

บทที่ 4

ผลงานวิจัย และการวิเคราะห์ผลงานวิจัย

จากการทดสอบเบื้องต้นสำหรับปัญหาทดสอบขนาดเล็กในบทที่ 3 พบว่าวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอสามารถหาคำตอบที่เหมาะสมได้ โดยผลลัพธ์ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด และใช้เวลาน้อยกว่าวิธีสร้างรูปแบบปัญหาเป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นเพื่อเป็นการทดสอบความสามารถของวิธีการที่นำเสนอโดยละเอียดจึงได้ทำการทดสอบผลกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและเพื่อให้ทราบถึงข้อบกพร่อง ซึ่งสามารถนำมาใช้ปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานของฮิวริสติกต่อไป แนวทางการวิเคราะห์และประเมินผลงานวิจัยมีดังนี้

4.1 การทดสอบฮิวริสติก

การทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่มีวัตถุประสงค์ให้ค่าใช้จ่ายรวมระหว่างค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการสั่งซื้อและเก็บรักษาพัสดุคงคลังน้อยที่สุด โดยจะทำการเปรียบเทียบคำตอบที่ได้กับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) จากวิธี Branch and bound approach เพื่อหาคำตอบของปัญหาการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่มีสินค้าคงคลังหลายชนิดโดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน การทดสอบวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและการแก้ปัญหด้วยวิธี Branch and bound approach ด้วยโปรแกรม CPLEX 8.0 จะดำเนินการบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Intel Pentium (R) Celeron TM 1.00 GHz และหน่วยความจำ 256 Mb

4.2 ปัญหาที่ใช้ในการทดสอบวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก

ปัญหาที่ใช้ในการทดสอบวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกได้จากการกำหนดพารามิเตอร์ในการสร้างข้อมูลนำเข้า โดยแสดงการกำหนดพารามิเตอร์ในการสร้างข้อมูลนำเข้าของแต่ละปัญหาทดสอบในภาคผนวก ก โดยมีทั้งหมด 12 ปัญหา ซึ่งสามารถแบ่งตามจำนวนชนิดของสินค้าและจำนวนช่วงเวลา ดังนี้

- 1) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา
- 2) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา
- 3) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา
- 4) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 15 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา

- 5) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 15 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา
- 6) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 15 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา
- 7) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา
- 8) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา
- 9) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา
- 10) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา
- 11) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา
- 12) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา

4.3 ผลการทดสอบวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก

4.3.1 ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา

ทำการทดสอบปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา จำนวน 10 ปัญหา ซึ่งแต่ละปัญหาทดสอบจะมีข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกัน และทำการเปรียบเทียบคำตอบของวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอ กับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) จากวิธี Branch and bound approach ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	20637.370	20934.480	1.440	0.140	0.020
2	23741.180	23768.290	0.114	0.110	0.030
3	27445.310	27445.310	0.000	0.090	0.030
4	24501.170	24696.350	0.797	0.100	0.020
5	23773.820	23773.820	0.000	0.110	0.020
6	20620.120	20764.440	0.700	0.110	0.030
7	22058.070	22265.510	0.940	0.130	0.030
8	25991.400	26064.100	0.280	0.090	0.030

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
9	24163.560	24855.560	2.864	0.140	0.020
10	20224.450	20425.330	0.993	0.160	0.030
11	27257.340	27257.340	0.000	0.170	0.030
12	19681.370	19734.150	0.268	0.150	0.030
13	21984.210	23078.790	4.979	0.180	0.030
14	28939.300	28939.300	0.000	0.130	0.031
15	21626.530	21709.150	0.382	0.160	0.030
16	24292.770	24314.690	0.090	0.130	0.030
17	26210.190	26503.600	1.119	0.130	0.020
18	21610.840	21610.840	0.000	0.090	0.020
19	16420.520	16427.820	0.044	0.140	0.030
20	26947.680	27176.430	0.849	0.100	0.020
		Average	0.793	0.128	0.027

จากตารางที่ 4.1 พบว่าต้นทุนรวมที่ได้จากวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและวิธี Branch and bound approach มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 0.793 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach และฮิวริสติก เท่ากับ 0.128 วินาที และ 0.027 วินาทีตามลำดับ

4.3.2 ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา

ทำการทดสอบปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา จำนวน 10 ปัญหา ซึ่งแต่ละปัญหาทดสอบจะมีข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกัน และทำการเปรียบเทียบคำตอบของวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอกับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) จากวิธี Branch and bound approach ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	54257.070	54359.820	0.189	0.280	0.060
2	36355.820	36355.820	0.000	0.240	0.060
3	40123.320	40123.320	0.000	0.361	0.050
4	50949.200	51037.260	0.173	0.330	0.060
5	47419.240	47588.640	0.357	0.230	0.050
6	58036.890	58688.420	1.123	0.240	0.060
7	51531.820	51723.320	0.372	0.210	0.050
8	42932.520	43528.420	1.388	0.320	0.061
9	48859.120	49183.800	0.665	0.401	0.060
10	59491.640	59659.260	0.282	0.340	0.060
11	55383.61	56078.17	1.254	0.481	0.051
12	38352.64	38908.64	1.450	0.411	0.05
13	48679.55	48800.53	0.249	0.29	0.05
14	52337.39	52380	0.081	0.27	0.06
15	53561.3	53745.44	0.344	0.371	0.06
16	35956.25	36266.37	0.862	0.29	0.05
17	44503.3	45069.11	1.271	0.33	0.05
18	47157.41	47207.05	0.105	0.401	0.05
19	46726.39	46891.9	0.354	0.26	0.05
20	44814.74	44943.86	0.288	0.411	0.06
		Average	0.540	0.323	0.055

จากตารางที่ 4.2 พบว่าต้นทุนรวมที่ได้จากวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและวิธี Branch and bound approach มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 0.540 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach และฮิวริสติก เท่ากับ 0.323 วินาที และ 0.055 วินาทีตามลำดับ

4.3.3 ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา

ทำการทดสอบปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา จำนวน 10 ปัญหา ซึ่งแต่ละปัญหาทดสอบจะมีข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกัน และทำการเปรียบเทียบคำตอบของวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอกับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) จากวิธี Branch and bound approach ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	61304.110	61580.240	0.450	0.621	0.080
2	51164.750	51547.610	0.748	0.581	0.080
3	56760.060	56812.250	0.092	0.411	0.080
4	69470.430	69852.340	0.550	0.671	0.090
5	74244.050	75002.280	1.021	0.681	0.090
6	77034.760	77837.390	1.042	0.461	0.080
7	68773.530	68820.430	0.068	0.180	0.090
8	65584.640	66012.200	0.652	0.441	0.090
9	69183.230	69816.390	0.915	0.701	0.090
10	76497.170	76618.770	0.159	0.461	0.080
11	66827.220	66978.300	0.226	0.421	0.080
12	65101.850	65222.600	0.185	0.161	0.090
13	64761.480	65459.940	1.079	0.681	0.090
14	58409.210	58797.570	0.665	0.801	0.091
15	75176.870	75273.470	0.128	0.170	0.090
16	74422.680	74449.330	0.036	0.661	0.080
17	58699.450	59386.500	1.170	0.570	0.090
18	52286.140	52520.900	0.449	0.891	0.090
19	96594.100	96974.420	0.394	0.611	0.080

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
20	56668.640	57392.190	1.277	0.461	0.090
		Average	0.565	0.532	0.086

จากตารางที่ 4.3 พบว่าต้นทุนรวมที่ได้จากวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและวิธี Branch and bound approach มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 0.565 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach และฮิวริสติก เท่ากับ 0.532 วินาที และ 0.086 วินาทีตามลำดับ

4.3.4 ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 15 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา

ทำการทดสอบปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 15 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา จำนวน 10 ปัญหา ซึ่งแต่ละปัญหาทดสอบจะมีข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกัน และทำการเปรียบเทียบคำตอบของวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอกับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) จากวิธี Branch and bound approach ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 15 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	35143.010	35143.010	0.000	0.180	0.040
2	38908.980	38908.980	0.000	0.160	0.040
3	33925.050	33961.320	0.107	0.150	0.040
4	36103.670	36165.650	0.172	0.180	0.040
5	42039.450	42486.570	1.064	0.220	0.040
6	27533.110	27933.580	1.455	0.240	0.030
7	37827.310	37827.310	0.000	0.080	0.030
8	40958.800	41243.200	0.694	0.100	0.030
9	43483.530	43978.110	1.137	0.170	0.040

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
10	32963.590	33636.810	2.042	0.240	0.040
11	36074.970	36121.920	0.130	0.190	0.030
12	33846.100	33846.100	0.000	0.140	0.040
13	31610.630	31848.490	0.752	0.190	0.030
14	31203.030	31249.030	0.147	0.230	0.030
15	28097.340	28108.640	0.040	0.250	0.040
16	32193.280	32193.280	0.000	0.180	0.030
17	40717.980	40859.820	0.348	0.170	0.040
18	32297.170	32297.170	0.000	0.210	0.030
19	32223.120	32249.190	0.081	0.140	0.030
20	31517.860	31517.860	0.000	0.140	0.031
		Average	0.409	0.178	0.035

จากตารางที่ 4.4 พบว่าต้นทุนรวมที่ได้จากวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและวิธี Branch and bound approach มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 0.409 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach และฮิวริสติก เท่ากับ 0.178 วินาที และ 0.035 วินาทีตามลำดับ

4.3.5 ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 15 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา

ทำการทดสอบปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 15 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา จำนวน 10 ปัญหา ซึ่งแต่ละปัญหาทดสอบจะมีข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกัน และทำการเปรียบเทียบคำตอบของวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอกับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) จากวิธี Branch and bound approach ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 15 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	83043.310	83687.650	0.776	0.411	0.070
2	83242.450	83527.260	0.342	0.381	0.070
3	75098.820	75424.860	0.434	0.451	0.070
4	77106.000	77651.400	0.707	0.280	0.070
5	71670.930	72241.800	0.797	0.581	0.070
6	69190.940	69410.930	0.318	0.421	0.071
7	60238.170	60410.610	0.286	0.511	0.070
8	73835.990	74550.340	0.967	0.601	0.070
9	79784.380	80548.150	0.957	0.741	0.071
10	51190.880	51366.060	0.342	0.671	0.080
11	64448.850	64514.910	0.102	0.531	0.070
12	70363.720	70544.700	0.257	0.431	0.070
13	71686.550	72131.330	0.620	0.500	0.070
14	75526.220	76120.040	0.786	0.431	0.070
15	69811.040	69917.760	0.153	0.691	0.070
16	76355.620	76534.720	0.235	0.621	0.070
17	90510.220	90583.300	0.081	0.441	0.070
18	67849.690	68608.960	1.119	0.821	0.070
19	70679.680	70997.050	0.449	0.681	0.070
20	54367.300	54969.640	1.108	0.651	0.080
		Average	0.542	0.542	0.071

จากตารางที่ 4.5 พบว่าต้นทุนรวมที่ได้จากวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและวิธี Branch and bound approach มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 0.542 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach และฮิวริสติก เท่ากับ 0.542 วินาที และ 0.071 วินาทีตามลำดับ

4.3.6 ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 15 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา

ทำการทดสอบปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 15 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา จำนวน 10 ปัญหา ซึ่งแต่ละปัญหาทดสอบจะมีข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกัน และทำการเปรียบเทียบคำตอบของวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอกับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) จากวิธี Branch and bound approach ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 15 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	102662.470	103471.560	0.788	1.933	0.110
2	117061.160	117547.480	0.415	1.562	0.110
3	103923.750	104263.740	0.327	1.392	0.120
4	99461.720	100230.300	0.773	1.893	0.120
5	112781.350	113516.850	0.652	1.372	0.110
6	101066.290	101544.490	0.473	0.951	0.110
7	109760.920	110556.800	0.725	0.951	0.120
8	97749.290	97934.450	0.189	0.991	0.110
9	101329.470	101615.990	0.283	0.551	0.120
10	100593.960	100729.740	0.135	0.781	0.110
11	147125.330	147900.730	0.527	0.870	0.110
12	134591.990	135313.140	0.536	3.145	0.110
13	106231.490	106325.610	0.089	0.841	0.120
14	128762.050	129097.060	0.260	1.021	0.110
15	76743.980	77041.410	0.388	0.851	0.110
16	124606.780	125783.230	0.944	1.422	0.110
17	93761.390	94289.870	0.564	2.263	0.120
18	107153.930	107669.300	0.481	1.913	0.121
19	104703.310	104703.310	0.000	0.781	0.110

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
20	108321.990	108849.190	0.487	1.272	0.120
		Average	0.452	1.338	0.114

จากตารางที่ 4.6 พบว่าต้นทุนรวมที่ได้จากวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและวิธี Branch and bound approach มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 0.452 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach และฮิวริสติก เท่ากับ 1.338 วินาที และ 0.114 วินาทีตามลำดับ

4.3.7 ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา

ทำการทดสอบปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา จำนวน 10 ปัญหา ซึ่งแต่ละปัญหาทดสอบจะมีข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกัน และทำการเปรียบเทียบคำตอบของวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอกับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) จากวิธี Branch and bound approach แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	52260.400	52266.300	0.011	0.200	0.040
2	45056.010	45222.510	0.370	0.240	0.040
3	51191.580	51304.290	0.220	0.210	0.040
4	49945.390	50047.730	0.205	0.170	0.040
5	47098.110	47098.110	0.000	0.210	0.040
6	40901.750	40997.170	0.233	0.210	0.040
7	47201.740	47411.500	0.444	0.300	0.040
8	60176.210	60240.170	0.106	0.220	0.040
9	42200.320	42344.420	0.341	0.250	0.040

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
10	52392.360	52521.240	0.246	0.130	0.040
11	47710.630	48041.830	0.694	0.310	0.040
12	45257.120	45620.720	0.803	0.310	0.040
13	41821.140	42083.730	0.628	0.340	0.040
14	47305.520	47419.960	0.242	0.270	0.040
15	47527.660	47641.870	0.240	0.200	0.040
16	54888.570	55011.290	0.224	0.180	0.040
17	44341.810	45222.070	1.985	0.330	0.050
18	43869.680	43921.620	0.118	0.220	0.040
19	57078.640	57542.410	0.813	0.310	0.040
20	51244.640	51244.640	0.000	0.140	0.040
		Average	0.396	0.238	0.041

จากตารางที่ 4.7 พบว่าต้นทุนรวมที่ได้จากวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและวิธี Branch and bound approach มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 0.396 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach และฮิวริสติก เท่ากับ 0.238 วินาที และ 0.041 วินาทีตามลำดับ

4.3.8 ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา

ทำการทดสอบปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา จำนวน 10 ปัญหา ซึ่งแต่ละปัญหาทดสอบจะมีข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกัน และทำการเปรียบเทียบคำตอบของวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอกับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) จากวิธี Branch and bound approach ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	96662.860	97140.150	0.494	0.461	0.090
2	98725.700	99363.440	0.646	0.561	0.090
3	100050.220	100358.220	0.308	0.981	0.090
4	75587.680	76022.340	0.575	0.611	0.090
5	80621.740	82464.490	2.286	1.242	0.090
6	73175.060	73580.040	0.553	0.671	0.090
7	92964.230	93291.930	0.353	1.302	0.090
8	114221.100	114410.640	0.166	0.781	0.090
9	104388.290	104817.790	0.411	0.641	0.081
10	89562.740	89654.700	0.103	0.701	0.090
11	89069.510	90543.500	1.655	1.212	0.091
12	90955.520	91301.780	0.381	0.821	0.100
13	92106.670	93226.490	1.216	0.761	0.100
14	84367.640	85483.340	1.322	1.162	0.090
15	93660.390	94092.050	0.461	1.923	0.090
16	107320.520	107606.810	0.267	0.881	0.090
17	94740.730	95059.910	0.337	0.701	0.080
18	93503.480	93982.000	0.512	0.680	0.091
19	95044.660	95095.600	0.054	0.551	0.090
20	93048.300	93735.070	0.738	1.452	0.090
		Average	0.642	0.905	0.090

จากตารางที่ 4.8 พบว่าต้นทุนรวมที่ได้จากวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและวิธี Branch and bound approach มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 0.642 เปอร์เซ็นต์ และ เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach และฮิวริสติก เท่ากับ 0.905 วินาที และ 0.090 วินาทีตามลำดับ

4.3.9 ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา

ทำการทดสอบปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา จำนวน 10 ปัญหา ซึ่งแต่ละปัญหาทดสอบจะมีข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกัน และทำการเปรียบเทียบคำตอบของวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอกับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) จากวิธี Branch and bound approach ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	154608.780	155682.990	0.695	1.843	0.140
2	133592.270	135822.770	1.670	7.951	0.140
3	136128.440	136179.530	0.038	1.532	0.130
4	151933.930	152492.850	0.368	1.763	0.140
5	167118.770	167729.830	0.366	1.712	0.130
6	143620.150	144556.860	0.652	3.165	0.140
7	117896.550	118300.500	0.343	1.132	0.130
8	134260.670	135485.310	0.912	4.436	0.140
9	132420.610	134104.470	1.272	4.717	0.140
10	137262.000	137877.560	0.448	2.824	0.130
11	131272.680	131517.210	0.186	1.632	0.140
12	160033.880	163356.790	2.076	2.243	0.140
13	170674.730	171247.090	0.335	1.172	0.141
14	130563.440	131282.980	0.551	1.082	0.130
15	134343.340	135452.610	0.826	1.372	0.140
16	133143.890	134626.170	1.113	0.191	0.140
17	137005.100	137447.300	0.323	1.612	0.140
18	136709.350	137558.220	0.621	1.362	0.141
19	106719.590	107060.650	0.320	1.813	0.131

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
20	123518.330	124467.060	0.768	3.084	0.140
		Average	0.694	2.332	0.137

จากตารางที่ 4.9 พบว่าต้นทุนรวมที่ได้จากวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและวิธี Branch and bound approach มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 0.694 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach และฮิวริสติก เท่ากับ 2.332 วินาที และ 0.137 วินาทีตามลำดับ

4.3.10 ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา

ทำการทดสอบปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา จำนวน 10 ปัญหา ซึ่งแต่ละปัญหาทดสอบจะมีข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกัน และทำการเปรียบเทียบคำตอบของวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอกับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) จากวิธี Branch and bound approach ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	55721.230	55859.310	0.248	0.260	0.040
2	55996.830	56096.970	0.179	0.120	0.040
3	65336.390	65771.360	0.666	0.421	0.040
4	63879.150	64292.130	0.647	0.320	0.040
5	62542.490	62896.200	0.566	0.351	0.041
6	64778.780	65527.640	1.156	0.421	0.050
7	59688.060	59780.780	0.155	0.330	0.041
8	63534.690	63805.840	0.427	0.371	0.041
9	53646.760	54102.550	0.850	0.391	0.040

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
10	65554.190	66541.360	1.506	0.361	0.040
11	68019.300	68159.720	0.206	0.240	0.050
12	64104.760	64104.760	0.000	0.300	0.040
13	63600.610	63930.070	0.518	0.260	0.050
14	58395.720	59305.240	1.558	0.260	0.041
15	60591.410	60782.810	0.316	0.330	0.050
16	61032.230	61032.230	0.000	0.300	0.040
17	64167.750	64746.410	0.902	0.410	0.050
18	58210.940	59004.190	1.363	0.461	0.040
19	56904.570	57306.900	0.707	0.381	0.050
20	58425.400	59477.670	1.801	0.351	0.050
		Average	0.688	0.332	0.044

จากตารางที่ 4.10 พบว่าต้นทุนรวมที่ได้จากวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและวิธี Branch and bound approach มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 0.688 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach และฮิวริสติก เท่ากับ 0.332 วินาที และ 0.044 วินาทีตามลำดับ

4.3.11 ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา

ทำการทดสอบปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา จำนวน 10 ปัญหา ซึ่งแต่ละปัญหาทดสอบจะมีข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกัน และทำการเปรียบเทียบคำตอบของวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอกับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) จากวิธี Branch and bound approach ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	118311.840	118712.100	0.338	1.471	0.110
2	120633.140	121011.040	0.313	1.742	0.100
3	130966.490	132083.160	0.853	1.863	0.110
4	112588.110	113280.470	0.615	1.302	0.110
5	109243.200	110100.200	0.784	6.179	0.100
6	121205.800	122437.400	1.016	1.612	0.100
7	110446.640	111065.310	0.560	1.612	0.100
8	129747.660	130715.840	0.746	0.991	0.100
9	109459.140	110177.340	0.656	1.442	0.110
10	125040.620	125841.140	0.640	1.632	0.100
11	125428.540	126529.310	0.878	1.212	0.100
12	106804.320	107330.010	0.492	1.372	0.110
13	111768.840	112272.250	0.450	2.333	0.110
14	110099.820	110332.630	0.211	3.615	0.110
15	117548.060	117829.070	0.239	1.192	0.110
16	126643.300	127694.030	0.830	0.971	0.101
17	145639.690	146043.140	0.277	1.122	0.110
18	111027.230	111996.900	0.873	2.002	0.111
19	115050.240	115725.370	0.587	1.202	0.111
20	135429.930	136444.830	0.749	1.072	0.110
		Average	0.605	1.797	0.106

จากตารางที่ 4.11 พบว่าต้นทุนรวมที่ได้จากวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและวิธี Branch and bound approach มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 0.605 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach และฮิวริสติก เท่ากับ 1.797 วินาที และ 0.106 วินาทีตามลำดับ

4.3.12 ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา

ทำการทดสอบปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา จำนวน 10 ปัญหา ซึ่งแต่ละปัญหาทดสอบจะมีข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกัน และทำการเปรียบเทียบคำตอบของวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอกับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) จากวิธี Branch and bound approach ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	150510.970	152037.820	1.014	2.423	0.170
2	198214.360	200796.240	1.303	5.027	0.160
3	173862.980	176141.310	1.310	9.073	0.170
4	184015.340	184246.300	0.126	4.647	0.160
5	189339.010	189984.460	0.341	2.436	0.160
6	188297.580	189649.040	0.718	3.445	0.160
7	168170.980	168834.450	0.395	3.495	0.160
8	186562.800	187233.400	0.359	3.866	0.170
9	152045.740	153849.670	1.186	5.712	0.170
10	170929.690	172274.590	0.787	3.255	0.160
11	178844.470	180276.900	0.801	5.027	0.170
12	160441.170	161629.530	0.741	22.432	0.160
13	180788.320	182100.870	0.726	1.602	0.161
14	159662.790	161433.380	1.109	5.278	0.160
15	170353.540	170744.600	0.230	2.013	0.170
16	196441.840	197389.730	0.483	4.106	0.170
17	195544.300	196847.110	0.666	7.431	0.161
18	158031.590	158231.300	0.126	1.562	0.150
19	155897.030	156366.710	0.301	7.050	0.160

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
20	136719.720	137003.660	0.208	1.702	0.160
		Average	0.646	5.079	0.163

จากตารางที่ 4.12 พบว่าต้นทุนรวมที่ได้จากวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและวิธี Branch and bound approach มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 0.646 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach และฮิวริสติก เท่ากับ 5.079 วินาที และ 0.163 วินาทีตามลำดับ

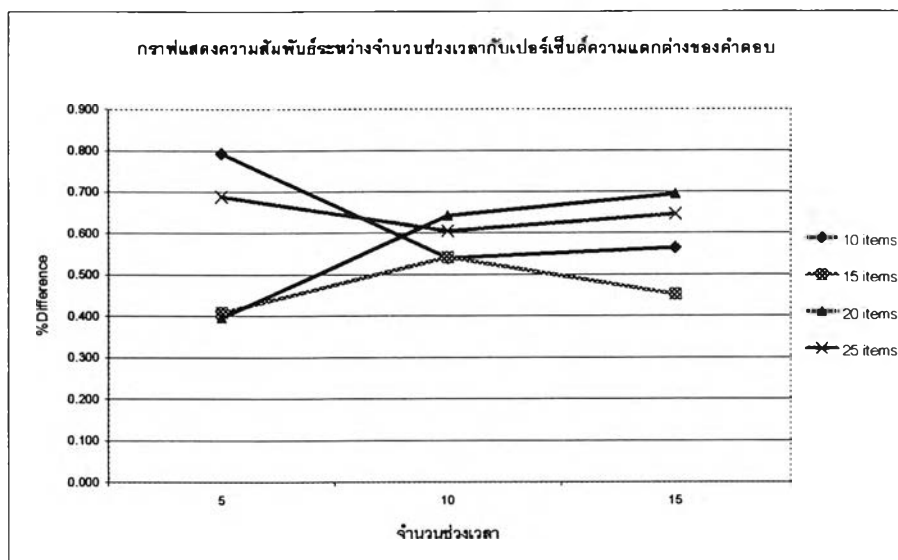
4.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบฮิวริสติก

ในการวิเคราะห์ผลการทดสอบฮิวริสติกจะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 แนวทาง คือ พิจารณาทางด้านคุณภาพของคำตอบ และพิจารณาทางด้านเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ ดังนี้

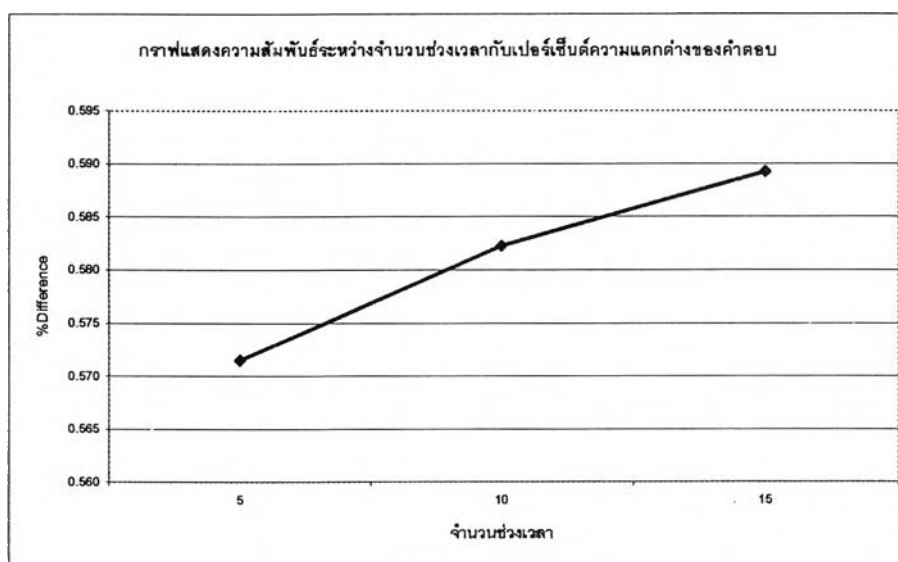
4.4.1 พิจารณาทางด้านคุณภาพของคำตอบ

ในการพิจารณาคุณภาพของคำตอบจะพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบ (%Difference) ระหว่างคำตอบของวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอ กับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) จากวิธี Branch and bound approach

4.4.1.1 พิจารณาคุณภาพของคำตอบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนช่วงเวลา



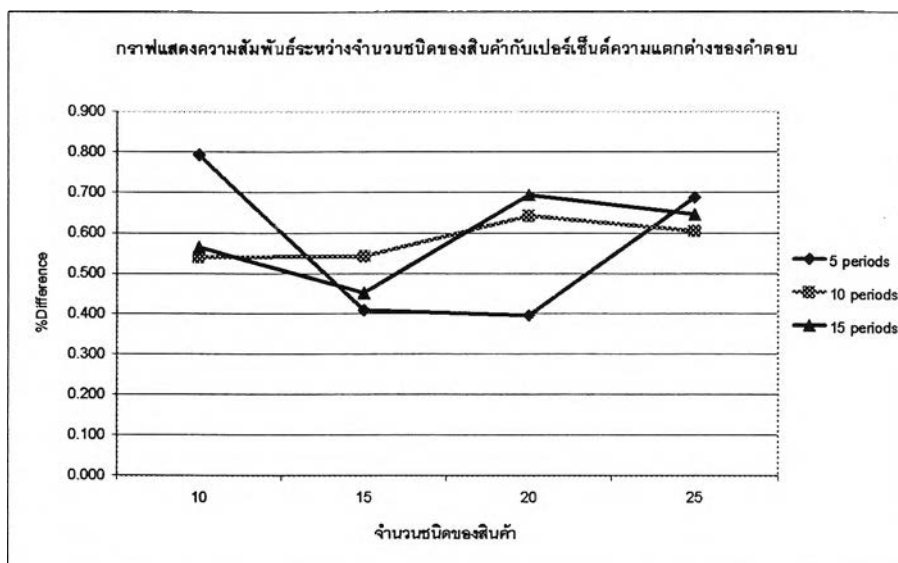
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่วงเวลากับเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบเมื่อพิจารณาแยกตามจำนวนชนิดของสินค้า



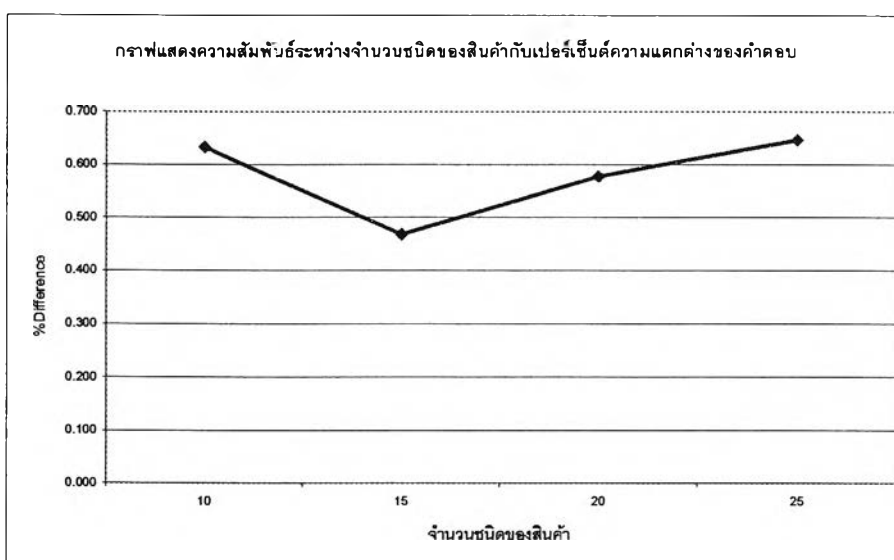
รูปที่ 4.2 กราฟสรุปความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่วงเวลากับเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบ

จากรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 พบว่าจำนวนช่วงเวลามีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบ เนื่องจากเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้นคือมีจำนวนช่วงเวลาเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

4.4.1.2 พิจารณาคุณภาพของคำตอบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนชนิดของสินค้า



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชนิดของสินค้ากับเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบเมื่อพิจารณาแยกตามจำนวนชนิดของสินค้า



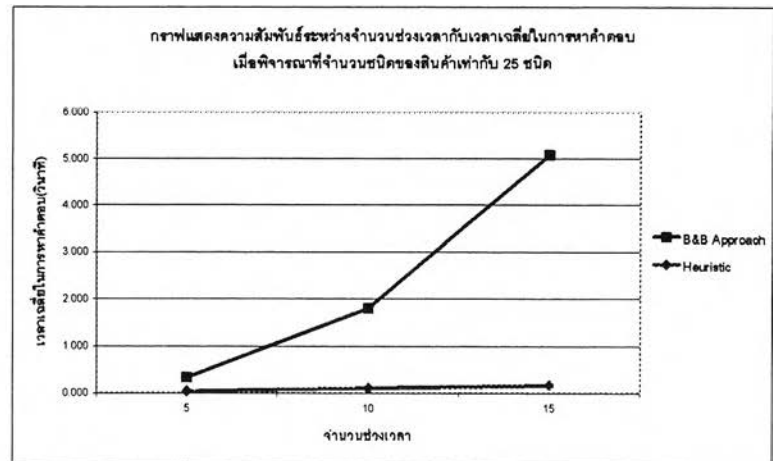
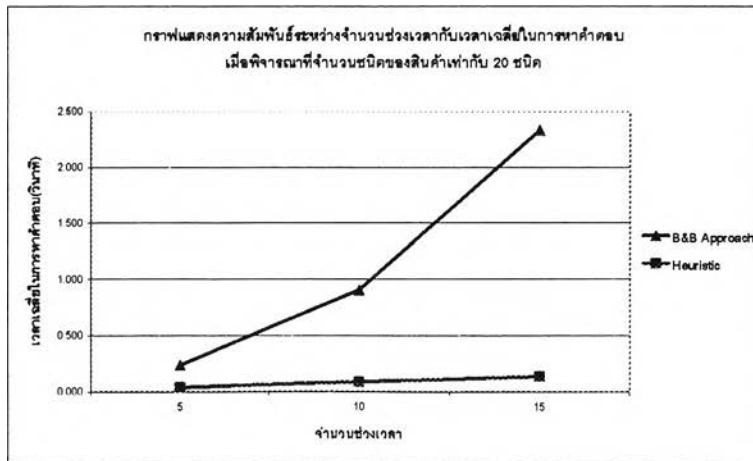
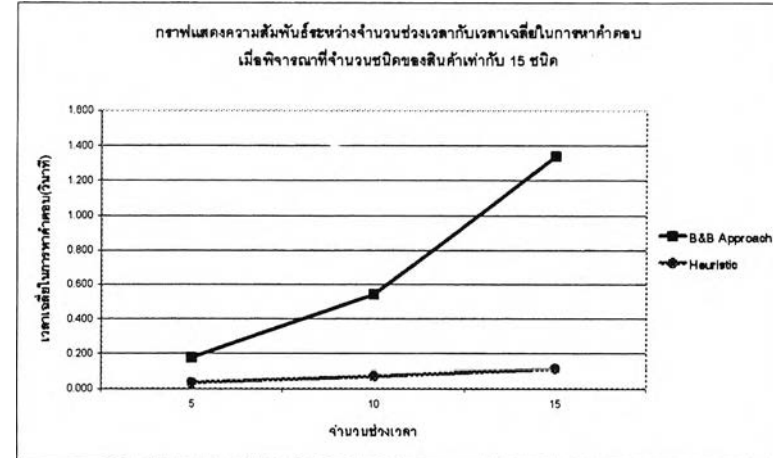
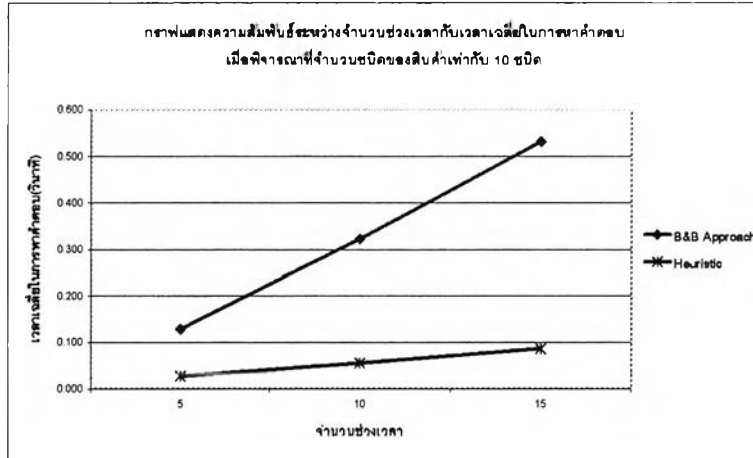
รูปที่ 4.4 กราฟสรุปความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชนิดของสินค้ากับเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบ

จากรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 เมื่อพิจารณาจากปัญหาทดสอบ โดยมีจำนวนชนิดของสินค้าอยู่ระหว่าง 10 ถึง 25 ชนิดสินค้า พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างจำนวนชนิดของสินค้ากับเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบ

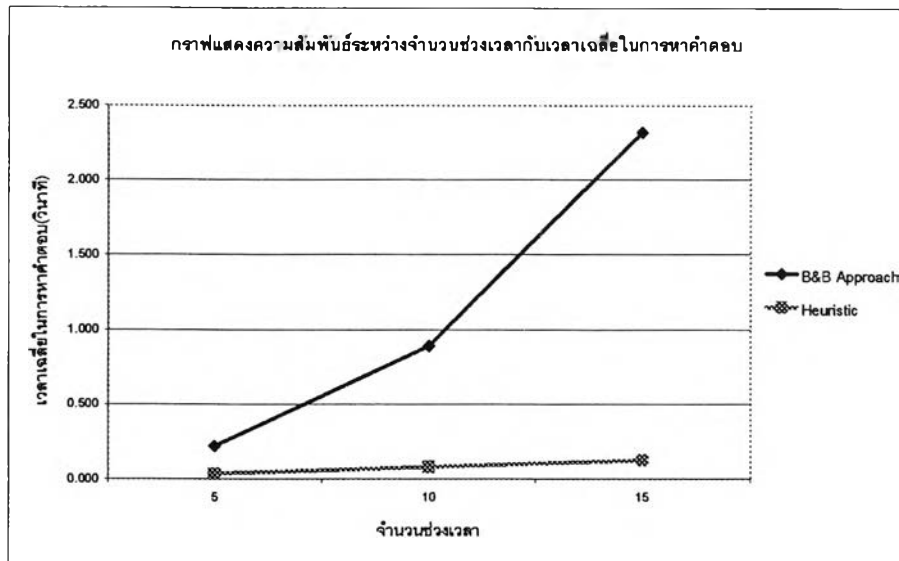
4.4.2 พิจารณาทางด้านเวลาในการหาคำตอบ

ในการพิจารณาคุณภาพของคำตอบจะพิจารณาจากเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบ (Average computational time) จากวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอ และวิธี Branch and bound approach

4.4.2.1 พิจารณาเวลาในการหาคำตอบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนช่วงเวลา



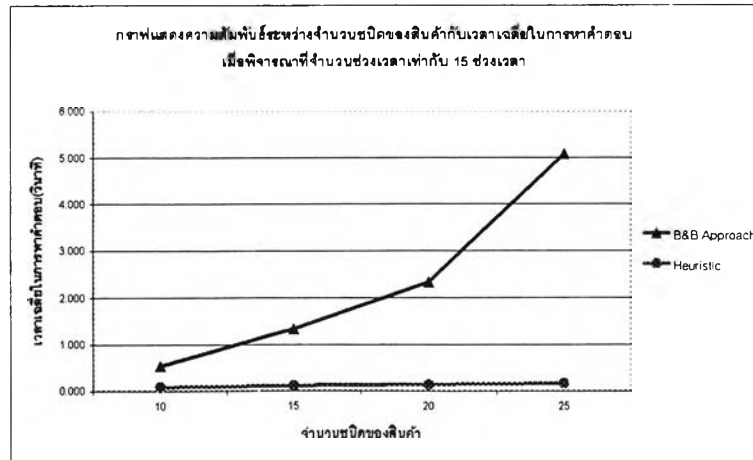
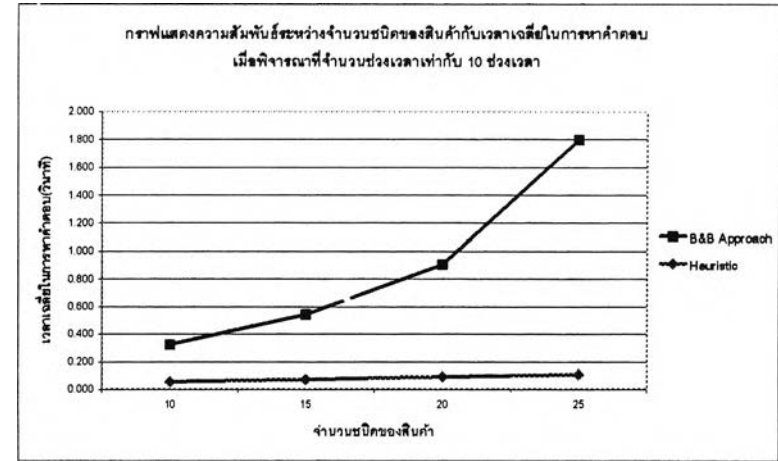
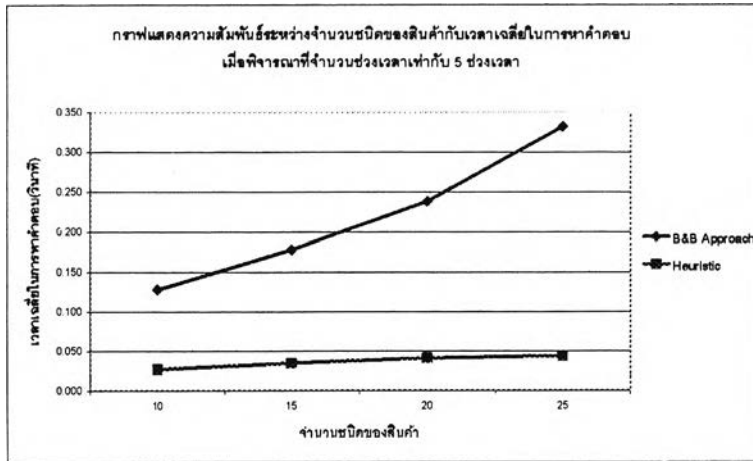
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่วงเวลากับเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบเมื่อพิจารณาแยกตามจำนวนชนิดของสินค้า



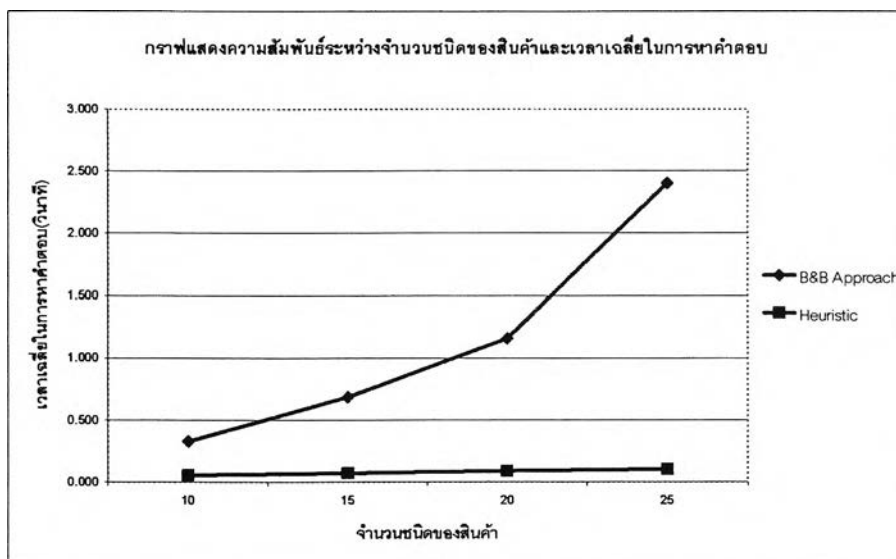
รูปที่ 4.6 กราฟสรุปความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่วงเวลากับเปอร์เซ็นต์เวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบ

จากรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 พบว่าเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้นคือมีจำนวนช่วงเวลาเพิ่มขึ้น เวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบของฮิวริสติกและวิธี Branch and bound approach จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แต่ลักษณะการเพิ่มขึ้นของเวลาทั้ง 2 วิธีมีความแตกต่างกัน คือ เวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบของฮิวริสติกเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่น้อยกว่าเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach

4.4.2.2 พิจารณาเวลาในการหาคำตอบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนชนิดของสินค้า



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชนิดของสินค้ากับเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบเมื่อพิจารณาแยกตามจำนวนช่วงเวลา



รูปที่ 4.8 กราฟสรุปความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชนิดของสินค้ากับเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบ

จากรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 พบว่าเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้นคือมีจำนวนชนิดของสินค้าเพิ่มขึ้น เวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบของฮิวริสติกและวิธี Branch and bound approach จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แต่ลักษณะการเพิ่มขึ้นของเวลาทั้ง 2 วิธีมีความแตกต่างกัน คือ เวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบของฮิวริสติกเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่น้อยกว่าเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach

และเมื่อพิจารณารูปที่ 4.5 ถึงรูปที่ 4.8 พบว่าจำนวนช่วงเวลาจะมีผลต่อเวลาในการหาคำตอบของทั้งสองวิธีมากกว่าจำนวนชนิดของสินค้า เนื่องจากความชันของเส้นกราฟของความสัมพันธระหว่างจำนวนช่วงเวลากับเวลาในการหาคำตอบจะมีค่ามากกว่าความชันของเส้นกราฟของความสัมพันธระหว่างจำนวนชนิดของสินค้ากับเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบ

4.5 การทดสอบผลของปัจจัยที่มีต่อคุณภาพและเวลาในการหาคำตอบของฮิวริสติก

ในการหาคำตอบของปัญหาการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่มีสินค้าคงคลังหลายชนิดโดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน พารามิเตอร์ที่จะต้องมีการป้อนค่านอกจากจำนวนชนิดของสินค้าและจำนวนช่วงเวลาแล้ว ยังมีอัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อ และอัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบผลของปัจจัยทั้งสองต่อคุณภาพและเวลาในการหาคำตอบของฮิวริสติกขึ้น

4.6 ปัญหาที่ใช้ในการทดสอบผลของปัจจัยที่มีต่อคุณภาพและเวลาในการหาคำตอบของฮิวริสติก

ปัญหาที่ใช้ในการทดสอบผลของปัจจัยที่มีต่อคุณภาพและเวลาในการหาคำตอบของฮิวริสติกได้จากการกำหนดพารามิเตอร์ในการสร้างข้อมูลนำเข้า โดยแสดงการกำหนดพารามิเตอร์ในการสร้างข้อมูลนำเข้าของแต่ละปัญหาทดสอบในภาคผนวก ก การสร้างข้อมูลนำเข้าของปัญหาทดสอบสามารถแบ่งตามจำนวนชนิดของสินค้าและจำนวนช่วงเวลา ดังนี้

- 1) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา
- 2) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา
- 3) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา
- 4) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 15 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา
- 5) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 15 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา
- 6) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 15 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา
- 7) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา
- 8) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา
- 9) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา
- 10) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา
- 11) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา
- 12) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา

โดยแต่ละปัญหาจะทำการทดสอบภายใต้อัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อที่แตกต่างกัน คือ

- 1) อัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อเท่ากับ 1.10
- 2) อัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อเท่ากับ 1.25
- 3) อัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อเท่ากับ 1.50

และทดสอบภายใต้อัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังที่แตกต่างกัน คือ

- 1) อัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเท่ากับ 50
- 2) อัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเท่ากับ 100

3) อัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเท่ากับ 150

4.7 ผลการทดสอบผลของปัจจัยที่มีต่อคุณภาพและเวลาในการหาคำตอบของฮิวริสติก

ทำการทดสอบปัญหาตามหัวข้อ 4.6 โดยแต่ละปัญหาทดสอบจะมีข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกัน จำนวนของปัญหาที่ทำการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 จำนวนของปัญหาที่ทำการทดสอบผลของปัจจัยที่มีต่อคุณภาพและเวลาในการหาคำตอบของฮิวริสติก

Prob.	s/c = 50			s/c = 100			s/c = 200		
	TC/TD			TC/TD			TC/TD		
	1.10	1.25	1.50	1.10	1.25	1.50	1.10	1.25	1.50
10x5	10	10	10	10	10	20	10	10	10
10x10	10	10	10	10	10	20	10	10	10
10x15	-	10	10	-	10	20	-	10	10
15x5	10	10	10	10	10	20	10	10	10
15x10	10	10	10	10	10	20	10	10	10
15x15	10	10	10	10	10	20	5	5	5
20x5	10	10	10	10	10	20	10	10	10
20x10	10	10	10	10	10	20	10	10	10
20x15	10	10	10	10	10	20	4	3	5
25x5	10	10	10	10	10	20	10	10	10
25x10	10	10	10	10	10	20	7	10	10
25x15	10	10	10	10	10	20	-	-	-

สำหรับปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนสินค้าคงคลังเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา โดยมีอัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อเท่ากับ 1.10 ไม่ได้ทำการทดสอบเนื่องจากไม่สามารถทำการสร้างข้อมูลนำเข้าได้ และสำหรับปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนสินค้าคงคลังเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา โดยมีอัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเท่ากับ 200 ไม่ได้ทำการทดสอบเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการคำนวณสูง

4.7.1 ตัวอย่างของผลการทดสอบ

ตัวอย่างของผลการทดสอบที่นำมาแสดงในที่นี้คือ ผลการทดสอบของปัญหาจำนวนสินค้าคงคลังเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา ภายใต้อัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อเท่ากับ 1.10 และภายใต้อัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเท่ากับ 50 โดยทำการทดสอบและทำการเปรียบเทียบคำตอบของวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอกับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) จากวิธี Branch and bound approach ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.14 โดยผลการทดสอบของปัญหาทดสอบอื่นๆ แสดงในภาคผนวก ค

ตารางที่ 4.14 ตัวอย่างของผลการทดสอบผลของปัจจัยที่มีต่อคุณภาพและเวลาในการหาคำตอบของฮิวริสติก

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	26959.380	27006.860	0.176	0.130	0.020
2	23943.740	23943.740	0.000	0.070	0.030
3	35875.060	35875.060	0.000	0.090	0.020
4	24021.000	24021.000	0.000	0.070	0.020
5	35957.520	35957.520	0.000	0.080	0.020
6	21441.340	21441.340	0.000	0.130	0.020
7	18237.520	18237.520	0.000	0.070	0.020
8	21302.960	21302.960	0.000	0.100	0.020
9	29517.580	29517.580	0.000	0.080	0.020
10	30123.300	30123.300	0.000	0.100	0.020
		Average	0.018	0.092	0.021

จากตารางที่ 4.53 พบว่าต้นทุนรวมที่ได้จากวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและวิธี Branch and bound approach มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 0.018 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach และฮิวริสติกเท่ากับ 0.092 วินาที และ 0.021 วินาทีตามลำดับ

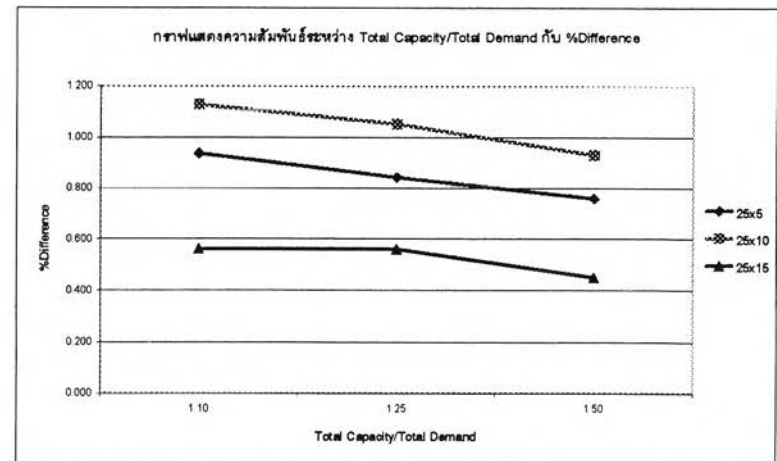
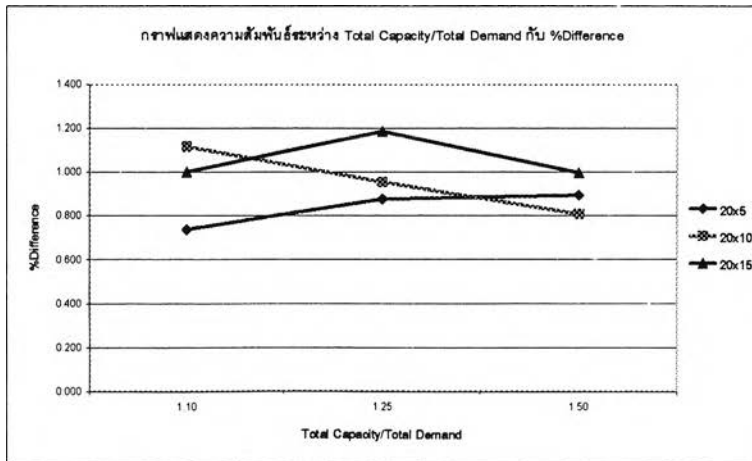
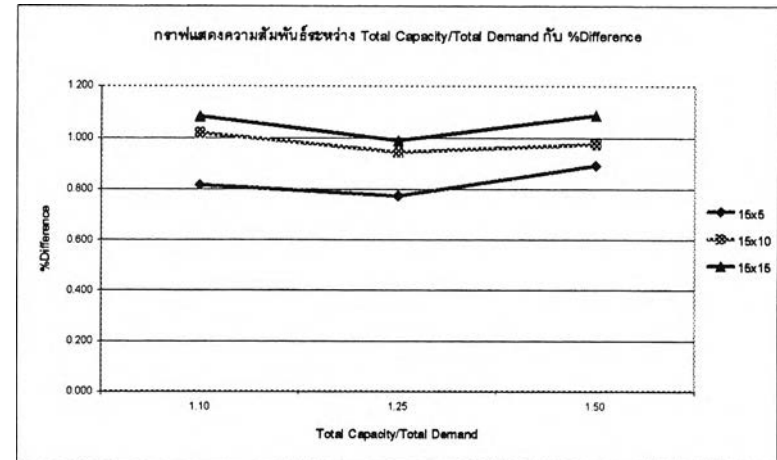
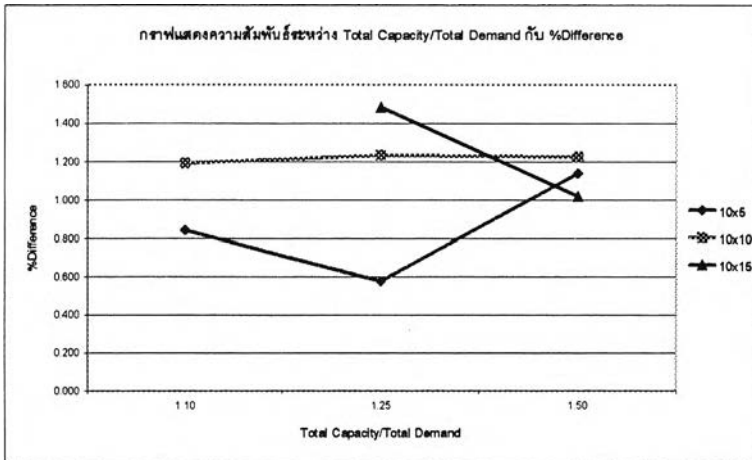
4.8 การวิเคราะห์ผลของปัจจัยที่มีต่อคุณภาพและเวลาในการหาคำตอบของฮิวริสติก

ในการวิเคราะห์ผลของปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและเวลาในการหาคำตอบของฮิวริสติกจะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 แนวทาง คือ พิจารณาผลของปัจจัยที่มีต่อคุณภาพของคำตอบ และพิจารณาผลของปัจจัยที่มีต่อเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ ดังนี้

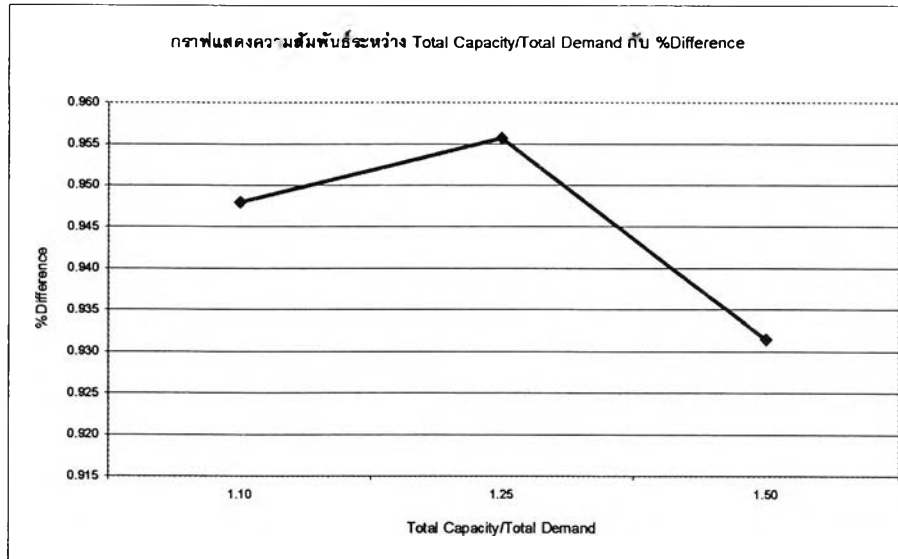
4.8.1 พิจารณาผลของปัจจัยที่มีต่อคุณภาพของคำตอบ

ในการพิจารณาผลของปัจจัยที่มีต่อคุณภาพของคำตอบ จะแบ่งการพิจารณาดังนี้

4.8.1.1 พิจารณาอัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อที่มีต่อคุณภาพของคำตอบ



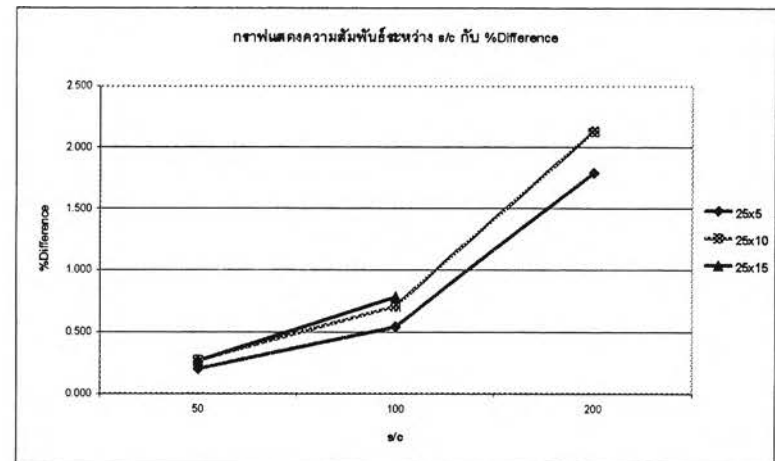
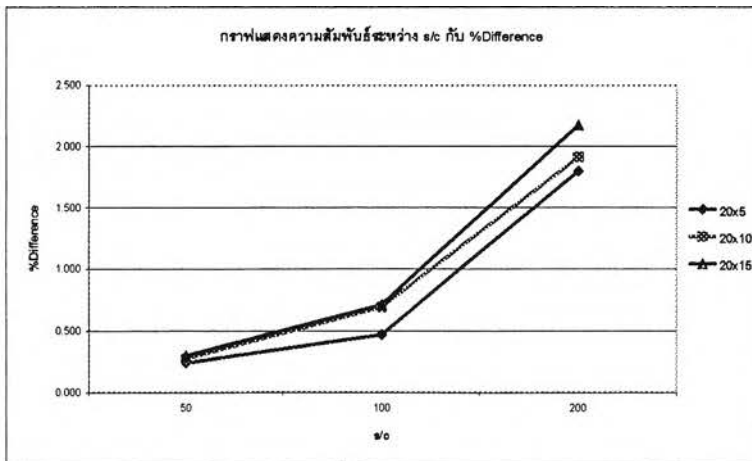
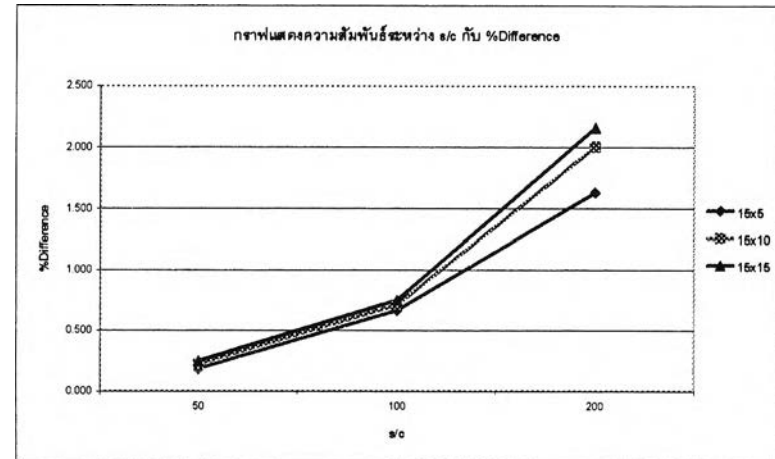
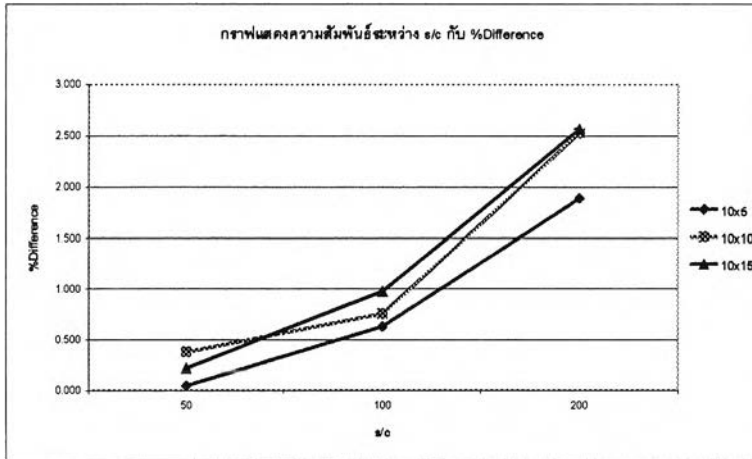
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อ กับเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบเมื่อพิจารณาปัญหาทดสอบขนาดต่างๆ



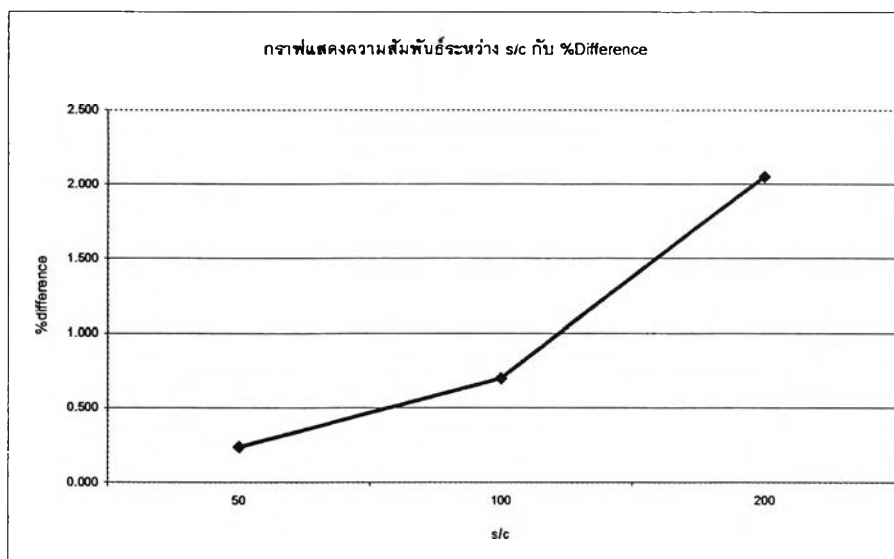
รูปที่ 4.10 กราฟสรุปความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อกับเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบ

จากกราฟรูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อกับเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน

4.8.1.2 พิจารณาอัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุดังคลั่งที่มีต่อคุณภาพของคำตอบ



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุดังคล้ง กับเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบเมื่อพิจารณาปัญหาทดสอบขนาดต่างๆ



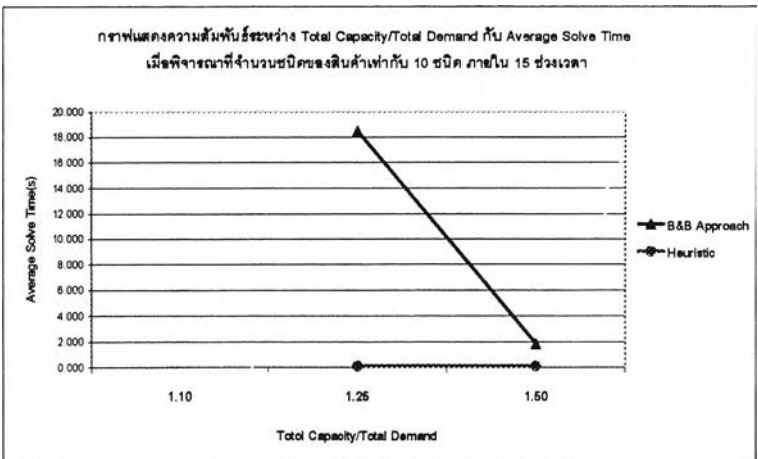
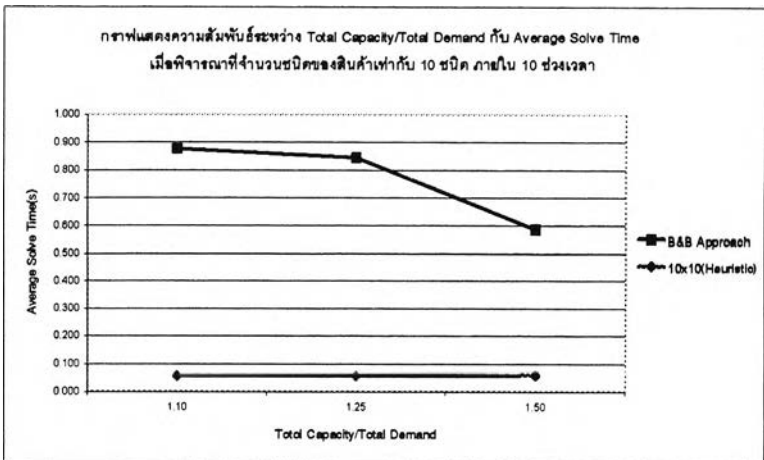
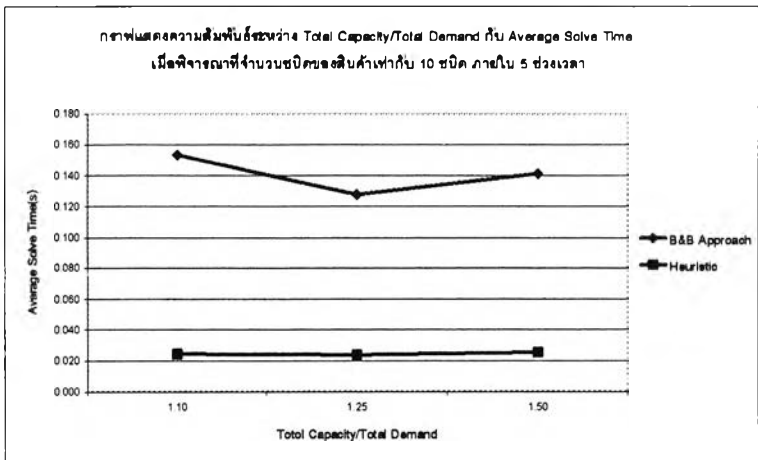
รูปที่ 4.12 กราฟสรุปความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังกับเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบ

จากรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 พบว่าอัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบ เนื่องจากเมื่ออัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นผลมาจากเมื่ออัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเพิ่มขึ้น การลดต้นทุนในการสั่งซื้อด้วยการลดจำนวนครั้งในการสั่งซื้อลงจะส่งผลให้สามารถลดต้นทุนรวมลงได้เพิ่มขึ้น ดังนั้นการย้ายปริมาณสินค้าด้วยปริมาณสินค้าทั้งหมดในช่วงเวลาที่กำลังพิจารณาจากวิธีการฮิวริสติกที่นำเสนออาจจะไม่สามารถลดจำนวนครั้งในการสั่งซื้อให้น้อยที่สุดได้ เพราะการย้ายปริมาณสินค้าทั้งหมดในช่วงเวลาที่กำลังพิจารณานั้นจะทำได้เมื่อข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่เหลือในช่วงเวลาข้างหน้าในช่วงเวลาที่จะย้ายปริมาณสินค้าไปรวมมีค่ามากกว่าปริมาณการสั่งซื้อที่จะย้ายไปเท่านั้น ซึ่งถ้าปริมาณการสั่งซื้อมีค่ามากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่เหลือเพียงเล็กน้อยก็ไม่สามารถทำการย้ายปริมาณสินค้าได้ จึงทำให้ขาดโอกาสในการลดจำนวนครั้งในการสั่งซื้อไปต้นทุนที่ลดลงไปจึงมีค่าไม่มากนัก

4.8.2 พิจารณาผลของปัจจัยที่มีต่อเวลาในการหาคำตอบ

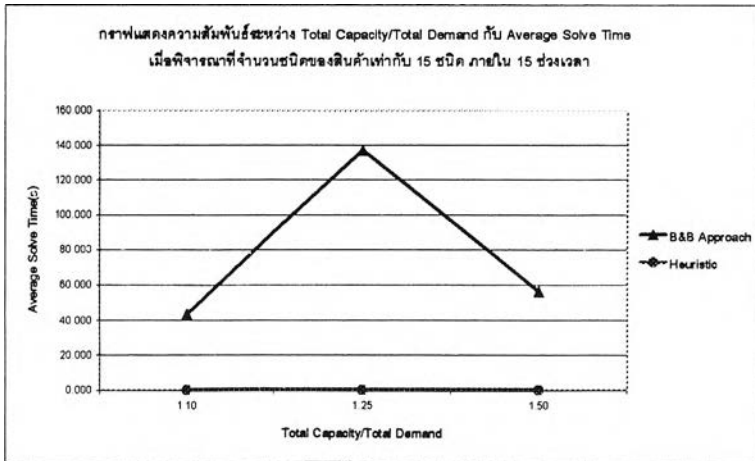
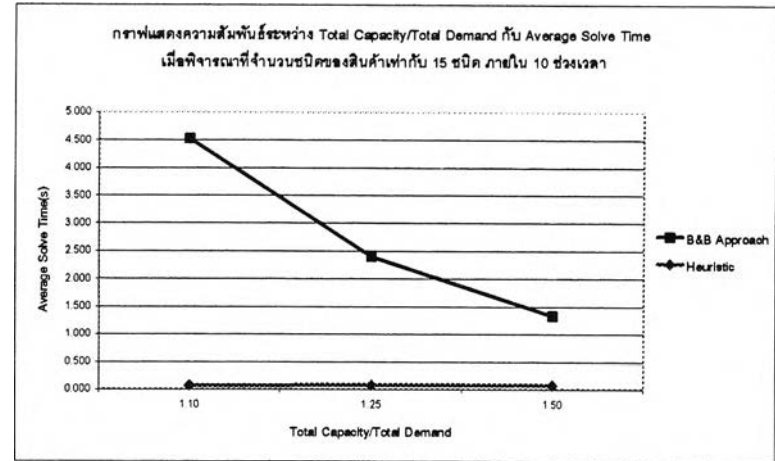
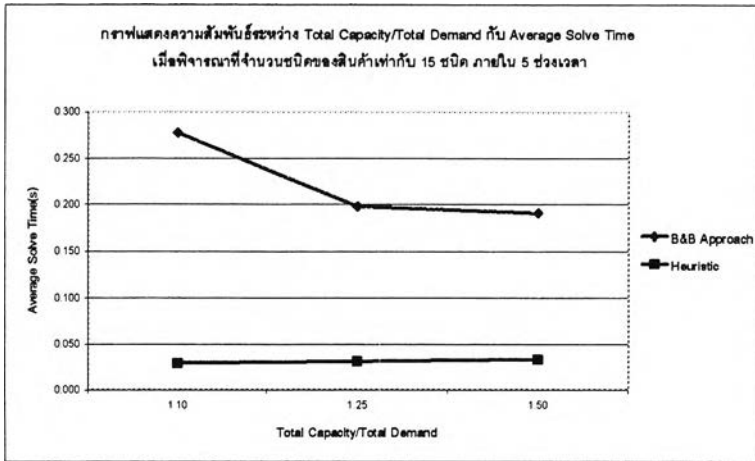
ในการพิจารณาผลของปัจจัยที่มีต่อเวลาในการหาคำตอบ จะแบ่งการพิจารณาดังนี้

4.8.2.1 พิจารณาอัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อที่มีต่อเวลาในการหาคำตอบ

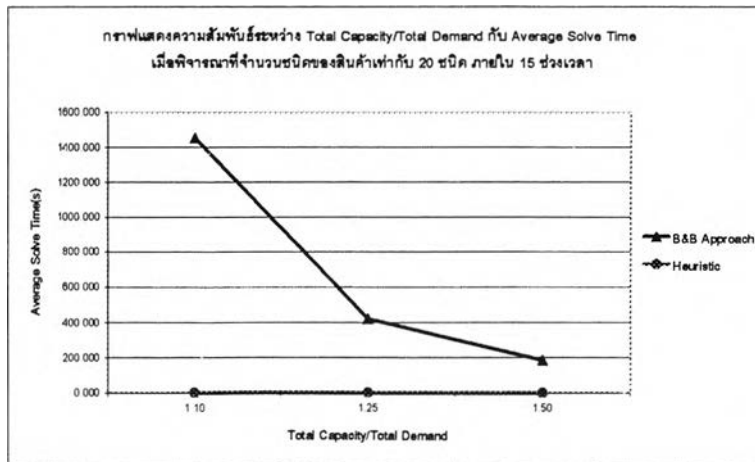
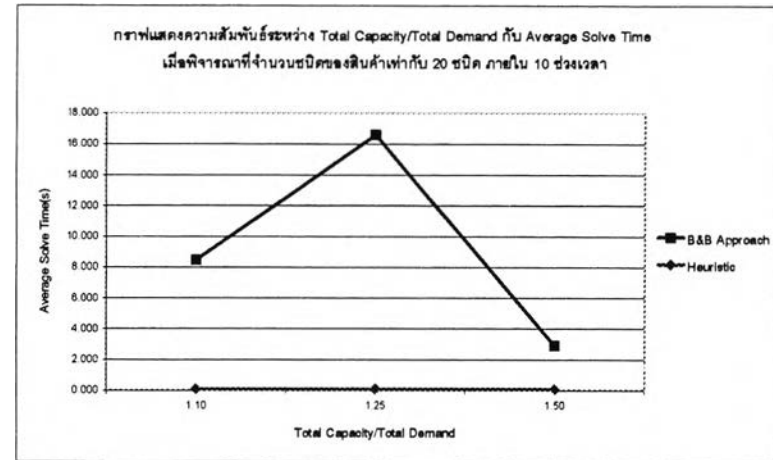
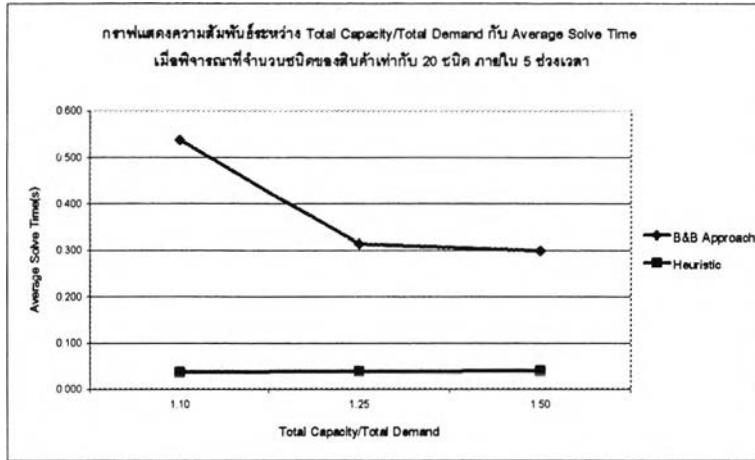


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อ กับเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบเมื่อพิจารณาที่ จำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 5 10 และ 15 ช่วงเวลา

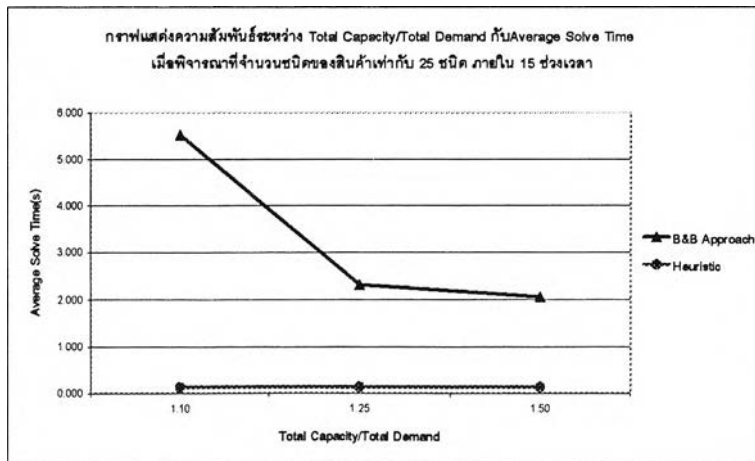
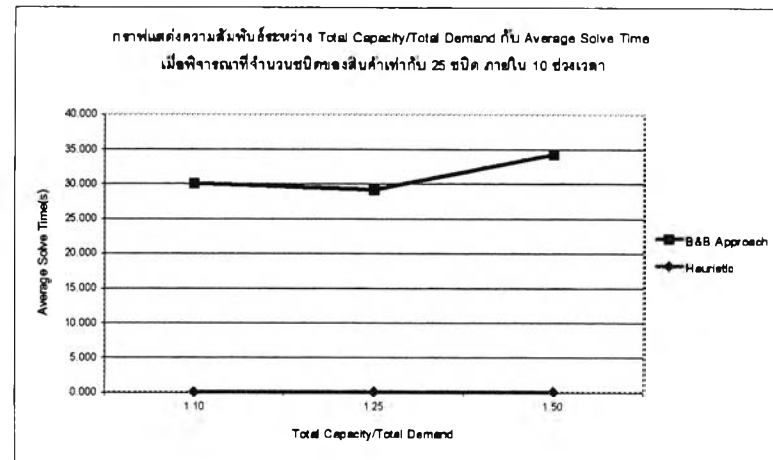
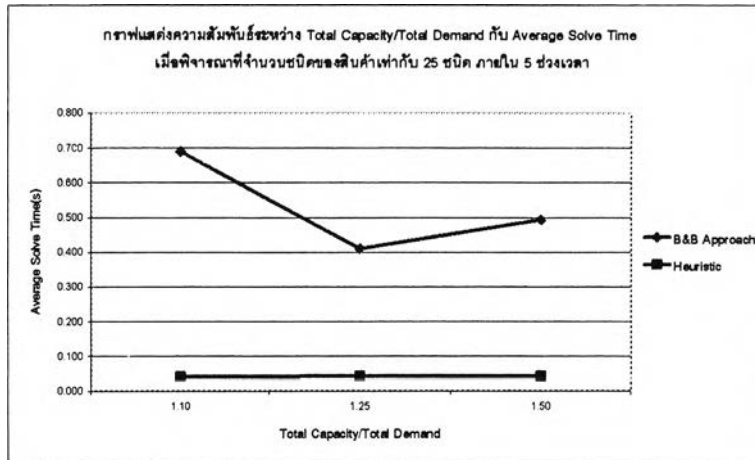




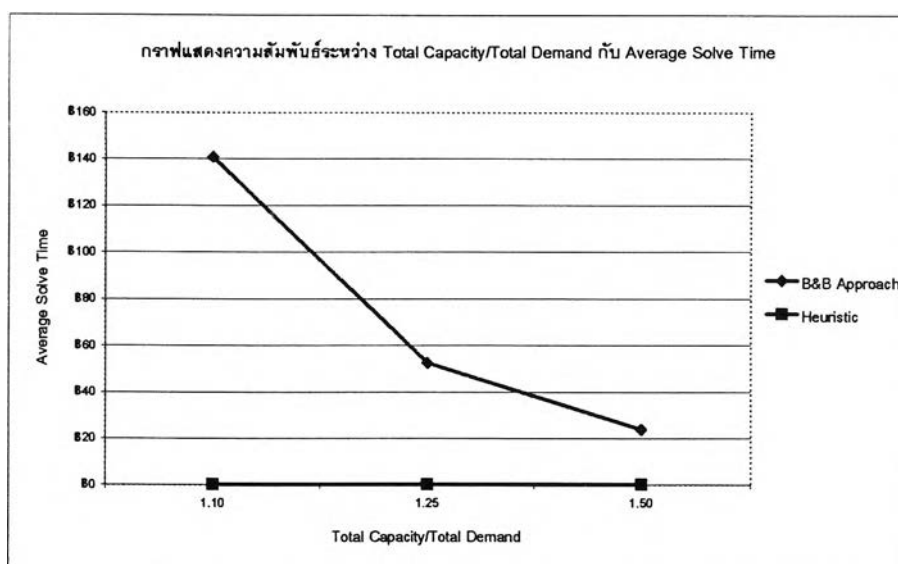
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อกับเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบเมื่อพิจารณาที่ จำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 15 ชนิด ภายใน 5 10 และ 15 ช่วงเวลา



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อ กับเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบเมื่อพิจารณาที่ จำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 5 10 และ 15 ช่วงเวลา



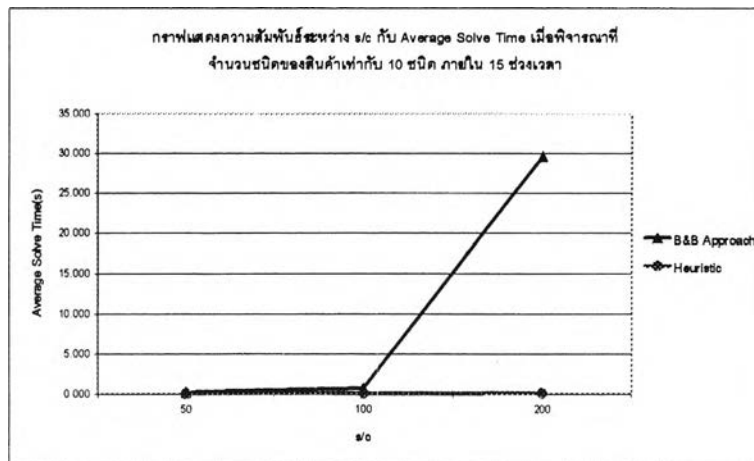
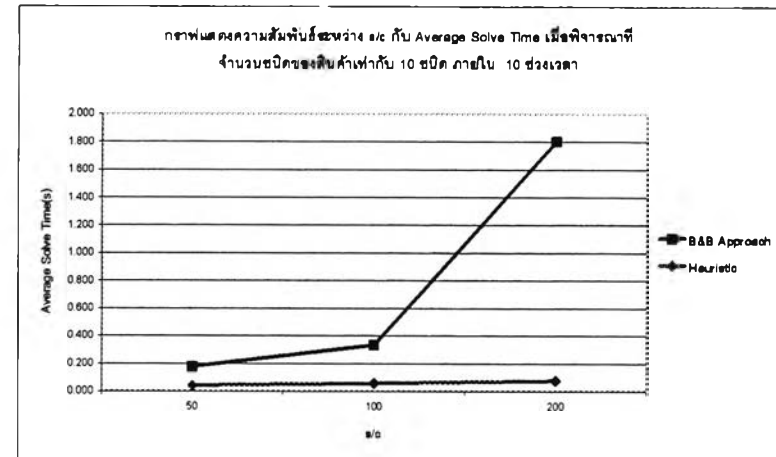
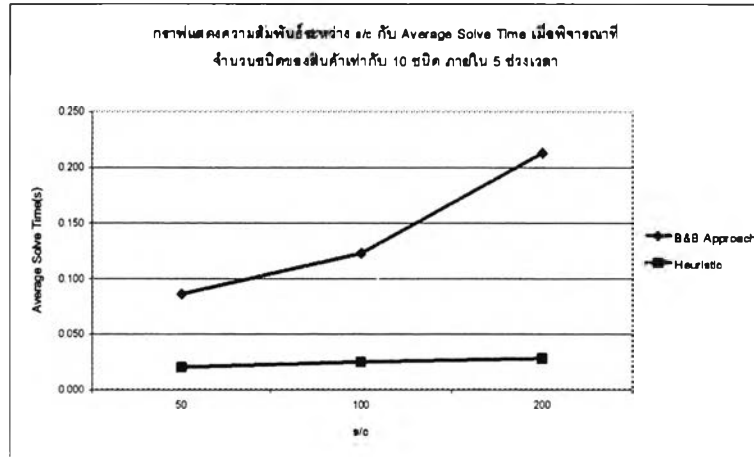
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อ กับเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบเมื่อพิจารณาที่ จำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 5 10 และ 15 ชั่วโมง



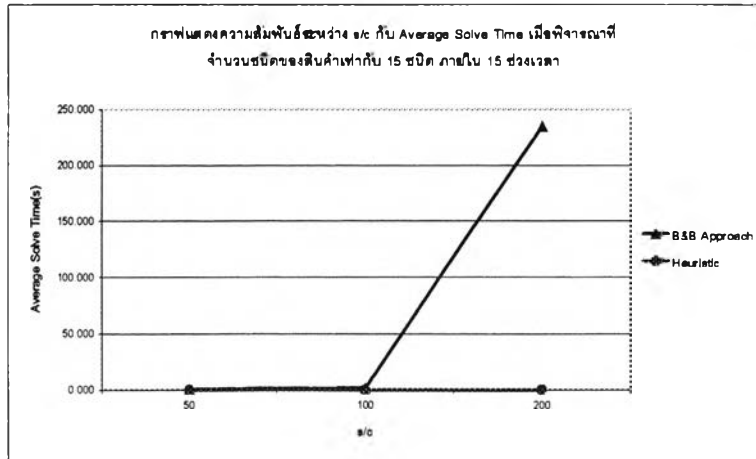
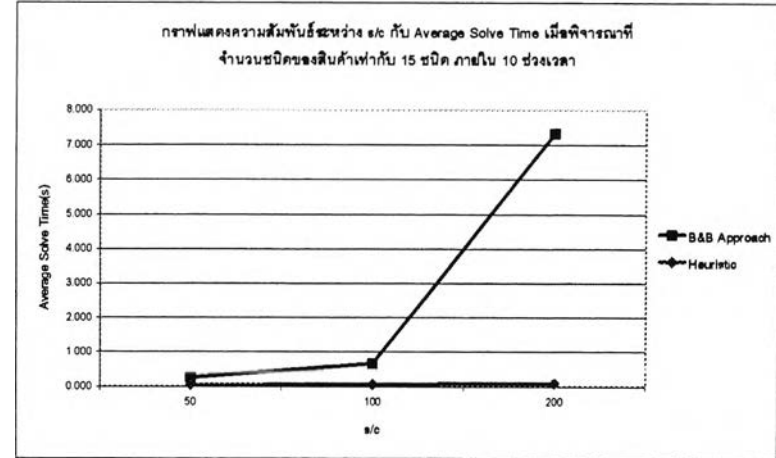
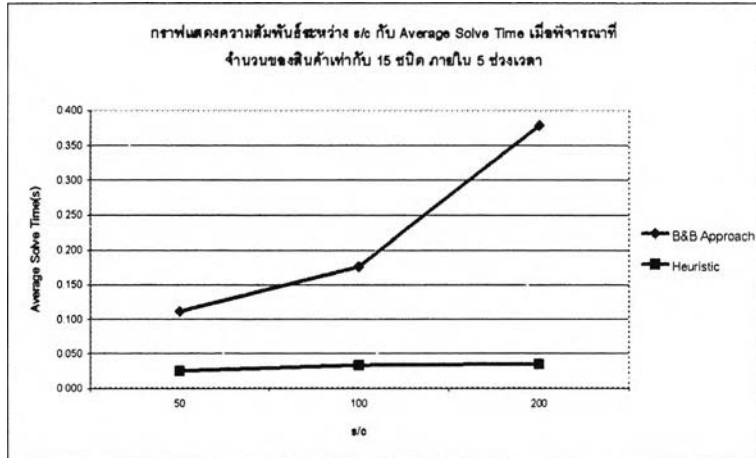
รูปที่ 4.17 กราฟสรุปความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อกับเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบ

จากรูปที่ 4.13 ถึงรูปที่ 4.17 พบว่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อมีความสัมพันธ์กับเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบ แต่ความสัมพันธ์จะมีความแตกต่างกันใน 2 วิธีการ คือ ในวิธีการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach เมื่ออัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อเพิ่มขึ้น เวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบจะมีค่าลดลง เนื่องจากเมื่ออัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อเพิ่มขึ้นจะทำให้ปัญหาลดความซับซ้อนลงเวลาในการหาคำตอบจึงลดลง แต่ในวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก เมื่ออัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อเพิ่มขึ้น เวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบจะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากวิธีการในการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอ คือ เมื่ออัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อมีค่ามากขึ้น โอกาสที่ปริมาณความต้องการจะถูกย้ายไปยังช่วงเวลาก่อนหน้าจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นเวลาในการหาคำตอบจึงเพิ่มขึ้น

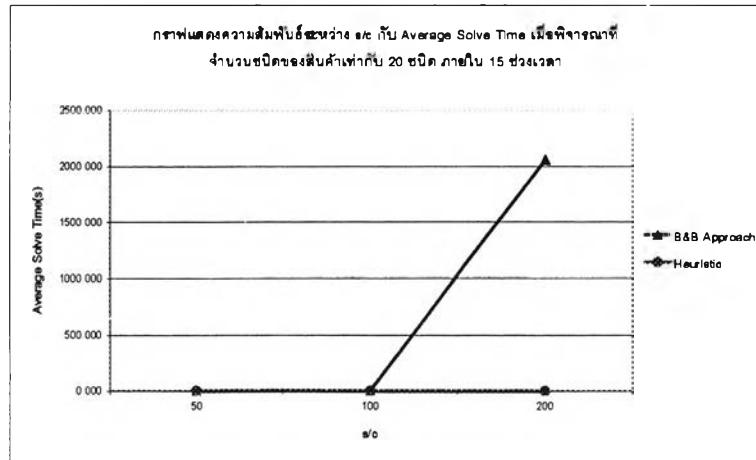
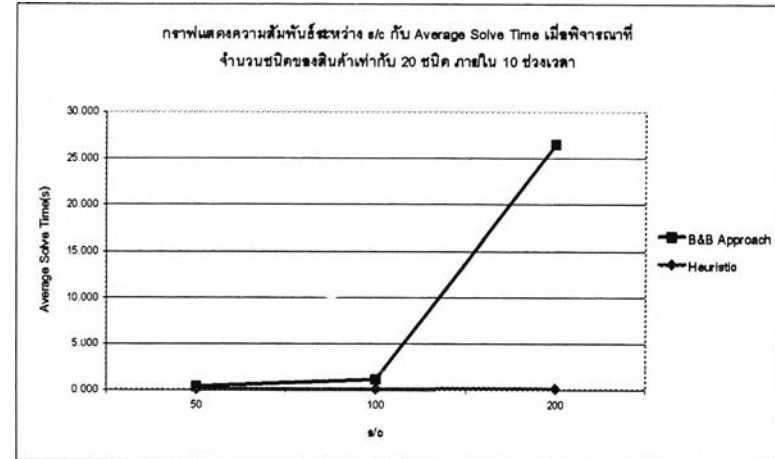
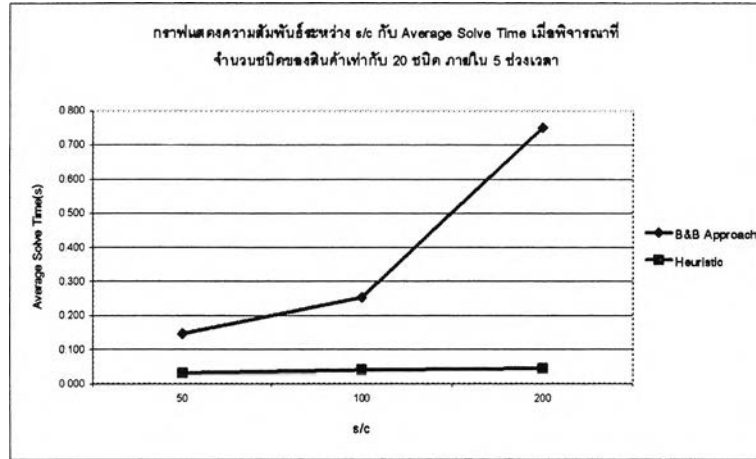
4.8.2.2 พิจารณาอัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังที่มีต่อเวลาในการหาคำตอบ



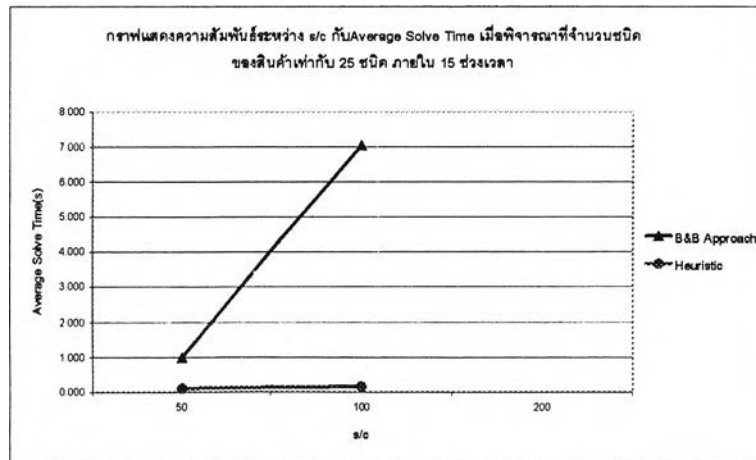
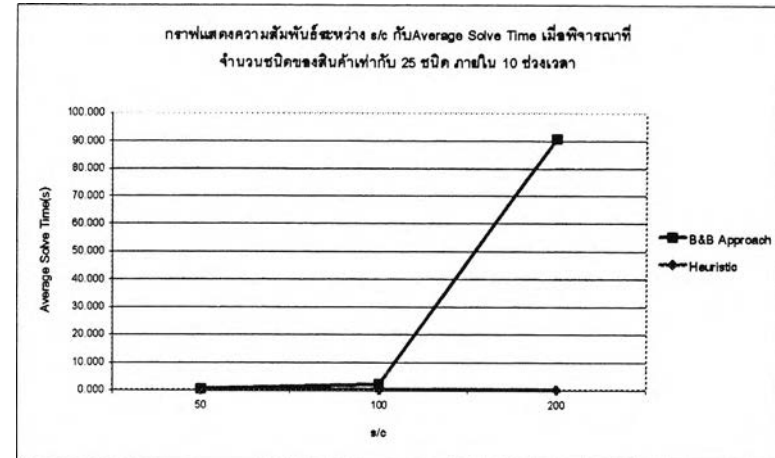
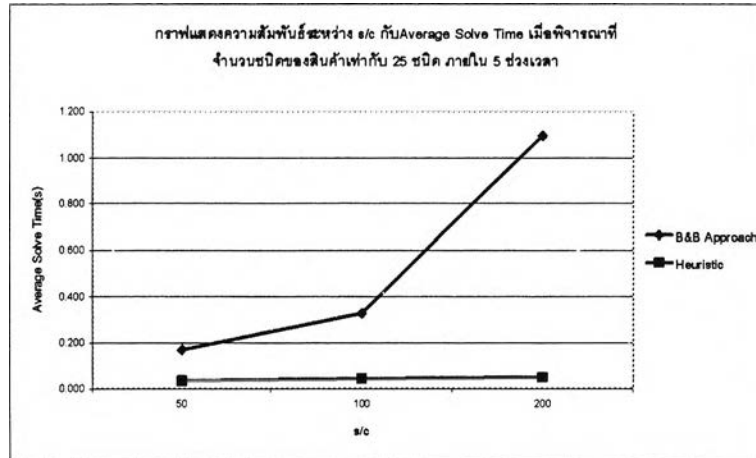
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังกับเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบเมื่อพิจารณาที่ จำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 5 10 และ 15 ช่วงเวลา



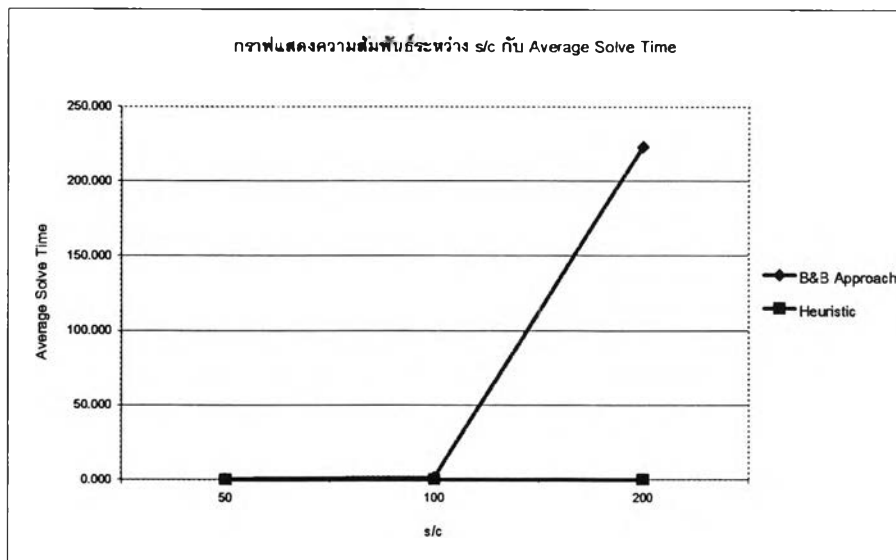
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังกับเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบเมื่อพิจารณาที่ จำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 15 ชนิด ภายใน 5 10 และ 15 ช่วงเวลา



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังกับเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบเมื่อพิจารณาที่ จำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 5 10 และ 15 ช่วงเวลา



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังกับเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบเมื่อพิจารณาที่ จำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 25 ชนิด ภายใน 5 10 และ 15 ชั่วโมงเวลา



รูปที่ 4.22 กราฟสรุปความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังกับเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบ

จากรูปที่ 4.18 ถึงรูปที่ 4.22 พบว่าในวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกและวิธี Branch and bound approach อัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังมีความสัมพันธ์กับเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบ เนื่องจากเมื่ออัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเพิ่มขึ้น เวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบจะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของเวลาในการหาคำตอบของวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกเป็นผลมาจากวิธีการในการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่น่าเสนาห คือ เมื่ออัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเพิ่มขึ้น จะทำให้จำนวนรอบในการคำนวณซ้ำเพิ่มขึ้นจึงทำให้เวลาในการหาคำตอบเพิ่มขึ้น และในการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach เมื่ออัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเพิ่มขึ้น จะทำให้ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น จึงทำให้เวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบเพิ่มขึ้น แต่ลักษณะการเพิ่มขึ้นของเวลาทั้ง 2 วิธีมีความแตกต่างกัน คือ เวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบของฮิวริสติกเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่น้อยกว่าเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบของวิธี Branch and bound approach

4.9 ปัญหาทดสอบที่วิธี Branch and bound approach ใช้เวลาในการคำนวณสูง

จากการทดสอบพบว่าวิธีการ Branch and bound approach ใช้เวลาในการคำนวณสูงมากกับบางปัญหาทดสอบ ทำให้วิธีการนี้ไม่เหมาะสมในการนำไปใช้ในการทำงานจริง โดยตัวอย่างที่นำมาแสดงในที่นี้คือ ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา ภายใต้อัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อเท่ากับ 1.50 และภายใต้อัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเท่ากับ 200

ตารางที่ 4.15 ตัวอย่างผลการทดสอบของปัญหาทดสอบที่ใช้เวลาในการคำนวณสูง

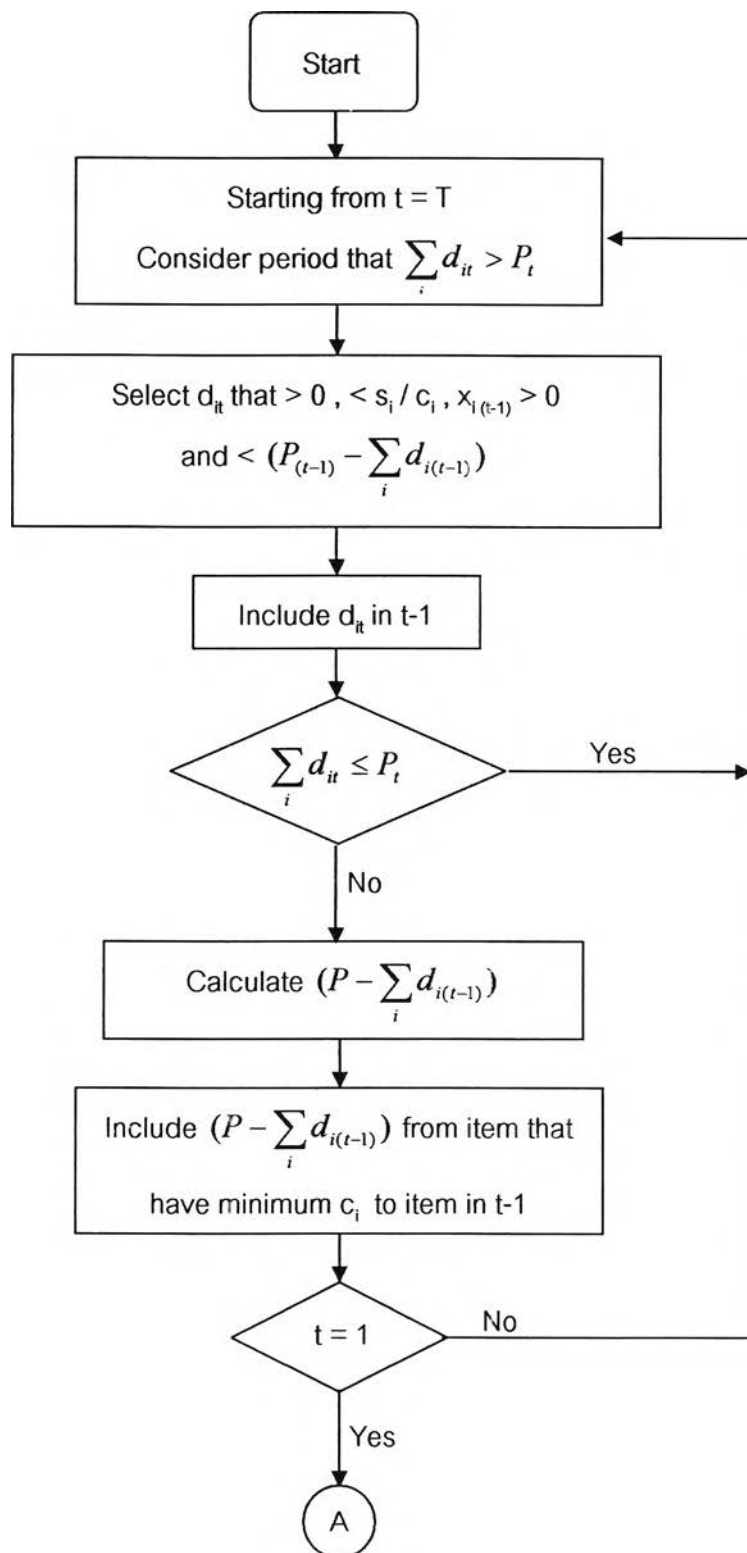
No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	123807.235	126243.100	1.967	97.881	0.200
2	113339.220	114846.925	1.330	1087.430	0.200
3	132808.115	136664.685	2.904	314.254	0.200
4	114836.025	116810.035	1.719	753.534	0.200
5	127022.610	129183.245	1.701	526.657	0.200
		Average	1.924	555.951	0.200

จากตารางที่ 4.15 พบว่าวิธี Branch and bound approach ใช้เวลาในการหาคำตอบสูงที่สุดประมาณ 18 นาที และเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบประมาณ 9 นาที โดยสูงกว่าวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกประมาณ 2,780 เท่า และนอกจากนี้ปัญหาที่ใช้เวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบมากกว่า 6 ชั่วโมง คือ ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา ภายใต้อัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อเท่ากับ 1.50 และภายใต้อัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเท่ากับ 50 100 และ 200 และปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 20 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา ภายใต้อัตราส่วนระหว่างผลรวมของข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพกับผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อเท่ากับ 1.10 1.25 และ 1.50 และภายใต้อัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเท่ากับ 200

4.10 การทดสอบฮิวริสติกสำหรับปัญหาทดสอบที่มีผลรวมของปริมาณความต้องการของสินค้าในบางช่วงเวลามากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพ

ปริมาณความต้องการของสินค้าของปัญหาการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่มีสินค้าคงคลังหลายชนิดโดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพรวมกันจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ผลรวมของปริมาณความต้องการของสินค้าในแต่ละช่วงเวลามีค่าน้อยกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่กำหนด และผลรวมของปริมาณความต้องการของสินค้าในบางช่วงเวลามีค่ามากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่กำหนด ซึ่งจากการทดสอบที่ผ่านมาปัญหาที่ใช้ในการทดสอบจะเป็นปัญหาที่มีผลรวมของปริมาณความต้องการสินค้าในแต่ละช่วงเวลามีค่าน้อยกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่กำหนด ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของฮิวริสติกกับปัญหาทดสอบที่มีผลรวมของปริมาณความต้องการของสินค้าในบางช่วงเวลามีค่ามากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่กำหนด

เนื่องจากกระบวนการทำงานของฮิวริสติกที่ได้นำเสนอไปแล้วในบทที่ 3 เมื่อนำมาใช้แก้ปัญหา CMLSP ที่มีผลรวมของปริมาณความต้องการของสินค้าในบางช่วงเวลามีค่ามากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่กำหนด ในบางปัญหาจะไม่สามารถกำจัดปริมาณความต้องการที่เกินข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่กำหนดได้ ซึ่งเกิดจากข้อจำกัดของวิธีการที่นำเสนอในขั้นตอนของการย้ายปริมาณสินค้าที่ต้องทำการย้ายปริมาณสินค้าทั้งหมดในช่วงเวลาที่กำลังพิจารณาอยู่ไปยังช่วงเวลาก่อนหน้า เนื่องจากถ้าช่วงเวลาก่อนหน้าที่ต้องการจะย้ายปริมาณสินค้าไปรวมอยู่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่เหลืออยู่น้อยกว่าปริมาณที่ต้องการจะย้ายไปรวมจะทำให้ไม่สามารถย้ายปริมาณสินค้าไปรวมได้ และถ้าปริมาณที่ต้องการจะย้ายไปรวมนั้นเป็นปริมาณที่เมื่อทำการย้ายไปรวมยังช่วงเวลาก่อนหน้าแล้วจะทำให้สามารถกำจัดปริมาณความต้องการที่เกินอยู่ช่วงเวลาที่กำลังพิจารณานั้นได้ วิธีการที่นำเสนอก็ไม่สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงได้ทำการปรับปรุงวิธีการที่ได้นำเสนอไปแล้วเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โดยหลักการแก้ปัญหาที่เพิ่มเข้ามามีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 4.1 หลักการกำจัดผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อที่มากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพ

โดยมีรายละเอียดของการทำงานดังนี้

- 1) เริ่มต้นพิจารณาที่ช่วงเวลาสุดท้าย ($t = T$) โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาที่มีผลรวมของปริมาณความต้องการสินค้ามากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่กำหนด
- 2) ทำการพิจารณาปริมาณความต้องการสินค้าของสินค้าแต่ละชนิดในช่วงเวลานั้น โดยจะนำปริมาณความต้องการสินค้าที่มากกว่า 0 และน้อยกว่า s_t / c_t ของสินค้าชนิดนั้น และน้อยกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่เหลือในช่วงเวลาที่ $t-1$ และปริมาณความต้องการสินค้าในช่วงเวลายกหน้าของสินค้าชนิดเดียวกันมีค่ามากกว่า 0 ไปรวมกับปริมาณความต้องการสินค้าชนิดเดียวกันในช่วงเวลาที่ $t-1$ นั้น
- 3) ตรวจสอบว่าผลรวมของปริมาณความต้องการสินค้าในช่วงเวลานั้นยังมากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่กำหนดอยู่หรือไม่ ถ้ามากกว่าให้คำนวณปริมาณความต้องการสินค้าที่เกินข้อจำกัดนั้น และหักปริมาณที่เกินที่คำนวณได้ออกจากปริมาณความต้องการสินค้าที่มีต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุดังกล่าวที่น้อยที่สุด และนำไปรวมกับปริมาณการความต้องการสินค้าในช่วงเวลาที่ $t-1$
- 4) พิจารณาในช่วงเวลายกหน้าถัดไป โดยทำซ้ำข้อ 1-3 จนครบทุกช่วงเวลา
- 5) จากนั้นจึงทำการย้ายปริมาณสินค้าด้วยหลักการที่นำเสนอในบทที่ 3 ต่อไป (จากรูปที่ 4.1 A คือ หลักการย้ายปริมาณสินค้าที่นำเสนอในบทที่ 3)

4.11 ตัวอย่างการคำนวณปัญหาทดสอบที่มีผลรวมของปริมาณความต้องการของสินค้าในบางช่วงเวลามากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพ

ข้อมูลนำเข้าของปัญหาตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ข้อมูลนำเข้าของปัญหาตัวอย่างที่มีผลรวมของปริมาณความต้องการของสินค้าในบางช่วงเวลามากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพ

Item\Period	T1	T2	T3	T4	T5	T6	s	c	s/c
I1	59	63	59	85	14	96	515	5.15	100
I2	48	62	118	32	67	110	954	9.54	100
I3	260	36	345	286	190	86	386	3.86	100
total	367	161	522	403	271	292	Total Cost =		
cap	504	504	504	504	504	504	11130		

จากข้อมูลนำเข้าของปัญหาตัวอย่างที่สร้างขึ้น เริ่มต้นพิจารณาที่ช่วงเวลาสุดท้าย ($t = T$) พบว่าช่วงเวลาที่มีผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อมากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่กำหนด คือ ช่วงเวลาที่ 3 จึงพิจารณาปริมาณความต้องการสินค้าของสินค้าแต่ละชนิดในช่วงเวลาที่ 3 นั้น พบว่าปริมาณความต้องการสินค้าชนิดที่ 1 มีค่ามากกว่า 0 และน้อยกว่า s_1 / c_1 ของสินค้าชนิดนั้น และน้อยกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่เหลือในช่วงเวลาที่ $t-1$ จึงนำปริมาณความต้องการสินค้าชนิดที่ 1 นี้ไปรวมกับปริมาณการสั่งซื้อของสินค้าชนิดเดียวกันในช่วงเวลาที่ 2

ตารางที่ 4.17 ผลของการย้ายปริมาณความต้องการสินค้าจากช่วงเวลา 3 ไปยังช่วงเวลา 2

Item\Period	T1	T2	T3	T4	T5	T6	s	c
I1	59	122	0	85	14	96	515	5.15
I2	48	62	118	32	67	110	954	9.54
I3	260	36	345	286	190	86	386	3.86
total	367	220	463	403	271	292	Total Cost =	
cap	504	504	504	504	504	504	10918.85	

จากตารางที่ 4.17 จะพบว่า ผลรวมของปริมาณความต้องการสินค้าในช่วงเวลาที่ 3 นั้น น้อยกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่กำหนด ดังนั้นจึงพิจารณาที่ช่วงเวลา 2 ต่อไป และพบว่าไม่มีผลรวมของปริมาณความต้องการสินค้าในช่วงเวลาใดที่มากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่กำหนด แล้วจึงทำตามขั้นตอนการย้ายปริมาณสินค้าที่นำเสนอในบทที่ 3 ต่อไป โดยได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลลัพธ์ของการย้ายปริมาณความต้องการสินค้า

Item\Period	T1	T2	T3	T4	T5	T6	s	c
I1	59	112	0	99	0	96	515	5.15
I2	110	0	150	0	67	110	954	9.54
I3	296	0	345	286	276	0	386	3.86
total	465	122	495	385	343	206	Total Cost =	
cap	504	504	504	504	504	504	9163.63	

จากผลลัพธ์ของการย้ายปริมาณความต้องการสินค้าจากวิธีการที่นำเสนอ พบว่าต้นทุนรวมของปัญหาเท่ากับ 9163.63 หน่วย โดยปริมาณการสั่งซื้อรวมของสินค้าแต่ละชนิดในแต่ละ

ช่วงเวลาไม่เกินข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่กำหนด และเมื่อเปรียบเทียบผลกับข้อมูลนำเข้าในตารางที่ 4.16 พบว่าผลลัพธ์ที่ได้ของสินค้าแต่ละชนิดสามารถตอบสนองต่อปริมาณความต้องการสินค้าได้ครบทุกช่วงเวลา

4.12 ปัญหาที่ใช้ในการทดสอบเมื่อผลรวมของปริมาณความต้องการของสินค้าในบางช่วงเวลามากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพ

ในการทดสอบความสามารถของวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอกับปัญหาทดสอบที่มีผลรวมของปริมาณความต้องการของสินค้าในบางช่วงเวลามีค่ามากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่กำหนด จะทำการทดสอบกับปัญหาทดสอบจำนวน 6 ปัญหา ซึ่งแบ่งตามจำนวนชนิดของสินค้าและจำนวนช่วงเวลา โดยแสดงการกำหนดพารามิเตอร์ในการสร้างข้อมูลนำเข้าของแต่ละปัญหาทดสอบในภาคผนวก ก ปัญหาที่ใช้ทดสอบ คือ

- 1) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 3 ชนิด ภายใน 6 ช่วงเวลา
- 2) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 4 ชนิด ภายใน 6 ช่วงเวลา
- 3) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 5 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา
- 4) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 5 ช่วงเวลา
- 5) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 10 ช่วงเวลา
- 6) ปัญหาทดสอบเมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 10 ชนิด ภายใน 15 ช่วงเวลา

4.13 ผลการทดสอบฮิวริสติกสำหรับปัญหาทดสอบที่มีผลรวมของปริมาณความต้องการของสินค้าในบางช่วงเวลามากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพ

ทำการทดสอบปัญหาทดสอบที่กำหนด ซึ่งแต่ละปัญหาทดสอบจะมีข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกัน และทำการเปรียบเทียบคำตอบของวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอกับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) จากวิธี Branch and bound approach โดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบ (%Difference) โดยตัวอย่างของผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.19 ซึ่งเป็นผลการทดสอบของปัญหาจำนวนสินค้าคงคลังเท่ากับ 3 ชนิด ภายใน 6 ช่วงเวลา โดยผลการทดสอบของปัญหาทดสอบอื่นๆ แสดงในภาคผนวก ค

ตารางที่ 4.19 ตัวอย่างผลการทดสอบปัญหาทดสอบที่มีผลรวมของปริมาณความต้องการของสินค้าในบางช่วงเวลามากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพ

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	9163.630	9163.630	0.000	0.090	0.020
2	6759.910	7633.600	12.925	0.090	0.020
3	7302.670	7361.750	0.809	0.060	0.020
4	5110.070	5240.530	2.553	0.080	0.020
5	12656.550	12656.550	0.000	0.060	0.020
		Average	3.257	0.076	0.020

4.14 การวิเคราะห์ผลการทดสอบฮิวริสติกสำหรับปัญหาทดสอบที่มีผลรวมของปริมาณความต้องการของสินค้าในบางช่วงเวลามากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพ

ตารางที่ 4.20 สรุปผลการทดสอบสำหรับปัญหาทดสอบที่มีผลรวมของปริมาณความต้องการของสินค้าในบางช่วงเวลามากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพ

Items x Periods	%Average Difference	Average Computational Time (CPU sec.)	
		B&B Approach	Heuristic
3x6	3.257	0.076	0.020
4x6	2.382	0.100	0.020
5x10	0.787	0.122	0.040
10x5	1.681	0.122	0.030
10x10	0.730	0.341	0.058
10x15	0.897	0.809	0.090

เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์และเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่ได้กับวิธี Branch and bound approach เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) ของปัญหาทดสอบ พบว่าวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอสามารถหาคำตอบของปัญหาทดสอบได้ โดยผลลัพธ์ที่ได้มีความคลาดเคลื่อนจากคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยเฉลี่ยน้อยกว่า 3.257% และใช้เวลาในการหาคำตอบน้อยกว่าวิธี Branch and bound approach ในทุกปัญหาทดสอบ

4.14 บทสรุป

จากการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของฮิวริสติกกับปัญหาทดสอบที่นำเสนอ พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อคำตอบจากวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนออย่างชัดเจน คือ จำนวนช่วงเวลา และอัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง โดยฮิวริสติกที่นำเสนอสามารถหาคำตอบได้ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดเมื่อจำนวนช่วงเวลาไม่มาก และอัตราส่วนระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังไม่สูงมากนัก และเมื่อทำการทดสอบกับปัญหาทดสอบที่มีผลรวมของปริมาณความต้องการของสินค้าในบางช่วงเวลามากกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพ พบว่าฮิวริสติกที่นำเสนอสามารถหาคำตอบได้ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดและสามารถหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว