

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการทดลองใช้วิธีเชิงเมตาฮีริสติกที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมาโดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึมจากปัญหามาตรฐานที่ใช้ในงานตีพิมพ์ของ Wagner และ Whitin (1958) และ Silver-Meal (1973) สำหรับการแก้ปัญหาการจัดขนาดการผลิตที่เหมาะสมแบบหลายระดับชั้น (Multi level lot-sizing problem; MLLS) ในปัญหา 3 ขนาดได้แก่ ปัญหาขนาดเล็ก ปัญหาขนาดกลาง และปัญหาขนาดใหญ่ นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถกำหนดโครงสร้างผลิตภัณฑ์ได้ด้วยตนเอง พร้อมทั้งกำหนดจำนวนชิ้นส่วนประกอบได้เอง ด้วยโปรแกรม Java Script ใช้ระบบปฏิบัติการ Window XP โดยในแต่ละปัญหาย่อย ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโปรแกรมจำนวน 100 รอบ แต่ละรอบมี 60 ประชากร

4.1 กรอบเค้าโครงปัญหามาตรฐาน (Standard solution)

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบอัลกอริทึมกับชุดข้อมูลจากงานวิจัยของ Wagner และ Whitin (1958) และ Silver-Meal (1973) โดยปัญหาที่ใช้ในการทดสอบแบ่งเป็น ปัญหาขนาดเล็ก (Small size problem) ปัญหาขนาดกลาง (Medium size problem) และปัญหาขนาดใหญ่ (Large size problem)

ปัญหาขนาดเล็กจะประกอบไปด้วยโครงสร้างผลิตภัณฑ์แบบสายการประกอบ (Assembly Structure) 4 โครงสร้าง (2 – 5 ชิ้นส่วนระดับ) แต่ละโครงสร้างประกอบด้วย 5 ชิ้นส่วน (Items) 12 ช่วงเวลา (Periods) ค่าต้นทุนการผลิต (Setup cost) และต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory holding cost) มี 4 ค่า และมีความต้องการสินค้า (Demand) 6 ค่า ดังนั้นจำนวนเงื่อนไขทั้งสิ้น 4 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ 4 ค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันและ 6 ค่าความต้องการจากภายนอก คิดเป็น 96 ปัญหาย่อย

ปัญหาขนาดกลาง (Medium size problem) ประกอบไปด้วยโครงสร้างผลิตภัณฑ์แบบสายการประกอบ (Assembly Structure) 2 โครงสร้าง แต่ละโครงสร้างประกอบด้วย 50 ชิ้นส่วน (Items) และโครงสร้างผลิตภัณฑ์แบบทั่วไป (General Structure) อีก 2 แบบ แต่ละโครงสร้างประกอบด้วย 40 ชิ้นส่วน (Items) โดยที่โครงสร้างผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 แบบมีการวางแผนการผลิตภายในช่วงเวลา 12 และ 24 ช่วงเวลา (Periods) ค่าต้นทุนการผลิต (Setup cost) และต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory holding cost) มี 5 แบบ ดังนั้นจำนวนเงื่อนไขทั้งสิ้น 4 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ 2 ช่วงเวลาการผลิตและ 5 ค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน คิดเป็น 40 ปัญหาย่อย

ปัญหาขนาดใหญ่ (Large size problem) โครงสร้างผลิตภัณฑ์เป็นแบบทั่วไป (General Structure) 4 โครงสร้าง แต่ละโครงสร้างประกอบด้วย 500 ชิ้นส่วน (Items) มี 5 ระดับความสูง (5, 7, 9, 13, 18) 2 ช่วงเวลาการผลิต (36 และ 52 ช่วงเวลา) ดังนั้นคำนวณเงื่อนไขทั้งสิ้น 4 โครงสร้าง ผลิตภัณฑ์ 2 ช่วงเวลาการผลิตและ 5 ค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน คิดเป็น 40 ปัญหาย่อย

4.2 ผลการทดสอบกับปัญหามาตรฐาน (Standard solution)

4.2.1 กลุ่มปัญหาขนาดเล็ก (Small size problem)

ปัญหาขนาดเล็ก (Small size problem) ประกอบไปด้วยโครงสร้างผลิตภัณฑ์แบบสายการประกอบ (Assembly Structure) 4 โครงสร้าง (2 – 5 ชิ้นส่วนระดับ) แต่ละโครงสร้างประกอบด้วย 5 ชิ้นส่วน (Items) 12 ช่วงเวลา (Periods) ค่าต้นทุนการผลิต (Setup cost) และต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory holding cost) มี 4 แบบ และมีความต้องการสินค้า (Demand) 6 แบบ ดังนั้นคำนวณเงื่อนไขทั้งสิ้น $4 * 4 * 6$ รวมทั้งสิ้น 96 ปัญหาย่อย

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายจากวิธีเชิงฮิวริสติกในปัญหาขนาดเล็ก

วิวัฒนาการทางพันธุกรรม (Genetic operators)	ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายทั้งหมดจาก 96 ปัญหา (Average Cost)	จำนวนครั้งที่พบค่าที่ดีที่สุดจาก 96 ปัญหา (%)	ค่าเฉลี่ยผลต่างจากค่าที่ดีที่สุด (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์)
ค่าที่ดีที่สุด (Optimal solution)	810.67	96	0
Lot-for-lot	1,979.12	0	152.85
Wagner-Whitin	879.68	4.17	10.66
Silver-Meal	954.23	0	20.83
PSO	810.73	96.88	0.26

หมายเหตุ:

- 1.) ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายทั้งหมด หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลรวมค่าใช้จ่ายที่เกิดจากค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง/ผลิต ในแต่ละครั้งที่มีการสั่งผลิตและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการรักษาสินค้าคงคลัง
- 2.) เปอร์เซ็นต์ของจำนวนคำตอบที่พบค่าคำตอบที่ดีที่สุด คือ คำตอบที่ดีที่สุดเป็นคำตอบที่พบจากการทบทวนงานวรรณกรรมที่ผ่านมา โดยในปัญหาขนาดเล็ก คำตอบที่ดีที่สุดสามารถแก้ปัญหาได้โดยวิธี Exact Method และพบค่าคำตอบที่ดีที่สุด หรือ ค่า Optimal solution แต่ในปัญหาขนาดกลางและปัญหาขนาดใหญ่ คำตอบที่ดีที่สุดมาจาก Best known solution กล่าวคือ คำตอบที่ได้มาจาก

การคิดค้นวิธีฮิวริสติกหรือนำอัลกอริทึมที่คิดค้นได้ไปแก้ปัญหา แล้วนำคำตอบที่ได้ไปตีพิมพ์ผลงานเป็นงานวิจัยที่ได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการ

3.) ค่าเฉลี่ยผลต่างจากค่าที่ดีที่สุด คือ การนำผลลัพธ์ของคำตอบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าคำตอบที่ดีที่สุด (จากคำตอบที่เป็น Optimal solution หรือ Best known solution)

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายจาก 96 ปัญหาย่อยในปัญหาขนาดเล็ก

ปัญหาย่อยที่	คำตอบที่ดีที่สุด	วิธี Wagner-Whitin	วิธี Silver-Meal	วิธีเกาะกลุ่ม PSO
0011	336.55	444.72	491.55	336.55
0012	580.60	692.75	772.75	580.60
0013	785.20	893	998	785.20
0014	984.50	1097	1197	984.50
0021	342.61	426	458.52	342.61
0022	592.63	713.35	699.80	592.63
0023	802.16	926.30	918.50	802.16
0024	1,007.60	1,080.60	1,200.60	1,007.60
0031	324.08	384.40	408.40	324.08
0032	552.76	627.28	676.13	552.76
0033	748.40	809.41	859.51	748.40
0034	928.40	987.40	1,088.40	928.40
0041	344.57	392.97	431.28	344.57
0042	572.73	636.33	707.98	572.73
0043	776.16	834.16	925.81	776.16
0044	964.70	1,019.80	1,099.80	964.70
0051	306.18	351.60	409.54	306.18
0052	523.66	599.80	602.76	523.66
0053	706.48	780.30	788.12	706.48
0054	875.60	919.40	971.60	875.60
0061	268.06	327.05	383.59	268.06

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายจาก 96 ปัญหาย่อยในปัญหาขนาดเล็ก (ต่อ)

ปัญหาย่อยที่	คำตอบที่ดีที่สุด	วิธี Wagner-Whitin	วิธี Silver-Meal	วิธีเกาะกลุ่ม PSO
0062	452.05	524.52	643.33	452.05
0063	614.32	672.86	837.47	614.32
0064	764.50	798.70	1,001.20	764.50
0111	501.26	522.26	562.26	501.26
0112	759.40	791.90	829.40	759.40
0113	944.75	977.25	1,039.75	944.75
0114	1,115.00	1,135	1,215	1,115.00
0121	501.76	525.26	548.26	501.76
0122	765.40	775.40	825.40	765.40
0123	956.00	966.00	1,021.75	956.00
0124	1,122.00	1,156	1,149	1,122.00
0131	442.60	450.05	467.80	444.10
0132	670.50	674.50	725	671.30
0133	850.00	854	905.75	850.00
0134	1,017.00	1,026	1,031	1,017.00
0141	452.10	458.30	500.30	452.10
0142	687.00	698.50	740.50	687.00
0143	874.75	886.25	948.25	874.75
0144	1,045.00	1,059	1,129	1,045.00
0151	421.08	442.28	444.28	421.08
0152	644.20	652.20	676.20	644.20
0153	810.50	816.50	851	810.50
0154	950.00	966	988	950.00
0161	377.68	399.28	448.03	377.68
0162	571.20	571.20	675.70	571.20
0163	711.25	711.25	838.75	711.25
0164	832.00	837	1033	832.00
1011	517.34	703.11	862.13	517.34

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายจาก 96 ปัญหาย่อยในปัญหาขนาดเล็ก (ต่อ)

ปัญหาย่อยที่	คำตอบที่ดีที่สุด	วิธี Wagner-Whitin	วิธี Silver-Meal	วิธีเกาะกลุ่ม PSO
1012	724.62	947.33	1,132.13	724.62
1013	879.60	1,043.2	1,238.2	879.60
1014	1,024.50	1,146.5	1,306.5	1,024.50
1021	525.39	712.87	864.24	525.39
1022	739.26	980.13	1065.48	739.26
1023	898.96	1,087.13	1,139.4	898.96
1024	1,048.70	1,202.6	1,175.5	1,048.70
1031	507.83	633.02	723.56	507.83
1032	707.32	886.82	974.88	707.32
1033	856.72	966.8	1,078.26	856.72
1034	988.40	1,052.5	1,150.2	988.40
1041	535.28	690.87	801.31	535.28
1042	757.23	904.17	1,087.85	757.23
1043	909.76	992.4	1,177.34	909.76
1044	1,024.70	1,085.5	1,228.8	1,024.70
1051	488.43	658.51	717.71	488.43
1052	672.05	880.29	924.29	672.05
1053	810.08	956.3	1,000.3	810.08
1054	935.60	1,033	1,033	935.60
1061	444.14	580.64	701.24	444.14
1062	591.52	774.03	842.97	591.52
1063	703.60	848.16	957.52	703.60
1064	804.50	898.7	1,046.9	804.50
1111	1,172.00	1,208.76	1,273.76	1,172.00
1112	1,318.00	1,392.2	1,472.2	1,318.00
1113	1,269.00	1,313.75	1,418.75	1,269.00
1114	1,250.00	1,315	1,390	1,250.00
1121	1,153.52	1,204.16	1,248.16	1,159.52

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายจาก 96 ปัญหาย่อยในปัญหาขนาดเล็ก (ต่อ)

ปัญหาย่อยที่	คำตอบที่ดีที่สุด	วิธี Wagner-Whitin	วิธี Silver-Meal	วิธีเกาะกลุ่ม PSO
1122	1,302.40	1,376.20	1,440.20	1,302.40
1123	1,257.50	1,305.50	1,357.25	1,257.50
1124	1,262.00	1,282	1,382	1,262.00
1131	984.92	1,045.22	1,053.22	984.92
1132	1,131.40	1,188.90	1,192.40	1,131.40
1133	1,121.25	1,166	1,202.75	1,121.25
1134	1,129.00	1,137	1,238	1,129.00
1141	1,001.44	1,040.12	1,084.12	1,001.44
1142	1,146.80	1,183.40	1,207.40	1,146.80
1143	1,149.50	1,171.25	1,275.25	1,149.50
1144	1,162.00	1,185.00	1,250.00	1,162.00
1151	932.96	960.04	1,026.52	932.96
1152	1,061.20	1,098.80	1,134.40h	1,061.20
1153	1,049.50	1,096	1,106	1,049.50
1154	1,070.00	1,070	1,124	1,070.00
1161	826.88	883.44	971.54	826.88
1162	941.60	979.80	1,121.30	941.60
1163	927.00	959.25	1,32.75	927.00
1164	932.00	932	1,116	932.00
เฉลี่ย	810.67	879.68	954.30	810.73

4.2.2 กลุ่มปัญหาขนาดกลาง (Medium size problem)

ปัญหาขนาดกลาง (Medium size problem) ประกอบไปด้วยโครงสร้างผลิตภัณฑ์แบบสายการประกอบ (Assembly Structure) 2 โครงสร้าง แต่ละโครงสร้างประกอบด้วย 50 ชิ้นส่วน (Items) และโครงสร้างผลิตภัณฑ์แบบทั่วไป (General Structure) อีก 2 แบบ แต่ละโครงสร้างประกอบด้วย 40 ชิ้นส่วน (Items) โดยที่โครงสร้างผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 แบบมีการวางแผนการผลิตภายในช่วงเวลา 12 และ 24 ช่วงเวลา (Periods) ค่าต้นทุนการผลิต (Setup cost) และต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory holding cost) มี 5 แบบ ดังนั้นจำนวนเงื่อนไขทั้งสิ้น $4 * 2 * 5$ รวมทั้งสิ้น 40 ปัญหาย่อย ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายจากวิธีเชิงฮิวริสติกในปัญหาขนาดกลาง

วิวัฒนาการทางพันธุกรรม (Genetic operators)	ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายทั้งหมดจาก 40 ปัญหา (Average Cost)	จำนวนครั้งที่พบค่าที่ดีที่สุดจาก 40 ปัญหา (%)	ค่าเฉลี่ยผลต่างจากค่าที่ดีที่สุด (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์)
Lot-for-lot	391,026.80	0.00	49.49
Wagner-Whitin	292,548.70	0.00	0.27
Silver-Meal	295,366.50	0.00	0.30
PSO	263,887.55	100.00	0.00

หมายเหตุ:

- 1.) ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายทั้งหมด หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลรวมค่าใช้จ่ายที่เกิดจากค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง/ผลิต ในแต่ละครั้งที่มีการสั่งผลิตและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการรักษาสินค้าคงคลัง
- 2.) เปอร์เซ็นต์ของจำนวนคำตอบที่พบค่าคำตอบที่ดีที่สุด คือ คำตอบที่ดีที่สุดเป็นคำตอบที่พบจากการทบทวนงานวรรณกรรมที่ผ่านมา โดยในปัญหาขนาดเล็ก คำตอบที่ดีที่สุดสามารถแก้ปัญหาได้โดยวิธี Exact Method และพบค่าคำตอบที่ดีที่สุด หรือ ค่า Optimal solution แต่ในปัญหาขนาดกลางและปัญหาขนาดใหญ่ คำตอบที่ดีที่สุดมาจาก Best known solution กล่าวคือ คำตอบที่ได้มาจากการคิดค้นวิธีฮิวริสติกหรือนำอัลกอริทึมที่คิดค้นได้ไปแก้ปัญหา แล้วนำคำตอบที่ได้ไปตีพิมพ์ผลงานเป็นงานวิจัยที่ได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการ
- 3.) ค่าเฉลี่ยผลต่างจากค่าที่ดีที่สุด คือ การนำผลลัพธ์ของคำตอบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าคำตอบที่ดีที่สุด (จากคำตอบที่เป็น Optimal solution หรือ Best known solution)

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายจาก 40 ปัญหาย่อยในปัญหาขนาดกลาง

โครงสร้าง	วิธี Wagner-Whitin	วิธี Silver-Meal	วิธีเกาะกลุ่ม PSO
1	207,724.1	210,701.1	196,323.6
2	206,122.5	209,275.2	179,761.5
3	177,943.6	180,411.1	166,165.3
4	176,016.8	182,277.6	156,074.5
5	222,207.2	223,222.6	201,226.30
6	219,717.5	226,531.9	183,219.1
7	212,405.1	213,223.0	188,168.8
8	163,430.8	170,102.6	136,669.3
9	177,319.4	179,719.0	161,561.4
10	212,174.6	214,153.7	187,042.1
11	376,849.7	384,321.4	343,525.4
12	387,961.7	390,291.6	341,495.4
13	320,836.0	329,634.5	292,908.3
14	450,358.8	451,703.4	378,845.1
15	382,139.0	388,430.2	355,287.3
16	404,252.6	406,701.1	347,327.9
17	365,766.7	368,998.4	325,606.6
18	489,183.9	493,365.8	412,592.3
19	431,039.5	435,718.7	386,082.4
20	468,712.3	471,272.7	392,369.5
21	157,521.5	158,493.5	148,103.7
22	198,908.6	201,232.4	186,151.2
23	208,736.0	208,936.3	198,067.4
24	198,167.6	198,315.6	186,033.5
25	174,822.8	176,849.9	160,924.9
26	204,885.0	206,304.6	194,393.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายจาก 40 ปัญหาย่อยในปัญหาขนาดกลาง(ต่อ)

โครงสร้าง	วิธี Wagner-Whitin	วิธี Silver-Meal	วิธีเกาะกลุ่ม PSO
27	193,587.5	194,616.2	184,526.6
28	146,202.3	147,003.8	137,533.7
29	173,142.9	173,831.1	161,471.0
30	183,291.2	184,469.3	166,379.8
31	384,777.6	389,474.7	344,969.7
32	311,880.7	315,687.1	291,141.2
33	392,151.9	392,854.1	353,696.1
34	366,772.4	368,717.5	341,738.2
35	387,580.4	387,754.0	357,580.9
36	347,395.9	348,195.3	322,504.6
37	461,510.2	462,620.8	411,707.3
38	394,542.1	399,803.5	368,276.8
39	445,843.2	447,535.5	401,732.2
40	318,065.7	321,908.8	306,314.9
เฉลี่ย	292,548.7	295,366.5	263,887.5

4.2.3 กลุ่มปัญหาขนาดใหญ่ (Large size problem)

ปัญหาขนาดใหญ่ (Large size problem) โครงสร้างผลิตภัณฑ์เป็นแบบทั่วไป (General Structure) 4 โครงสร้าง แต่ละโครงสร้างประกอบด้วย 500 ชิ้นส่วน (Items) มี 5 ระดับความสูง (5, 7, 9, 13, 18) 2 ช่วงเวลาการผลิต (12 และ 24 ช่วงเวลา) ดังนั้นคำนวณเงื่อนไขทั้งสิ้น $4 * 5 * 2$ รวมทั้งสิ้น 40 ปัญหาย่อย

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายจากวิธีเชิงฮิวริสติกในปัญหาขนาดใหญ่

วิวัฒนาการทางพันธุกรรม (Genetic operators)	ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่าย ทั้งหมดจาก 40 ปัญหา (Average Cost)	จำนวนครั้งที่พบ ค่าที่ดีที่สุดจาก 40 ปัญหา (%)	ค่าเฉลี่ยผลต่างจาก ค่าที่ดีที่สุด (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์)
Lot-for-lot	48,279,503	0.00	123.26
Wagner-Whitin	42,383,854	0.00	13.58
Silver-Meal	42,528,305	0.00	15.86
PSO	40,286,979	100.00	0.00

หมายเหตุ:

- 1.) ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายทั้งหมด หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลรวมค่าใช้จ่ายที่เกิดจากค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง/ผลิต ในแต่ละครั้งที่มีการสั่งผลิตและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการรักษาสินค้าคงคลัง
- 2.) เปอร์เซ็นต์ของจำนวนคำตอบที่พบค่าคำตอบที่ดีที่สุด คือ คำตอบที่ดีที่สุดเป็นคำตอบที่พบจากการทบทวนงานวรรณกรรมที่ผ่านมา โดยในปัญหาขนาดเล็ก คำตอบที่ดีที่สุดสามารถแก้ปัญหาได้โดยวิธี Exact Method และพบค่าคำตอบที่ดีที่สุด หรือ ค่า Optimal solution แต่ในปัญหาขนาดกลางและปัญหาขนาดใหญ่ คำตอบที่ดีที่สุดมาจาก Best known solution กล่าวคือ คำตอบที่ได้มาจากการคิดค้นวิธีฮิวริสติกหรือนำอัลกอริทึมที่คิดค้นได้ไปแก้ปัญหา แล้วนำคำตอบที่ได้ไปตีพิมพ์ผลงานเป็นงานวิจัยที่ได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการ
- 3.) ค่าเฉลี่ยผลต่างจากค่าที่ดีที่สุด คือ การนำผลลัพธ์ของคำตอบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าคำตอบที่ดีที่สุด (จากคำตอบที่เป็น Optimal solution หรือ Best known solution)

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายจาก 40 ปัญหาย่อยในปัญหาขนาดใหญ่

โครงสร้าง	วิธี Wagner-Whitin	วิธี Silver-Meal	วิธีเกาะกลุ่ม PSO
1	926,508	1,022,782	597,250
2	1,129,652	1,262,875	816,118
3	1,224,524	1,341,421	930,396
4	1,143,026	1,275,593	946,756
5	1,322,035	1,461,009	1,149,068
6	9,006,198	9,015,572	8,149,849
7	4,513,008	4,540,630	4,039,924
8	3,215,280	3,297,134	2,705,110
9	2,180,653	2,251,622	1,986,870
10	1,655,092	1,739,092	1,540,183
11	66,180,583	67,704,282	59,780,086
12	15,011,015	15,014,965	14,202,587
13	5,263,175	5,278,026	4,990,925
14	3,313,199	3,361,702	2,911,044
15	1,905,977	1,993,909	1,787,830
16	498,067,689	498,069,242	471,628,516
17	19,116,949	19,105,564	18,732,504
18	7,981,473	8,018,829	7,602,357
19	4,016,145	4,050,431	3,757,851
20	2,510,441	2,585,550	2,412,297
21	1,788,072	2,007,798	1,188,404
22	1,800,978	2,013,676	1,342,133
23	1,821,000	2,030,642	1,402,852
24	1,657,243	1,850,428	1,383,317
25	1,933,694	2,135,990	1,660,699
26	14,846,708	14,870,176	13,560,530

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายจาก 40 ปัญหาย่อยในปัญหาขนาดใหญ่(ต่อ)

โครงสร้าง	วิธี Wagner-Whitin	วิธี Silver-Meal	วิธีเกาะกลุ่ม PSO
27	8,578,241	8,627,306	7,742,019
28	5,009,768	5,102,091	4,363,449
29	3,322,556	3,438,267	2,993,698
30	2,423,628	2,566,921	2,216,719
31	112,201,425	114,072,788	103,560,452
32	2,075,3634	20,761,161	18,882,983
33	7,713,319	7,742,302	7,350,743
34	4,508,150	4,591,115	4,288,412
35	2,796,642	2,908,926	2,670,525
36	799,552,804	798,973,350	772,853,644
37	34,163,318	34,062,781	33,523,882
38	11,157,265	11,180,195	10,739,751
39	5,871,517	5,927,971	5,609,595
40	3,771,552	3,878,056	3,477,834
เฉลี่ย	42,383,853	42,528,304	40,286,979

จากผลการทดลองที่นำเสนอจากปัญหามาตรฐาน(Problem standard) ทั้ง 3 ขนาด ได้แก่ ปัญหาขนาดเล็ก ปัญหาขนาดกลาง และปัญหาขนาดใหญ่ พบว่า วิธีเมตาฮิวริสติกที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นคือ วิธี PSO(Particle swarm optimization) ให้คำตอบในการแก้ปัญหาการวางแผนการผลิตหลายระดับชั้นแบบไม่จำกัดทรัพยากร(Unconstrained multi level lot-sizing problem) ได้ดีที่สุด ตามผลการทดลองที่ได้นำเสนอข้างต้น โดยให้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุดจากสมการเป้าหมาย(Objective function) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีของ Wagner-Whitin และวิธีของ Silver-Meal จากการทบทวนงานวรรณกรรมที่ผ่านมา ถึงแม้ว่าวิธี PSO อาจใช้เวลาในการประมวลผลหาคำตอบที่มากกว่าทั้งสองวิธี แต่เวลาที่ใช้อยู่ในการยอมรับได้ของผู้ใช้โปรแกรมจากการสำรวจแบบสอบถามที่ผ่านมา