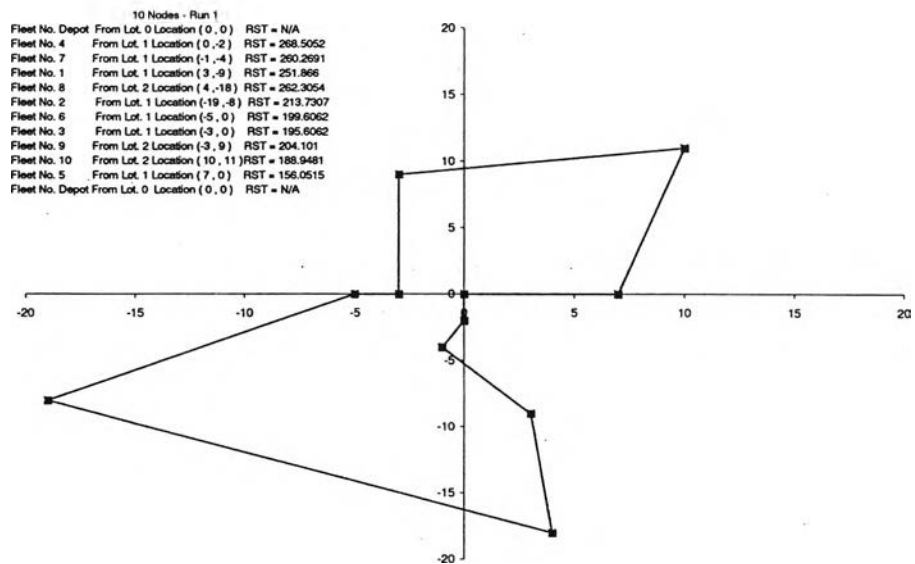
ตารางที่ 1 ข้อมูลนำเข้าสำหรับปัญหาทดสอบที่ 10.1

เวชภัณฑ์ชั้นที่	เวลาเข้าที่ระบบ	ประเภทของเวชภัณฑ์	ปริมาณ	จุดรับ
1	34.5	ยาธรรมดา	6.20	(3, -9)
2	34.5	ยาธรรมดา	5.93	(-19, -8)
3	34.5	ยาธรรมดา	6.45	(-3, 0)
4	34.5	ยาธรรมดา	9.77	(0, -2)
5	34.5	ยาธรรมดา	7.93	(7, 0)
6	34.5	ยาธรรมดา	5.69	(-5, 0)
7	34.5	ยาธรรมดา	6.05	(-1, -4)
8	54.0	อุปกรณ์การแพทย์	41.59	(4, -18)
9	54.0	อุปกรณ์การแพทย์	35.79	(-3, 9)
10	54.0	อุปกรณ์การแพทย์	36.04	(10, 11)

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าผลการจำลองระบบ ณ เวลาที่นาที่ที่ 34.5 มีเวชภัณฑ์ออกจากห้องจ่ายยาเข้าสู่ส่วนการขนส่งเวชภัณฑ์รวม 7 ชั้น โดยเวชภัณฑ์ชั้นที่ 1 เป็นเวชภัณฑ์ประเภทยาธรรมดา ซึ่งเข้าสู่ส่วนการขนส่งที่นาที่ที่ 34.5 มีปริมาณ 6.20 ลูกบาศก์เซนติเมตร และต้องขนส่งไปยังจุดรับที่ตำแหน่ง (3,-9) และเมื่อนาที่ที่ 54.0 มีเวชภัณฑ์เข้ามาเพิ่มอีก 3 ชั้นโดยชั้นที่ 8 เป็นเวชภัณฑ์ประเภทอุปกรณ์การแพทย์มีปริมาณ 41.59 ลูกบาศก์เซนติเมตร และต้องขนส่งไปยังจุดรับที่ตำแหน่ง (4,-18) สำหรับรายละเอียดของเวชภัณฑ์ชั้นอื่นๆ แสดงในตารางที่ 1

#### 4.2.1.2 ผลการจัดเส้นทางการขนส่ง

การจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับข้อมูลนำเข้าที่สร้างขึ้นสำหรับปัญหาทดสอบที่ 10.1 ได้ผลดังรูปที่ 13 (ตัวอย่างผลการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับปัญหาทดสอบที่ 10.1 ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของฮิวริสติกแสดงในภาคผนวก ค)



รูปที่ 13 ผลการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับปัญหาทดสอบที่ 10.1

จากรูปที่ 13 จะเห็นว่าเส้นทางการขนส่งสำหรับเวชภัณฑ์ทั้ง 10 ชิ้นที่ออกจากห้องจ่ายยา (ห้องจ่ายยาแสดงในตำแหน่งจุดกำเนิด) มีทิศทางการเดินตามเข็มนาฬิกา ตามลำดับการส่งเวชภัณฑ์ ดังนี้ 0-4-7-1-8-2-6-3-9-10-5-0 โดยใช้ระยะเวลาเดินทางทั้งหมด 103.45 นาที โดยออกรถขนส่งที่นาฬิกาที่ 210.05 และรถขนส่งกลับเข้ามาถึงห้องจ่ายยาที่นาฬิกาที่ 313.50 สำหรับข้อมูลนำเข้าและผลการทดสอบฮิวริสติกสำหรับปัญหาที่ 10.2 ถึงปัญหาที่ 10.15 แสดงในภาคผนวก ง

#### 4.2.1.3 การเปรียบเทียบผลคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอ

การเปรียบเทียบผลคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอจะทำการเปรียบเทียบทั้งค่าระยะเวลาเดินทางรวมของเส้นทางการขนส่ง และระยะเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของวิธีการแบบฮิวริสติกและวิธีการแจกแจงแบบสุ่ม

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอและคำตอบที่ดีที่สุด

Problem No.	Heuristic	Optimal	Difference	
			Total	%
1	103.4537	103.4537	0	0
2	77.43822	77.43822	0	0
3	92.39848	92.39848	0	0
4	80.80462	80.21407	0.589	0.73
5	84.06033	84.06033	0	0
6	74.68761	74.68761	0	0
7	56.23926	56.23926	0	0
8	64.77792	63.94593	0.831	1.30
9	63.09435	62.47803	0.616	0.98
10	62.05341	62.05341	0	0
11	63.22908	63.22908	0	0
12	64.87826	64.87826	0	0
13	84.54908	84.54908	0	0
14	66.01826	66.01826	0	0
15	75.66425	75.66425	0	0
Average	-	-	0.135	0.20

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าระยะเวลาเดินทางของเส้นทางการขนส่งที่ได้จากฮิวริสติกที่นำเสนอและระยะเวลาเดินทางของเส้นทางการขนส่งที่ดีที่สุดสากลที่ได้จากการแจกน้ำหนักสมบรูณ์สำหรับการทดสอบ 15 ครั้งมีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 0.135 หน่วย คิดเป็น 0.20 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ความแตกต่างที่มากที่สุดของฮิวริสติกจากค่าที่ดีที่สุดสากลเท่ากับ 0.831 หน่วย คิดเป็น 1.30 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาความแตกต่างด้านระยะเวลาในการหาคำตอบของวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอและวิธีการแจกน้ำหนักสมบรูณ์ ซึ่งการทดสอบกระทำบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Intel® Pentium® IV Processor 1.7 GHz และ หน่วยความจำ 256/266 Mb DDR Ram ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบเวลาในการคำนวณของฮิวริสติกที่นำเสนอและคำตอบที่ดีที่สุดสากล

Problem No.	Computational Time (second)	
	Heuristic	Optimal
1	3.31250	279.5313
2	0.03125	303.5625
3	0.01562	300.6094
4	0.03125	244.4688
5	0.03125	251.4844
6	0.03125	246.8430
7	0.03125	256.5459
8	0.04687	247.9219
9	0.03100	243.2810
10	0.03100	244.6870
11	0.03100	245.9692
12	0.07812	254.1563
13	0.03027	250.7969
14	0.03222	252.6396
15	0.03125	249.7959
Average	0.25432	258.1529

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอ คือ 0.254 วินาที และค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดสากลโดยวิธีการแจกแจงสมบูรณเท่ากับ 258.15 วินาที (4.3 นาที) และจากความแตกต่างกันของทั้งผลคำตอบและระยะเวลาในการหาคำตอบสำหรับปัญหาทดสอบที่มี 10 จุดรับจะเห็นว่าฮิวริสติกที่นำเสนอสามารถหาคำตอบได้ค่อนข้างดี

#### 4.2.2 ปัญหาทดสอบที่มีจำนวน 11 จุดรับ

การทดสอบเบื้องต้นพบว่าการคำนวณหาเส้นทางการขนส่งที่ดีที่สุดสากลสำหรับปัญหาทดสอบที่มีจำนวน 11 จุดรับ ใช้ระยะเวลาในการคำนวณ 60 นาทีโดยประมาณ ดังนั้นจึงเลือกทำการทดสอบที่จำนวนซ้ำของปัญหา 10 ปัญหา ซึ่งผลการสร้างข้อมูลนำเข้าและผลการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับจากปัญหาทดสอบที่ 11.1 มีดังต่อไปนี้

#### 4.2.2.1 ข้อมูลนำเข้า

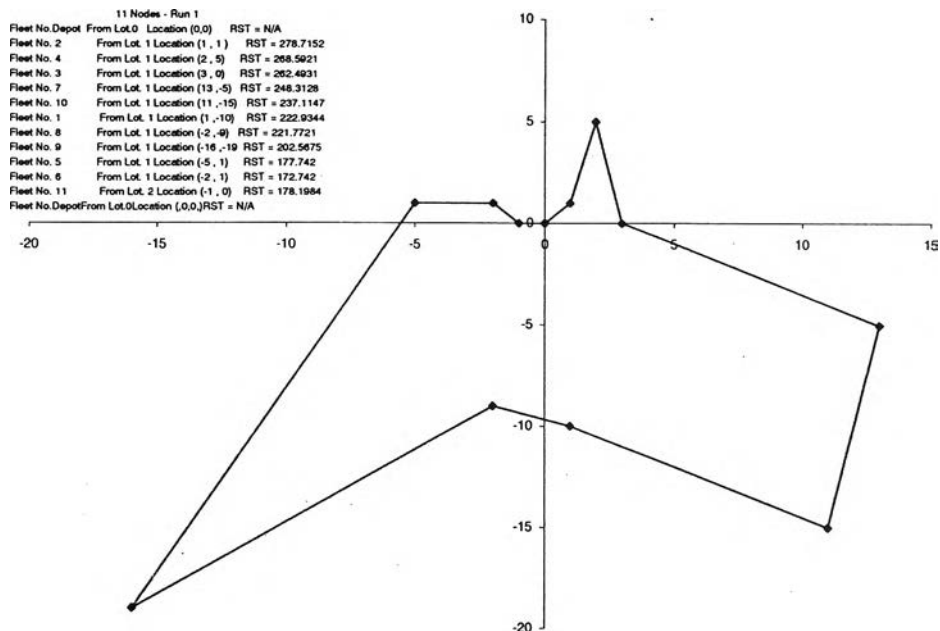
ตารางที่ 4 ข้อมูลนำเข้าสำหรับปัญหาทดสอบที่ 11.1

เวชภัณฑ์ชิ้นที่	เวลาที่ระบบ	ประเภทของ เวชภัณฑ์	ปริมาณ	จุดรับ
1	45.1	ยาธรรมดา	6.48	(1,-10)
2	45.1	ยาธรรมดา	6.45	(1,1)
3	45.1	ยาธรรมดา	8.9	(3,0)
4	45.1	ยาธรรมดา	6.01	(2,5)
5	45.1	ยาธรรมดา	6.6	(-5,1)
6	45.1	ยาธรรมดา	8.17	(-2,1)
7	45.1	ยาธรรมดา	6.26	(-13,5)
8	45.1	ยาธรรมดา	5.16	(-2,-9)
9	45.1	ยาธรรมดา	9.28	(-16,-19)
10	45.1	ยาธรรมดา	8.5	(11,-15)
11	54.0	อุปกรณ์การแพทย์	41.59	(-1,0)

จากตารางที่ 4 จะเห็นว่าผลการจำลองระบบ ณ เวลาที่นาฬิกาที่ 45.1 มีเวชภัณฑ์ออกจากห้องจ่ายยาเข้าสู่ส่วนการขนส่งเวชภัณฑ์รวม 10 ชิ้น โดยเวชภัณฑ์ชิ้นที่ 1 เป็นเวชภัณฑ์ประเภทยาธรรมดา ซึ่งเข้าสู่ส่วนการขนส่งที่นาฬิกาที่ 45.1 มีปริมาณ 6.48 ลูกบาศก์เซนติเมตร และต้องขนส่งไปยังจุดรับที่ตำแหน่ง (1,-10) และเมื่อนาฬิกาที่ 54.0 มีเวชภัณฑ์เข้ามาเพิ่มอีก 1 ชิ้นโดยเป็นเวชภัณฑ์ประเภทอุปกรณ์การแพทย์มีปริมาณ 41.59 ลูกบาศก์เซนติเมตร และต้องขนส่งไปยังจุดรับที่ตำแหน่ง (-1,0) สำหรับรายละเอียดของเวชภัณฑ์ชิ้นอื่นๆ แสดงในตารางที่ 4

#### 4.2.2.2 ผลการจัดเส้นทางของการขนส่ง

การจัดเส้นทางของการขนส่งสำหรับข้อมูลนำเข้าที่สร้างขึ้นสำหรับปัญหาทดสอบที่ 11.1 ได้ผลดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 ผลการจัดเส้นทางรถขนส่งสำหรับปัญหาทดสอบที่ 11.1

จากรูปที่ 14 จะเห็นว่าเส้นทางรถขนส่งสำหรับรถคันที่ 11 ขึ้นที่ออกจากห้องจ่ายยา (ห้องจ่ายยาแสดงในตำแหน่งจุดกำเนิด) มีทิศทางรถเดินทางตามเข็มนาฬิกาตามลำดับการส่งรถคันที่ดังนี้ 0-2-4-3-7-10-1-8-9-5-6-11-0 โดยใช้ระยะเวลาเดินทางทั้งหมด 91.80 นาที โดยออกรถขนส่งที่นาฬิกาที่ 226.74 และรถขนส่งกลับเข้ามาถึงห้องจ่ายยาที่นาฬิกาที่ 318.54 สำหรับข้อมูลนำเข้าและผลการทดสอบฮิวริสติกสำหรับปัญหาที่ 11.2 ถึงปัญหาที่ 11.10 แสดงในภาคผนวก

#### 4.2.2.3 การเปรียบเทียบผลคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอ

การเปรียบเทียบผลคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอจะทำการเปรียบเทียบทั้งค่าระยะเวลาเดินทางรวมของเส้นทางรถขนส่ง และระยะเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของวิธีการแบบฮิวริสติกและวิธีการแจกแจงนับสมบูรณ์

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบผลคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอและคำตอบที่ดีที่สุด

Problem No.	Heuristic	Optimal	Difference	
			Total	%
1	91.80162	91.80162	0	0
2	77.29481	77.29481	0	0
3	74.25349	74.25349	0	0
4	97.19324	95.97989	1.213	1.26
5	92.13588	92.13588	0	0

Problem No.	Heuristic	Optimal	Difference	
			Total	%
6	93.09529	93.09529	0	0
7	83.53095	83.53095	0	0
8	100.4856	100.4856	0	0
9	74.24861	74.24861	0	0
10	92.88847	92.88847	0	0
Average	-	-	0.121	0.12

จากตารางที่ 5 จะเห็นว่าระยะเวลาเดินทางของเส้นทางการขนส่งที่ได้จากฮิวริสติกที่นำเสนอและระยะเวลาเดินทางของเส้นทางการขนส่งที่ดีที่สุดสากลที่ได้จากการแจกแจงสมบรูณ์สำหรับการทดสอบ 10 ครั้งมีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 0.121 หน่วย คิดเป็น 0.12 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ความแตกต่างของฮิวริสติกจากค่าที่ดีที่สุดสากลที่มากที่สุดเท่ากับ 1.213 หน่วย คิดเป็น 1.26 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาความแตกต่างด้านระยะเวลาในการหาคำตอบของวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอและวิธีการแจกแจงสมบรูณ์ ซึ่งการทดสอบกระทำบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Intel® Pentium® IV Processor 1.7 GHz และ หน่วยความจำ 256/266 Mb DDR Ram ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบเวลาในการคำนวณของฮิวริสติกที่นำเสนอและคำตอบที่ดีที่สุดสากล

Problem No.	Computational Time (second)	
	Heuristic	Optimal
1	3.6523	3961.40
2	0.2500	3919.07
3	0.4531	3944.75
4	1.0117	3907.93
5	0.0781	3857.99
6	0.1132	3620.68
7	0.6289	3931.31
8	0.1718	3905.30
9	0.0625	3726.22
10	0.2226	3905.30
Average	0.6644	3867.99



จากตารางที่ 6 จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของอีวิริสติกที่นำเสนอ คือ 0.664 วินาที และค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดสากลโดยวิธีการแจกแจงสมบูรณ์เท่ากับ 3867.99 วินาที (64.46 นาที) และจากความแตกต่างกันของทั้งผลคำตอบและระยะเวลาในการหาคำตอบสำหรับปัญหาทดสอบที่มี 11 จุดรับจะเห็นว่าอีวิริสติกที่นำเสนอสามารถหาคำตอบได้ค่อนข้างดี

#### 4.2.3 ปัญหาทดสอบที่มีจำนวน 12 จุดรับ

การทดสอบเบื้องต้นพบว่าการคำนวณหาเส้นทางการขนส่งที่ดีที่สุดสากลสำหรับปัญหาทดสอบที่มีจำนวน 12 จุดรับ ใช้ระยะเวลาในการคำนวณ 2 ชั่วโมง 30 นาทีโดยประมาณ ดังนั้นจึงเลือกทำการทดสอบที่จำนวนซ้ำของปัญหา 3 ปัญหา ซึ่งผลการสร้างข้อมูลนำเข้าและผลการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับจากปัญหาทดสอบที่ 12.1 มีดังต่อไปนี้

##### 4.2.3.1 ข้อมูลนำเข้า

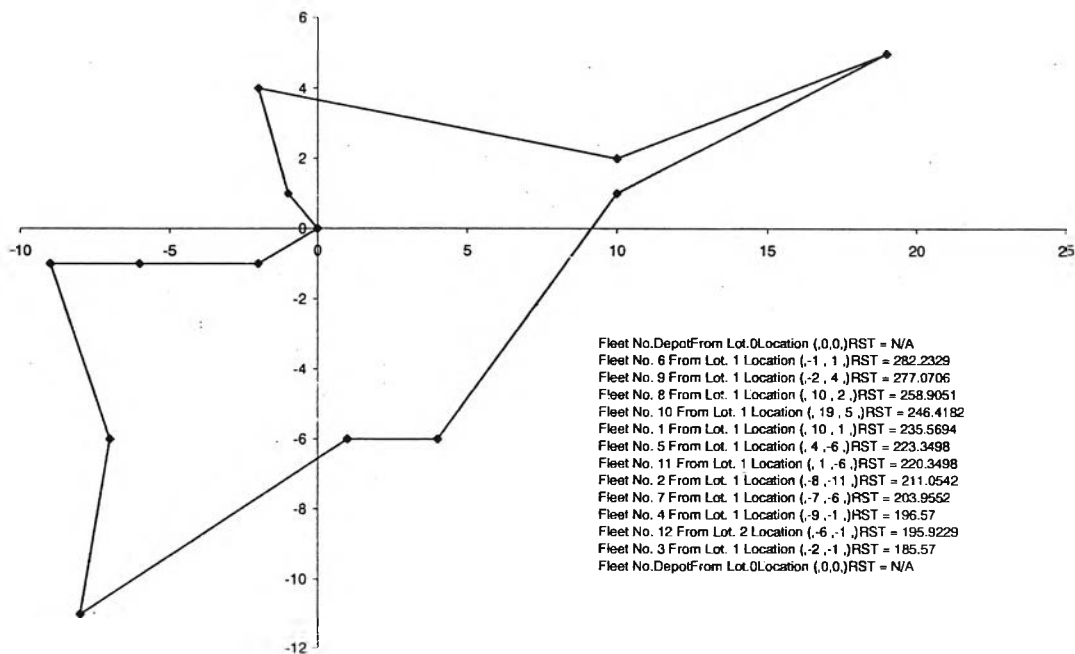
ตารางที่ 7 ข้อมูลนำเข้าสำหรับปัญหาทดสอบที่ 12.1

เวรภัณฑ์ชนิดที่	เคลงเก็บที่ระบบ	ประเภทของเวรภัณฑ์	ปริมาตร	จุดรับ
1	41.6	ยาธรรมดา	7.19	(10,1)
2	41.6	ยาธรรมดา	5.87	(-8,-11)
3	41.6	ยาธรรมดา	5.96	(-2,-1)
4	41.6	ยาธรรมดา	8.91	(-9,-1)
5	41.6	ยาธรรมดา	5.72	(4,-6)
6	41.6	ยาธรรมดา	7.38	(-1,-1)
7	41.6	ยาธรรมดา	8.94	(-7,-6)
8	41.6	ยาธรรมดา	6.16	(10,2)
9	41.6	ยาธรรมดา	9.07	(-2,4)
10	41.6	ยาธรรมดา	5.70	(19,5)
11	41.6	ยาธรรมดา	7.55	(-9,-1)
12	46.0	อุปกรณ์การแพทย์	44.09	(-6,-1)

จากตารางที่ 7 จะเห็นว่าผลการจำลองระบบ ณ เวลาที่นาที่ที่ 41.6 มี  
 เวชภัณฑ์ออกจากห้องจ่ายยาเข้าสู่ส่วนการขนส่งเวชภัณฑ์รวม 11 ชั้น โดย  
 เวชภัณฑ์ชั้นที่ 1 เป็นเวชภัณฑ์ประเภทยาธรรมดา ซึ่งเข้าสู่ส่วนการขนส่งที่นาที่ที่  
 41.6 มีปริมาตร 7.19 ลูกบาศก์เซนติเมตร และต้องขนส่งไปยังจุดรับที่ตำแหน่ง  
 (10,1) และเมื่อนาทีที่ 46.0 มีเวชภัณฑ์เข้ามาเพิ่มอีก 1 ชั้นโดยเป็นเวชภัณฑ์  
 ประเภทอุปกรณ์การแพทย์มีปริมาตร 44.09 ลูกบาศก์เซนติเมตร และต้องขนส่ง  
 ไปยังจุดรับที่ตำแหน่ง (-6,-1) สำหรับรายละเอียดของเวชภัณฑ์ชั้นอื่นๆ แสดงใน  
 ตารางที่ 7

4.2.3.2 ผลการจัดเส้นทางการขนส่ง

การจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับข้อมูลนำเข้าที่สร้างขึ้นสำหรับปัญหา  
 ทดสอบที่ 12.1 ได้ผลดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 ผลการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับปัญหาทดสอบที่ 12.1

จากรูปที่ 15 จะเห็นว่าเส้นทางการขนส่งสำหรับเวชภัณฑ์ทั้ง 12 ชั้นที่ออก  
 จากห้องจ่ายยา (ห้องจ่ายยาแสดงในตำแหน่งจุดกำเนิด) มีทิศทางเดินตาม  
 เข็มนาฬิกา ตามลำดับการส่งเวชภัณฑ์ ดังนี้ 0-6-9-8-10-1-5-11-2-7-4-12-3-0  
 โดยใช้ระยะเวลาเดินทางทั้งหมด 78.31 นาที โดยออกรถขนส่งที่นาที่ที่ 231.57  
 และรถขนส่งกลับเข้ามาถึงห้องจ่ายยาที่นาที่ที่ 309.88 สำหรับข้อมูลนำเข้าและ

ผลการทดสอบฮิวริสติกสำหรับปัญหาที่ 12.2 และปัญหาที่ 12.3 แสดงในภาคผนวก

#### 4.2.3.3 การเปรียบเทียบผลคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอ

การเปรียบเทียบผลคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอจะทำการเปรียบเทียบทั้งค่าระยะเวลาเดินทางรวมของเส้นทางการขนส่ง และระยะเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของวิธีการแบบฮิวริสติกและวิธีการแจกจ่ายสมบูรณ์

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบผลคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอและคำตอบที่ดีที่สุด

Problem No.	Heuristic	Optimal	Difference	
			Total	%
1	78.31313	78.31313	0	0
2	86.22912	86.67001	0.448	0.51
3	69.72238	69.72238	0	0
Average	-	-	0.149	0.17

จากตารางที่ 8 จะเห็นว่าระยะเวลาเดินทางของเส้นทางการขนส่งที่ได้จากฮิวริสติกที่นำเสนอและระยะเวลาเดินทางของเส้นทางการขนส่งที่ดีที่สุดสากลที่ได้จากการแจกจ่ายสมบูรณ์สำหรับการทดสอบ 3 ครั้งมีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ยหน่วย 0.149 คิดเป็น 0.17 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ความแตกต่างของฮิวริสติกจากค่าที่ดีที่สุดสากลที่มากที่สุดเท่ากับ 0.448 หน่วย คิดเป็น 0.51 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาความแตกต่างด้านระยะเวลาในการหาคำตอบของวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอและวิธีการแจกจ่ายสมบูรณ์ ซึ่งการทดสอบกระทำบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Intel® Pentium® IV Processor 1.7 GHz และ หน่วยความจำ 256/266 Mb DDR Ram ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบเวลาในการคำนวณของฮิวริสติกที่นำเสนอและคำตอบที่ดีที่สุดสากล

Problem No.	Computational Time (second)	
	Heuristic	Optimal
1	0.05078	8962.059
2	0.03125	9174.008
3	0.03125	8998.809
Average	0.03776	9044.959

จากตารางที่ 9 จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอ คือ 0.037 วินาที และค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดสากลโดยวิธีการแจนับเท่ากับ 9044.95 วินาที (150.7 นาที) และจากความแตกต่างกันของทั้งผลคำตอบและระยะเวลาในการหาคำตอบสำหรับปัญหาทดสอบที่มี 12 จุดรับจะเห็นว่าฮิวริสติกที่นำเสนอสามารถหาคำตอบได้ค่อนข้างดี

#### 4.2.4 ปัญหาทดสอบที่มีจำนวน 13 จุดรับ

การทดสอบเบื้องต้นพบว่าการคำนวณหาเส้นทางการขนส่งที่ดีที่สุดสากลสำหรับปัญหาทดสอบที่มีจำนวน 13 จุดรับ ใช้ระยะเวลาในการคำนวณ 24 ชั่วโมงโดยประมาณ ดังนั้นจึงเลือกทำการทดสอบที่จำนวนซ้ำของปัญหา 1 ปัญหา ซึ่งผลการสร้างข้อมูลนำเข้าและผลการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับจากปัญหาทดสอบที่ 13.1 มีดังต่อไปนี้

##### 4.2.4.1 ข้อมูลนำเข้า

ตารางที่ 10 ข้อมูลนำเข้าสำหรับปัญหาทดสอบที่ 13.1

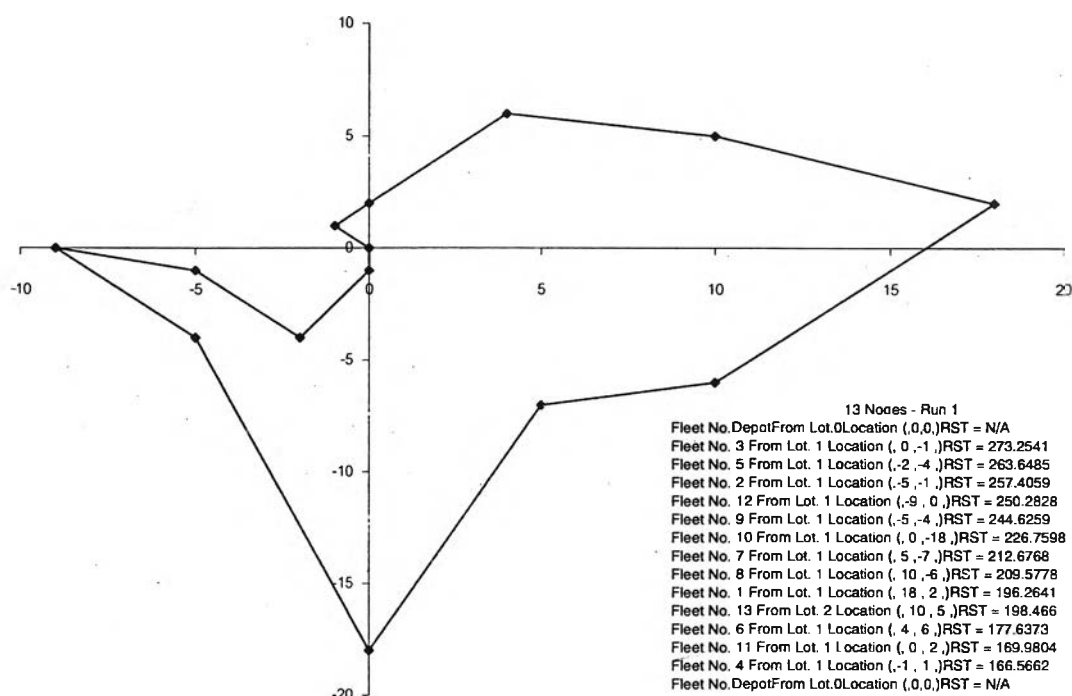
เวชภัณฑ์ขึ้นที่	เวลาเข้าที่ระบบ	ประเภทของเวชภัณฑ์	ปริมาณ	จุดรับ
1	42.3	ยาธรรมดา	6.96	(18,2)
2	42.3	ยาธรรมดา	6.25	(-5,-1)
3	42.3	ยาธรรมดา	5.76	(0,-1)
4	42.3	ยาธรรมดา	6.68	(-1,1)
5	42.3	ยาธรรมดา	5.85	(-2,-4)
6	42.3	ยาธรรมดา	6.66	(4,6)
7	42.3	ยาธรรมดา	7.05	(5,-7)
8	42.3	ยาธรรมดา	9.04	(10,-6)
9	42.3	ยาธรรมดา	8.87	(-5,-4)
10	42.3	ยาธรรมดา	5.99	(0,-18)
11	42.3	ยาธรรมดา	7.62	(0,2)
12	42.3	ยาธรรมดา	5.3	(-9,0)
13	55.0	อุปกรณ์การแพทย์	38.97	(10,5)

จากตารางที่ 10 จะเห็นว่าผลการจำลองระบบ ณ เวลาที่นาที่ที่ 42.3 มีเวชภัณฑ์ออกจากห้องจ่ายยาเข้าสู่ส่วนการขนส่งเวชภัณฑ์รวม 12 ขึ้น โดย

เวชภัณฑ์ชิ้นที่ 1 เป็นเวชภัณฑ์ประเภทยาธรรมดา ซึ่งเข้าสู่ส่วนการขนส่งที่นาที่ที่ 42.3 มีปริมาตร 6.96 ลูกบาศก์เซนติเมตร และต้องขนส่งไปยังจุดรับที่ตำแหน่ง (18,2) และเมื่อนาทีที่ 55.0 มีเวชภัณฑ์เข้ามาเพิ่มอีก 1 ชิ้นโดยเป็นเวชภัณฑ์ประเภทอุปกรณ์การแพทย์มีปริมาตร 38.97 ลูกบาศก์เซนติเมตร และต้องขนส่งไปยังจุดรับที่ตำแหน่ง (10,5) สำหรับรายละเอียดของเวชภัณฑ์ชิ้นอื่นๆ แสดงในตารางที่ 10

#### 4.2.4.2 ผลการจัดเส้นทางขนส่ง

การจัดเส้นทางขนส่งสำหรับข้อมูลนำเข้าที่สร้างขึ้นสำหรับปัญหาทดสอบที่ 13.1 ได้ผลดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 ผลการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับปัญหาทดสอบที่ 13.1

จากรูปที่ 16 จะเห็นว่าเส้นทางขนส่งสำหรับเวชภัณฑ์ทั้ง 13 ชิ้นที่ออกจากห้องจ่ายยา (ห้องจ่ายยาแสดงในตำแหน่งจุดกำเนิด) มีทิศทางการเดินทางวนเข็มนาฬิกาตามลำดับการส่งเวชภัณฑ์ดังนี้ 0-3-5-2-12-9-10-7-8-1-13-6-11-4-0 โดยใช้เวลาเดินทางทั้งหมด 85.09 นาที โดยออกรถขนส่งที่นาที่ที่ 221.56 และรถขนส่งกลับเข้ามาถึงห้องจ่ายยาที่นาที่ที่ 310.61

#### 4.2.4.3 การเปรียบเทียบผลคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอ

การเปรียบเทียบผลคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอจะทำการเปรียบเทียบทั้งค่าระยะเวลาเดินทางรวมของเส้นทางการขนส่ง และระยะเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของวิธีการแบบฮิวริสติกและวิธีการแจนับสมบูรณ์

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบผลคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอและคำตอบที่ดีที่สุด

Problem No.	Heuristic	Optimal	Difference	
			Total	%
1	85.09000	84.52991	0.56009	0.662

จากตารางที่ 11 จะเห็นว่าระยะเวลาเดินทางของเส้นทางการขนส่งที่ได้จากฮิวริสติกที่นำเสนอและระยะเวลาเดินทางของเส้นทางการขนส่งที่ดีที่สุดสากลที่ได้จากการแจนับสมบูรณ์มีความแตกต่างกัน 0.560 หน่วย คิดเป็น 0.662 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกมีความแตกต่างจากค่าที่ดีที่สุดสากลค่อนข้างน้อย และเมื่อพิจารณาความแตกต่างด้านระยะเวลาในการหาคำตอบของวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอและวิธีการแจนับสมบูรณ์ ซึ่งการทดสอบกระทำบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Intel® Pentium® IV Processor 1.7 GHz และหน่วยความจำ 256/266 Mb DDR Ram ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบเวลาในการคำนวณของฮิวริสติกที่นำเสนอและคำตอบที่ดีที่สุดสากล

Problem No.	Computational Time (second)	
	Heuristic	Optimal
1	0.05078	86400

จากตารางที่ 12 จะเห็นว่าเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอคือ 0.050 วินาที และเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดสากลโดยวิธีการแจนับสมบูรณ์มากกว่า 86400 วินาที (1440 นาที) จะเห็นว่าเวลาในการหาคำตอบของฮิวริสติกและวิธีการแจนับสมบูรณ์มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังนั้นจากความแตกต่างกันของทั้งผลคำตอบและระยะเวลาในการหาคำตอบสำหรับปัญหาทดสอบที่มี 13 จุดรับจะเห็นว่าฮิวริสติกที่นำเสนอสามารถหาคำตอบได้ค่อนข้างดี

#### 4.2.5 ปัญหาทดสอบที่มีจำนวนมากกว่า 13 จุดรับ

เนื่องจากระยะเวลาในการคำนวณค่าที่ดีที่สุดจากวิธีการแจกแจงนับสมบูรณ์สำหรับปัญหาทดสอบที่มีจำนวนจุดรับมากกว่า 13 จุดใช้ระยะเวลาในการคำนวณที่ยาวนานเกินไป จึงไม่สามารถเปรียบเทียบผลคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกที่นำเสนอกับคำตอบที่ดีที่สุดสากลได้ ดังนั้นจึงทำการทดสอบประสิทธิภาพการหาคำตอบของฮิวริสติกด้านเวลาการคำนวณโดยพิจารณาปัญหาทดสอบที่มีจำนวนจุดรับ 20 จุด 30 จุด 40 จุด และ 50 จุด ด้วยจำนวนซ้ำของปัญหา ปัญหาละ 5 ครั้ง ซึ่งผลการสร้างข้อมูลนำเข้าสำหรับปัญหาทดสอบที่ 14.1 มีดังต่อไปนี้

##### 4.2.5.1 ข้อมูลนำเข้า

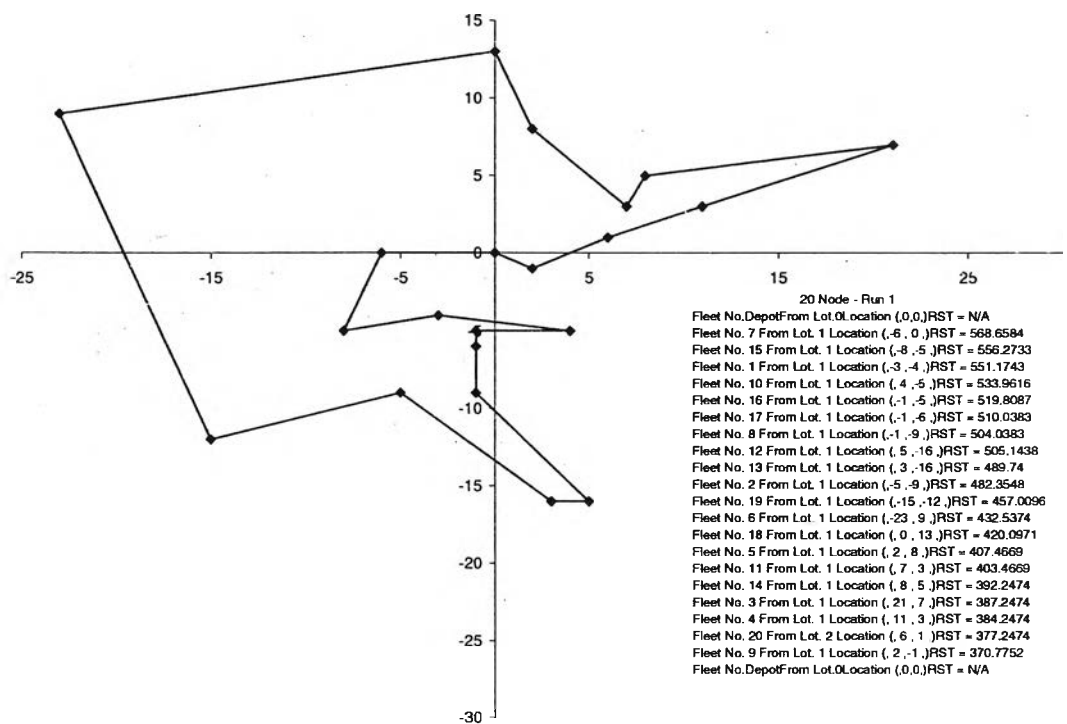
ตารางที่ 13 ข้อมูลนำเข้าสำหรับปัญหาทดสอบที่ 14.1

เลขภัณฑ์รับที่	เวลาเข้าที่ระบบ	ประเภทของเลขภัณฑ์	ปริมาตร	จุดรับ
1	42.7	ยาธรรมดา	8.78	(-3,-4)
2	42.7	ยาธรรมดา	7.99	(-5,-9)
3	42.7	ยาธรรมดา	8.96	(21,7)
4	42.7	ยาธรรมดา	6.77	(11,3)
5	42.7	ยาธรรมดา	6.51	(2,8)
6	42.7	ยาธรรมดา	6.87	(-23,9)
7	42.7	ยาธรรมดา	9.83	(-6,0)
8	42.7	ยาธรรมดา	5.38	(-1,-9)
9	42.7	ยาธรรมดา	5.79	(2,-1)
10	42.7	ยาธรรมดา	7.42	(-6,0)
11	42.7	ยาธรรมดา	6.79	(7,3)
12	42.7	ยาธรรมดา	7.49	(5,-16)
13	42.7	ยาธรรมดา	9.25	(3,-16)
14	42.7	ยาธรรมดา	6.43	(8,5)
15	42.7	ยาธรรมดา	5.35	(-8,-5)
16	42.7	ยาธรรมดา	8.74	(-1,-5)
17	42.7	ยาธรรมดา	8.39	(-1,-6)
18	42.7	ยาธรรมดา	9.07	(0,13)
19	42.7	ยาธรรมดา	5.98	(-15,-12)
20	48.0	อุปกรณ์การแพทย์	48.40	(6,1)

จากตารางที่ 13 จะเห็นว่าผลการจำลองระบบ ณ เวลาที่นาทีที่ 42.7 มี  
 เวชภัณฑ์ออกจากห้องจ่ายยาเข้าสู่ส่วนการขนส่งเวชภัณฑ์รวม 19 ชิ้น โดย  
 เวชภัณฑ์ชิ้นที่ 1 เป็นเวชภัณฑ์ประเภทยาธรรมดา ซึ่งเข้าสู่ส่วนการขนส่งที่นาทีที่  
 42.7 มีปริมาตร 8.78 ลูกบาศก์เซนติเมตร และต้องขนส่งไปยังจุดรับที่ตำแหน่ง  
 (-3,-4) และเมื่อนาทีที่ 48.0 มีเวชภัณฑ์เข้ามาเพิ่มอีก 1 ชิ้นโดยเป็นเวชภัณฑ์  
 ประเภทอุปกรณ์การแพทย์มีปริมาตร 48.40 ลูกบาศก์เซนติเมตร และต้องขนส่ง  
 ไปยังจุดรับที่ตำแหน่ง (6,1) สำหรับรายละเอียดของเวชภัณฑ์ชิ้นอื่นๆ แสดงใน  
 ตารางที่ 13

4.2.5.2 ผลการจัดเส้นทางการขนส่ง

การจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับข้อมูลนำเข้าที่สร้างขึ้นสำหรับปัญหา  
 ทดสอบที่ 14.1 ได้ผลดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 ผลการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับปัญหาทดสอบที่ 14.1

จากรูปที่ 17 จะเห็นว่าเส้นทางการขนส่งสำหรับเวชภัณฑ์ทั้ง 20 ชิ้นที่ออก  
 จากห้องจ่ายยา (ห้องจ่ายยาแสดงในตำแหน่งจุดกำเนิด) มีทิศทางการเดินทาง  
 เข็มนาฬิกา ตามลำดับการส่งเวชภัณฑ์ ดังนี้ 0-7-15-1-10-16-17-8-12-13-2-  
 19-6-18-5-11-14-3-4-20-9-0 โดยใช้ระยะเวลาเดินทางทั้งหมด 226.19 นาที



โดยสำหรับข้อมูลนำเข้าและผลการทดสอบฮิวริสติกสำหรับปัญหาที่ 14.2 ถึง ปัญหาที่ 14.20 แสดงในภาคผนวก ค.

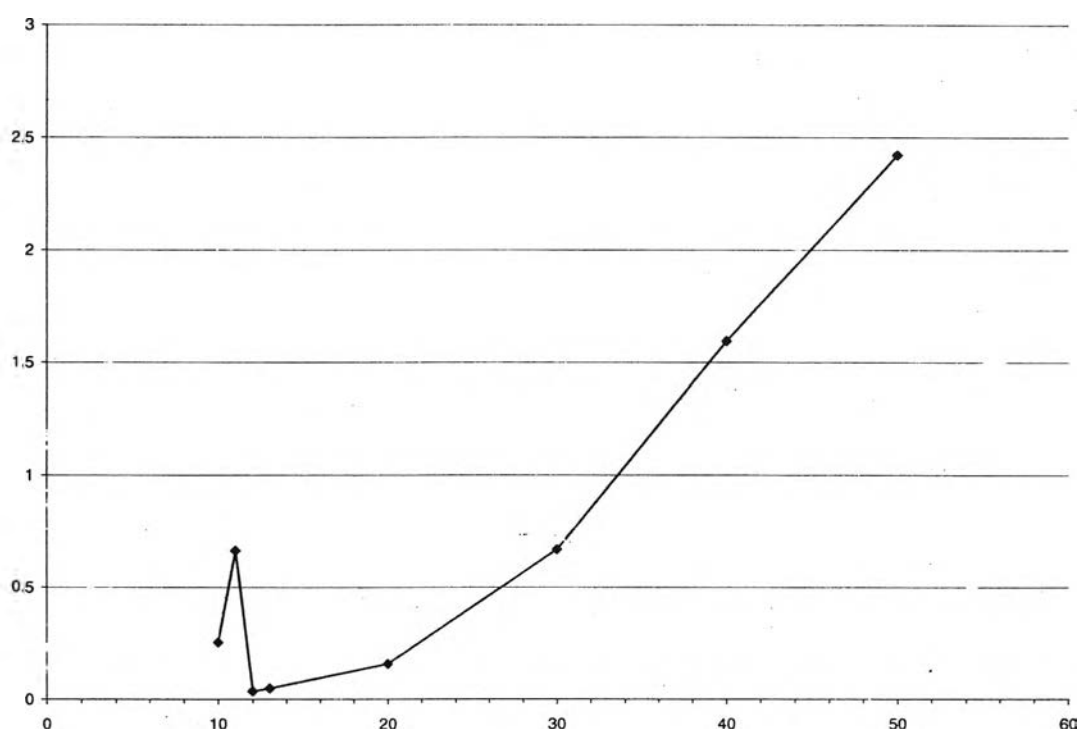
#### 4.2.5.3 การเปรียบเทียบผลคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอ

เนื่องจากการหาเส้นทางการขนส่งที่ดีที่สุดไม่สามารถกระทำได้ ดังนั้นการเปรียบเทียบผลคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอจึงจะทำการพิจารณาเฉพาะความสามารถในด้านระยะเวลาในการหาคำตอบของวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอซึ่งการทดสอบกระทำบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Intel® Pentium® IV Processor 1.7 GHz และ หน่วยความจำ 256/266 Mb DDR Ram ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบเวลาในการคำนวณของฮิวริสติกที่นำเสนอ

Problem No.	Nodes	Computational Time (second)	
		Heuristic	Average
14.1	20	0.109375	0.159375
14.2	20	0.140625	
14.3	20	0.328125	
14.4	20	0.109375	
14.5	20	0.109375	
14.6	30	0.375000	0.668715
14.7	30	0.484375	
14.8	30	1.546875	
14.9	30	0.452950	
14.10	30	0.484375	
14.11	40	2.489062	1.594688
14.12	40	1.359375	
14.13	40	1.953125	
14.14	40	0.828125	
14.15	40	1.343750	
14.16	50	2.218750	2.421874
14.17	50	2.390625	
14.18	50	3.078125	
14.19	50	1.750000	
14.20	50	2.671875	

จากตารางที่ 14 จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอ คือ 0.159 วินาที 0.668 วินาที 1.594 วินาที และ 2.421 วินาที สำหรับปัญหาทดสอบที่มีจำนวนจุดรับ 20 จุด 30 จุด 40 จุด และ 50 จุด ตามลำดับ ซึ่งจากผลค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนอสำหรับปัญหาที่มีจำนวนตั้งแต่ 10 จุดรับขึ้นไปสามารถสร้างเป็นแผนภูมิเส้นตรงแสดงค่าความแตกต่างของระยะเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบเมื่อจำนวนจุดรับเปลี่ยนแปลงได้ดังรูปที่ 18



รูปที่ 18 ความแตกต่างของเวลาในการคำนวณที่ได้จากฮิวริสติกที่นำเสนอ

จากรูปที่ 18 จะเห็นว่าเวลาในการหาคำตอบของฮิวริสติกเมื่อจำนวนจุดรับมากขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก โดยระยะเวลาในการหาคำตอบสำหรับปัญหาที่มีจำนวนจุดรับเพิ่มขึ้นก็จะใช้ระยะเวลาเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้สำหรับปัญหาทดสอบที่มีจำนวน 10 จุดรับและ 11 จุดรับนั้น พบว่า มีค่าระยะเวลาการหาคำตอบมากกว่าปัญหาทดสอบที่มีจำนวน 10 และ 11 จุดรับ เนื่องจากใช้จำนวนปัญหาทดสอบที่มากกว่าและมีบางปัญหาให้ค่าเวลาในการหาคำตอบมากเป็นพิเศษ ดังนั้นจะเห็นว่าฮิวริสติกมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุดรับน้อยมากเมื่อเทียบกับวิธีการหาคำตอบแบบแจกแจงนัยสมบูรณ์

### 4.3 จำนวนรอบการขนส่งที่เหมาะสม

การจัดเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์เพื่อให้ได้ระยะเวลาเดินทางรวมต่อรอบการขนส่งที่เหมาะสมสำหรับเวชภัณฑ์ทั้งหมดที่ออกจากห้องจ่ายยา จะทำให้ทราบถึงจำนวนรอบการขนส่งที่ได้จากฮิวริสติกที่นำเสนอซึ่งจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่แสดงถึงประสิทธิภาพการใช้งานของรถขนส่งในระบบการกระจายเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาล

#### 4.3.1 วิธีการทดสอบจำนวนรอบการขนส่ง

วิธีการทดสอบจำนวนรอบการขนส่งที่เหมาะสมที่ได้จากการจัดเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์ด้วยฮิวริสติกที่นำเสนอ จะทดลองจัดเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์โดยพิจารณาเวชภัณฑ์ที่ได้จากการจำลอง (Simulation) ระบบการกระจายเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลตัวอย่างใน 1 วัน (เวชภัณฑ์ออกห้องจ่ายยาระหว่างนาฬิกาที่ 0 ถึงนาฬิกาที่ 480) และเปรียบเทียบจำนวนรอบการขนส่งที่ได้จากฮิวริสติกที่นำเสนอซึ่งรถขนส่งที่พร้อมออกจากห้องจ่ายยา ณ ช่วงเวลาใดๆ สามารถเดินทางไปยังหอผู้ป่วยซึ่งเป็นจุดรับเวชภัณฑ์ในทุกตำแหน่งภายในโรงพยาบาล กับจำนวนรอบการขนส่งที่ได้จากการจัดเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์เมื่อกำหนดให้รถขนส่งมีพื้นที่การให้บริการเฉพาะ (Fixed Service Region) ตามระบบการทำงานในปัจจุบันของโรงพยาบาลตัวอย่าง ที่ให้ค่าระยะเวลาเดินทางรวมที่เหมาะสม และสามารถจัดส่งเวชภัณฑ์สำหรับแต่ละเขตพื้นที่การให้บริการได้ทันภายในกำหนดระยะเวลาที่กำหนด ทั้งนี้กำหนดให้พื้นที่เฉพาะสำหรับการให้บริการแบ่งออกเป็น 4 เขต (4 Quadrants)

#### 4.3.2 ผลการทดสอบจำนวนรอบการขนส่ง

ผลการจัดเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์เมื่อกำหนดเขตพื้นที่การให้บริการเฉพาะและผลการจัดเส้นทางขนส่งเวชภัณฑ์ด้วยฮิวริสติกที่นำเสนอสำหรับปัญหาทดสอบที่พิจารณาได้ผลดังนี้

ตารางที่ 15 จำนวนรอบการขนส่งที่เหมาะสมของฮิวริสติกที่นำเสนอ

	Heuristic	Fixed Service Region
จำนวนรอบการขนส่งรวม	25	29

จากตารางที่ 15 จะเห็นว่าจำนวนรอบการขนส่งที่เหมาะสมที่ได้จากการจัดเส้นทางขนส่งเวชภัณฑ์โดยวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอมีจำนวนรอบการขนส่งน้อยกว่าการจัดเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์ที่ได้เมื่อกำหนดให้รถขนส่งมีพื้นที่การให้บริการเฉพาะ ผลจาก

การแบ่งเขตพื้นที่การให้บริการจะทำให้ความน่าจะเป็นของจำนวนเวชภัณฑ์ที่พร้อมสำหรับการจัดเส้นทางในแต่ละเขตพื้นที่การให้บริการลดลง ทำให้มีจำนวนเวชภัณฑ์ต่อรอบน้อยลง และจำเป็นต้องใช้จำนวนรอบการขนส่งที่เพิ่มขึ้นเพื่อจัดส่งเวชภัณฑ์ทั้งหมดให้ทันกำหนดเวลารับประกัน

#### 4.4 การวิเคราะห์ผล

ผลการประเมินฮิวริสติกสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์ในระบบการกระจายเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลพบว่าการประยุกต์ใช้กรรมวิธีการค้นหาคำตอบร่วมกันระหว่างการหาคำตอบเบื้องต้นด้วยกรรมวิธี Saving Algorithm และปรับปรุงคำตอบด้วยกรรมวิธี 2-OPT Algorithm และ Anti-Intersection Algorithm สามารถหาคำตอบที่ดีได้ภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว โดยสำหรับปัญหาทดสอบที่มีจำนวนจุดรับ 10 จุด ฮิวริสติกที่นำเสนอสามารถหาคำตอบได้ภายในระยะเวลา 0.254 วินาทีรวดเร็วกว่าวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดสากลแบบแจกจ่ายสมบูรณ์ซึ่งใช้เวลาในการหาคำตอบ 258.152 วินาที คิดเป็นอัตราส่วนโดยประมาณ 100 เท่า ในขณะที่ผลคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกที่นำเสนอมีค่าแตกต่างจากค่าที่ดีที่สุดสากลโดยเฉลี่ยเพียง 0.202 หน่วย และสำหรับปัญหาทดสอบที่มีจำนวนจุดรับ 11 จุด ฮิวริสติกที่นำเสนอสามารถหาคำตอบได้ภายในระยะเวลา 0.664 วินาทีรวดเร็วกว่าวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดสากลแบบแจกจ่ายสมบูรณ์ซึ่งใช้เวลาในการหาคำตอบ 3867.99 วินาที คิดเป็นอัตราส่วนโดยประมาณ 3800 เท่า ในขณะที่ผลคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกที่นำเสนอมีค่าแตกต่างจากค่าที่ดีที่สุดสากลโดยเฉลี่ยเพียง 0.121 หน่วย และสำหรับปัญหาทดสอบที่มีจำนวนจุดรับ 12 จุด ฮิวริสติกที่นำเสนอสามารถหาคำตอบได้ภายในระยะเวลา 0.037 วินาทีรวดเร็วกว่าวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดสากลแบบแจกจ่ายสมบูรณ์ซึ่งใช้เวลาในการหาคำตอบ 9044.95 วินาที คิดเป็นอัตราส่วนโดยประมาณ 240000 เท่า ในขณะที่ผลคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกที่นำเสนอมีค่าแตกต่างจากค่าที่ดีที่สุดสากลโดยเฉลี่ยเพียง 0.149 หน่วย และสำหรับปัญหาทดสอบที่มีจำนวนจุดรับ 13 จุด ฮิวริสติกที่นำเสนอสามารถหาคำตอบได้ภายในระยะเวลา 0.050 วินาทีรวดเร็วกว่าวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดสากลแบบแจกจ่ายสมบูรณ์ซึ่งใช้เวลาในการหาคำตอบนานกว่า 86400 วินาที คิดเป็นอัตราส่วนโดยประมาณ 1701457 เท่า ในขณะที่ผลคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกที่นำเสนอมีค่าแตกต่างจากค่าที่ดีที่สุดสากลโดยเฉลี่ยเพียง 0.560 หน่วย

นอกจากนี้สำหรับปัญหาทดสอบที่มีจำนวนจุดรับมากกว่า 13 จุดซึ่งไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดสากลมาเปรียบเทียบได้ เนื่องจากวิธีการแจกจ่ายสมบูรณ์ใช้เวลาในการคำนวณยาวนานเกินไปนั้น จากการทดสอบความสามารถของฮิวริสติกพบว่า ใช้เวลาในการคำนวณโดยเฉลี่ยเพียง 0.159 วินาที 0.668 วินาที 1.594 วินาที และ 2.421 วินาที สำหรับปัญหาทดสอบที่มีจำนวนจุดรับ 20 จุด

30 จุด 40 จุด และ 50 จุด ตามลำดับซึ่งจากผลการทดสอบฮิวริสติกกับปัญหาทดสอบทั้งหมดจะเห็นว่าประสิทธิภาพในการหาคำตอบของฮิวริสติกที่นำเสนออยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเลือกใช้กรรมวิธีการค้นหาคำตอบแบบ Saving Algorithm เพื่อหาเส้นทางขั้นต้นแทนที่จะเลือกใช้วิธีการสร้างเส้นทางขั้นต้นแบบสุ่ม (Random) หรือใช้กรรมวิธีการแบบ Nearest Neighbor Algorithm ซึ่งจะให้ผลคำตอบที่ด้อยกว่าจึงสามารถลดเวลาในการปรับปรุงคำตอบด้วยกรรมวิธีการ 2-OPT Algorithm และ Anti-Intersection Algorithm ลงได้รวมทั้งให้คำตอบที่ดีใกล้เคียงกับค่าที่ดีที่สุดสากล นอกจากนี้จากการทดสอบจัดเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์สำหรับปัญหาทดสอบที่พิจารณาเปรียบเทียบจำนวนรอบการขนส่งที่ได้จากวิธีการจัดเส้นทางของฮิวริสติกที่นำเสนอเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางโดยกำหนดพื้นที่การให้บริการเฉพาะของรถขนส่ง พบว่าฮิวริสติกที่นำเสนอยังสามารถจัดเส้นทางการขนส่งเวชภัณฑ์โดยทำให้เกิดจำนวนรอบการขนส่งที่เหมาะสมอีกด้วย

#### 4.5 บทสรุป

ฮิวริสติกที่นำเสนอมีกระบวนการหาคำตอบให้แก่ข้อมูลนำเข้าอย่างพลวัตซึ่งผลการทดสอบฮิวริสติกด้วยปัญหาทดสอบที่จำนวนจุดรับที่แตกต่างกันให้ค่าคำตอบที่ใกล้เคียงกับค่าที่ดีที่สุดสากล โดยใช้ระยะเวลาในการคำนวณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการหาคำตอบแบบแรงนับสมบูรณ์ ซึ่งจากผลประสิทธิภาพการหาคำตอบของฮิวริสติกทั้งในด้านคุณภาพและเวลาการคำนวณ จะเห็นว่าฮิวริสติกที่นำเสนอมีความเหมาะสมสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถที่ระบบมีความไม่คงที่และความต้องการไม่แน่นอน