บทที่ 6

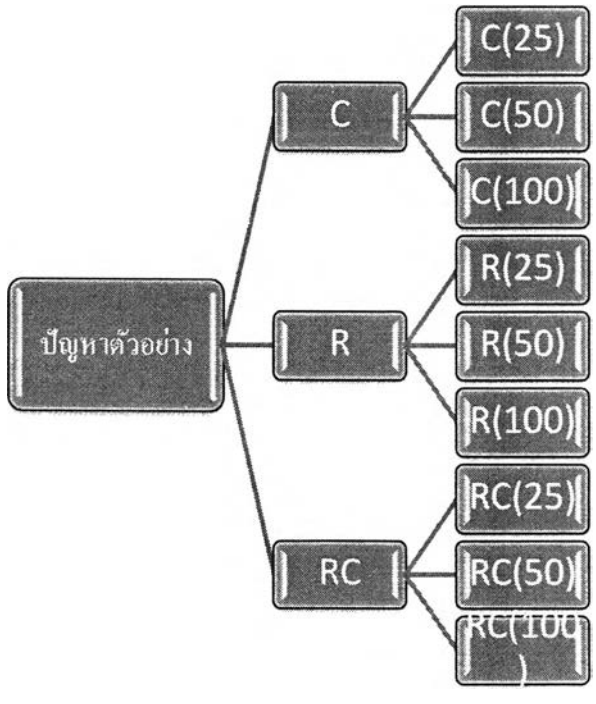
การทดสอบประสิทธิภาพและผลการทดสอบ

การทดสอบวิธีการแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้สร้างชุดปัญหาที่ใช้ทดสอบ โดยในแต่ละชุดปัญหาจะมีความแตกต่างด้านขนาดของปัญหา การกระจายตัวของตำแหน่งของลูกค้า และ กรอบเวลาการขนส่งสินค้า การทดสอบได้ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผล Pentium IV 3.06 GHz และหน่วยความจำเท่ากับ 3 GB

ในหัวข้อลำดับถัดไปจะกล่าวถึงชุดปัญหาตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพและขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

6.1 รายละเอียดของชุดปัญหาตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการแก้ปัญหา โดยเลือกใช้ชุดปัญหาตัวอย่างมาตรฐาน จำนวน 9 ชุด มีรายละเอียดและขนาดปัญหาที่แตกต่างกันดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 ชุดปัญหาตัวอย่าง

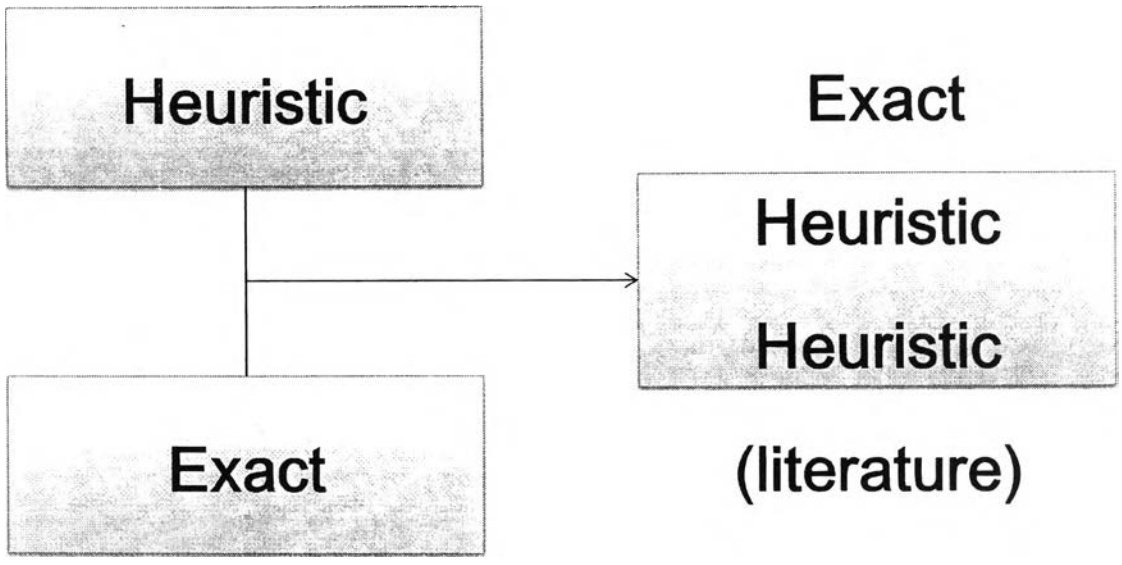
ตารางที่ 6.1 รายละเอียดของชุดปัญหาตัวอย่าง

หมายเลขชุดปัญหา	C(25)	C(50)	C(100)	R(25)	R(50)	R(100)	RC(25)	RC(50)	RC(100)
จำนวนจุดส่งสินค้า	25	50	100	25	50	100	25	50	100
จำนวนรถบรรทุกสูงสุดที่สามารถใช้ได้	10	20	40	10	20	40	10	20	40
การกระจายตัวของลูกค้าและกรอบเวลา	แบ่งกลุ่ม	แบ่งกลุ่ม	แบ่งกลุ่ม	สุ่ม	สุ่ม	สุ่ม	ผสม	ผสม	ผสม
ระยะห่างระหว่างจุดส่งเฉลี่ย	18.59	26.46	27.57	33.7	35.75	36.98	39.24	52.07	54.17
ความกว้างกรอบเวลาของโรงงาน (ชั่วโมง)	20.6	20.6	20.6	3.83	3.83	3.83	4	4	4
ความกว้างกรอบเวลาของลูกค้าเฉลี่ย (ชั่วโมง)	359.44	336.6	330.43	63.44	59.24	58.72	75.4	71.08	71.04

ตารางที่ 6.1 แสดงรายละเอียดของชุดปัญหาตัวอย่างทั้ง 6 ชุดที่ในงานวิจัย คุณสมบัติที่สำคัญของชุดปัญหาตัวอย่างมีดังนี้

1) จำนวนจุดส่งสินค้า เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงขนาดของปัญหา โดยชุดปัญหาตัวอย่างมี 3 ขนาดคือ ปัญหาขนาด 25, 50 และ 100 จุดส่งสินค้า
2) จำนวนรถบรรทุกสูงสุดที่สามารถใช้ได้ โดยกำหนดให้ปัญหาขนาด 25 และ 50 จุดส่งมีจำนวนรถบรรทุกสูงสุดที่สามารถใช้ได้ 10 และ 20 คัน ตามลำดับ
3) การกระจายตัวของลูกค้าและกรอบเวลา แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบดังนี้
    - แบ่งกลุ่ม คือชุดข้อมูลที่ตำแหน่งของลูกค้าอยู่กันเป็นกลุ่มๆ และในกลุ่มที่มีตำแหน่งอยู่ใกล้เคียงกันจะมีกรอบเวลาที่ใกล้เคียงกัน
    - สุ่ม คือชุดข้อมูลที่ตำแหน่งและกรอบเวลาของลูกค้าเป็นไปอย่างสุ่ม กล่าวคือมีตำแหน่งที่ไม่เป็นกลุ่ม และ ลูกค้าที่อยู่ใกล้กันอาจจะมีกรอบเวลาที่ไม่ใกล้เคียงกันหรือไม่ก็ได้
    - ผสม คือชุดข้อมูลที่มีลักษณะผสมระหว่างแบบแบ่งกลุ่มและแบบสุ่ม
4) ความกว้างกรอบเวลาของโรงงาน
5) ความกว้างกรอบเวลาของลูกค้าเฉลี่ย

6.2 ขั้นตอนการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแก้ปัญหา



รูปที่ 6.2 ขั้นตอนการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

รูปที่ 6.2 แสดงแผนผังขั้นตอนการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1) ทดสอบปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหาของวิธีฮิวริสติค PLNS ที่พัฒนาขึ้นดังนี้
   - ทดลองเปลี่ยนแปลงความละเอียดในการหาผลเฉลย กล่าวคือทดลองเปลี่ยนแปลงตัวชี้วัดในการหยุดการวนรอบที่มีความละเอียดต่างกัน (ProbMin)
   - ทดลองเปลี่ยนแปลงความยืดหยุ่นในการยอมรับผลเฉลยที่แย่ลง (T)
   - อัตราการเปลี่ยนแปลงความยืดหยุ่นในการยอมรับผลเฉลยที่แย่ลง (c)
   - ตั้งค่าตารางสะสมความน่าจะเป็นใหม่ทุกๆ 1000 และ 5000 รอบการประมวลผล เนื่องจากผู้วิจัยเห็นว่าอัลกอริทึมที่สร้างขึ้นอาจจะไม่สามารถหาผลลัพธ์ที่ดีขึ้นได้หากใช้รูปแบบการสลับเปลี่ยนที่มีความน่าจะเป็นที่จะให้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นจากการทดลองในรอบก่อนหน้าเมื่อทำการวนรอบจำนวนมาก

ขึ้น กล่าวคือ รูปแบบการสลับที่เคยให้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นมากๆ ครั้ง อาจจะถึงขีดจำกัดซึ่งไม่สามารถหาผลลัพธ์ที่ดีขึ้นได้อีกแล้ว

- สลับหมายเลขลำดับของลูกค้าและลำดับการเรียงของรูปแบบในการสลับเปลี่ยน เนื่องจากผู้วิจัยเห็นว่าลำดับในการเรียงในตารางของลูกค้าและรูปแบบการสลับเปลี่ยนอาจจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาของอัลกอริทึม

2) เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีหาผลเฉลยที่ดีที่สุด กล่าวคือเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีกำเนิดสดมภ์ที่ไม่มีปัญหารองและวิธีกำเนิดสดมภ์ที่มีปัญหารอง

3) เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีการแก้ปัญหาทั้งหมด ทั้งวิธีหาผลเฉลยที่ดีที่สุดและวิธีฮิวริสติคดังนี้

- แบบจำลองขนาดเต็ม
- วิธีกำเนิดสดมภ์ที่มีปัญหารอง
- วิธีค้นหาเฉพาะแห่งขนาดใหญ่เชิงความน่าจะเป็น (PLNS)
- วิธีค้นหาเฉพาะแห่งจากงานวิจัยของ Pisinger Ropke (2007) หรือที่เรียกว่าวิธี Adaptive Large Scale Neighbourhood Search (ALNS)

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในงานวิจัยนี้มีด้วยกันทั้งหมด 2 ตัวชี้วัด ดังนี้

1) ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (Cost)
2) ระยะเวลาการหาผลเฉลย (Solved Time)

ข้อจำกัดที่คำนึงถึงในงานวิจัยนี้มีด้วยกัน 6 ข้อดังนี้

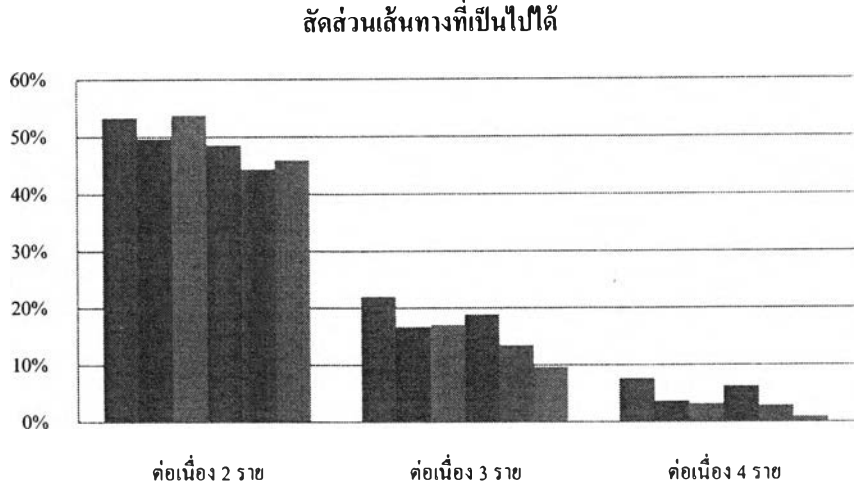
1) กำหนดเวลาการขนส่งสินค้า
2) เวลาที่ใช้ในการบรรทุกสินค้าลงจากยานพาหนะ
3) ความจุของยานพาหนะ
4) ระยะทางสูงสุดที่ยานพาหนะสามารถวิ่งได้
5) จำนวนยานพาหนะสูงสุด
6) จำนวนรอบการขนส่งต่อเนื่องสูงสุด

ตารางที่ 6.2 พิจารณาจำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้

จำนวนรอบการขนส่งต่อเนื่องสูงสุด 4 ราย			
หมายเลขชุดข้อมูล	จำนวนเส้นทางทั้งหมด	จำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้	สัดส่วนเส้นทางที่เป็นไปได้
C102(25)	318,000	26,596	8%
R102(25)	318,000	13,836	4%
RC102(25)	318,000	12,428	4%
C102(50)	5,647,250	371,118	7%
R102(50)	5,647,250	178,333	3%
RC102(50)	5,647,250	64,747	1%

ตารางที่ 6.2 แสดงจำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้หลังจากการพิจารณาข้อจำกัดทั้งหมดที่กล่าวถึงในบทก่อนหน้า พบว่าจำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้มีสัดส่วนที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนเส้นทางทั้งหมด โดยมีค่าเพียงประมาณ 5% ของจำนวนเส้นทางทั้งหมด เนื่องจากเส้นทางที่ทำการขนส่งต่อเนื่อง 4 รายมีสัดส่วนเส้นทางที่เป็นไปได้ที่น้อยมากเพียงประมาณ 4% ของเส้นทางทั้งหมด ในขณะที่เส้นทางที่ทำการขนส่งต่อเนื่อง 2 และ 3 ราย มีสัดส่วนเส้นทางที่เป็นไปได้ถึงประมาณ 50% และ 19% ตามลำดับ แต่จำนวนเส้นทางที่ทำการขนส่งต่อเนื่อง 4 รายมีสัดส่วนที่มากกว่าจำนวนเส้นทางที่ทำการขนส่งต่อเนื่อง 2 และ 3 ราย อย่างมาก ส่งผลให้สัดส่วนเส้นทางที่เป็นไปได้เมื่อจำนวนรอบการขนส่งต่อเนื่องสูงสุด 4 รายมีค่าที่น้อย สังเกตได้ว่าชุดข้อมูลตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 6.2 มีเพียง 6 ชุด เนื่องจากชุดข้อมูลตัวอย่างขนาด 100 จุดส่งไม่สามารถแก้ปัญหาด้วยวิธีหาผลเฉลยที่ดีที่สุดได้ ผู้วิจัยจึงเน้นวิเคราะห์ประสิทธิภาพการแก้ปัญหาจากชุดข้อมูลขนาด 25 และ 50 จุดส่งเท่านั้น

จากตาราง 6.2 พบว่า สัดส่วนเส้นทางที่เป็นไปได้ลดลงแบบก้าวกระโดดเมื่อจำนวนรอบการขนส่งต่อเนื่องมีค่าเพิ่มขึ้น ในงานวิจัยจึงกำหนดจำนวนรอบการขนส่งต่อเนื่องสูงสุดเพียง 4 ราย เพื่อลดระยะเวลาการหาผลเฉลยที่เกิดขึ้นเนื่องจากเส้นทางที่เป็นไปไม่ได้จำนวนมาก เนื่องจากการขนส่งต่อเนื่อง 5 รายมีสัดส่วนเส้นทางที่เป็นไปได้เพียงประมาณ 0.1 % เท่านั้น



รูปที่ 6.3 เปรียบเทียบสัดส่วนเส้นทางที่เป็นไปได้

จากรูปที่ 6.3 เห็นได้ว่าชุดข้อมูลตัวอย่างทั้ง 6 ชุด ถึงแม้จะมีลักษณะของปัญหาที่แตกต่างกันออกไป แต่มีแนวโน้มของจำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้ใกล้เคียงกัน ดังนั้นงานวิจัยจึงกำหนดรอบการขนส่งต่อเนื่องสูงสุด 4 รายในการแก้ปัญหาข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด

ในหัวข้อลำดับถัดไปจะกล่าวถึงการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยวิธีการค้นหาเฉพาะแห่งขนาดใหญ่เชิงความน่าจะเป็น เพื่อวิเคราะห์หาค่าปัจจัยที่เหมาะสมของปัจจัยทั้งหมด และ นำไปเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแก้ปัญหากับรูปแบบการขนส่งเต็มคันปกติ วิธีกำเนิดสดมภ์ และ วิธีฮิวริสติคจากงานวิจัยในอดีต ในหัวข้อสุดท้ายของบท

6.2.1 วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยวิธีฮิวริสติค

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆ ที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติค โดยตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่ใช้ในขั้นตอนนี้คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และ ระยะเวลาการหาผลเฉลย

6.2.1.1 ตัวชี้วัดในการหยุดการวนรอบ

จากที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 ตัวชี้วัดในการหยุดการวนรอบ (ProbMin) ของอัลกอริทึมฮิวริสติคที่พัฒนาขึ้นคือ ความน่าจะเป็นที่สลับเปลี่ยนแล้วให้ผลเฉลยที่ดีขึ้นจากสถิติความน่าจะเป็นในรอบที่ผ่านๆ มา กล่าวคือ หากความน่าจะเป็นที่สลับเปลี่ยนเส้นทางการเดินรถแล้วให้ผลเฉลยที่ดีขึ้นน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้จะหยุดการวนรอบและสรุปผลเฉลย ในงานวิจัยนี้จะแทนสัญลักษณ์ความน่าจะเป็นดังกล่าวเป็น ProbMin เพื่อความง่ายต่อการอธิบายและทำความเข้าใจ โดยการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบนี้จะทดลองกำหนดค่า ProbMin ที่แตกต่างกัน 4 ค่าคือ 0.1, 0.01, 0.001 และ 0.0001 ได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 6.3ผลกระทบของตัวชี้วัดในการหยุดการวนรอบต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยวิธีฮิวริสติค

	C(25)			
	ค่าใช้จ่าย	จำนวนยานพาหนะ	ระยะเวลาการหาผลเฉลย (วินาที)	ระยะทางเที่ยวเปล่า
การเดินรถปกติ	5882	25	0.000	560
ผลเฉลยเบื้องต้น	3752	10	0.000	207
ProbMin=0.1	3,349	7	0.043	157
ProbMin=0.01	3,329	7	0.410	156
ProbMin=0.001	3,321	7	4.018	123
ProbMin=0.0001	3,313	7	44.482	147

ตารางที่ 6.4ผลกระทบของตัวชี้วัดในการหยุดการวนรอบต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยวิธีฮิวริสติค2

	R(25)			
	ค่าใช้จ่าย	จำนวนยานพาหนะ	ระยะเวลาการหาผลเฉลย (วินาที)	ระยะทางเที่ยวเปล่า
การเดินรถปกติ	3,996	25	0.015	623
ผลเฉลยเบื้องต้น	1,924	10	0.015	198
ProbMin=0.1	1,873	9	0.046	194
ProbMin=0.01	1,736	8	0.437	166
ProbMin=0.001	1,641	7	5.234	187
ProbMin=0.0001	1,592	7	46.046	151

ตารางที่ 6.5ผลกระทบของตัวชี้วัดในการหยุดการวนรอบต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยวิธีฮิวริสติค3

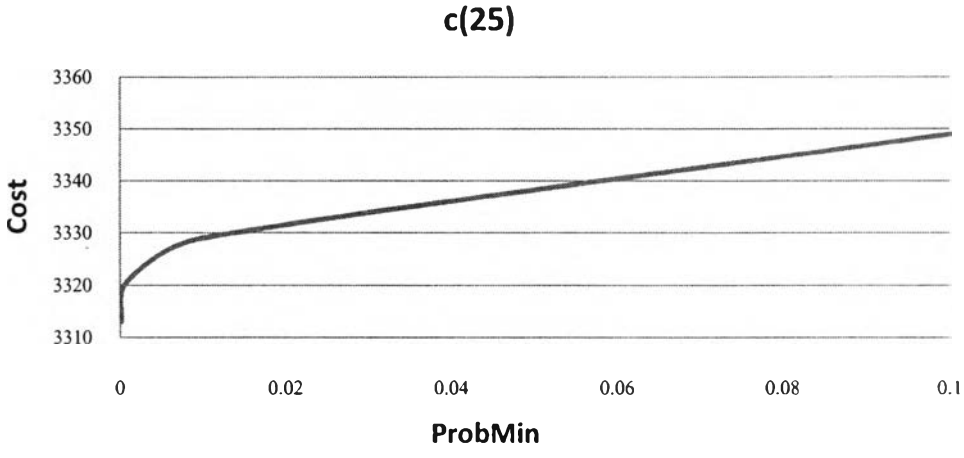
	RC(25)			
	ค่าใช้จ่าย	จำนวนยานพาหนะ	ระยะเวลาการหาผลเฉลย (วินาที)	ระยะทางเที่ยวเปล่า
การเดินรถปกติ	4,636	25	0.000	943
ผลเฉลยเบื้องต้น	1,749	8	0.015	280
ProbMin=0.1	1,668	7	0.062	248
ProbMin=0.01	1,583	7	0.453	254
ProbMin=0.001	1,583	7	4.750	254
ProbMin=0.0001	1,583	7	43.531	254

จากตารางที่ 6.3, 6.4 และ 6.5 แสดงผลการวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยทางด้านตัวชี้วัดในการหยุดการวนรอบต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหาของปัญหาที่ลูกค้ามีลักษณะการกระจายตัวแบบกลุ่ม แบบสุ่ม และ แบบผสม ตามลำดับ พบว่าเมื่อเปลี่ยนเงื่อนไขการหยุดการวนรอบเพื่อค้นหาผลเฉลยให้ละเอียดมากขึ้น กล่าวคือหยุดการวนรอบยากขึ้น ผลเฉลยที่ได้มีค่าที่ดีขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเงื่อนไขการหยุดละเอียดอยู่แล้ว ผลเฉลยที่ได้แทบจะไม่พัฒนาขึ้นเลยเมื่อเพิ่มความละเอียด สังเกตได้ว่าเงื่อนไขในการหยุดการวนรอบที่ละเอียดขึ้นจะส่งผลต่อปัญหาที่ลูกค้ามีการกระจายตัวแบบสุ่มมากกว่าปัญหาที่ลูกค้ามีการกระจายตัวแบบกลุ่ม น่าจะมีสาเหตุมาจากปัญหาที่ลูกค้ามีการกระจายตัวแบบกลุ่มจะหาผลเฉลยได้ง่ายกว่า เพราะฉะนั้นจึงไม่ได้รับประโยชน์เมื่อทำ

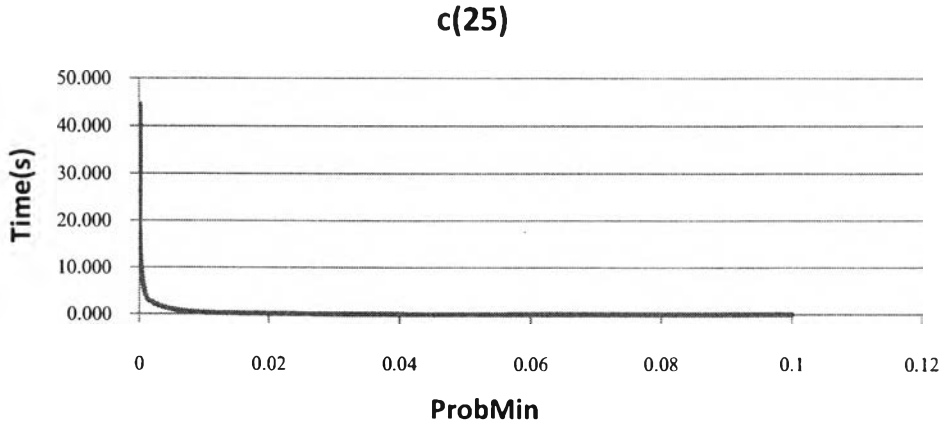
หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การค้นหาคำตอบที่ละเอียดมากขึ้นโดยความแตกต่างของค่าใช้จ่ายเมื่อกำหนด ProbMin เท่ากับ 0.1 และ 0.0001 ของปัญหาที่ลูกค้ามีการกระจายตัวแบบกลุ่ม แบบสุ่ม และ แบบผสม มีค่าประมาณร้อยละ 1.07 15.00 และ 5.10 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาระยะเวลาการค้นหาผลเฉลย พบว่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความละเอียดของตัวชี้วัดในการหยุดการวนรอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเงื่อนไขการหยุดละเอียดอยู่แล้วเช่น เปลี่ยนแปลงค่า ProbMin จาก 0.001 เป็น 0.0001 ระยะเวลาในการค้นหาผลเฉลยจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก และเมื่อพิจารณาความแตกต่างของระยะเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาของปัญหาทั้ง 3 ชุดพบว่าปัญหาที่มีการกระจายตัวของลูกค้าแบบสุ่มจะใช้เวลาในการแก้ปัญหามากกว่าเล็กน้อย โดยปัญหาชุดที่มีการกระจายตัวแบบสุ่มใช้ระยะเวลาการแก้ปัญหามากกว่าปัญหาที่มีการกระจายตัวแบบกลุ่มประมาณร้อยละ 3.4

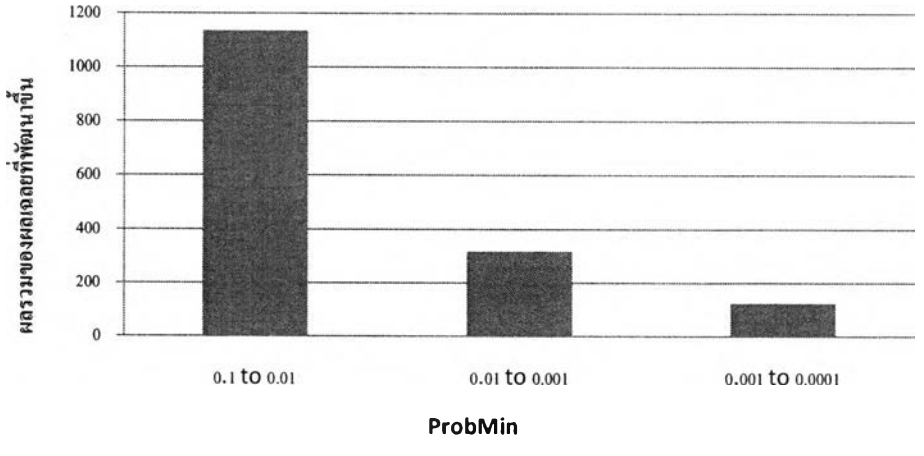


รูปที่ 6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายและเงื่อนไขในการหยุดการวนรอบ

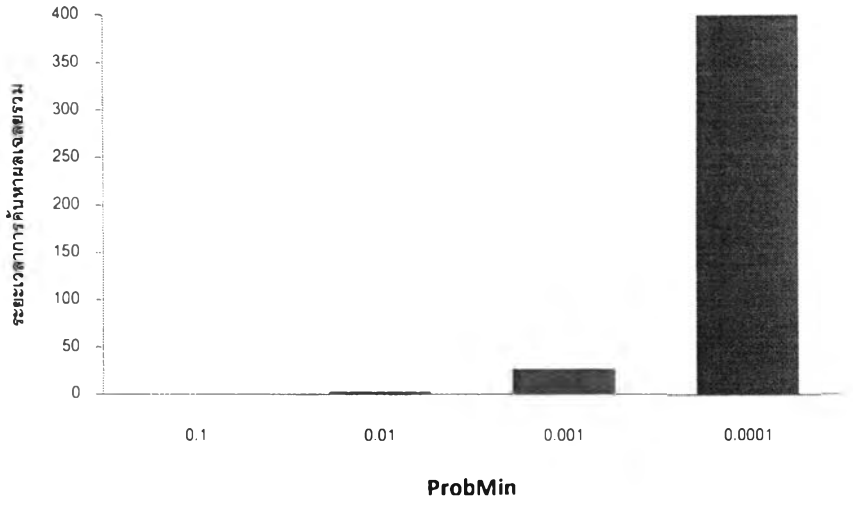


รูปที่ 6.5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการหาผลเฉลยและเงื่อนไขในการหยุดการวนรอบ

รูปที่ 6.4 และ 6.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเงื่อนไขในการหยุดการวนรอบกับค่าใช้จ่ายและระยะเวลาการหาผลเฉลยของชุดปัญหาตัวอย่าง C(25) ตามลำดับ เห็นได้ว่าความสัมพันธ์เป็นแบบก้าวกระโดดเมื่อค่า ProbMin มีค่าน้อยมากๆ ผู้วิจัยจึงทำการหาผลรวมความเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายเมื่อเปลี่ยนเงื่อนไขการหยุดการวนรอบในกรณีต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ดูความสัมพันธ์ให้แน่ชัดยิ่งขึ้นได้ผลลัพธ์ดังนี้



รูปที่ 6.6 ผลรวมของผลเฉลยที่พัฒนาขึ้นเมื่อเปลี่ยนเงื่อนไขในการหยุดการวนรอบ



รูปที่ 6.7 ผลรวมของระยะเวลาการหาผลเฉลยโดยใช้เงื่อนไขการหยุดการวนรอบที่แตกต่างกัน

รูปที่ 6.6 และ 6.7 แสดงผลรวมผลเฉลยที่พัฒนาขึ้นและระยะเวลาการค้นหาผลเฉลยเมื่อเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการหยุดการวนรอบที่แตกต่างกันของชุดข้อมูลตัวอย่างทั้ง 9 ชุด ตามลำดับ เห็นได้ว่าผลเฉลยที่พัฒนาขึ้นมีค่าน้อยมากเมื่อทำการเปลี่ยนค่า ProbMin จาก 0.001 เป็น 0.0001 ในขณะที่ระยะเวลาการหาผลเฉลยแตกต่างกันอย่างมาก สรุปได้ว่าความละเอียดของตัวชี้วัดในการหยุดการวนรอบส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาทั้งทางด้านคุณภาพของผลเฉลยและระยะเวลาการหาผลเฉลย อย่างไรก็ดีเมื่อมองภาพรวมทั้งหมด ผู้วิจัยเห็นว่าค่า ProbMin เท่ากับ 0.001 มีความเหมาะสมกับชุดปัญหาตัวอย่างที่นำมาทดสอบ เนื่องจากใช้ระยะเวลาการหาผลเฉลยที่ไม่มากนัก และ คุณภาพผลเฉลยแตกต่างกับเมื่อกำหนดให้ ProbMin เท่ากับ 0.0001 เพียงเล็กน้อย

6.2.1.2 ความยืดหยุ่นในการยอมรับผลเฉลยที่แย่ลง

จากที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 ฮิวริสติคที่พัฒนาขึ้นมีโอกาสยอมรับผลเฉลยที่แย่ลงไปใช้ในรอบการประมวลผลถัดไป โดยมีการกำหนดค่าความยืดหยุ่นของการยอมรับผลเฉลยที่แย่ลง (T) การทดสอบผลกระทบในขั้นตอนนี้ทำการทดสอบการแก้ปัญหา โดยใช้ค่าความยืดหยุ่นที่แตกต่างกัน 2 ค่า คือ 25 และ 100 ในขณะที่ปัจจัยอื่นๆ ไม่เปลี่ยนแปลง ได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 6.6ผลกระทบของความยืดหยุ่นของการยอมรับผลเฉลยที่แย่ลงต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหา

	C(25)			
	ค่าใช้จ่าย	จำนวนยานพาหนะ	ระยะเวลาการหาผลเฉลย (วินาที)	ระยะทางเที่ยวเปล่า
การเดินรถปกติ	5882	25	0.000	560
ผลเฉลยเบื้องต้น	3752	10	0.000	207
$T=25$				
ProbMin=0.1	3,349	7	0.043	157
ProbMin=0.01	3,329	7	0.410	156
ProbMin=0.001	3,321	7	4.018	123
ProbMin=0.0001	3,313	7	44.482	147
$T=100$				
ProbMin=0.1	3,349	7	0.045	157
ProbMin=0.01	3,349	7	0.410	157
ProbMin=0.001	3,349	7	4.015	157
ProbMin=0.0001	3,313	7	43.424	147

ตารางที่ 6.7 ผลกระทบของความยืดหยุ่นในการยอมรับผลเฉลยที่แย่ลงต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหา2

	R(25)			
	ค่าใช้จ่าย	จำนวนยานพาหนะ	ระยะเวลาการหาผลเฉลย (วินาที)	ระยะทางเที่ยวเปล่า
การเดินรถปกติ	3,996	25	0.015	623
ผลเฉลยเบื้องต้น	1,924	10	0.015	198
$T=25$				
ProbMin=0.1	1,873	9	0.046	194
ProbMin=0.01	1,736	8	0.437	166
ProbMin=0.001	1,641	7	5.234	187
ProbMin=0.0001	1,592	7	46.046	151
$T=100$				
ProbMin=0.1	1,841	9	0.048	187
ProbMin=0.01	1,732	8	0.543	157
ProbMin=0.001	1,605	7	4.500	131
ProbMin=0.0001	1,605	7	46.000	131

ตารางที่ 6.8 ผลกระทบของความยืดหยุ่นในการยอมรับผลเฉลยที่แย่ลงต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหา3

	RC(25)			
	ค่าใช้จ่าย	จำนวนตอนพาหนะ	ระยะเวลาการหาผลเฉลย (วินาที)	ระยะทางเที่ยวเปล่า
การเดินรถปกติ	4,636	25	0.000	943
ผลเฉลยเบื้องต้น	1,749	8	0.015	280
T = 25				
ProbMin=0.1	1,668	7	0.062	248
ProbMin=0.01	1,583	7	0.453	254
ProbMin=0.001	1,583	7	4.750	254
ProbMin=0.0001	1,583	7	43.531	254
T = 100				
ProbMin=0.1	1,663	7	0.046	254
ProbMin=0.01	1,663	7	0.437	254
ProbMin=0.001	1,575	7	4.375	239
ProbMin=0.0001	1,575	7	43.234	239

ตาราง 6.6, 6.7 และ 6.8 แสดงผลกระทบของความยืดหยุ่นในการยอมรับผลเฉลยที่แย่ลงต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหาของปัญหาที่ลูกค้ามีลักษณะการกระจายตัวแบบกลุ่ม แบบสุ่ม และ แบบผสม ตามลำดับ พบว่าค่าใช้จ่ายระหว่างการกำหนดให้ค่าความยืดหยุ่น (T) เท่ากับ 25 และ 100 มีความแตกต่างกันเล็กน้อยประมาณร้อยละ 0.008 และผลเฉลยเมื่อกำหนดให้มีค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ 100 มีการแกว่งมากกว่า กล่าวคือ ค่าใช้จ่ายเปลี่ยนแปลงไปมากเมื่อเพิ่มความละเอียดของตัวชี้วัดในการหยุดการวนรอบ ในขณะที่เวลาที่ใช้ในการหาผลเฉลยใกล้เคียงกัน โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงสูงสุดเมื่อกำหนดให้ค่าความยืดหยุ่นเป็น 25 และ 100 มีค่าประมาณร้อยละ 5.4 และ 7.3 ตามลำดับ อย่างไรก็ดีทั้งการกำหนดค่าความยืดหยุ่นเป็น 25 และ 100 เมื่อกำหนดให้ค่า ProbMin เท่ากับ 0.0001 มีค่าผลเฉลยใกล้เคียงกันอย่างมาก

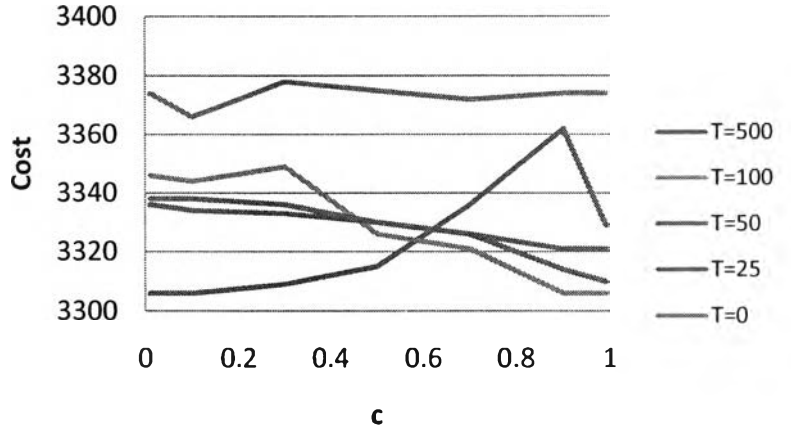
พิจารณาระยะเวลาการค้าหาผลเฉลยจากตารางที่ 6.6, 6.7 และ 6.8 พบว่าเวลาที่ใช้ในการหาผลเฉลยเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นในการยอมรับผลเฉลยที่แย่ลงของปัญหาทั้ง 3 ชุด แตกต่างกันน้อยมาก

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า ค่าความยืดหยุ่นส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหา แต่ไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดว่าค่าความยืดหยุ่นเท่าใดจึงจะเหมาะสมกับการแก้ปัญหา เนื่องจาก

ทดลองเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นน้อยค่าเกินไป อีกทั้งผู้วิจัยคาดว่าการพิจารณาค่าความยืดหยุ่นที่มีประสิทธิภาพต้องพิจารณาร่วมกับค่าคงที่การลดลงของความยืดหยุ่น (c) ผู้วิจัยจึงทำการทดลองประสิทธิภาพผลเฉลยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นและค่าคงที่การลดลงของความยืดหยุ่นในหลายๆ กรณี ในหัวข้อถัดไป

*6.2.1.3 ทดลองเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นและ*ค่าคงที่การลดลงความยืดหยุ่น

ในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยได้ทดลองเปลี่ยนเปลี่ยนค่าความยืดหยุ่น (T) ทั้งหมด 5 ค่าคือ 0, 25, 50, 100 และ 500 อีกทั้งทำการทดลองเปลี่ยนค่าคงที่การลดลงความยืดหยุ่น (c) ทั้งหมด 7 ค่าคือ 0.01, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 และ 0.99 ได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 6.8 ทดลองเปลี่ยนแปลงค่าคงที่การลดลงความยืดหยุ่น

จากรูปที่ 6.8 พบว่าอัตราการลดลงของค่าความยืดหยุ่นส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหา และสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

- ค่าความยืดหยุ่นมีความสัมพันธ์กับค่าคงที่การลดลงความยืดหยุ่น
- เมื่อไม่มีการยอมรับผลเฉลยที่แย่ลง (T=0) ผลเฉลยที่ได้จะแย่กว่าในกรณีที่มีการยอมรับผลเฉลยที่แย่ลงอย่างเห็นได้ชัด อีกทั้งค่าคงที่การลดลงความยืดหยุ่นไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหาในกรณีนี้ สังเกตได้จากผลการทดสอบที่ได้เกือบจะเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่าการยอมรับผลเฉลยที่แย่ลงสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการแก้ปัญหาได้
- อัลกอริทึม PLNS มีความไม่แน่นอน สังเกตได้จากเส้นกราฟของกรณีไม่มีการยอมรับผลเฉลยที่แย่ลงไม่เป็นเส้นตรงในแนวนอน

- ค่าความยืดหยุ่น (T) ที่มาก ส่งผลให้ค่าของผลเฉลยมีความไม่แน่นอนมาก สังเกตได้จากมีความแตกต่างของผลเฉลยที่ดีที่สุด และ แย่ที่สุด มาก เป็นสาเหตุให้มีค่าผลเฉลยที่ดีที่สุดต่ำ ในขณะเดียวกันมีผลเฉลยที่แย่ที่สุดสูง จึงสรุปได้ว่า ค่าความยืดหยุ่นสูงมีข้อดีคือสามารถหาค่าผลเฉลยได้ใกล้เคียงผลเฉลยที่ดีที่สุดมากกว่า แต่มีข้อด้อยคือมีความไม่แน่นอนมากกว่า ซึ่งข้อสรุปนี้สนับสนุนข้อสังเกตจากหัวข้อก่อนหน้าที่ว่า เมื่อค่าความยืดหยุ่นมาก ผลเฉลยจะมีการแกว่งมาก
- เมื่อค่าความยืดหยุ่นมีค่ามาก ค่าคงที่การลดลงความยืดหยุ่นที่เหมาะสมจะมีค่าน้อย ในขณะที่เมื่อค่าความยืดหยุ่นมีค่าน้อย ค่าคงที่การลดลงความยืดหยุ่นที่เหมาะสมจะมีค่ามาก

6.2.1.4 ทดลองตั้งค่าตารางสะสมความน่าจะเป็นใหม่

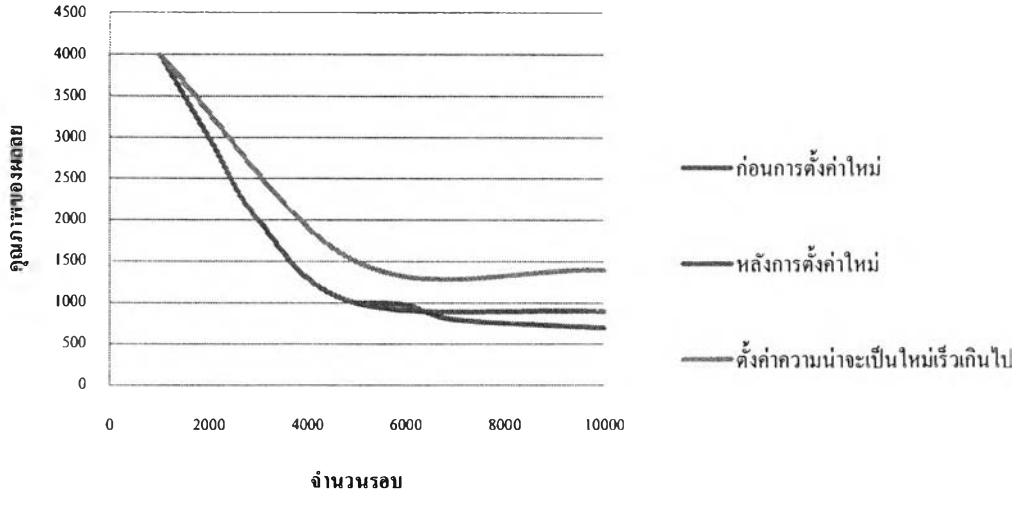
จากที่กล่าวมาข้างต้นงานวิจัยนี้ทำการทดลองตั้งค่าตารางความน่าจะเป็นใหม่ทุกๆ 1000 และ 5000 รอบการประมวลผล เนื่องจากผู้วิจัยเห็นว่าวิธีการใดๆ ก็ตามที่เคยให้ผลเฉลยที่ดีขึ้นเรื่อยๆ พอถึงจุดหนึ่งจะถึงขีดจำกัด กล่าวคือจะไม่สามารถให้ผลเฉลยที่ดีขึ้นด้วยวิธีการนั้นได้อีก ได้ผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 6.9 ผลการทดลองตั้งค่าตารางความน่าจะเป็นใหม่

	C(25)			
	ค่าใช้จ่าย	จำนวนยานพาหนะ	ระยะเวลาการหาผลเฉลย	ระยะทางเที่ยวเปล่า
การเดินรถปกติ	5882	25	0.000	560
ผลเฉลยเบื้องต้น	3752	10	0.000	207
T=25				
ProbMin=0.1	3,349	7	0.043	157
ProbMin=0.01	3,329	7	0.410	156
ProbMin=0.001	3,321	7	4.018	123

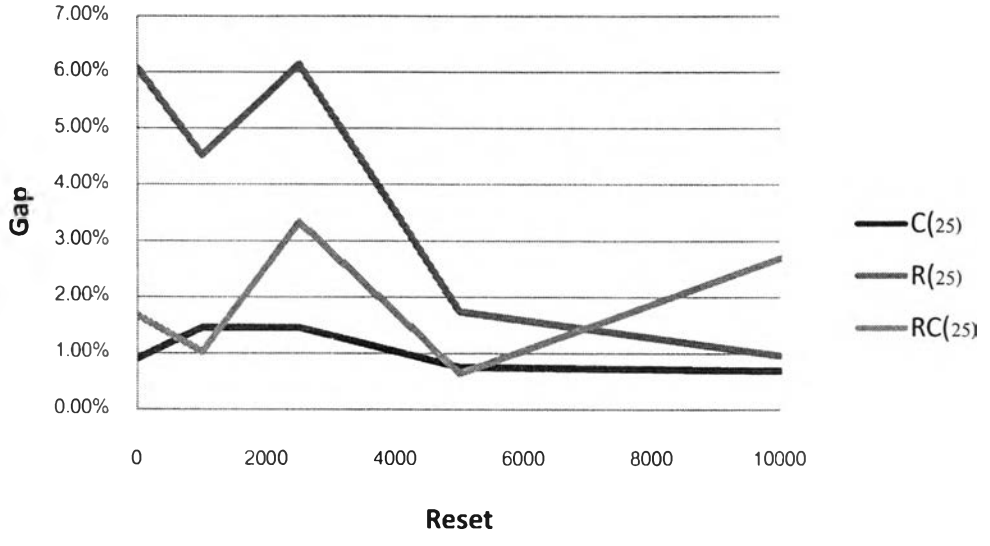
ProbMin=0.0001	3,313	7	44.482	147
T=25(Reset 1000)				
ProbMin=0.1	3349	7	0.039	157
ProbMin=0.01	3349	7	0.401	157
ProbMin=0.001	3349	7	3.962	157
ProbMin=0.0001	3329	7	55.684	156
T=25(Reset 5000)				
ProbMin=0.1	3,349	7	0.043	157
ProbMin=0.01	3,338	7	0.435	155
ProbMin=0.001	3,336	7	5.937	158
ProbMin=0.0001	3,303	7	46.785	150

จากตาราง 6.9 พบว่าการตั้งค่าตารางความน่าจะเป็นใหม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหา และการตั้งค่าตารางความน่าจะเป็นใหม่ทุกๆ 1000 รอบกระบวนการ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการแก้ปัญหาแย่ลงเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่มีการตั้งค่าตารางความน่าจะเป็นใหม่ แต่หากตั้งค่าตารางความน่าจะเป็นใหม่ทุก 5000 รอบกระบวนการ กลับส่งผลกระทบให้ประสิทธิภาพการแก้ปัญหาดีขึ้นในการแก้ปัญหาตัวอย่าง C(25)



รูปที่ 6.9 กราฟเพื่อความเข้าใจการตั้งค่าตารางความน่าจะเป็นใหม่

รูปที่ 6.9 แสดงกราฟเพื่อความเข้าใจการตั้งค่าความน่าจะเป็นใหม่ เห็นได้ว่าหากไม่มีการตั้งค่าตารางความน่าจะเป็นใหม่ไม่ว่าจะวนรอบจำนวนมากเท่าไหร่ก็ตามจะให้ผลเฉลยต่ำสุดเพียงแค่ประมาณ 900 แต่หากมีการตั้งค่าตารางความน่าจะเป็นใหม่ ณ จำนวนรอบที่เหมาะสมจะสามารถหาผลเฉลยได้ต่ำกว่าโดยมีค่าประมาณประมาณ 700 อย่างไรก็ตามเห็นได้ว่าการตั้งค่าตารางความน่าจะเป็นใหม่อาจส่งผลให้ได้ผลเฉลยที่แย่ลง กล่าวคือค่าใช้จ่ายมากกว่าเดิมหากทำการตั้งค่าตารางความน่าจะเป็นใหม่ ณ จำนวนรอบที่ไม่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงทำการทดลองตั้งค่าความน่าจะเป็นใหม่ ณ จำนวนรอบที่แตกต่างกันหลายๆ กรณี ในการแก้ปัญหาตัวอย่างชุด C(25), R(25) และ RC(25) ได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 6.10 ความแตกต่างของประสิทธิภาพการแก้ปัญหาเมื่อมีการตั้งค่าตารางความน่าจะเป็นใหม่

รูปที่ 6.10 แสดงความแตกต่างของประสิทธิภาพการแก้ปัญหาเมื่อมีการตั้งค่าตารางความน่าจะเป็นใหม่หลายๆ กรณี โดยแกนตั้งคือร้อยละความแตกต่างของผลเฉลยกับผลเฉลยที่ดีที่สุด และแกนนอนคือจำนวนรอบที่ทำการตั้งค่าตารางสะสมความน่าจะเป็นใหม่ เห็นได้ว่าปัญหาแต่ละชุดมีจำนวนรอบการตั้งค่าความน่าจะเป็นใหม่ที่เหมาะแตกต่างกันไป จึงสรุปได้ว่าลักษณะของปัญหาส่งผลกระทบต่อจำนวนรอบการตั้งค่าความน่าจะเป็นใหม่ที่เหมาะสมอย่างมาก เมื่อพิจารณาภาพรวมพบว่า จำนวนรอบที่เหมาะสมกับชุดปัญหาตัวอย่างคือ 5000 รอบ เนื่องจากเป็นจำนวนรอบที่ข้อมูลทุกๆ ชุดได้ผลเฉลยที่ค่อนข้างดี

6.2.1.4 ทดลองสลับหมายเลขลำดับของลูกค้าและลำดับการเรียงของรูปแบบในการสลับเปลี่ยน

งานวิจัยนี้ทำการทดลองเปลี่ยนแปลงลำดับหมายเลขของลูกค้าและรูปแบบการสลับเปลี่ยน เนื่องจากผู้วิจัยเห็นว่าเป็นปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหาของวิธีค้นหาเฉพาะแห่งขนาดใหญ่เชิงความน่าจะเป็น ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.10 ผลการทดลองการสลับเปลี่ยนลำดับ

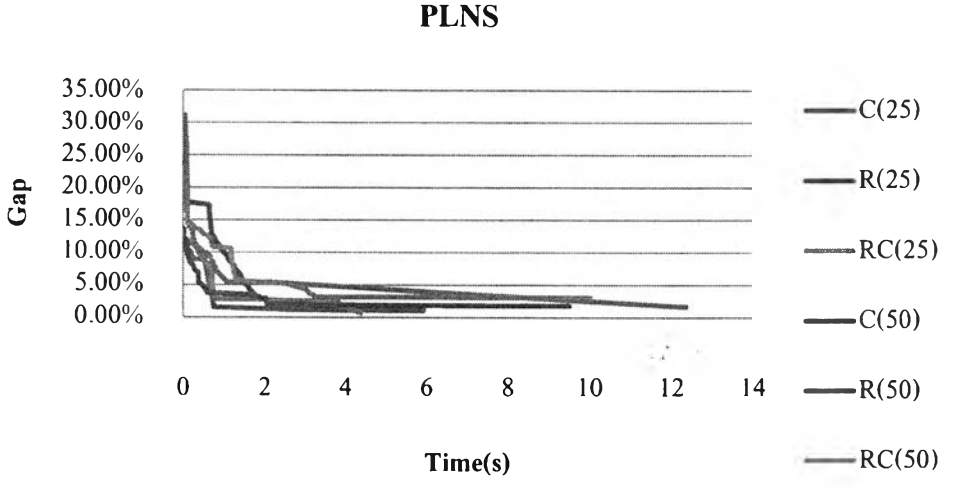
	C(25)			
	ค่าใช้จ่าย	จำนวนยานพาหนะ	ระยะเวลาการหาผลเฉลย	ระยะทางเที่ยวเปล่า
การเดินรถปกติ	5882	25	0.000	560
ผลเฉลยเบื้องต้น	3752	10	0.000	207
T=25				
ProbMin=0.1	3,349	7	0.043	157
ProbMin=0.01	3,329	7	0.410	156
ProbMin=0.001	3,321	7	4.018	123
ProbMin=0.0001	3,313	7	44.482	147
T=25(Change Sequence)				
ProbMin=0.1	3,347	7	0.043	158
ProbMin=0.01	3,344	7	0.426	173
ProbMin=0.001	3,334	7	4.518	154
ProbMin=0.0001	3,334	7	39.201	154

จากตารางที่ 6.10 เห็นได้ว่าการสลับเปลี่ยนลำดับส่งผลต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหาเล็กน้อย น่าจะมีสาเหตุมาจากวิธีค้นหาเฉพาะแห่งขนาดใหญ่เชิงความน่าจะเป็นเป็นวิธีที่แก้ปัญหาโดยใช้ประโยชน์จากความน่าจะเป็นซึ่งเป็นวิธีที่มีความไม่แน่นอนอยู่ในระบบ ต่างกับวิธีฮิวริสติค

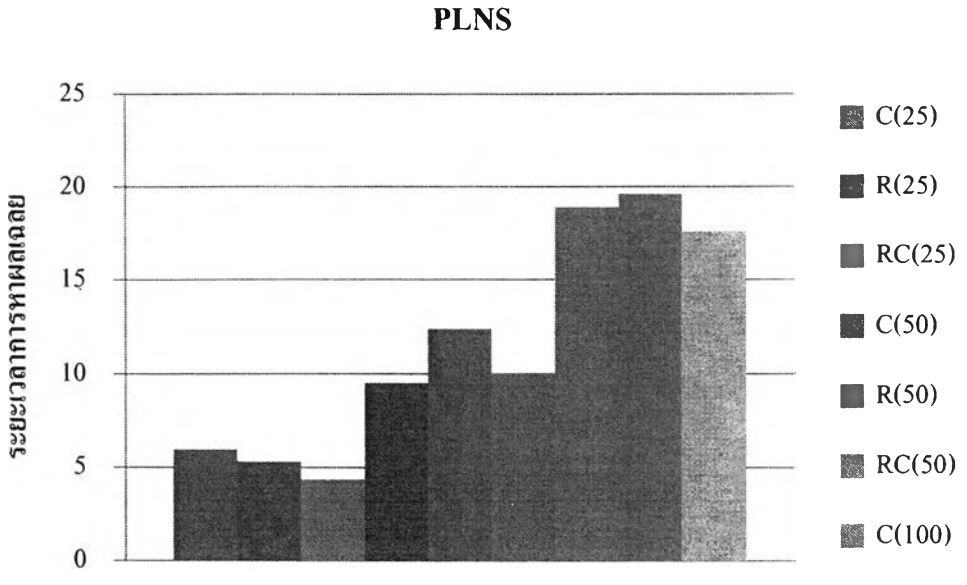
อื่นๆ ที่ถึงแม้จะเป็นวิธีฮิวริสติคก็มีความแน่นอนในระบบ กล่าวคือการแก้ปัญหาด้วยวิธีค้นหาเฉพาะแห่งขนาดใหญ่เชิงความน่าจะเป็นในแต่ละครั้งอาจจะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันแม้จะเป็นการแก้ปัญหาเดิมก็ตาม จึงสรุปได้ว่าการสลับลำดับมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของผลเฉลยเล็กน้อย และไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดว่าควรสลับลำดับอย่างไรจึงจะให้ผลเฉลยดีที่สุด อีกทั้งเนื่องจากความไม่แน่นอนในระบบของวิธีค้นหาเฉพาะแห่งขนาดใหญ่เชิงความน่าจะเป็น ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่าจะทำการทดสอบประสิทธิภาพโดยไม่มีการสลับเปลี่ยนลำดับแต่อย่างใด

จากการทดสอบปัจจัยทั้ง 5 อย่างที่อาจส่งกระทบต่อประสิทธิภาพการแก้ปัญหาของวิธีค้นหาเฉพาะแห่งขนาดใหญ่เชิงความน่าจะเป็น สรุปปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับชุดข้อมูลตัวอย่างได้ดังนี้

- ProbMin เท่ากับ 0.001
- T = 25
- C = 0.9
- ตั้งค่าตารางความน่าจะเป็นใหม่ทุกๆ 5000 รอบ
- ไม่มีการสลับลำดับ



รูปที่ 6.11 คุณภาพผลเฉลยของวิธีค้นหาเฉพาะแห่งขนาดใหญ่เชิงความน่าจะเป็น



รูปที่ 6.12 ระยะเวลาการหาผลเฉลยของวิธีค้นหาเฉพาะแห่งขนาดใหญ่เชิงความน่าจะเป็น

รูปที่ 6.11 และ 6.12 แสดงคุณภาพและระยะเวลาการหาผลเฉลยของวิธีค้นหาเฉพาะแห่งขนาดใหญ่เชิงความน่าจะเป็นของชุดข้อมูลตัวอย่าง 6 ชุดข้อมูล คือ C(25), C(50), R(25), R(50), RC(25) และ RC(50) โดยรูปที่ 6.11 แกนตั้งคือร้อยละของความแตกต่างระหว่างผลเฉลยกับผลเฉลยที่ดีที่สุด (Gap) ในขณะที่แกนตั้งของรูปที่ 6.12 คือระยะเวลาการหาผลเฉลย

จากรูปที่ 6.11 สังเกตได้วิธีค้นหาเฉพาะแห่งขนาดใหญ่เชิงความน่าจะเป็นสามารถหาผลเฉลยที่มีค่า Gap ต่ำกว่าร้อยละ 5 ภายในระยะเวลา 4 วินาทีในการแก้ปัญหาตัวอย่างทั้ง 6 ชุด อีกทั้งผลเฉลยสุดท้ายของทุกๆ ชุดข้อมูลมีค่า Gap ที่ต่ำกว่าร้อยละ 4 สรุปได้ว่าวิธีค้นหาเฉพาะแห่งขนาดใหญ่เชิงความน่าจะเป็นสามารถหาผลเฉลยที่มีค่า Gap ต่ำกว่าร้อยละ 4 ในการแก้ปัญหาขนาด 25 และ 50 จุดส่งสินค้า

จากรูปที่ 6.12 สังเกตได้ว่า เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น 2 เท่า จะใช้ระยะเวลาการหาผลเฉลยเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่าเช่นเดียวกัน ซึ่งถือเป็นข้อดีของวิธีฮิวริสติค เนื่องจากวิธีการหาผลเฉลยที่ดีที่สุดมีความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการค้นหาผลเฉลยและขนาดของปัญหาเป็นเอ็กโพเนียนเชียล กล่าวคือเมื่อขนาดเพิ่มขึ้น 2 เท่าระยะเวลาการหาผลเฉลยจะเพิ่มขึ้นมากกว่า 2 เท่า จากผลการทดสอบในงานวิจัยนี้พบว่าในการแก้ปัญหาด้วยวิธีหาผลเฉลยที่ดีที่สุด เมื่อเพิ่มขนาดปัญหาขึ้น 2 เท่าจะใช้ระยะเวลาการหาผลเฉลยมากขึ้นถึงประมาณ 20-40 เท่า

ในหัวข้อลำดับถัดไปจะกล่าวถึงการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีกำเนิดสดมภ์ที่มีปัญหารองที่พัฒนาขึ้น โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับวิธีกำเนิดสดมภ์ที่ไม่มีปัญหารองจาก

โปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีกำเนิดสดมภ์และวิธีการค้นหาเฉพาะแห่งขนาดใหญ่ที่พัฒนาขึ้น โดยใช้ปัจจัยที่สรุปจากหัวข้อนี้ ในหัวข้อลำดับสุดท้ายของบท

6.2.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีหาผลเฉลยที่ดีที่สุด

งานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีกำเนิดสดมภ์ที่พัฒนาขึ้นและวิธีกำเนิดสดมภ์ที่ไม่มีปัญหารอง โดยใช้ระยะเวลาการหาผลเฉลยเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพเนื่องจากเป็นวิธีหาผลเฉลยที่ดีที่สุดทั้งคู่จึงมีความแตกต่างทางด้านคุณภาพของผลเฉลยน้อยมาก ได้ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพดังนี้

ตารางที่ 6.11 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีการหาผลเฉลยที่ดีที่สุด

	Column generation(s)	Column generation (Sub problem)(s)	Δt (s)
C(25)	8.374	8.359	-0.015
C(50)	241.921	232.256	-9.665
R(25)	3.742	3.681	-0.061
R(50)	185.94	141.048	-44.892
RC(25)	2.921	3.093	0.172
RC(50)	220.15	192.065	-28.085

จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีการหาผลเฉลยที่ดีที่สุดพบว่า วิธีการแก้ปัญหาทั้ง 2 มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันในการแก้ปัญหาขนาด 25 จุดส่ง กล่าวคือใช้ระยะเวลาการหาเฉลยแตกต่างกันน้อยมาก ในขณะที่วิธีการแก้ปัญหาที่มีปัญหารองจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าเล็กน้อย สรุปได้ว่าการแก้ปัญหาขนาด 25 จุดส่งไม่มีความจำเป็นต้องใช้การแก้ปัญหารองแต่อย่าง

ใด เนื่องจากเป็นการเพิ่มความซับซ้อนโดยไม่จำเป็น ในขณะที่การแก้ปัญหาขนาด 50 จุดส่งควรแก้ปัญหาด้วยวิธีการกำเนิดสดมภ์ที่มีปัญหารองเนื่องจากใช้ระยะเวลาในการหาผลเฉลยที่น้อยกว่า

อัลกอริทึมการแก้ปัญหาด้วยวิธีกำเนิดสดมภ์ที่มีปัญหารองที่พัฒนาขึ้นถูกออกแบบให้มีการตรวจสอบว่ายังมีตัวแปรใดที่มีค่า Reduced Cost น้อยกว่าศูนย์อีกหรือไม่ในขั้นตอนสุดท้าย เนื่องจากวิธีการแก้ปัญหารองที่ใช้เป็นวิธีฮิวริสติคจึงต้องตรวจสอบอีกครั้งในขั้นตอนสุดท้ายด้วยวิธีหาผลเฉลยที่ดีที่สุด เพื่อที่จะสามารถมั่นใจได้ว่าผลเฉลยที่ได้จากวิธีกำเนิดสดมภ์เป็นผลเฉลยที่ดีที่สุด

ผู้วิจัยสนใจถึงประสิทธิภาพและความจำเป็นในการมีขั้นตอนสุดท้ายของวิธีกำเนิดสดมภ์ที่พัฒนาขึ้นนี้ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ใช้ระยะเวลามาก อีกทั้งยังเป็นขั้นตอนที่สิ้นเปลืองทรัพยากรณีคอมพิวเตอร์อย่างมาก จึงทำการทดลองดังนี้

ตารางที่ 6.12 ทดสอบประสิทธิภาพของขั้นตอนสุดท้ายในการแก้ปัญหาด้วยวิธีกำเนิดสดมภ์

ชุดปัญหาตัวอย่าง	ค่าใช้จ่ายที่ลดลง	ระยะเวลาการหาผลเฉลยที่เพิ่มขึ้น
C(25)	0.12%	11.15%
C(50)	0.20%	8.04%
R(25)	0.84%	9.24%
R(50)	2.03%	7.45%
RC(25)	0.39%	7.08%
RC(50)	0.52%	6.82%

จากตาราง 6.12 พบว่า การมีขั้นตอนสุดท้ายของวิธีกำเนิดสดมภ์ที่พัฒนาขึ้นส่งผลให้ระยะเวลาการหาผลเฉลยเพิ่มขึ้นประมาณ 6-11% ในขณะที่ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายลดลงเพียง 0.1-2% และค่าใช้จ่ายจะลดลงมากสุดในปัญหาชุด R และลดลงน้อยในปัญหาชุด C สรุปได้ว่าขั้นตอนสุดท้ายของวิธีกำเนิดสดมภ์นี้เป็นขั้นตอนที่ไม่มีความจำเป็นมากนัก ดังนั้นการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงอาจตัดขั้นตอนสุดท้ายนี้ได้ ในกรณีที่ไม่จำเป็นจะต้องได้ผลเฉลยที่ดีที่สุด เพื่อที่จะประหยัดเวลาการหาผลเฉลยและทรัพยากรณ์คอมพิวเตอร์

6.2.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีการแก้ปัญหาทั้งหมด

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีการแก้ปัญหาด้วยกันทั้งหมด 4 วิธีดังนี้

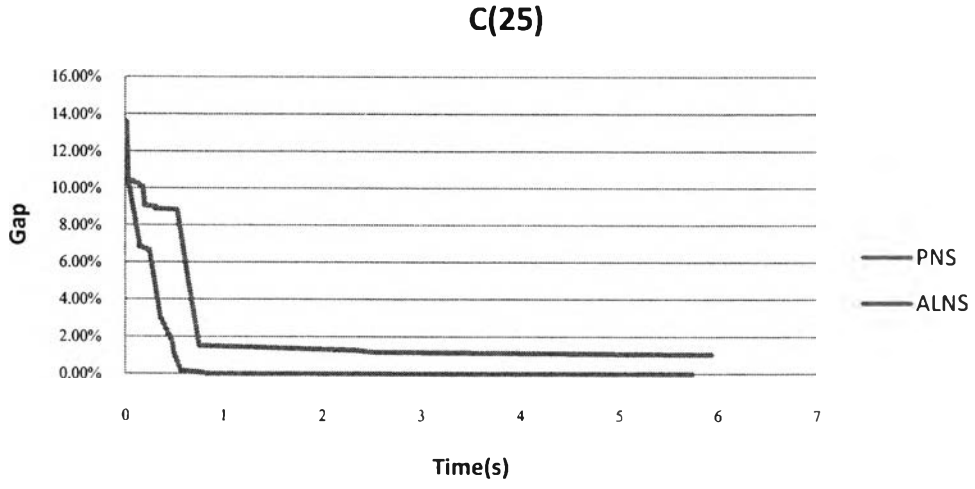
1) แบบจำลองขนาดเต็ม

2) วิธีกำเนิดสดมภ์ที่มีปัญหารองซึ่งเป็นวิธีหาผลเฉลยที่ดีที่สุด

3) วิธีค้นหาเฉพาะแห่งขนาดใหญ่เชิงความน่าจะเป็น (PLNS) ซึ่งเป็นวิธีฮิวริสติค

4) วิธีฮิวริสติคจากงานวิจัยในอดีตของ D.Pisinger และ S.Ropke (ALNS)

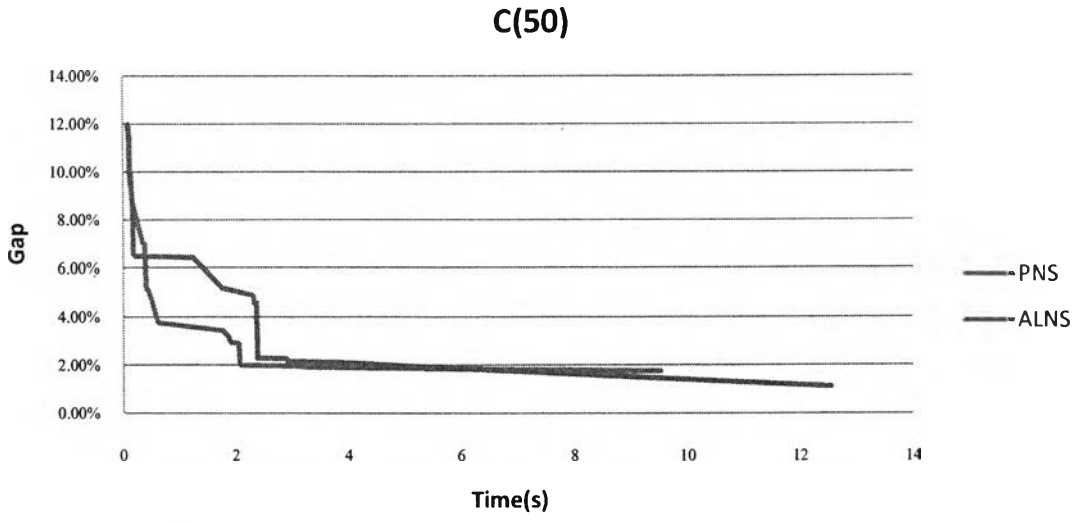
ผลการเปรียบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแก้ปัญหาจะแบ่งตามชุดข้อมูลตัวอย่างทั้ง 9 ชุด ที่กล่าวถึงในหัวข้อก่อนหน้า ดังนี้



แบบจำลองขนาดเต็ม :26.296 วินาที

วิธีกำเนิดสดมภ์ : 8.359 วินาที

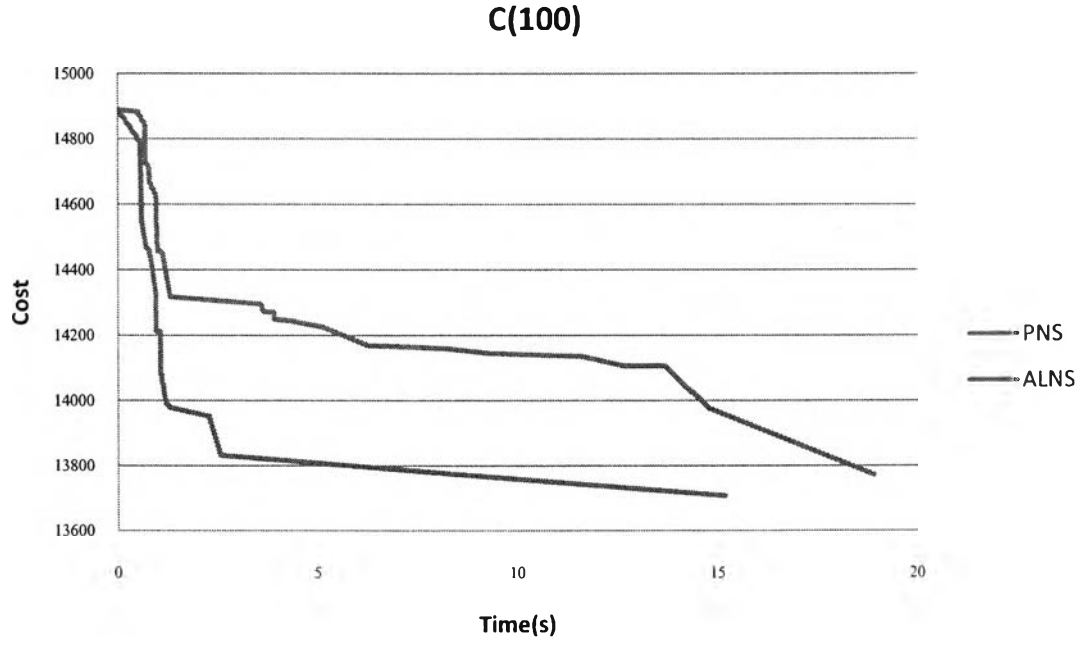
รูปที่ 6.13 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยชุดปัญหาตัวอย่าง C(25)



แบบจำลองขนาดเต็ม : 691.843 วินาที

วิธีกำเนิดสดมภ์ : 432.256 วินาที

รูปที่ 6.14 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยชุดปัญหาตัวอย่าง C(50)

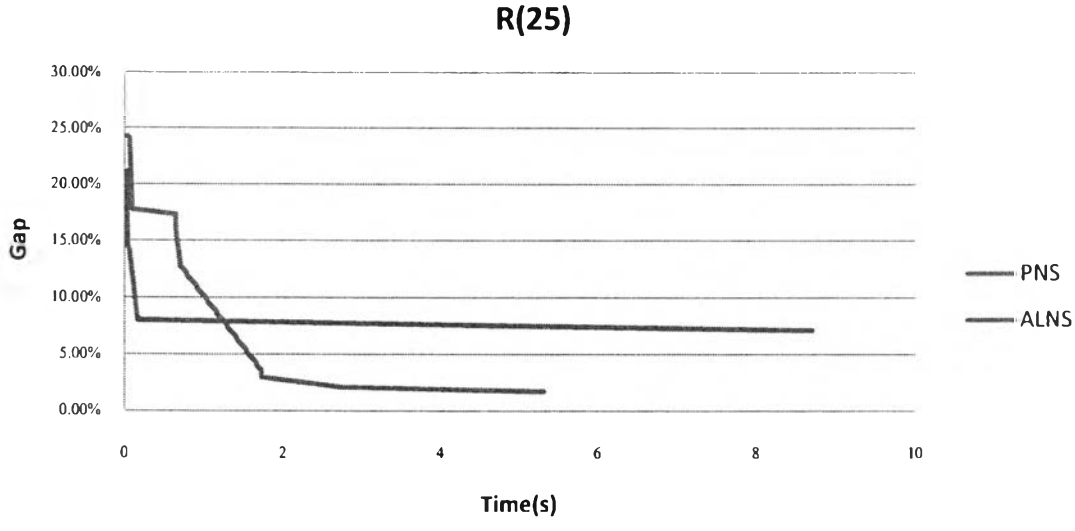


แบบจำลองขนาดเต็ม : N/A

วิธีกำเนิดสดมภ์ : N/A

รูปที่ 6.15 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยชุดปัญหาตัวอย่าง C(100)

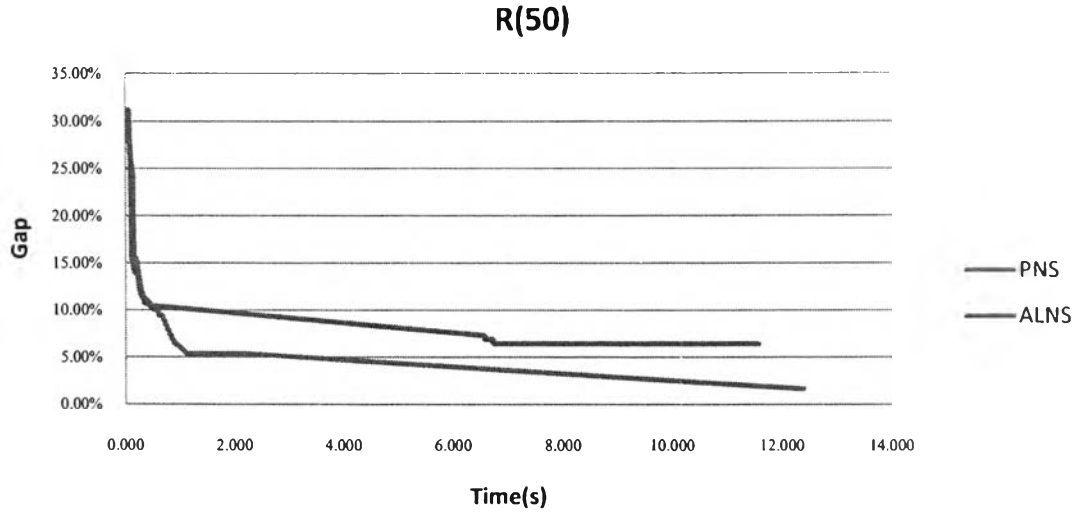
รูปที่ 6.13, 6.14 และ 6.15 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยชุดข้อมูลตัวอย่าง C(25), C(50) และ C(100) ตามลำดับ โดยแกนนอนคือระยะเวลาที่ใช้ในการหาผลเฉลยและแกนตั้งคือร้อยละของความแตกต่างระหว่างผลเฉลยกับผลเฉลยที่ดีที่สุด (Gap) ในรูปที่ 6.13 และ 6.14 ในขณะที่แกนตั้งของรูปที่ 6.15 คือค่าใช้จ่ายเนื่องจากปัญหาขนาด 100 จุดส่งไม่สามารถหาผลเฉลยที่ดีที่สุดเนื่องจากทรัพยากรคอมพิวเตอร์ไม่เพียงพอ พบว่าวิธี ALNS มีอัตราการการลดลงของค่าใช้จ่ายที่เร็วกว่า PLNS ในช่วงเริ่มต้นจนถึงประมาณวินาทีที่ 1 จากนั้นอัตราการลดลงของค่าใช้จ่ายของวิธี PLNS จะมีอัตราการลดลงของค่าใช้จ่ายที่รวดเร็วกว่าวิธี ALNS เมื่อพิจารณาผลเฉลยสุดท้ายของวิธีทั้ง 2 พบว่าวิธี ALNS ให้ผลเฉลยที่ดีกว่า อย่างไรก็ดีทั้งวิธี PLNS และ ALNS ให้ผลเฉลยสุดท้ายที่มีค่า Gap ต่ำกว่าร้อยละ 2 และเมื่อพิจารณาระยะเวลาการค้นหาผลเฉลยพบว่าวิธี PLNS และ ALNS ใช้ระยะเวลาการค้นหาผลเฉลยที่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่วิธีหาผลเฉลยที่ดีที่สุดทั้งแบบจำลองขนาดเต็มและวิธีกำเนิดสดมภ์ใช้เวลาใกล้เคียงกับวิธีฮิวริสติคในปัญหาขนาด 25 จุดส่ง แต่เมื่อพิจารณาปัญหาขนาด 50 จุดส่งพบว่าวิธีหาผลเฉลยที่ดีที่สุดใช้ระยะเวลาการหาผลเฉลยมากกว่าวิธีฮิวริสติคถึงประมาณ 35-60 เท่า



แบบจำลองขนาดเต็ม : 2.5 วินาที

วิธีกำเนิดสดมภ์ : 3.681 วินาที

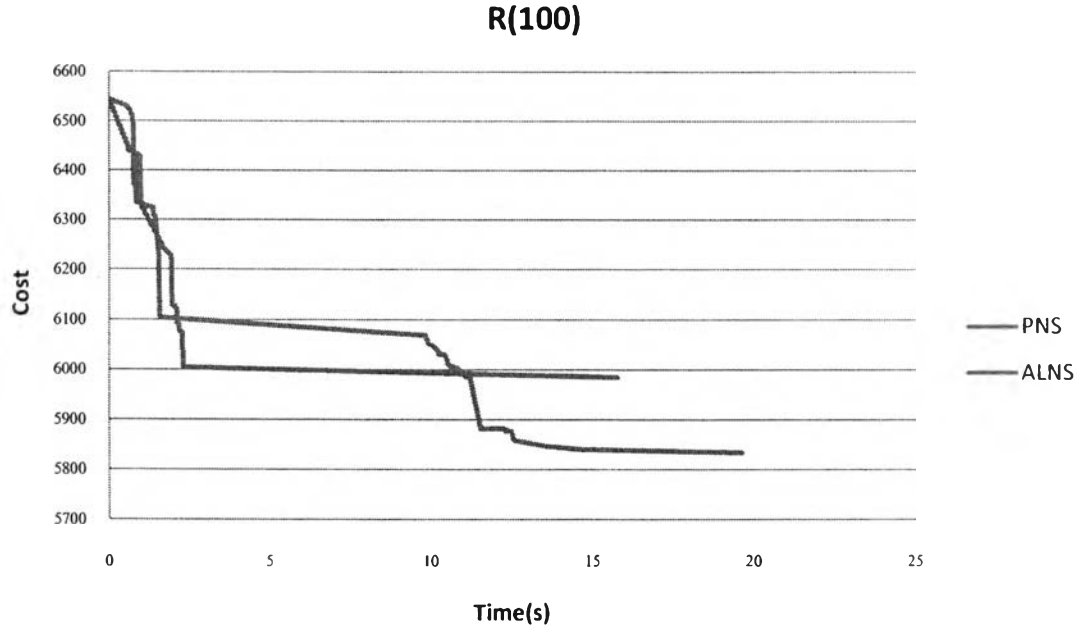
รูปที่ 6.16 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยชุดปัญหาตัวอย่าง R(25)



แบบจำลองขนาดเต็ม : 341.078 วินาที

วิธีกำเนิดสดมภ์ : 129.625 วินาที

รูปที่ 6.17 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยชุดปัญหาตัวอย่าง R(50)



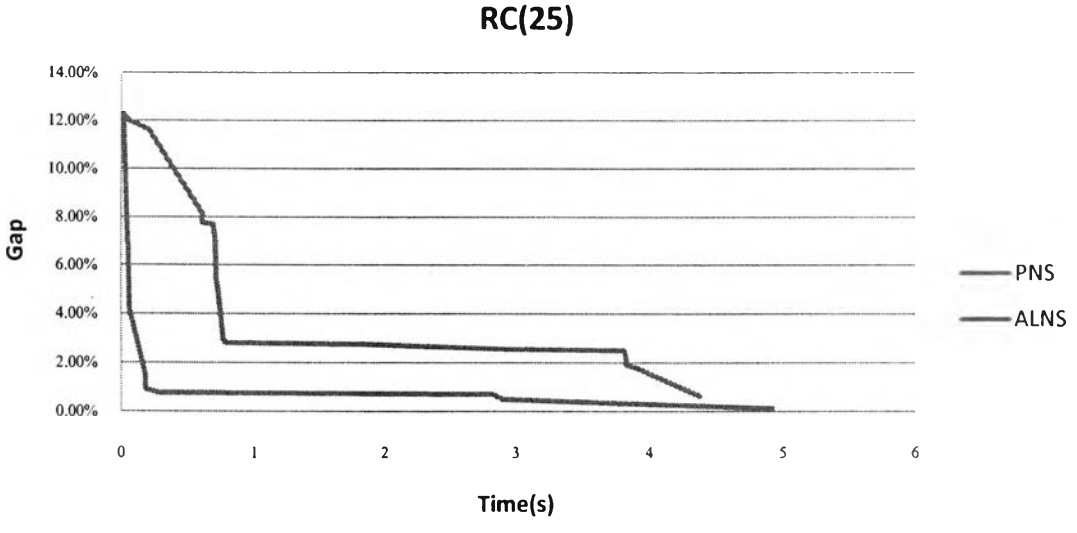
แบบจำลองขนาดเต็ม : N/A

วิธีกำเนิดสดมภ์ : N/A

รูปที่ 6.18 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยชุดปัญหาตัวอย่าง R(100)

รูปที่ 6.16, 6.17 และ 6.18 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยชุดข้อมูลตัวอย่าง R(25), R(50) และ R(100) ตามลำดับ โดยแกนนอนคือระยะเวลาที่ใช้ในการหาผลเฉลยและแกนตั้งคือร้อยละของความแตกต่างระหว่างผลเฉลยกับผลเฉลยที่ดีที่สุด (Gap) ในรูปที่ 6.16 และ 6.17 ในขณะที่แกนตั้งของรูปที่ 6.18 คือค่าใช้จ่ายเนื่องจากปัญหาขนาด 100 จุดส่งไม่สามารถหาผลเฉลยที่ดีที่สุดเนื่องจากทรัพยากรคอมพิวเตอร์ไม่เพียงพอ พบว่าแนวโน้มทางด้านอัตราการลดลงของค่าใช้จ่ายและระยะเวลาการค้นหาผลเฉลยเป็นเช่นเดียวกันกับปัญหาในกลุ่ม C แต่เมื่อพิจารณาผลเฉลยสุดท้ายของวิธี PLNS และ ALNS พบว่าแตกต่างกับปัญหาในกลุ่ม C กล่าวคือ ผลเฉลยสุดท้ายจากวิธี PLNS ดีกว่าวิธี ALNS จึงสรุปได้ว่าวิธี PLNS มีแนวโน้มที่จะมีประสิทธิภาพดีกว่า ALNS เมื่อใช้ในการแก้ปัญหากลุ่ม R นั่นคือกลุ่มที่ลูกค้ามีการกระจายตัวแบบสุ่มนั่นเอง ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อพิจารณา Gap พบว่าผลเฉลยสุดท้ายที่ได้จากวิธี ALNS เมื่อแก้ปัญหากลุ่ม R มี Gap ที่สูงถึงประมาณร้อยละ 6-7 ในขณะที่ผลเฉลยสุดท้ายที่ได้จากวิธี PLNS ยังคงมี Gap ประมาณร้อยละ 2 เช่นเดียวกันกับปัญหากลุ่ม C

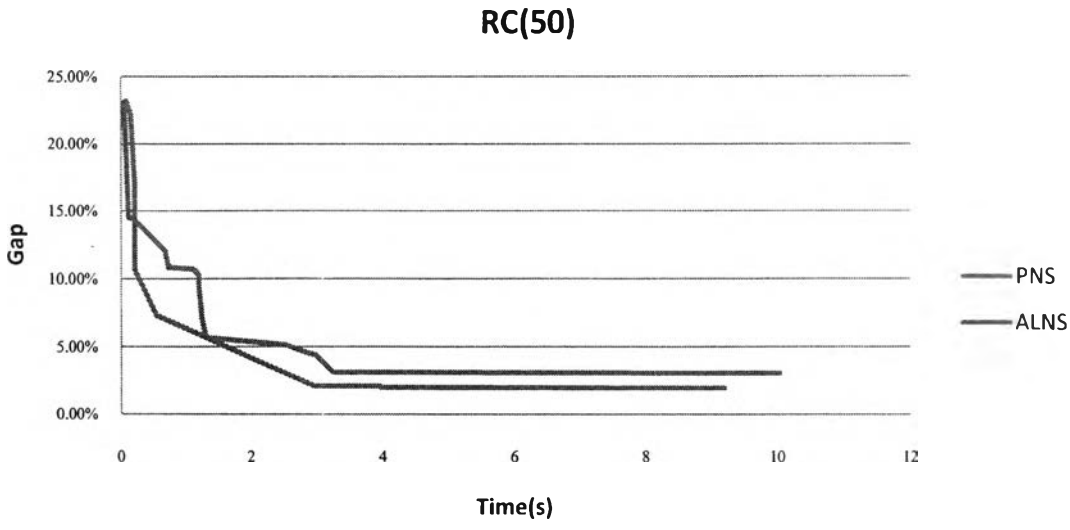
อีกประเด็นหนึ่งที่น่าสนใจจากรูปที่ 6.16 คือแบบจำลองขนาดเต็มใช้ระยะเวลาการค้นหาผลเฉลยที่น้อยกว่าวิธีกำเนิดสดมภ์ ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่สามารถเกิดได้ เนื่องจากแบบจำลองขนาดเต็มใช้วิธีแตกกิ่งในการแก้ปัญหา ดังนั้นจึงอาจบังเอิญแตกกิ่งเจอผลเฉลยที่ดีที่สุดในเวลาอันรวดเร็ว ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาการค้นหาผลเฉลยที่รวดเร็วกว่าวิธีกำเนิดสดมภ์ อย่างไรก็ดีกรณีนี้มีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมากและมักจะเกิดขึ้นในการแก้ปัญหาขนาดเล็กเท่านั้น



แบบจำลองขนาดเต็ม : 25.343 วินาที

วิธีกำเนิดสดมภ์ : 3.039 วินาที

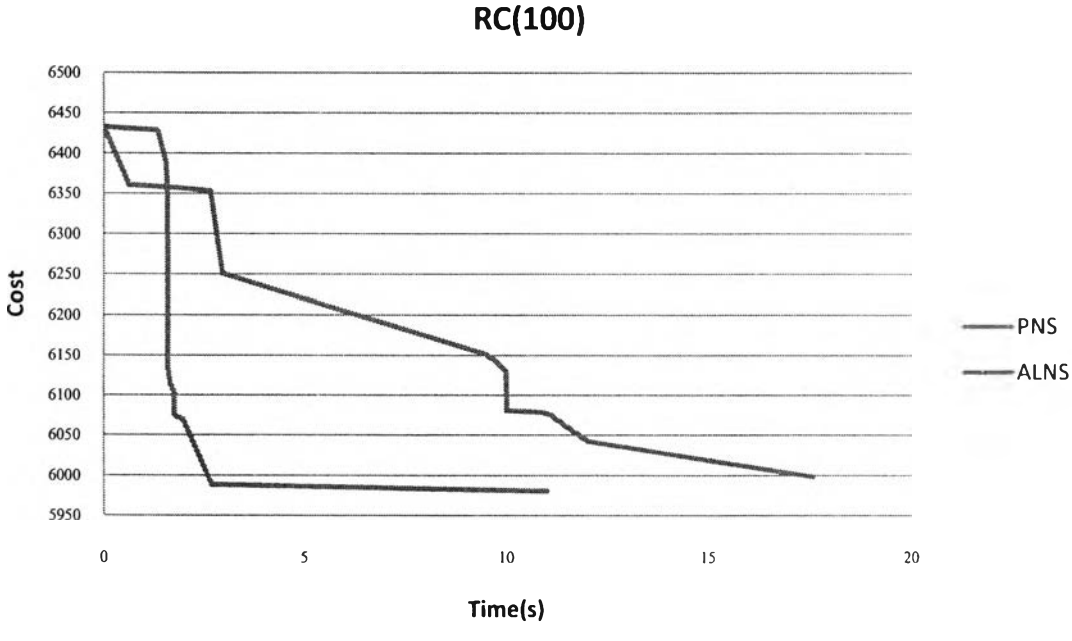
รูปที่ 6.19 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยชุดปัญหาตัวอย่าง RC(25)



แบบจำลองขนาดเต็ม : 558.265 วินาที

วิธีกำเนิดสดมภ์ : 192.065 วินาที

รูปที่ 6.20 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยชุดปัญหาตัวอย่าง RC(50)



แบบจำลองขนาดเต็ม : N/A

วิธีกำเนิดสดมภ์ : N/A

รูปที่ 6.21 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยชุดปัญหาตัวอย่าง RC(100)

รูปที่ 6.19, 6.20 และ 6.21 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยชุดข้อมูลตัวอย่าง RC(25), RC(50) และ RC(100) ตามลำดับ โดยแกนนอนคือระยะเวลาที่ใช้ในการหาผลเฉลยและแกนตั้งคือร้อยละของความแตกต่างระหว่างผลเฉลยกับผลเฉลยที่ดีที่สุด (Gap) ในรูปที่ 6.19 และ 6.20 ในขณะที่แกนตั้งของรูปที่ 6.21 คือค่าใช้จ่ายเนื่องจากปัญหาขนาด 100 จุดส่งไม่สามารถหาผลเฉลยที่ดีที่สุดเนื่องจากทรัพยากรคอมพิวเตอร์ไม่เพียงพอ พบว่าแนวโน้มทางด้านอัตราการลดลงของค่าใช้จ่ายและระยะเวลาการค้นหาผลเฉลยเป็นเช่นเดียวกันกับปัญหาในกลุ่ม C และกลุ่ม R แต่เมื่อพิจารณาผลเฉลยสุดท้ายของวิธี PLNS และ ALNS พบว่าทั้ง 2 วิธีให้ผลเฉลยสุดท้ายที่ใกล้เคียงกันมาก โดยผลเฉลยสุดท้ายของวิธีทั้ง 2 มีค่า Gap เพียงประมาณร้อยละ 2 จึงสรุปได้ว่าวิธี PLNS และ ALNS มีแนวโน้มที่จะมีประสิทธิภาพการแก้ปัญหากลุ่ม RC ที่ใกล้เคียงกัน

จากผลการทดลองทั้งหมดข้างต้นพบว่า ประสิทธิภาพการแก้ปัญหาระหว่างวิธีหาผลเฉลยที่ดีที่สุด และ วิธีฮิวริสติคทั้ง 2 ด้วยชุดปัญหาตัวอย่างทั้ง 9 ชุดก็ได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันไป ดังนั้นผู้จัยจึงทำการสรุปประเด็นที่น่าสนใจทั้งหมดจากผลการทดลองข้างต้น เพื่อง่ายแก่การมองภาพรวมของความเหมาะสมระหว่างวิธีการแก้ปัญหาและลักษณะของปัญหาไว้ในบทถัดไป