

บทที่ 5

ผลการทดสอบ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้ถูกนำมาทดสอบกับชุดปัญหาที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นโดยอ้างอิงจากข้อมูลจริงจากบริษัทอ้างอิง โดยที่ชุดปัญหาแต่ละชุดจะมีความแตกต่างกันในด้านขนาดของปัญหา และรายละเอียดของข้อมูล การทดสอบได้ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผล Intel Core™2 Duo ความเร็ว 1.66 GHz โดยมีหน่วยความจำ 2.5 GB และใช้ซอฟต์แวร์ Microsoft Visual Studio 2010 ในการเขียนแอปพลิเคชันเพื่อเรียกไลบรารี ILOG CPLEX 12.1 มาใช้ในการแก้ปัญหา

การทดสอบในงานวิจัยชิ้นนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการทดสอบความสามารถของแบบจำลองการจัดสรรระวางในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และส่วนที่สองจะเป็นส่วนของการนำแบบจำลองการจัดสรรระวางในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่ผู้วิจัยพัฒนามาทำการหาราคาประมูลเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวาง ซึ่งจะนำผลการรับจองระวางที่ได้ไปเทียบกับผลจากการรับจองระวางจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์

5.1 รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองการจัดสรรระวางในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์

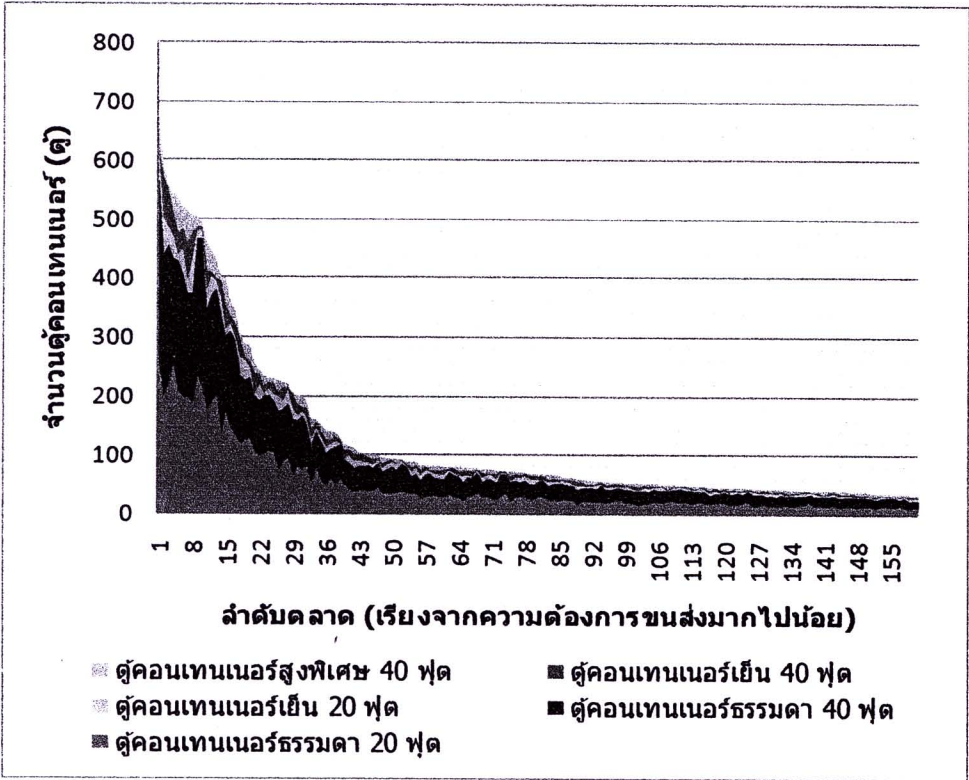
ข้อมูลที่นำมาใช้ในการทดสอบแบบจำลองนี้เป็นข้อมูลที่ประกอบด้วยความต้องการในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แต่ละประเภท และรายได้จากการขนส่งในแต่ละตลาด รวมไปถึงความสามารถในการให้บริการขนส่ง ความต้องการหรือความสามารถในการให้บริการตู้เปล่า โดยผู้วิจัยได้จำลองชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองทั้งหมด 7 ชุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5.1 รายละเอียดความสามารถในการให้บริการขนส่งของเรือที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่ง

ความสามารถในการให้บริการ	ค่ามากที่สุด	ค่าน้อยสุด	ค่าเฉลี่ย
จำนวนตู้คอนเทนเนอร์	1,700	30	590
น้ำหนักบนเรือ	24,500	400	8,012
จำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น	167	0	103

ตารางที่ 5.2 รายละเอียดของชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่ง

ชุดปัญหาที่	1	2	3	4	5	6	7
จำนวนตลาดที่รับขนส่ง	1,627	3,254	6,508	13,016	26,032	52,064	104,128
จำนวนขาการเดินทาง	151	302	604	1,208	2,416	4,832	9,664
จำนวนท่าเรือ	56	56	56	56	56	56	56



รูปที่ 5.1 การกระจายตัวของความต้องการในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แต่ละประเภท

5.2 ผลลัพธ์จากการทดสอบแบบจำลองการจัดสรรระวางในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์

งานวิจัยนี้ได้ทำการหาผลเฉลยจากแบบจำลองการจัดสรรระวางในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า และตู้คอนเทนเนอร์เปล่า ในรูปแบบกำหนดการเชิงจำนวนจริง โดยมีรูปแบบของแบบจำลองที่ใช้ในการหาค่าผลเฉลย 4 รูปแบบ ดังนี้

1. แบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบมาตรฐาน
2. แบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบเส้นทาง
3. แบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำหนดแถว
4. แบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำหนดแถวแบบที่ 2

ผลเฉลยที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองด้วยข้อมูลแต่ละชุด จะถูกนำมาวิเคราะห์ในประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. จำนวนแถวและคอลัมน์ที่ใช้ในการหาผลเฉลย
2. เวลาที่ใช้ในการหาผลเฉลย

5.2.1 จำนวนแถวและคอลัมน์ที่ใช้ในการหาผลเฉลย

เมื่อนำข้อมูลทั้ง 7 ชุด มาทำการหาผลเฉลยด้วยแบบจำลองทั้ง 3 แบบ จะพบว่าแบบจำลองแต่ละรูปแบบจะมีการสร้างจำนวนแถวและจำนวนคอลัมน์ต่างกัน ดังนี้

ตารางที่ 5.3 รายละเอียดของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากแบบจำลองแบบมาตรฐาน

ชุดปัญหา	จำนวนตลาดที่ให้บริการขนส่ง	จำนวนขาการเดินทาง	จำนวนท่าเรือ	จำนวนตัวแปร	จำนวนแถว
1	1,627	151	56	9,170	17,003
2	3,254	302	56	18,060	33,726
3	6,508	604	56	35,840	67,172
4	13,016	1,208	56	71,400	134,064
5	26,032	2,416	56	142,520	267,848
6	52,064	4,832	56	N/A	N/A
7	104,128	9,664	56	N/A	N/A

หมายเหตุ N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่วยความจำไม่เพียงพอ

จากตารางที่ 5.3 จะพบว่าแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากสมการวัตถุประสงค์เพื่อการหารายได้มากที่สุด สามารถแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยได้ตั้งแต่ชุดปัญหาที่ 1 ถึงชุดปัญหาที่ 5 เท่านั้น และไม่สามารถแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยแก่ชุดปัญหาที่ 6 และ 7 ได้ เพราะหน่วยความจำไม่เพียงพอ

ตารางที่ 5.4 รายละเอียดของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากแบบจำลองแบบเส้นทาง

ชุดปัญหา	จำนวนตลาดที่ให้บริการขนส่ง	จำนวนขาการเดินทาง	จำนวนท่าเรือ	จำนวนตัวแปร	จำนวนแถว
1	1,627	151	56	9,170	8,868
2	3,254	302	56	18,060	17,456
3	6,508	604	56	35,840	34,632
4	13,016	1,208	56	71,400	68,984
5	26,032	2,416	56	142,520	137,688
6	52,064	4,832	56	284,760	275,096
7	104,128	9,664	56	N/A	N/A

หมายเหตุ N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่วยความจำไม่เพียงพอ

จากตารางที่ 5.4 จะพบว่าแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากสมการวัตถุประสงค์เพื่อการหาต้นทุนน้อยที่สุด สามารถแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยได้ตั้งแต่ชุดปัญหาที่ 1 ถึงชุดปัญหาที่ 6 แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยแก่ชุดปัญหาที่ 7 ได้ เพราะหน่วยความจำไม่เพียงพอ

ตารางที่ 5.5 รายละเอียดของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถว

ชุดปัญหา	จำนวนตลาดที่ให้บริการขนส่ง	จำนวนขาการเดินทาง	จำนวนท่าเรือ	จำนวนตัวแปร	จำนวนแถวที่ดึงออก	จำนวนแถวที่สร้างกลับ	ร้อยละของจำนวนแถวที่สร้างกลับ	จำนวนแถวทั้งหมด
1	1,627	151	56	9,170	8,135	31	0.38	764
2	3,254	302	56	18,060	16,270	95	0.58	1,281
3	6,508	604	56	35,840	32,540	168	0.52	2,260
4	13,016	1,208	56	71,400	65,080	270	0.41	4,174
5	26,032	2,416	56	142,520	130,160	453	0.35	7,981
6	52,064	4,832	56	284,760	260,320	815	0.31	15,591
7	104,128	9,664	56	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่วยความจำไม่เพียงพอ

จากตารางที่ 5.5 จะพบว่าแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากสมการวัตถุประสงค์เพื่อการหาต้นทุนน้อยที่สุดร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวสามารถแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยได้ตั้งแต่ชุดปัญหาที่ 1 ถึงชุดปัญหาที่ 6 แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยแก่ชุดปัญหาที่ 7 ได้ เพราะหน่วยความจำไม่เพียงพอ

จะพบว่าจำนวนแถวที่สร้างกลับขึ้นมามีจำนวนน้อยมาก นั้นหมายความว่าแบบจำลองรูปแบบอื่นที่ไม่ได้ใช้เทคนิคกำเนิดแถวจะมีการสร้างจำนวนเงื่อนไขในแบบจำลองที่มากเกินไปมาก

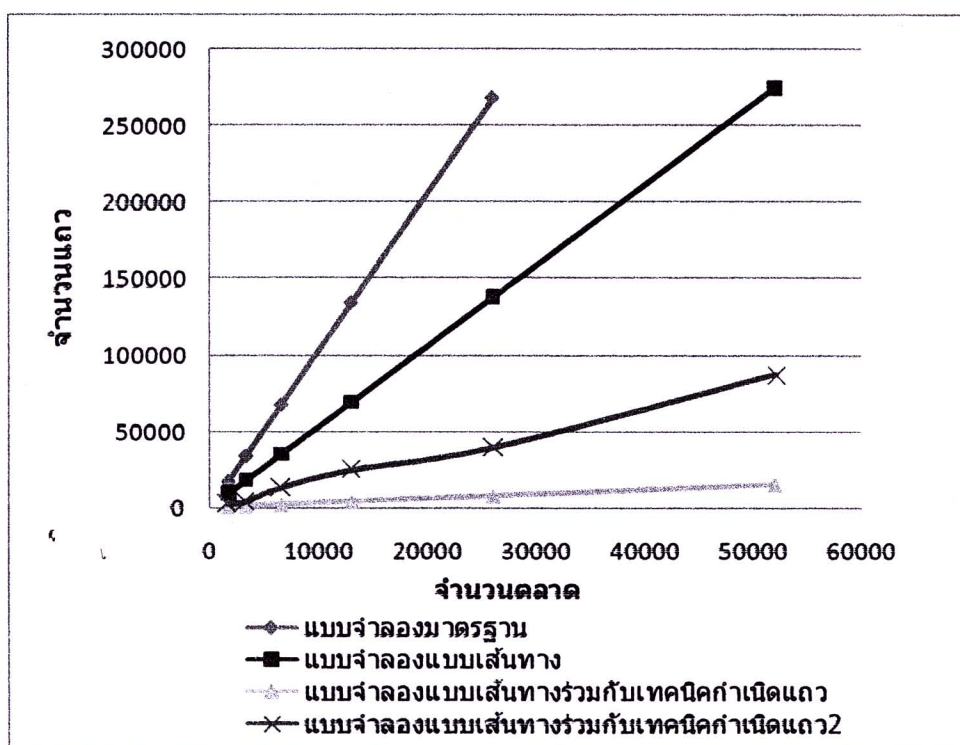
ตารางที่ 5.6 รายละเอียดของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวแบบที่ 2

ชุด ปัญหา	จำนวน ตลาดที่ ให้บริการ ขนส่ง	จำนวน ขาการ เดินทาง	จำนวน ท่าเรือ	จำนวน ตัวแปร	จำนวน แถวที่ ดึงออก	จำนวน แถวที่ สร้าง กลับ	ร้อยละของ จำนวนแถว ที่สร้างกลับ	จำนวน แถว ทั้งหมด
1	1,627	151	56	9,170	8,135	2,010	24.71	2,743
2	3,254	302	56	18,060	16,270	3,115	19.15	4,301
3	6,508	604	56	35,840	32,540	11,095	34.10	13,187
4	13,016	1,208	56	71,400	65,080	20,710	31.82	24,614
5	26,032	2,416	56	142,520	130,160	31,940	24.54	39,468
6	52,064	4,832	56	284,760	260,320	72,460	27.83	87,236
7	104,128	9,664	56	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่วยความจำไม่เพียงพอ

จากตารางที่ 5.6 จะพบว่าแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากสมการวัตถุประสงค์เพื่อการหาต้นทุนน้อยที่สุดร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวสามารถแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยได้ตั้งแต่ชุดปัญหาที่ 1 ถึงชุดปัญหาที่ 6 แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยแก่ชุดปัญหาที่ 7 ได้ เพราะหน่วยความจำไม่เพียงพอ

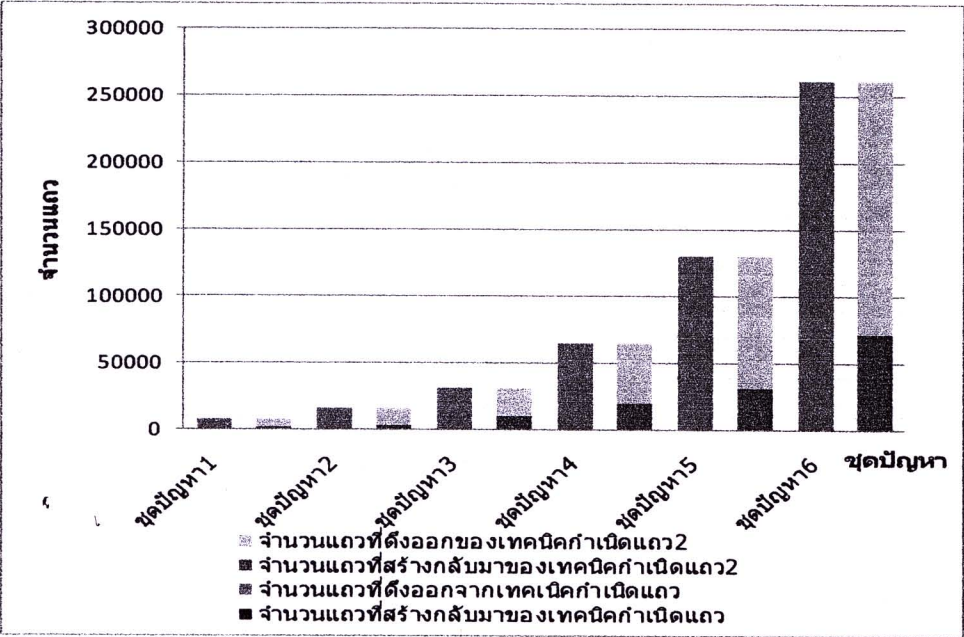
จากตารางที่ 5.3 5.4 5.5 และ 5.6 จะพบว่าแบบจำลองทั้ง 4 แบบนั้นจะให้จำนวนแถวที่ต่างกัน ซึ่งจะแสดงการเปรียบเทียบจำนวนแถวระหว่างแบบจำลองทั้ง 4 แบบ ดังกราฟรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ของจำนวนแถวและชุดปัญหาจากแบบจำลองทั้ง 4 รูปแบบ

จากรูปที่ 5.2 จะพบว่าจำนวนแถวในแต่ละแบบจำลองและแต่ละชุดปัญหาจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วยสัดส่วนค่อนข้างคงที่แบบเส้นตรง ซึ่งจะพบว่าจำนวนแถวจากแบบจำลองมาตรฐานจะมีจำนวนมากที่สุด และจะแบบจำลองนี้จะแก้ปัญหาได้เพียงแค่ชุดปัญหาที่ 1 ถึงชุดปัญหาที่ 5 ซึ่งแบบจำลองแบบเส้นทางทั้ง 3 แบบ จะสามารถแก้ปัญหาได้ถึงชุดปัญหาที่ 6

ซึ่งหากพิจารณาแบบจำลองแบบเส้นทางทั้ง 3 แบบ จะพบว่าแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวจะมีจำนวนแถวน้อยที่สุด ตามมาด้วยแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวแบบที่ 2 และแบบจำลองแบบเส้นทางตามลำดับ โดยที่จำนวนแถวที่เกิดจากการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวทั้ง 2 แบบนั้น สามารถที่จะลดขนาดของแบบจำลองได้จริง และลดขนาดของแบบจำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่เทคนิคกำเนิดแถวจะสร้างจำนวนแถวกลับขึ้นมาน้อยกว่าเทคนิคกำเนิดแถวแบบที่ 2 ดังจะเห็นได้จากรูปที่



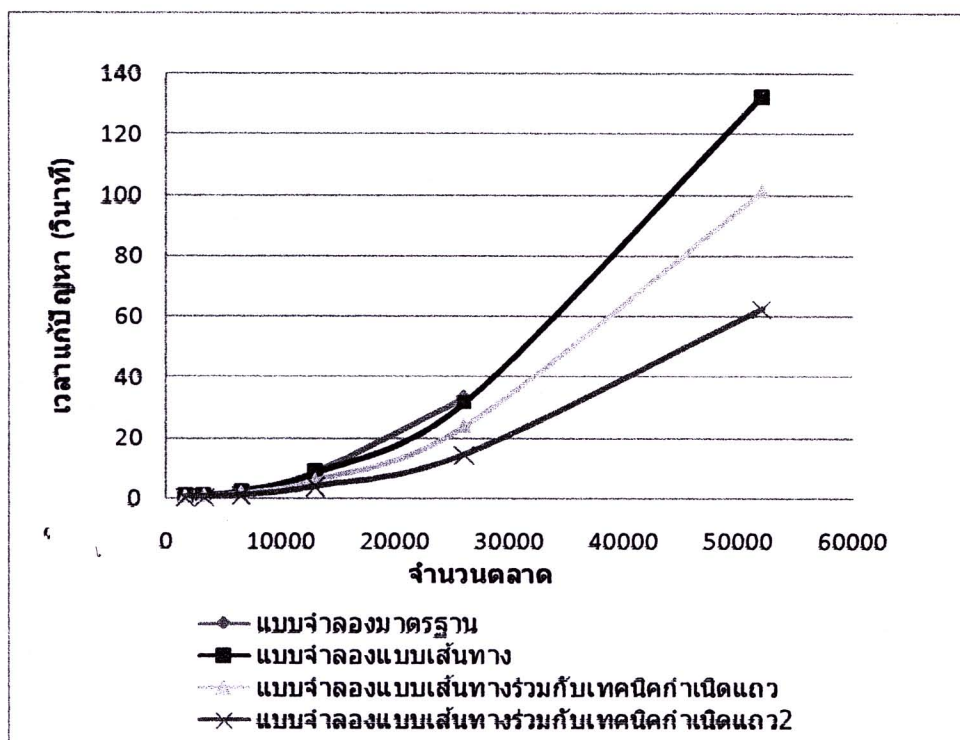
รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแนวที่ดึงออกและสร้างกลับของเทคนิคกำเนิดแนวทั้ง 2 แบบ

5.2.2 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาหาผลเฉลี่ย

ตารางที่ 5.7 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาของแบบจำลองทั้ง 4 แบบ

	เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา (วินาที)			
ชุดปัญหา	แบบจำลองมาตรฐาน	แบบจำลองแบบเส้นทาง	แบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแนว	แบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแนวแบบที่ 2
1	0.266	0.266	0.235	0.265
2	0.702	0.671	0.484	0.25
3	2.215	2.046	1.390	0.78
4	8.533	8.174	5.589	3.682
5	32.885	31.334	23.489	14.194
6	N/A	132.757	101.216	62.216
7	N/A	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่วยความจำไม่เพียงพอ



รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาของชุดปัญหาแต่ละชุดจากแบบจำลองทั้ง 4 รูปแบบ

จากรูปที่ 5.4 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาของชุดปัญหาแต่ละชุดระหว่างแบบจำลองทั้ง 4 รูปแบบ จากกราฟจะเห็นว่าแบบจำลองมาตรฐานจะสามารถแก้ปัญหาได้ถึงชุดปัญหาที่ 5 เท่านั้น ในขณะที่แบบจำลองแบบเส้นทางอีก 3 รูปแบบ สามารถแก้ปัญหาได้ถึงชุดปัญหาที่ 6 และแสดงให้เห็นว่าเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาของแบบจำลองมาตรฐานจะใช้เวลามากที่สุด โดยที่จะใช้เวลาในการแก้ปัญหาใกล้เคียงกับเวลาในการแก้ปัญหาของแบบจำลองแบบเส้นทางโดยจะสูงกว่าเล็กน้อย ส่วนเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาของแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวทั้ง 2 แบบนั้น จะใช้เวลาในการแก้ปัญหาน้อยกว่าแบบจำลองมาตรฐานและแบบจำลองแบบเส้นทางที่ไม่ได้ใช้เทคนิคกำเนิดแถว

ถึงแม้ว่าแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวจะมีจำนวนแถวที่สร้างกลับมา น้อยกว่าแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวแบบที่ 2 แต่เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา กลับสูงกว่า สาเหตุมาจากเทคนิคกำเนิดแถวจะมีการสร้างแถวที่ละเม็ดเงื่อนไขเท่านั้นเพื่อกลับเข้าสู่แบบจำลอง ดังนั้นเมื่อขาการเดินทางใดๆ ที่ตลาดที่มีการขนส่งในขานั้นมีการดึงออก หมายถึงขา

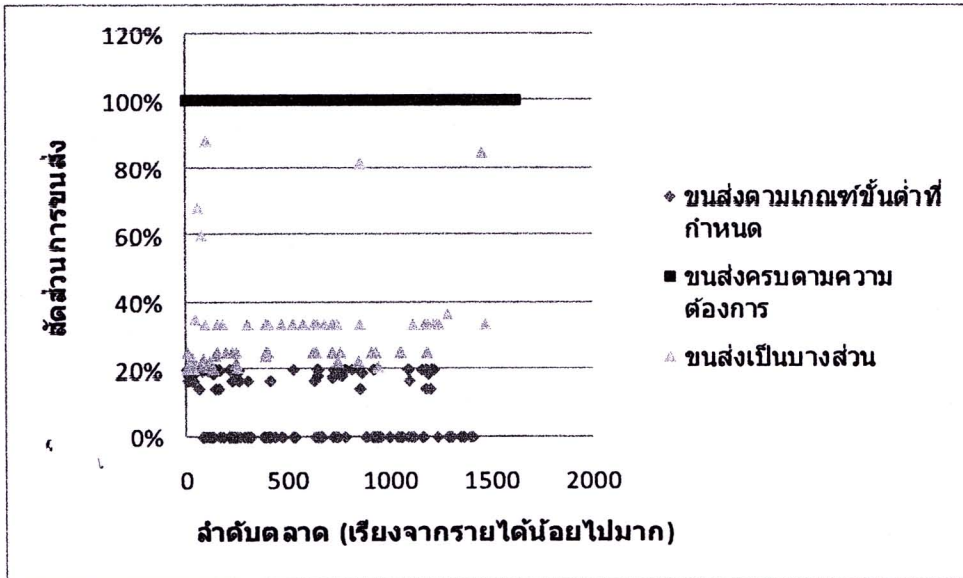
การเดินทางนั้นมีการขนส่งเต็มจำนวน หากผลเฉลยจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำการดึงออกละเมิดเงื่อนไข ดังนั้นจะต้องมีการเพิ่มเงื่อนไขเพื่อควบคุมเงื่อนไขที่ละเมิดนี้เข้าสู่แบบจำลอง ทำให้การเดินทางนี้มีความต้องการขนส่งมากเกินความสามารถในการขนส่งของการเดินทาง จึงต้องมีการดึงตู้คอนเทนเนอร์ของตลาดอื่นออกจากการขนส่งแทน ทำให้มีโอกาสดึงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ดึงออกในตลาดนี้จะละเมิดเงื่อนไข และมีการสร้างเงื่อนไขเพิ่มกลับเข้าสู่แบบจำลองอีก เมื่อมีจำนวนรอบในการสร้างเงื่อนไขกลับเข้าสู่แบบจำลองเป็นจำนวนมากจึงทำให้เสียเวลาในการแก้ปัญหาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะต่างจากเทคนิคกำเนิดแบบที่ 2 ที่เมื่อพบผลเฉลยที่ละเมิดเงื่อนไขแล้ว จะทำการเพิ่มเงื่อนไขสำหรับทุกตลาดที่ใช้การเดินทางร่วมกับตลาดที่มีผลเฉลยละเมิดเงื่อนไข วิธีนี้จะสามารถลดจำนวนรอบในการสร้างเงื่อนไขเข้าสู่แบบจำลองได้ แต่ก็มีโอกาสที่จะสร้างเงื่อนไขเข้าสู่แบบจำลองมากเกินความจำเป็น

5.2.3 รูปแบบของผลเฉลย

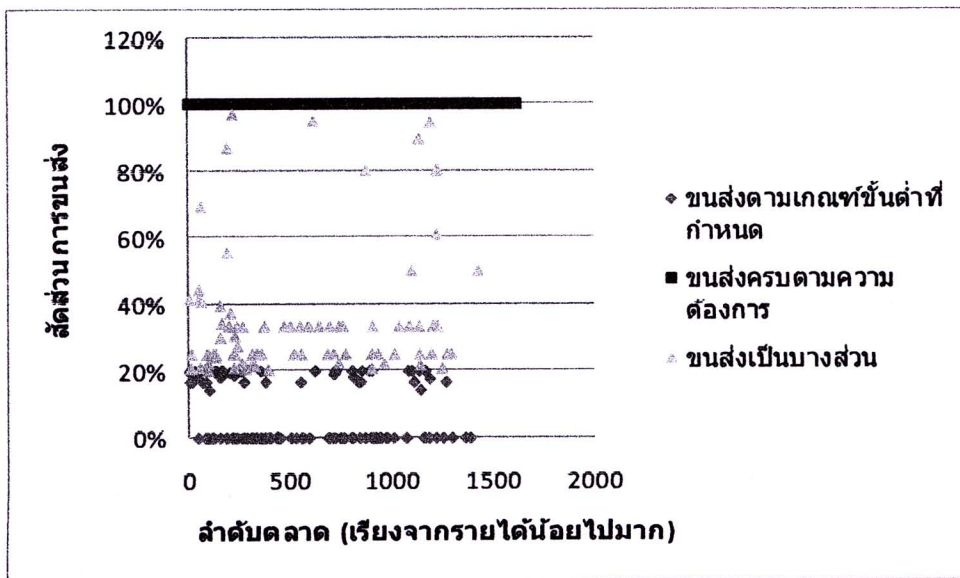
ผลเฉลยที่ได้จากแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ทั้ง 4 รูปแบบนั้นเหมือนกัน ดังนั้นลักษณะการจัดสรรระวางในการขนส่งจะเหมือนกัน โดแต่ละประเภทของตู้คอนเทนเนอร์ก็มีรูปแบบของผลเฉลยที่คล้ายกัน ในที่นี้จะมีการนำเสนอรูปแบบของผลเฉลยเพียง 6 ชุด ปัญหาเท่านั้น เพราะชุดปัญหาที่ 7 ไม่สามารถแก้ปัญหาได้เนื่องจากหน่วยความจำไม่เพียงพอ



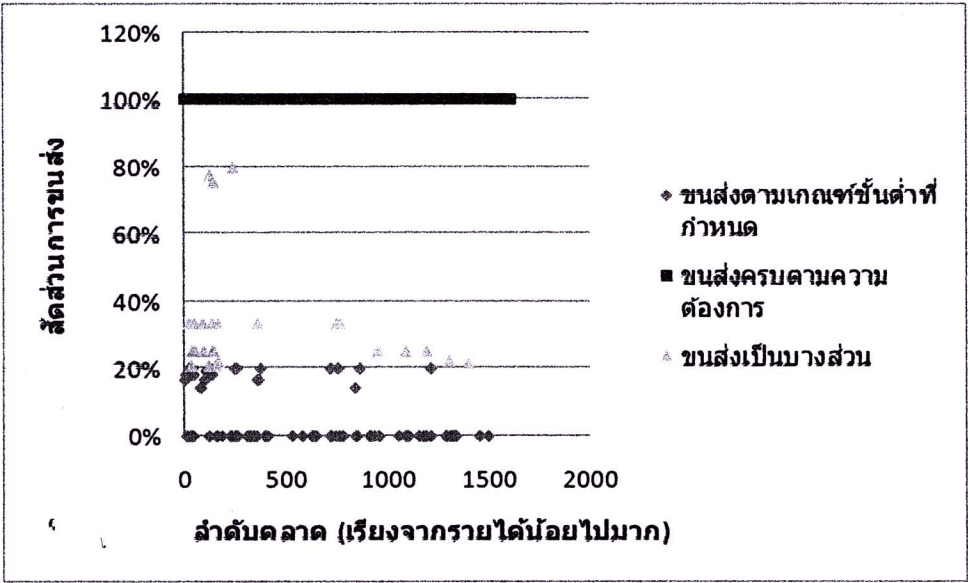
1) รูปแบบผลเฉลยของชุดปัญหาที่ 1



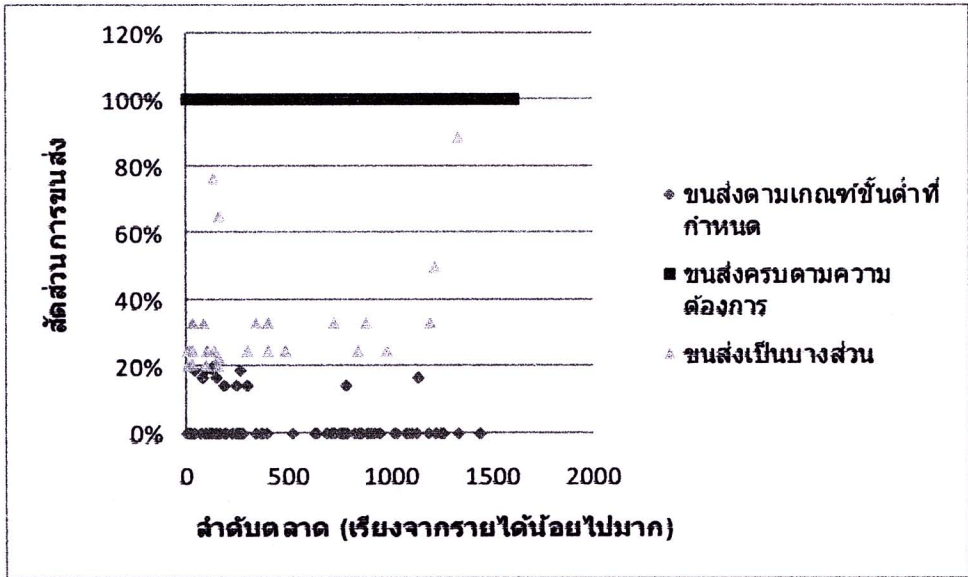
รูปที่ 5.5 สัดส่วนจำนวนตัวคอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ชุดที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 1



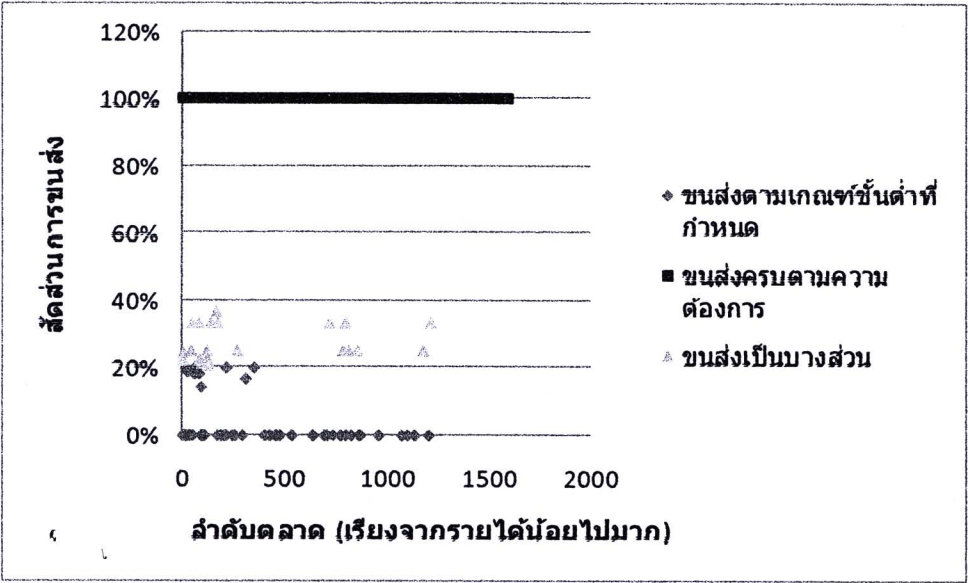
รูปที่ 5.6 สัดส่วนจำนวนตัวคอนเทนเนอร์ธรรมดา 40 ชุดที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 1



รูปที่ 5.7 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนเนอร์เย็น 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของ
ชุดปัญหาที่ 1

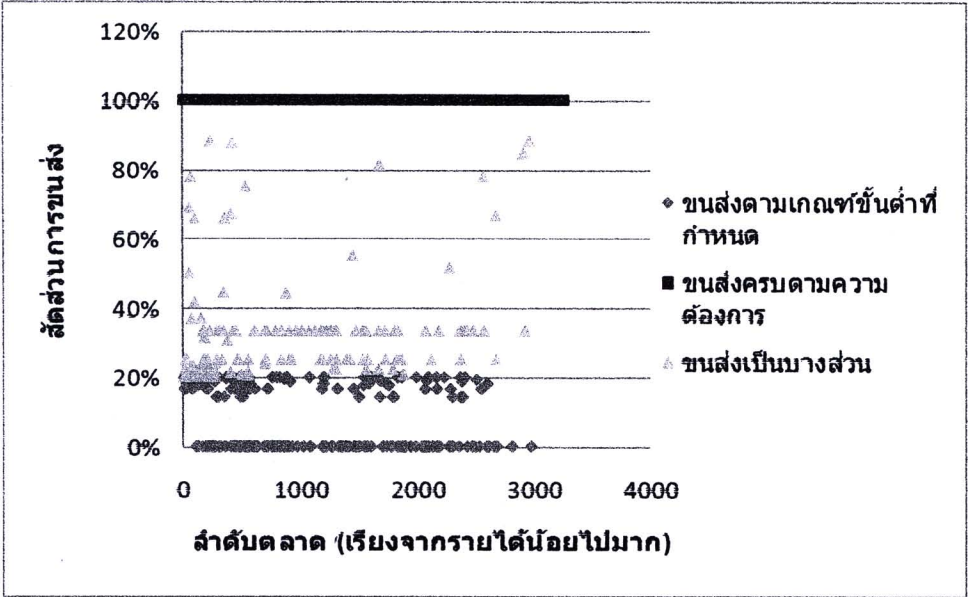


รูปที่ 5.8 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนเนอร์เย็น 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของ
ชุดปัญหาที่ 1

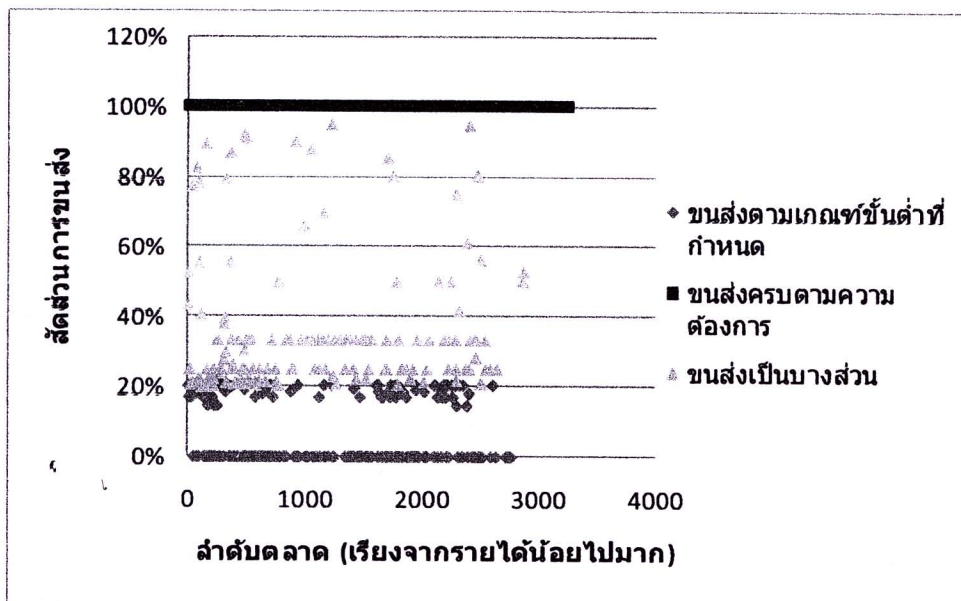


รูปที่ 5.9 สัดส่วนจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 40 ชุดที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 1

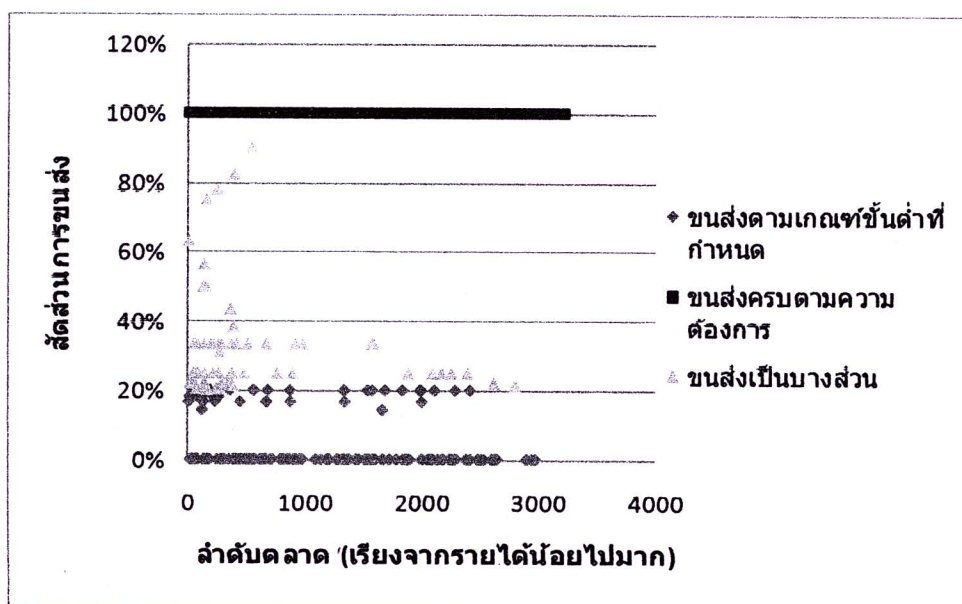
2) รูปแบบผลเฉลยของชุดปัญหาที่ 2



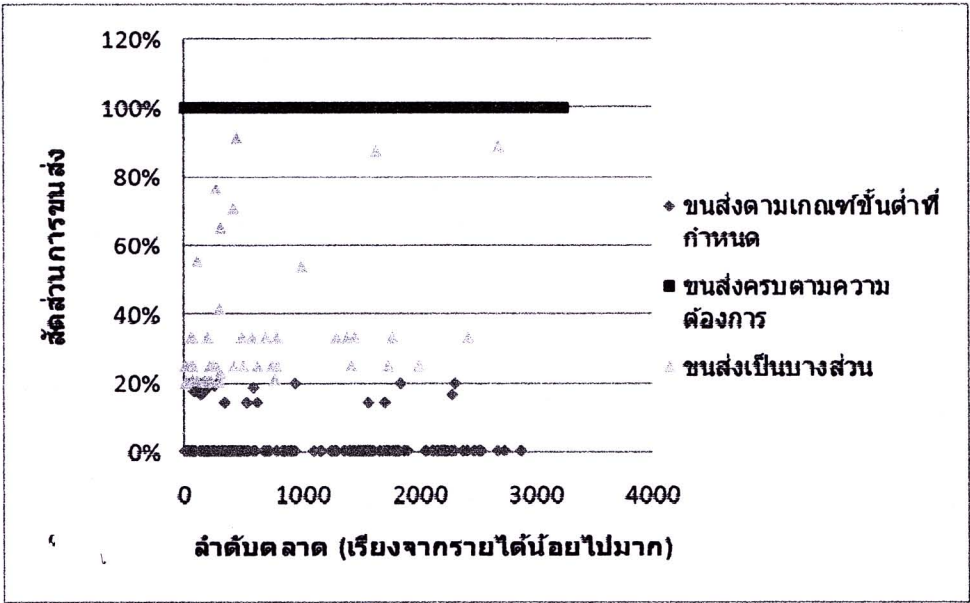
รูปที่ 5.10 สัดส่วนจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 20 ชุดที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 2



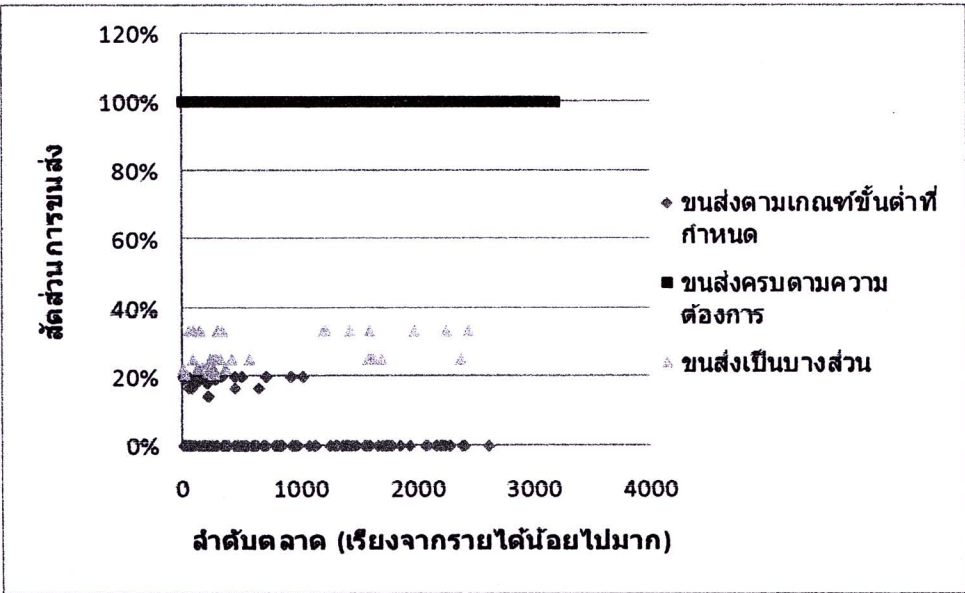
รูปที่ 5.11 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 2



รูปที่ 5.12 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนเนอร์เย็น 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 2

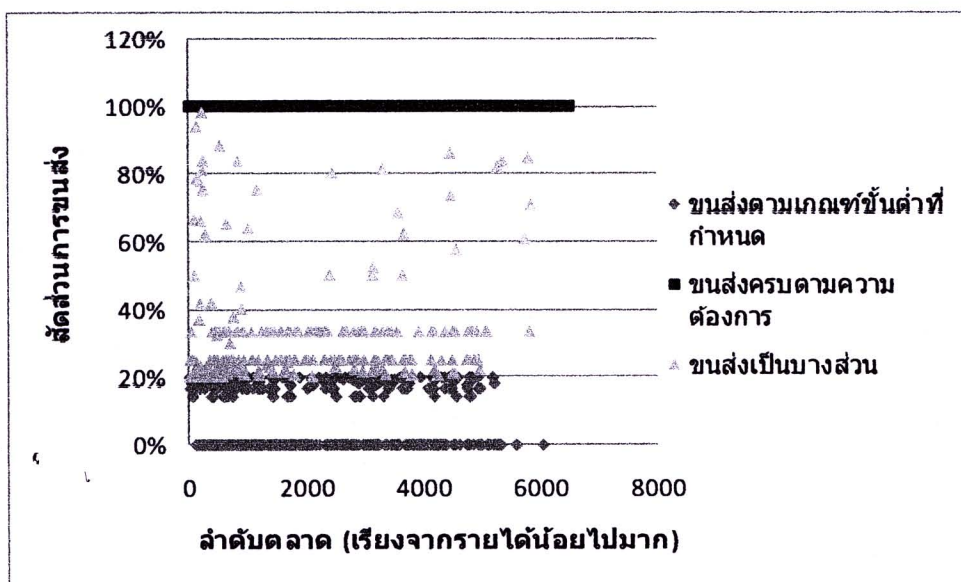


รูปที่ 5.13 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนต์เนอร์เอ็น 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 2

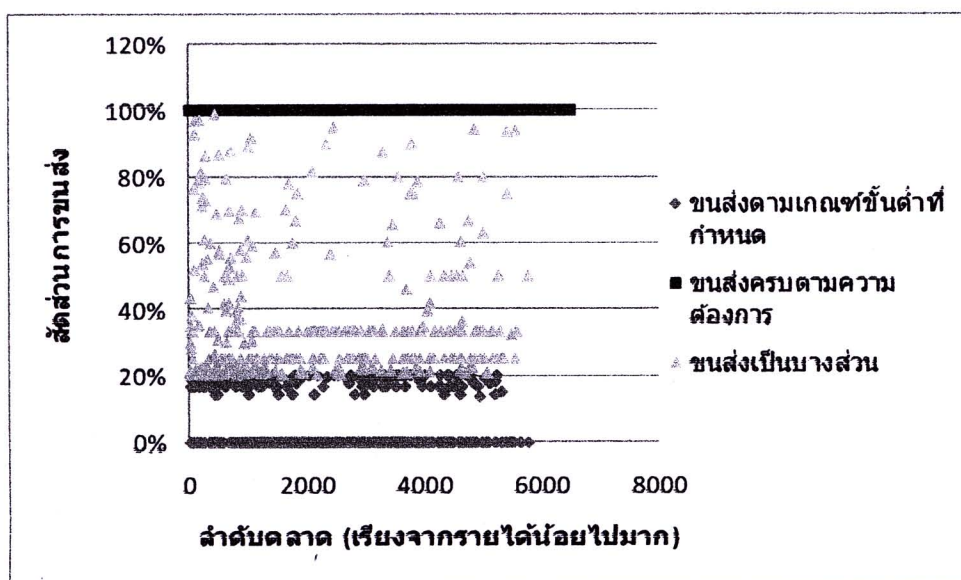


รูปที่ 5.14 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนต์เนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 2

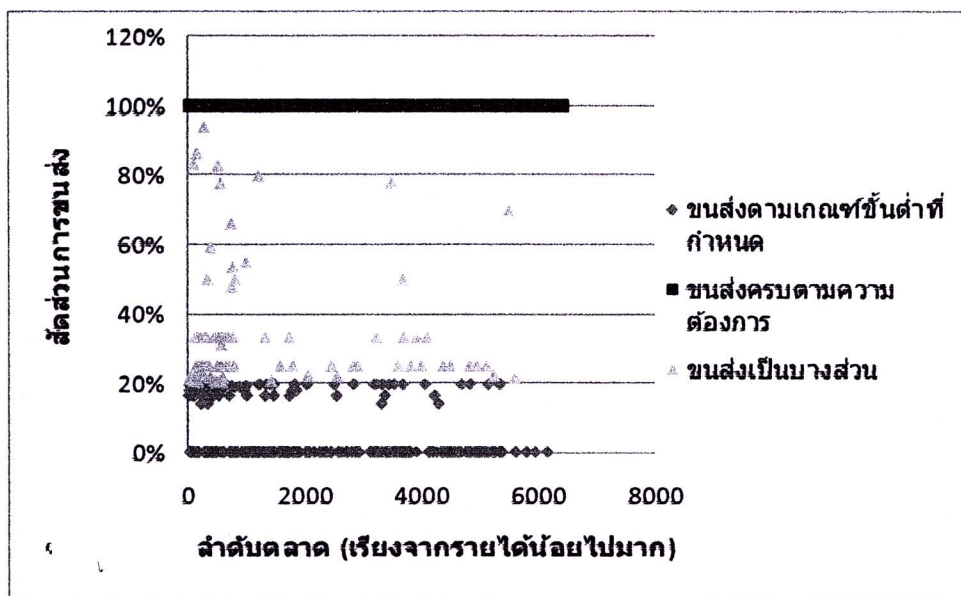
3) รูปแบบผลเฉลยของชุดปัญหาที่ 3



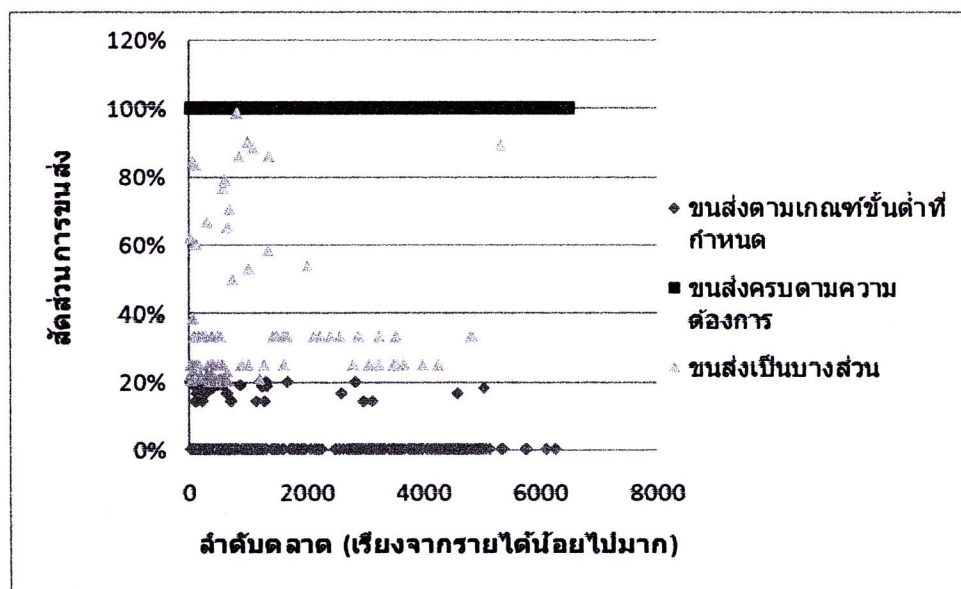
รูปที่ 5.15 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 3



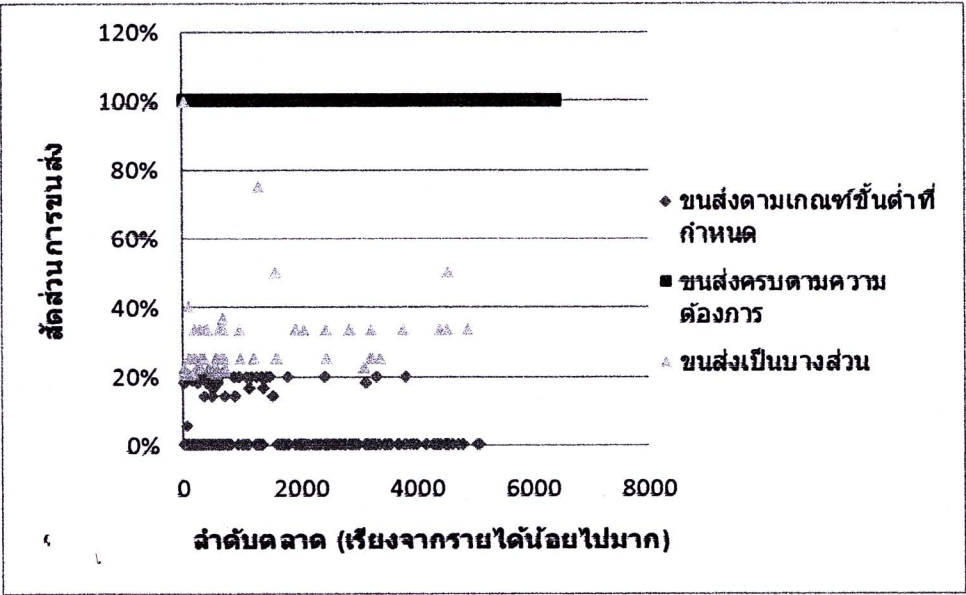
รูปที่ 5.16 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 3



รูปที่ 5.17 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่ง
ของชุดปัญหาที่ 3

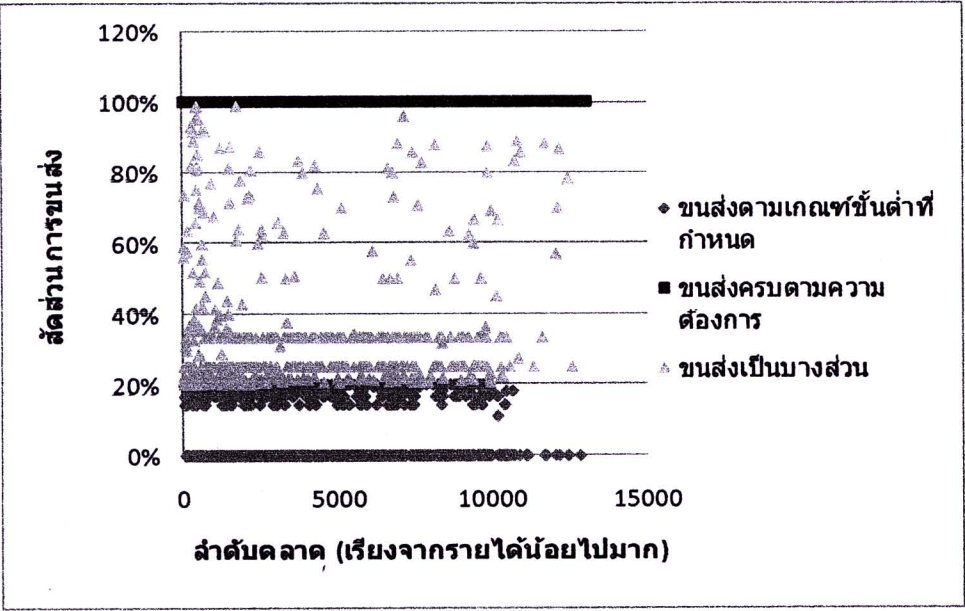


รูปที่ 5.18 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่ง
ของชุดปัญหาที่ 3

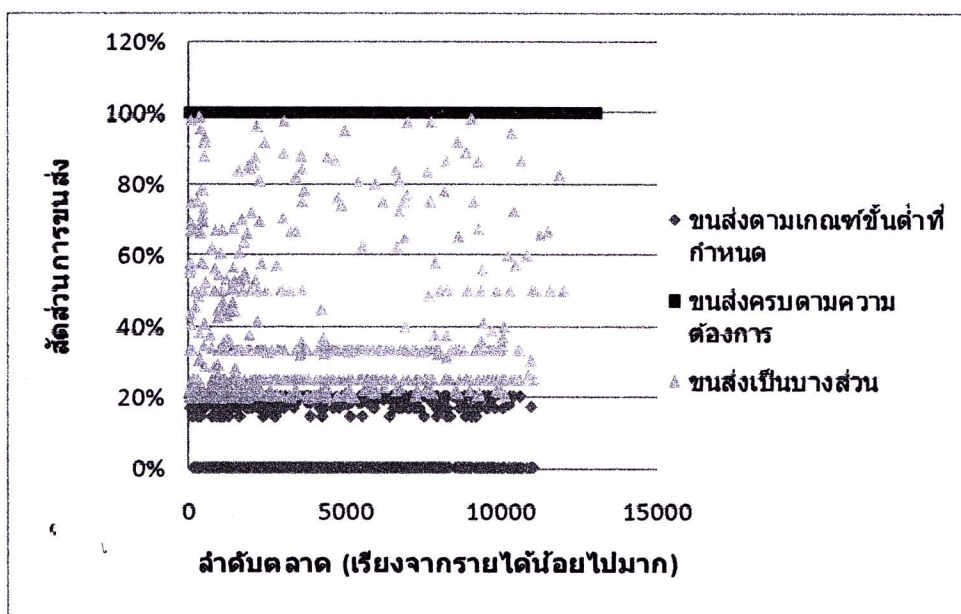


รูปที่ 5.19 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 3

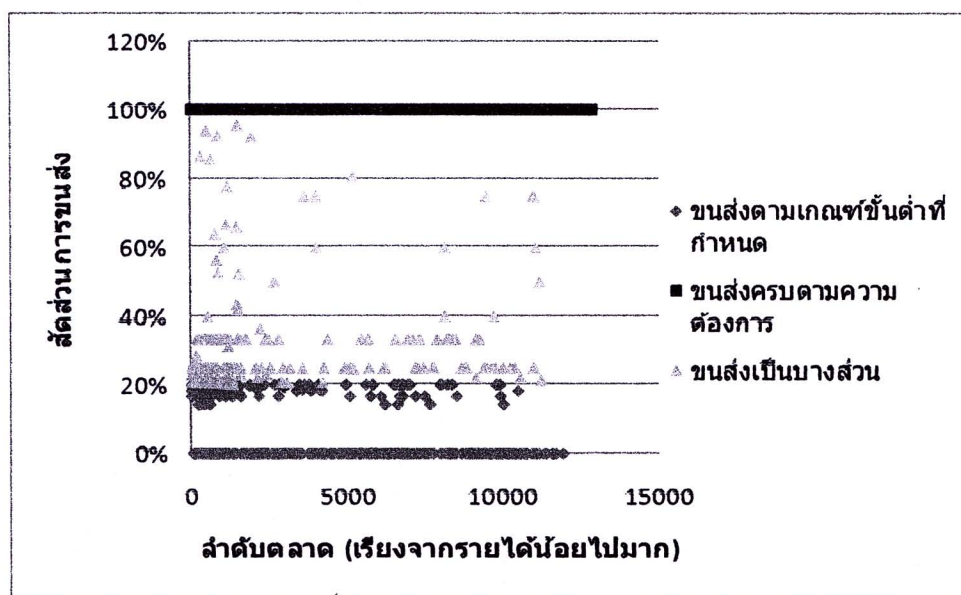
4) รูปแบบผลเฉลยของชุดปัญหาที่ 4



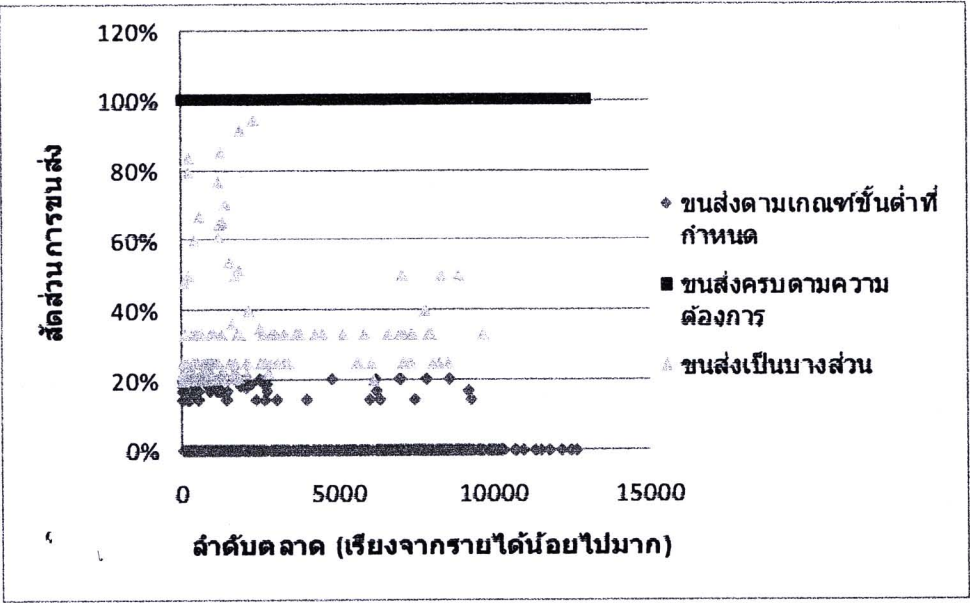
รูปที่ 5.20 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 4



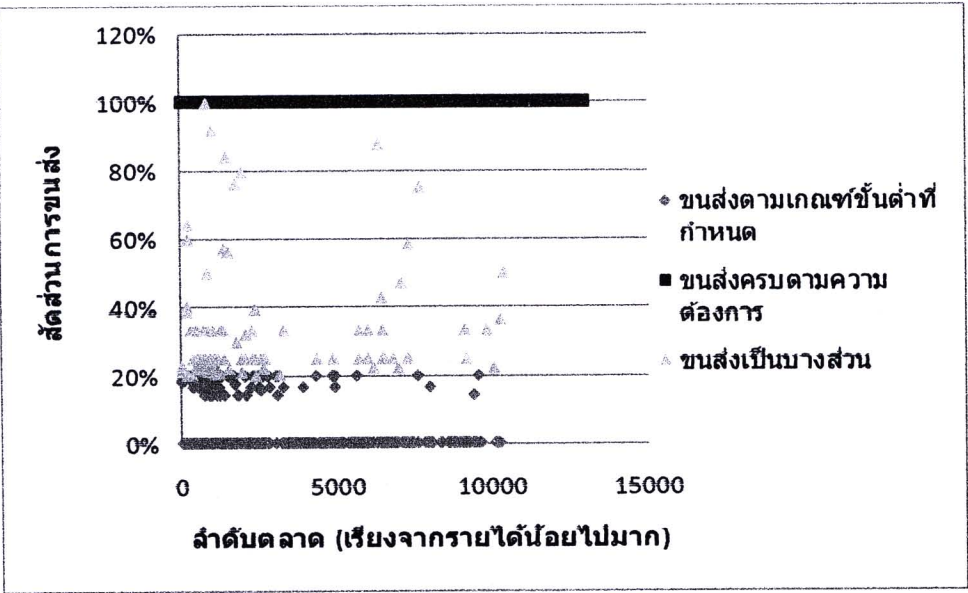
รูปที่ 5.21 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทเนอรรวม 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 4



รูปที่ 5.22 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทเนอรรวม 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 4

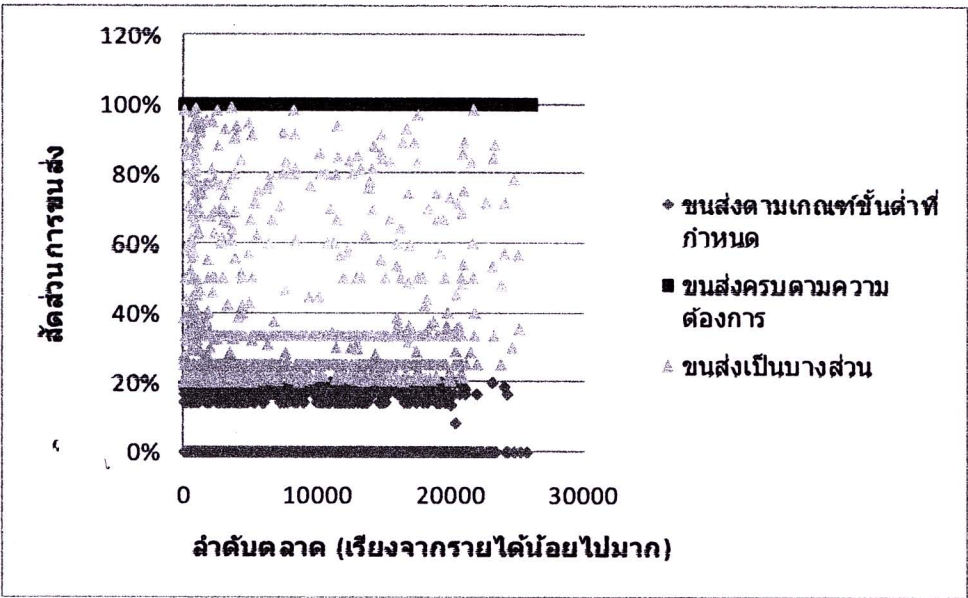


รูปที่ 5.23 สัดส่วนจำนวนผู้ตอบเทรนเนอร์เอ็น 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 4

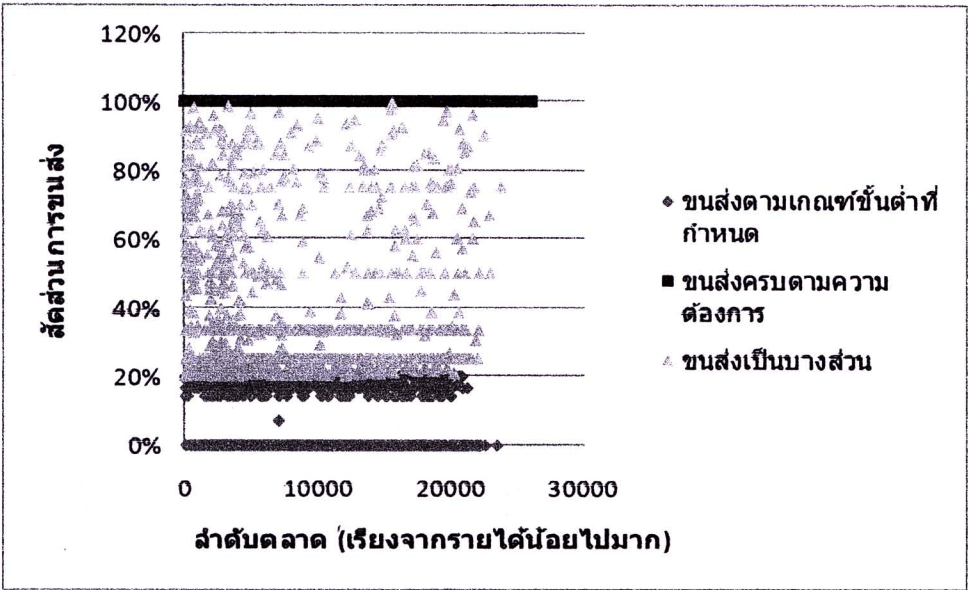


รูปที่ 5.24 สัดส่วนจำนวนผู้ตอบเทรนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 4

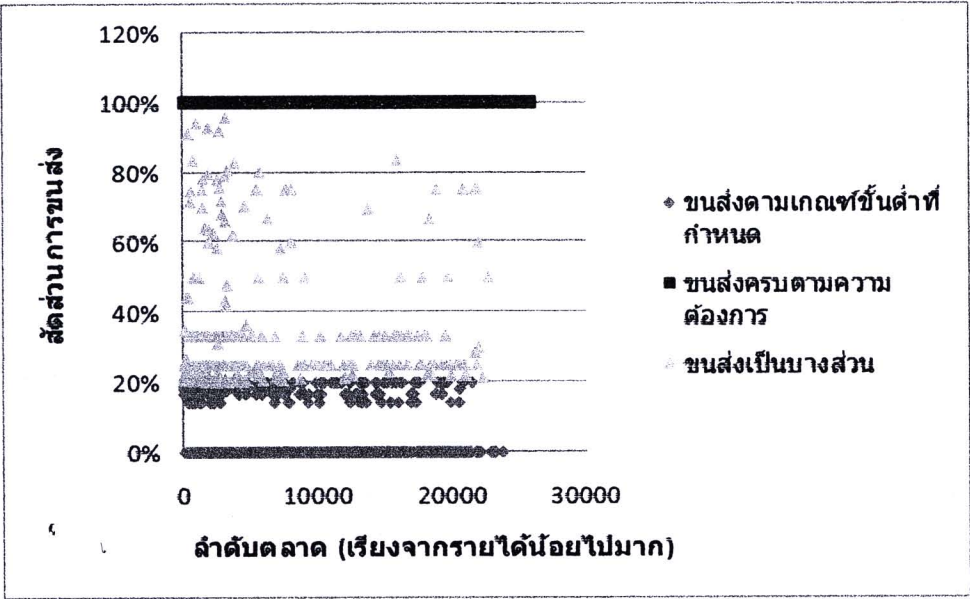
5) รูปแบบผลเฉลยของชุดปัญหาที่ 5



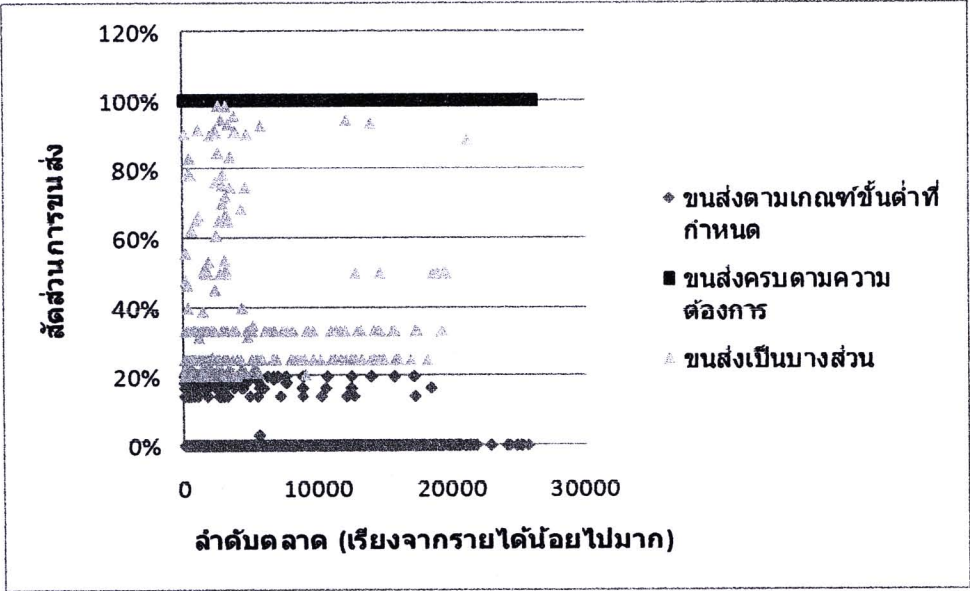
รูปที่ 5.25 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 5



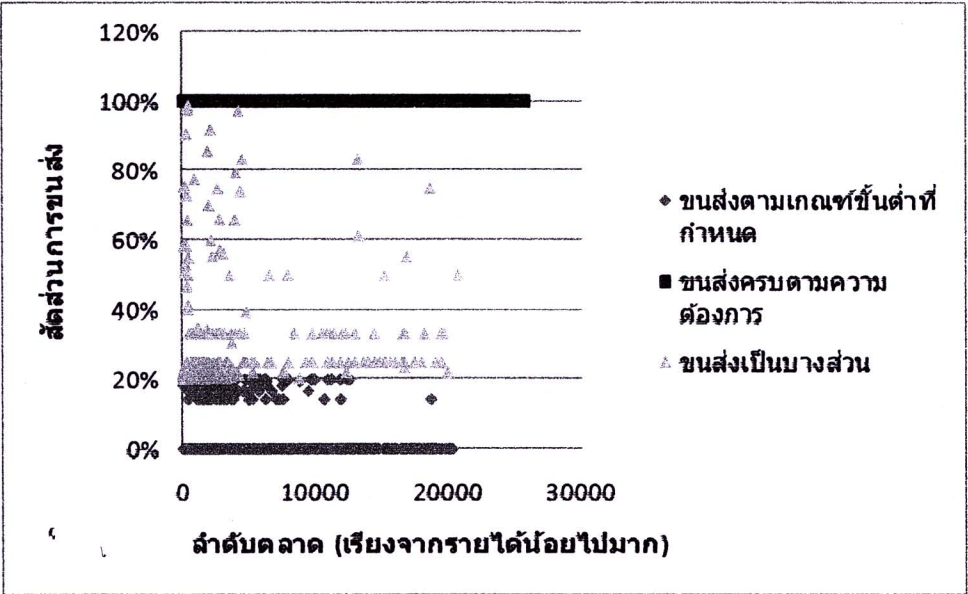
รูปที่ 5.26 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 5



รูปที่ 5.27 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนเนอร์ยื่น 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 5

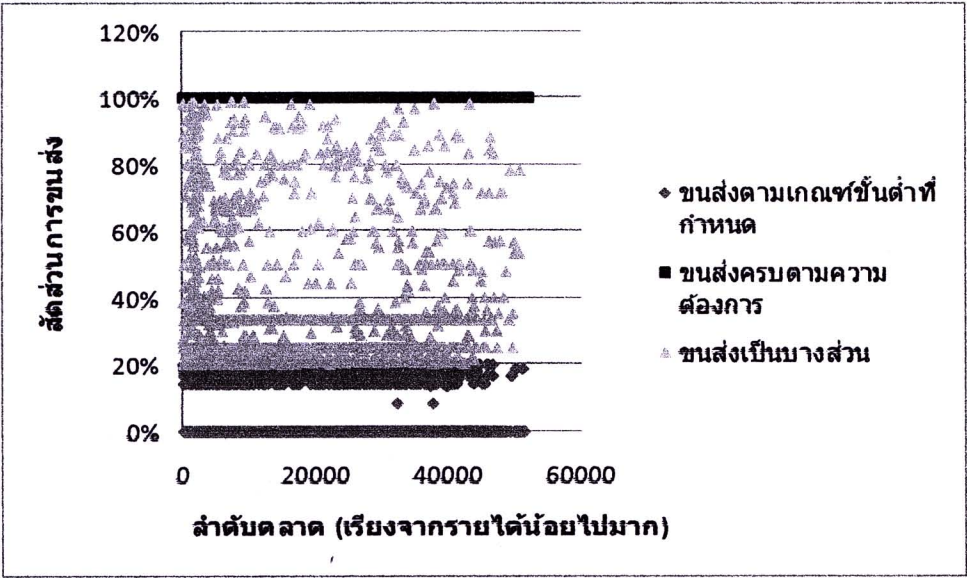


รูปที่ 5.28 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนเนอร์ยื่น 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 5

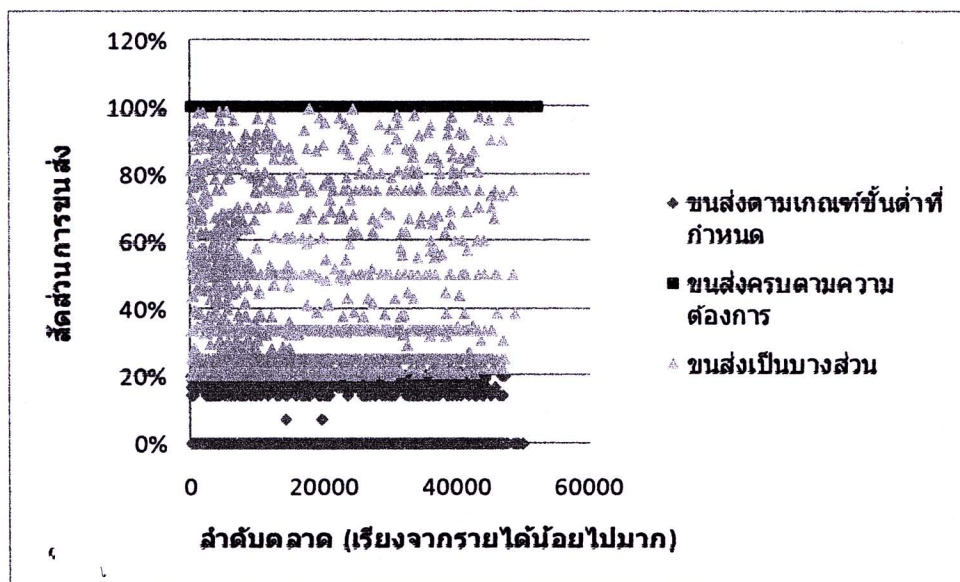


รูปที่ 5.29 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 5

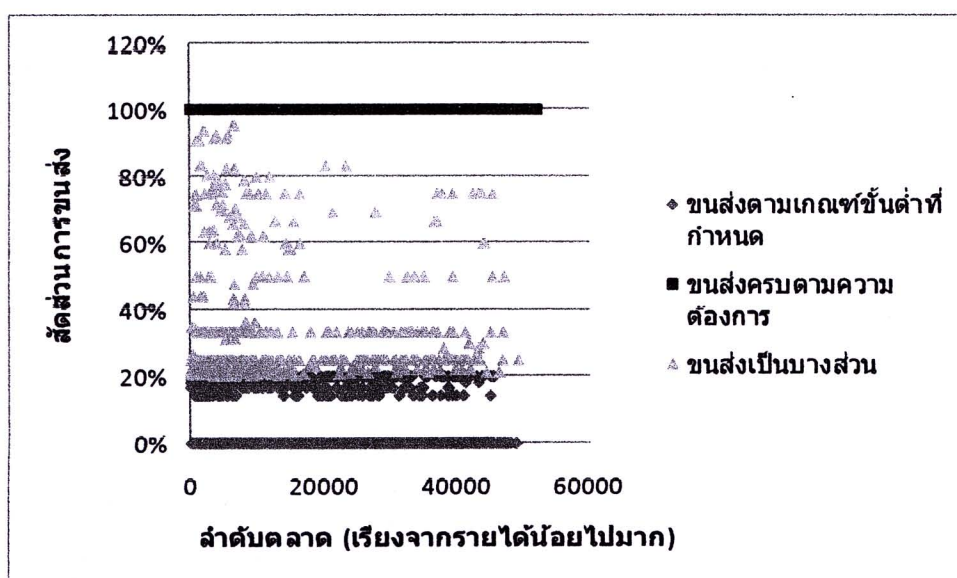
6) รูปแบบผลเฉลยของชุดปัญหาที่ 6



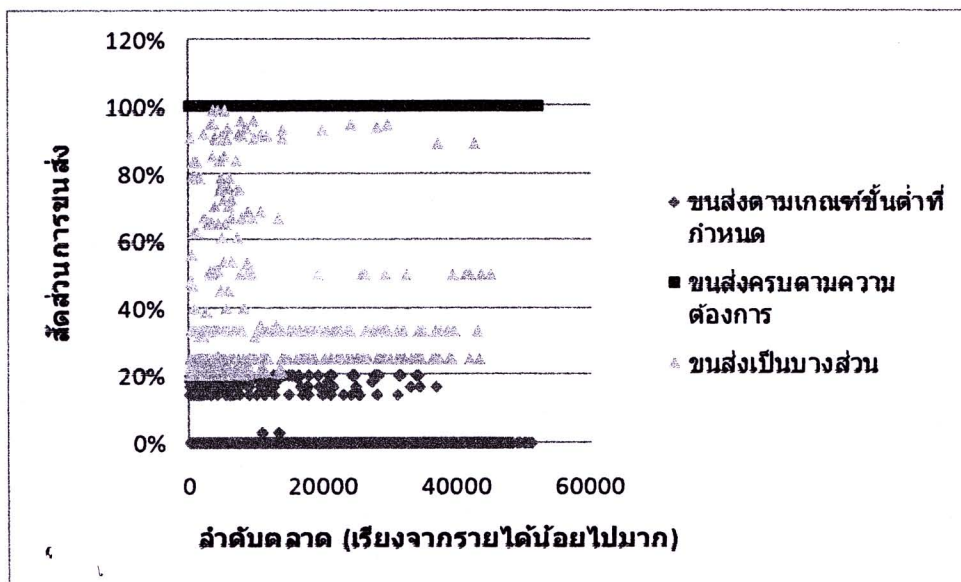
รูปที่ 5.30 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 6



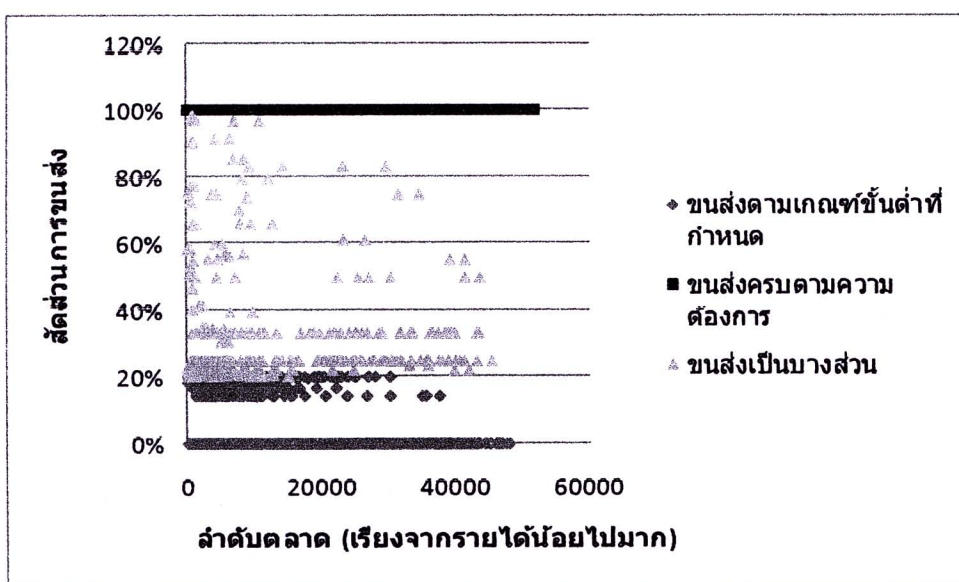
รูปที่ 5.31 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนท์ 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 6



รูปที่ 5.32 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนท์ 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 6



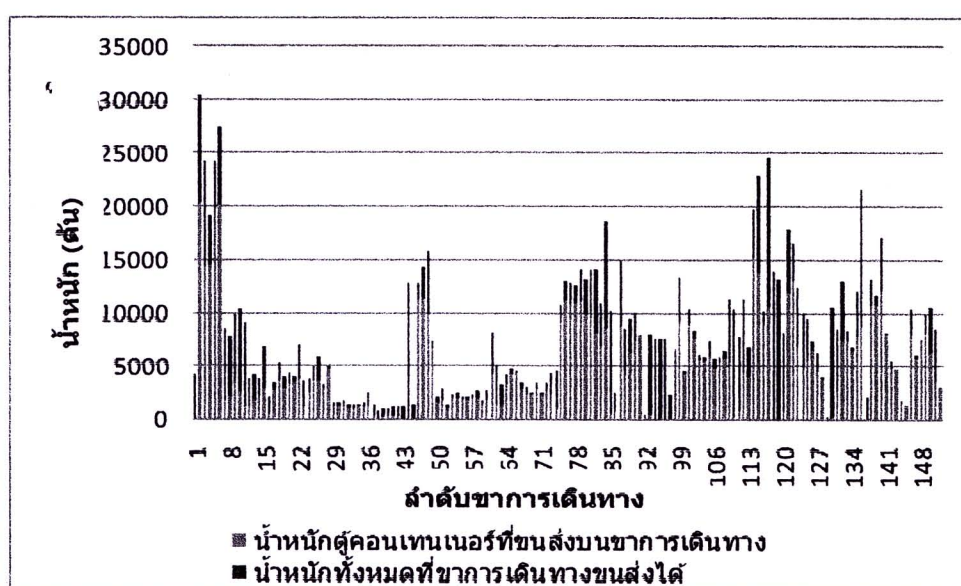
รูปที่ 5.33 สัดส่วนจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 40 ข้อที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 6



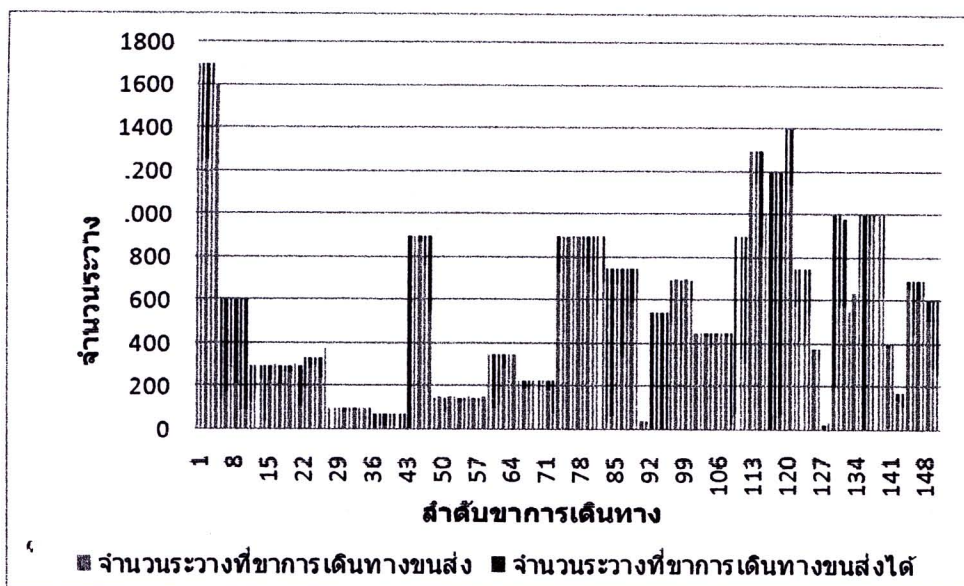
รูปที่ 5.34 สัดส่วนจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 40 ข้อที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 6

จากรูปที่ 5.5 ถึง 5.34 จะพบว่าสัดส่วนการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งผู้คอนเทนเนอร์สินค้าของทุกชุดปัญหาใน ส่วนใหญ่จะมีการตอบสนองความต้องการในการขนส่งได้ครบตามความต้องการทั้ง 100% ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนสูงถึงประมาณร้อยละ 80 ส่วนส่วนที่มีการตอบสนองความต้องการในการขนส่งได้เป็นบางส่วนคิดเป็นร้อยละ 14 และส่วนที่ตอบสนองความต้องการในการขนส่งเท่ากับเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด คิดเป็นร้อยละ 6 เท่านั้น

1) สัดส่วนการขนส่งผู้คอนเทนเนอร์ของชุดปัญหาที่ 1

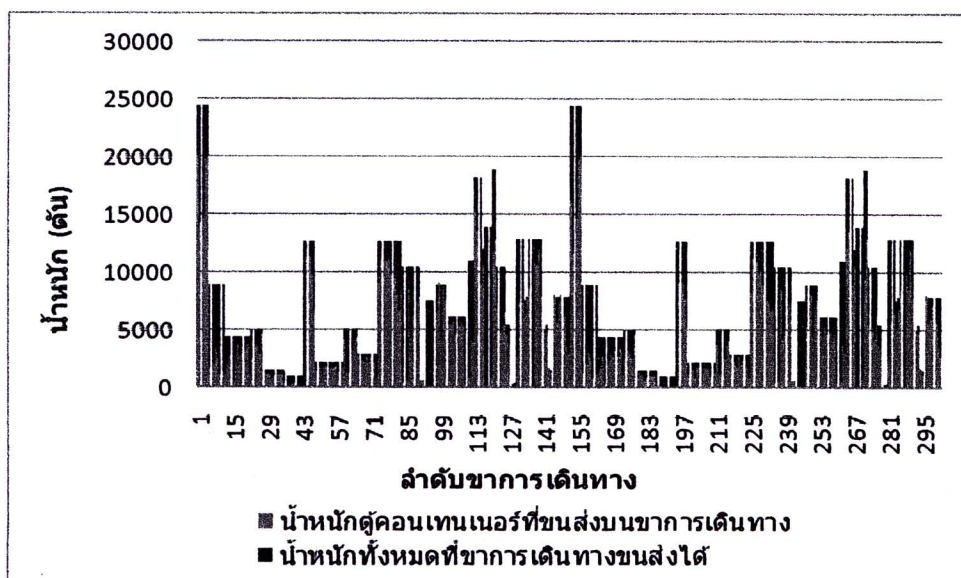


รูปที่ 5.35 สัดส่วนน้ำหนักผู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 1

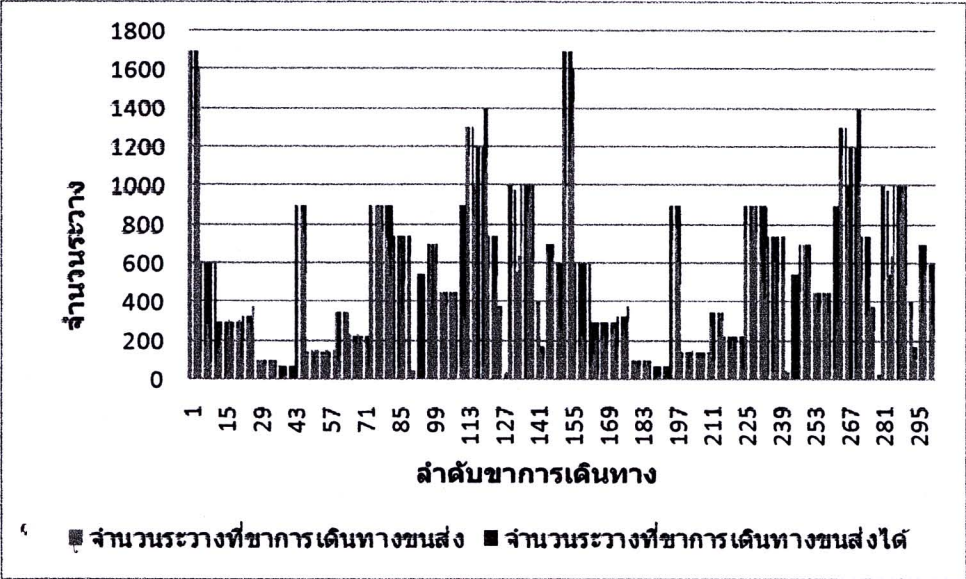


รูปที่ 5.36 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 1

2) สัดส่วนการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ของชุดปัญหาที่ 2

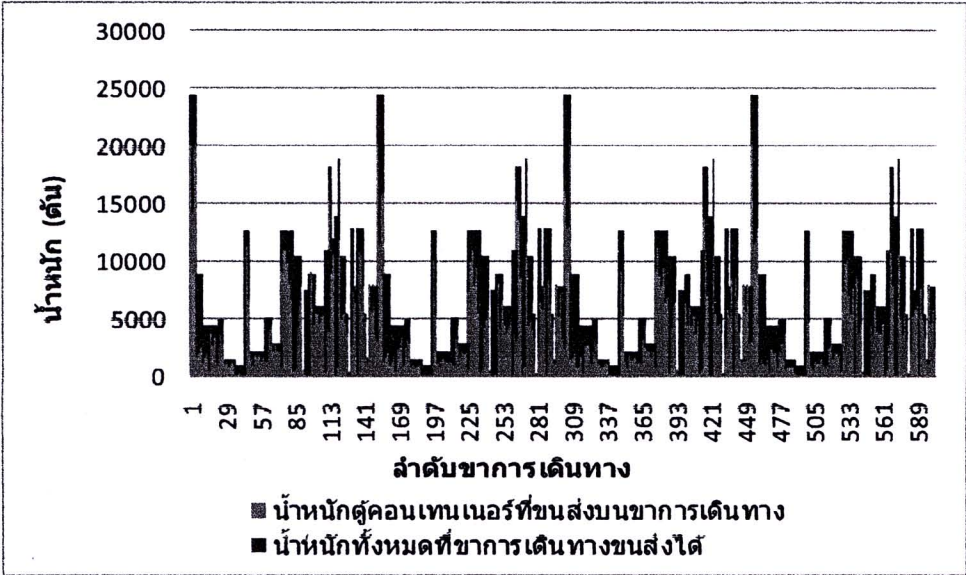


รูปที่ 5.37 สัดส่วนน้ำหนักตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 2

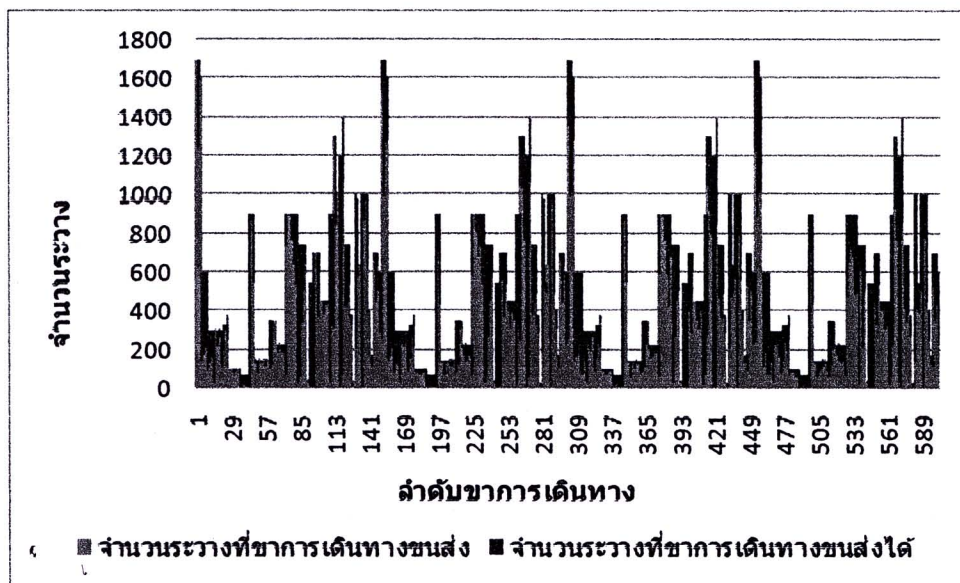


รูปที่ 5.38 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 2

3) สัดส่วนการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ของชุดปัญหาที่ 3

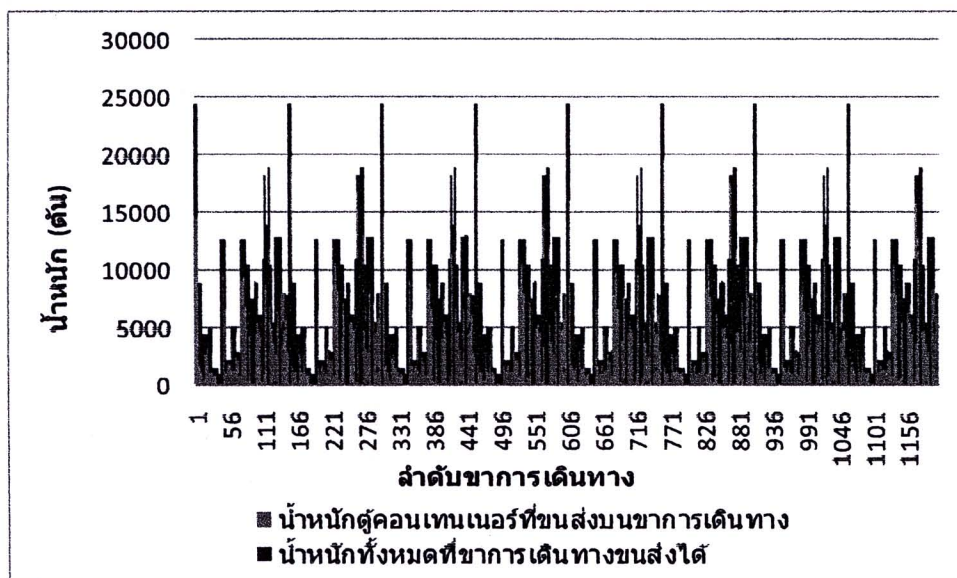


รูปที่ 5.39 สัดส่วนน้ำหนักตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 3

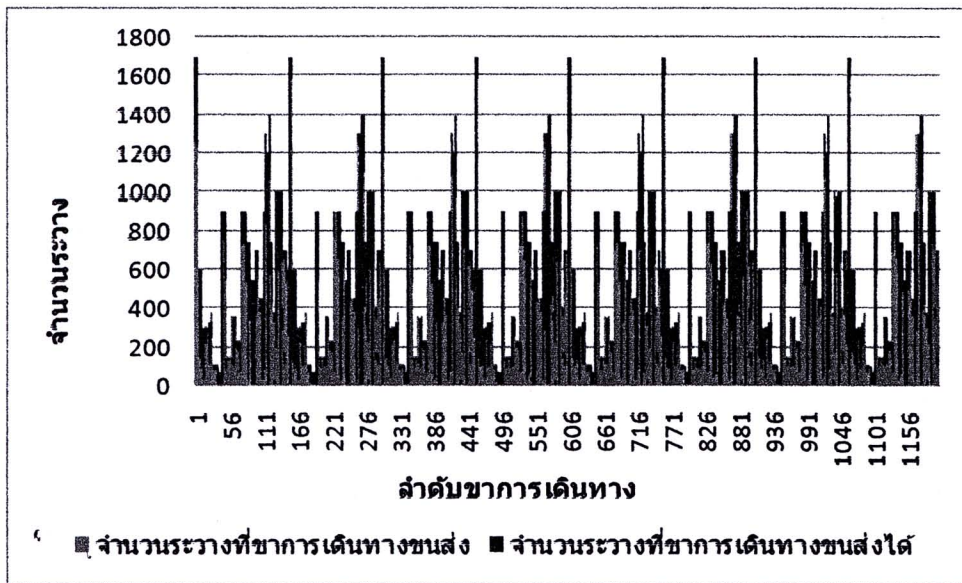


รูปที่ 5.40 สัดส่วนจำนวนผู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 3

4) สัดส่วนการขนส่งผู้คอนเทนเนอร์ของชุดปัญหาที่ 4

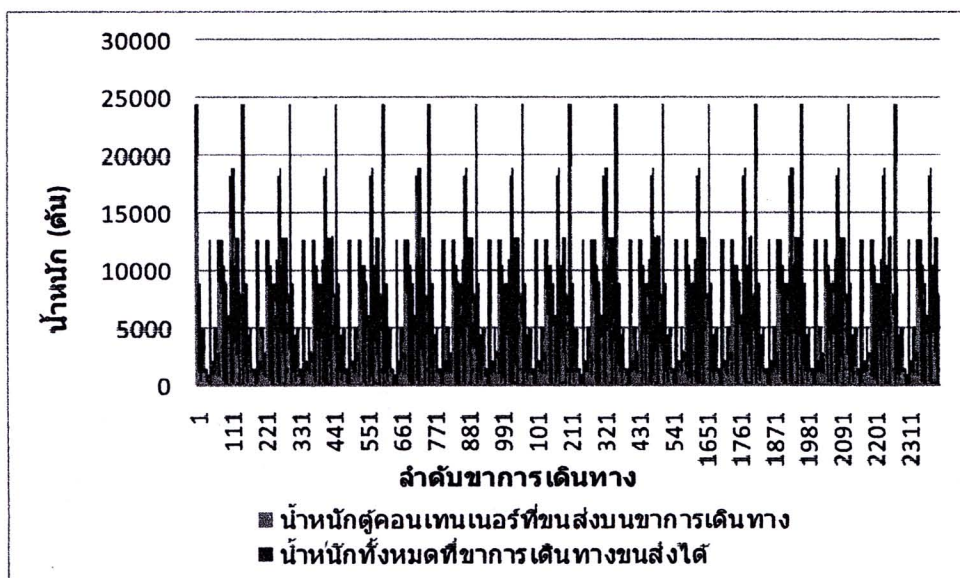


รูปที่ 5.41 สัดส่วนน้ำหนักผู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 4

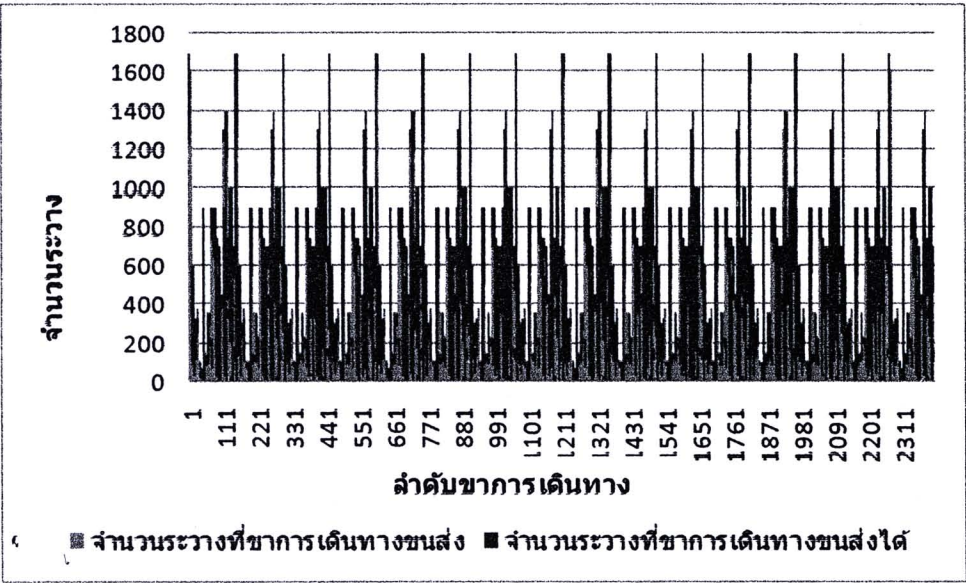


รูปที่ 5.42 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 4

5) สัดส่วนการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ของชุดปัญหาที่ 5

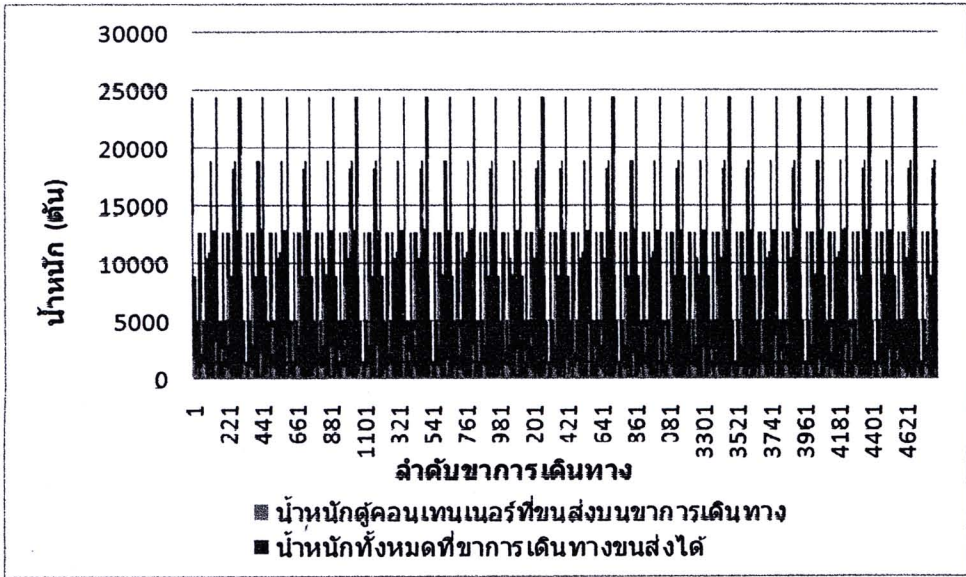


รูปที่ 5.43 สัดส่วนน้ำหนักตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 5

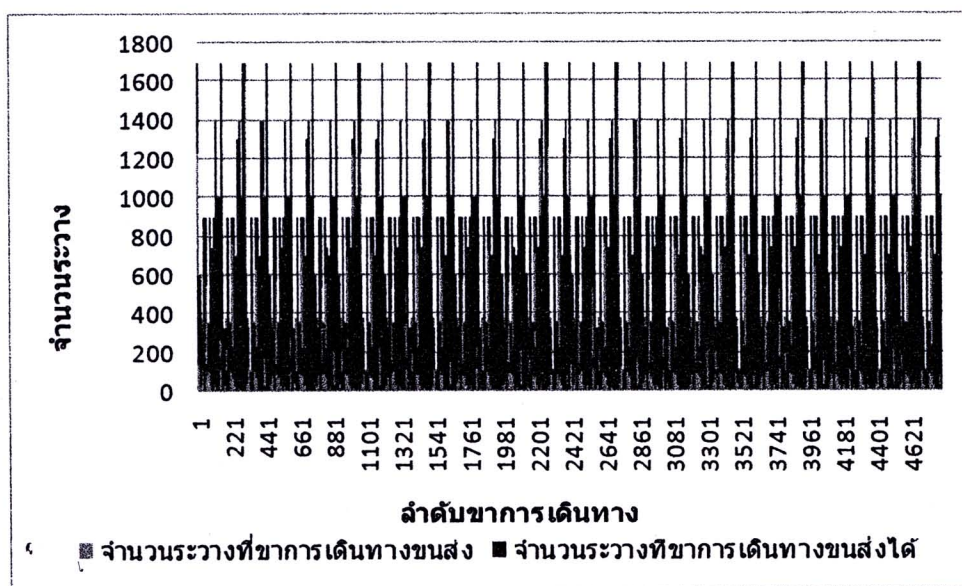


รูปที่ 5.44 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งในแต่ละขบวนการเดินทางของชุดปัญหาที่ 5

6) สัดส่วนการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ของชุดปัญหาที่ 6



รูปที่ 5.45 สัดส่วนน้ำหนักตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขบวนการเดินทางของชุดปัญหาที่ 6



รูปที่ 5.46 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 6

จากรูปที่ 5.35 ถึง 5.46 จะพบว่าสิ่งที่ควบคุมการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์บนเรือคือ จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่เรือสามารถขนส่งได้

5.3 รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบการรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า

สมมติฐานของการรับจองระวาง มีดังนี้

- 1) ระวางที่ทำการจองก่อนจะได้สิทธิ์ในการได้รับระวางก่อน
- 2) สามารถจองระวางล่วงหน้าได้ก่อน 1 เดือน โดยใช้วิธีการปรับค่าราคาตามช่วงเวลา คาบ 1 สัปดาห์ สำหรับ 3 สัปดาห์แรก และคาบ 1 วัน สำหรับสัปดาห์สุดท้าย
- 3) ลักษณะของความต้องการในการขนส่งจะสามารถพยากรณ์ได้เป็นรายสัปดาห์ แต่ในแต่ละตลาดจะมีการกระจายตัวที่แตกต่างกัน

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองนั้นเป็นข้อมูลที่ประกอบด้วยความต้องการในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แต่ละประเภท และรายได้จากการขนส่งในแต่ละตลาด ความสามารถในการ

ให้บริการขนส่ง ความต้องการหรือความสามารถในการให้บริการผู้เป่ล่า โดยผู้วิจัยได้จำลองชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองทั้งหมด 5 ชุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5.8 รายละเอียดความสามารถในการให้บริการขนส่งของเรือที่ใช้ในการทดสอบการรับจองระวางในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์

ความสามารถในการให้บริการ	ค่ามากที่สุด	ค่าน้อยสุด	ค่าเฉลี่ย
จำนวนตู้คอนเทนเนอร์	1,700	30	590
น้ำหนักบนเรือ	24,500	400	8,012
จำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น	167	0	103

ตารางที่ 5.9 รายละเอียดของชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองการรับจองระวาง

ชุดปัญหาที่	1	2	3	4	5
จำนวนตลาดที่รับขนส่ง	1,627	1,627	1,627	1,887	1,938
จำนวนขาการเดินทาง	151	151	151	151	151
จำนวนท่าเรือ	56	56	56	56	56

5.4 ผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า

งานวิจัยนี้จะทำการรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์โดยพิจารณาจากราคาประมูล ซึ่งจะพิจารณาการรับจองระวางจะทำการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ และแบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวางทั้ง 2 แบบ

5.4.1 รายได้จากการรับจองระวางจากแบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวาง

ผลเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองด้วยข้อมูลแต่ละชุด จะแสดงให้เห็นดังรายละเอียดในตารางที่ 5.10 และ 5.11

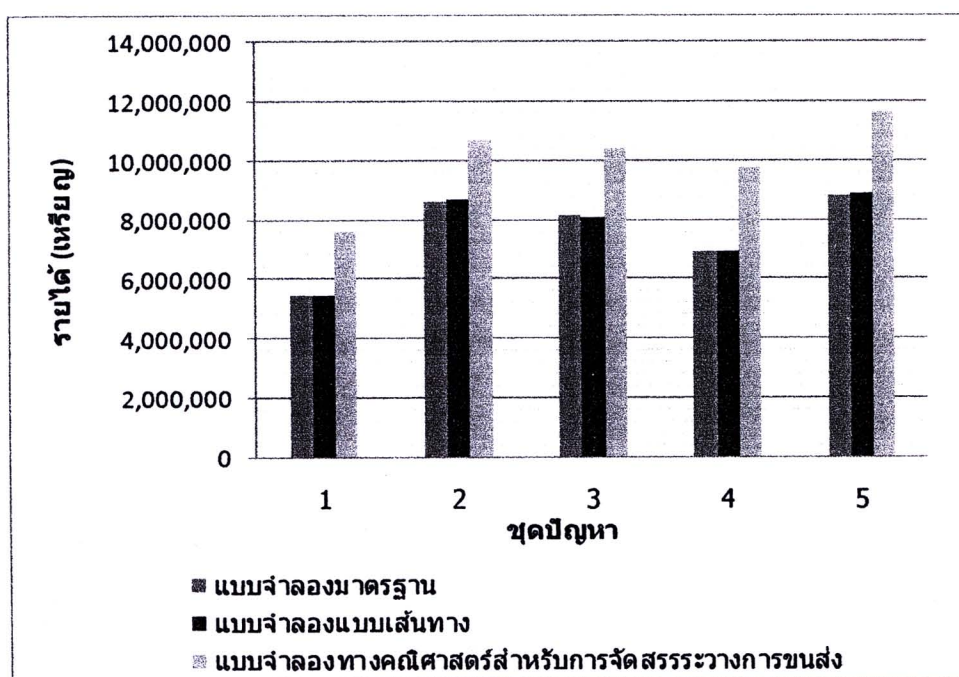
ตารางที่ 5.10 รายได้จากการทดสอบการรับจองระหว่างจากแบบจำลองมาตรฐาน และแบบจำลองแบบเส้นทาง

ชุดปัญหา	รายได้จากการรับจองระหว่าง		ผลต่างของรายได้
	แบบจำลองมาตรฐาน	แบบจำลองแบบเส้นทาง	
1	5,442,935	5,466,781	-0.4831%
2	8,633,793	8,707,780	-0.8569%
3	8,146,561	8,090,277	0.6909%
4	6,910,655	6,920,144	-0.1799%
5	8,789,073	8,850,960	-0.7041%

จากตารางที่ 5.10 จะพบว่ารายได้จากการรับจองระหว่างจากวิธีการเลือกรับจองระหว่างจากราคาประมูล จะพบว่าราคาประมูลที่ได้มาจากแบบจำลองมาตรฐานและแบบจำลองแบบเส้นทางมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ผลต่างของรายได้จากการรับจองระหว่างที่ได้จากการทดสอบชุดปัญหาทั้ง 2 แบบนั้นต่างกันอยู่ในช่วงเพียงร้อยละ -0.8569 ถึง 0.6909 เห็นได้ว่ามีทั้งผลที่รายได้จากการรับจองระหว่างจากแบบจำลองมาตรฐานมากกว่า และผลที่รายได้จากการรับจองระหว่างจากแบบจำลองแบบเส้นทางมากกว่า แต่จากชุดปัญหาที่ทดลองในงานวิจัยนี้ พบว่ารายได้จากการรับจองระหว่างของชุดปัญหาส่วนใหญ่จะมีลักษณะที่มีรายได้จากการรับจองระหว่างจากแบบจำลองแบบเส้นทางมากกว่ารายได้จากการรับจองระหว่างจากแบบจำลองมาตรฐาน

ตารางที่ 5.11 รายได้จากการทดสอบการรับจองระวางจากแบบจำลองมาตรฐาน แบบจำลองแบบเส้นทาง และแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์

	รายได้จากการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า		
	แบบจำลองสถานการณ์		
ชุดปัญหา	แบบจำลองมาตรฐาน	แบบจำลองแบบเส้นทาง	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับการจัดสรรระวาง
1	5,442,935	5,466,781	7,572,606
2	8,633,793	8,707,780	10,726,685
3	8,146,561	8,090,277	10,420,278
4	6,910,655	6,920,144	9,784,970
5	8,789,073	8,850,960	11,671,539

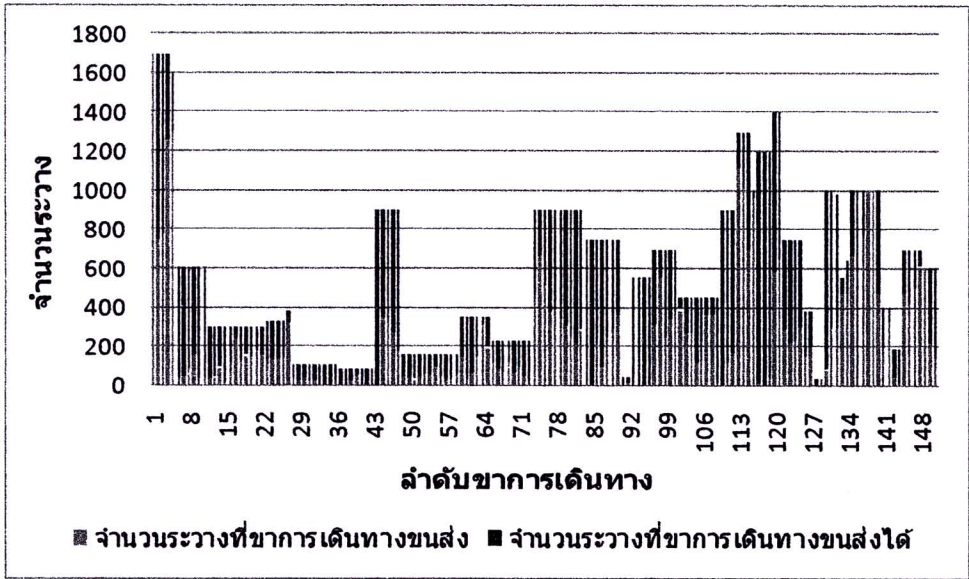


รูปที่ 5.47 กราฟแสดงรายได้จากการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองสถานการณ์และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์

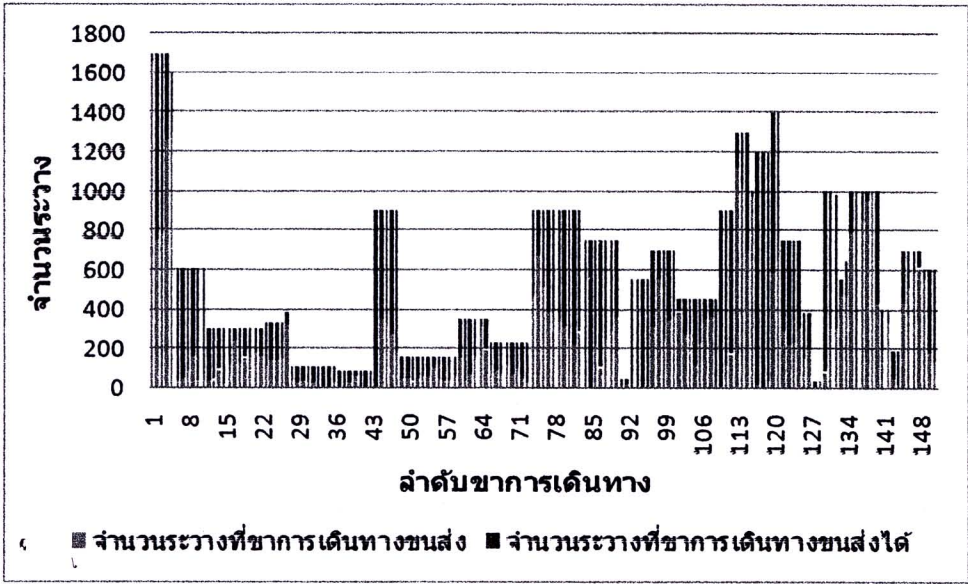
จากรูปที่ 5.47 จะพบว่ารายได้ที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองสถานการณ์การรับของระวาง กับรายได้ที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์นั้นต่างกันค่อนข้างมาก หมายความว่ารูปแบบการเข้ามาของความต้องการในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์มีผลอย่างมากต่อรายได้ที่เกิดขึ้น

จากสมมติฐานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่ว่าความต้องการในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เข้ามาพร้อมกันทั้งหมดนั้นจึงเป็นสมมติฐานที่ไม่สมจริง ดังจะเห็นได้จากรายได้ที่แตกต่างกับแบบจำลองสถานการณ์นั้นค่อนข้างจะมาก

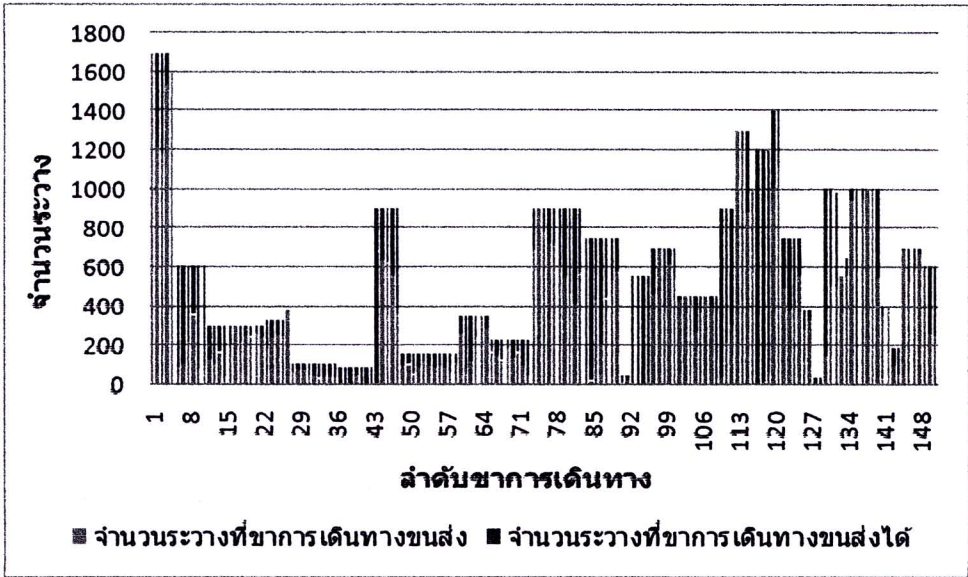
5.4.2 รูปแบบของผลเฉลยจากการรับของระวาง



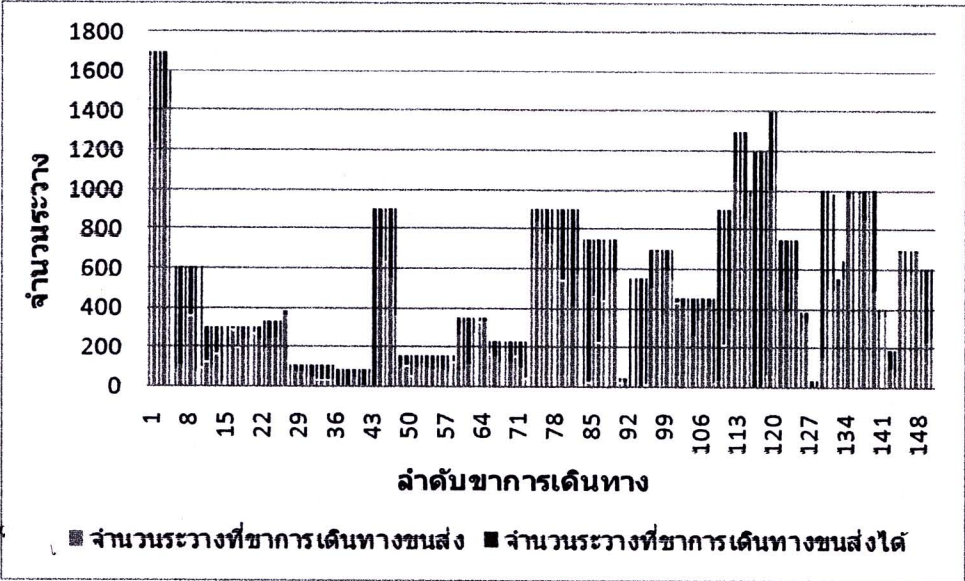
รูปที่ 5.48 สัดส่วนการรับของระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองมาตรฐานของชุดปัญหาที่ 1



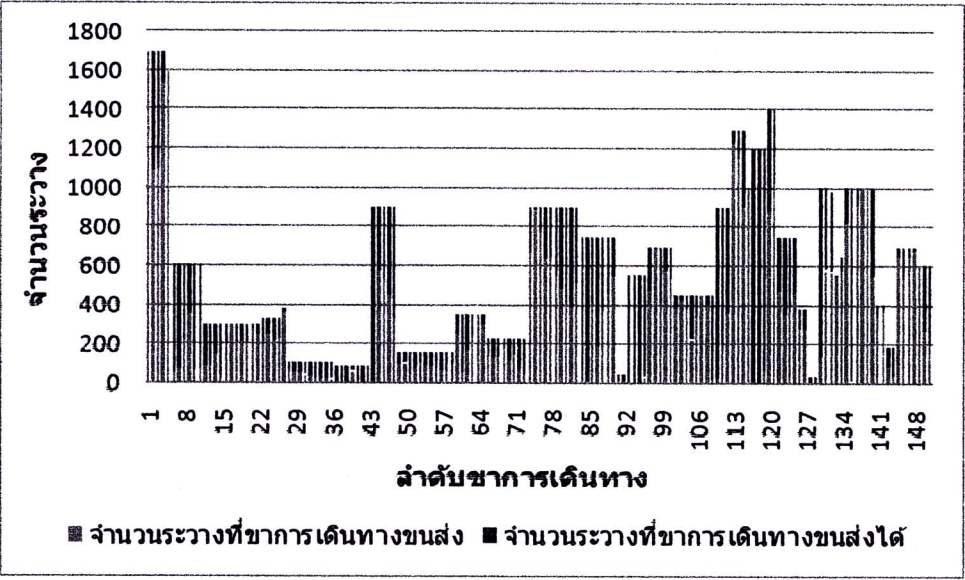
รูปที่ 5.49 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนผู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองแบบเส้นทางของชุดปัญหาที่ 1



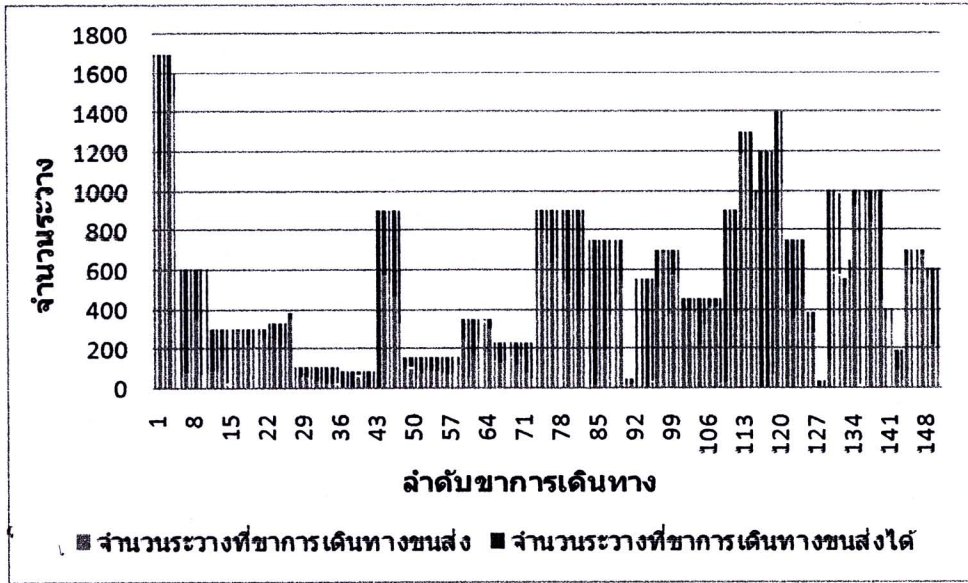
รูปที่ 5.50 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนผู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองมาตรฐานของชุดปัญหาที่ 2



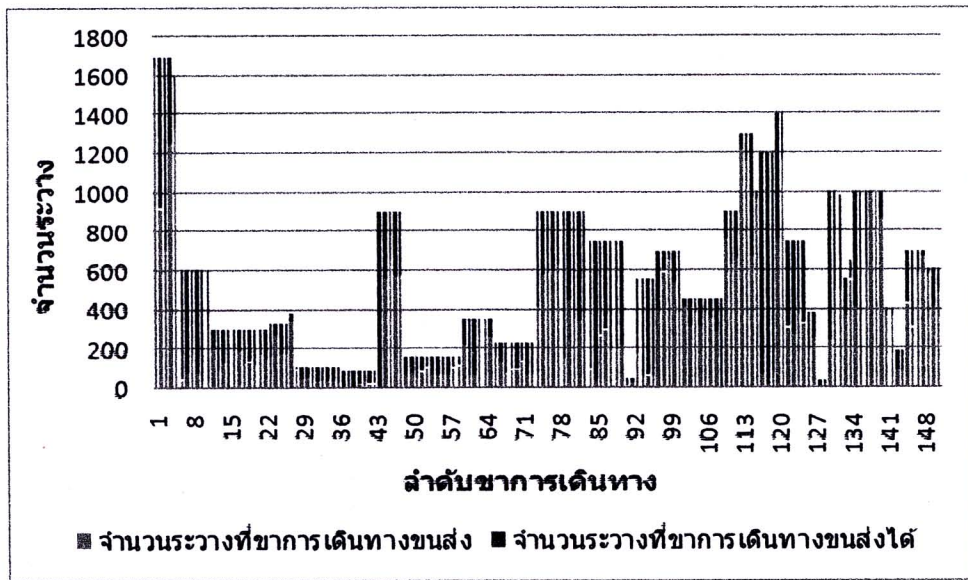
รูปที่ 5.51 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่ง
ได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองแบบเส้นทางของชุดปัญหาที่ 2



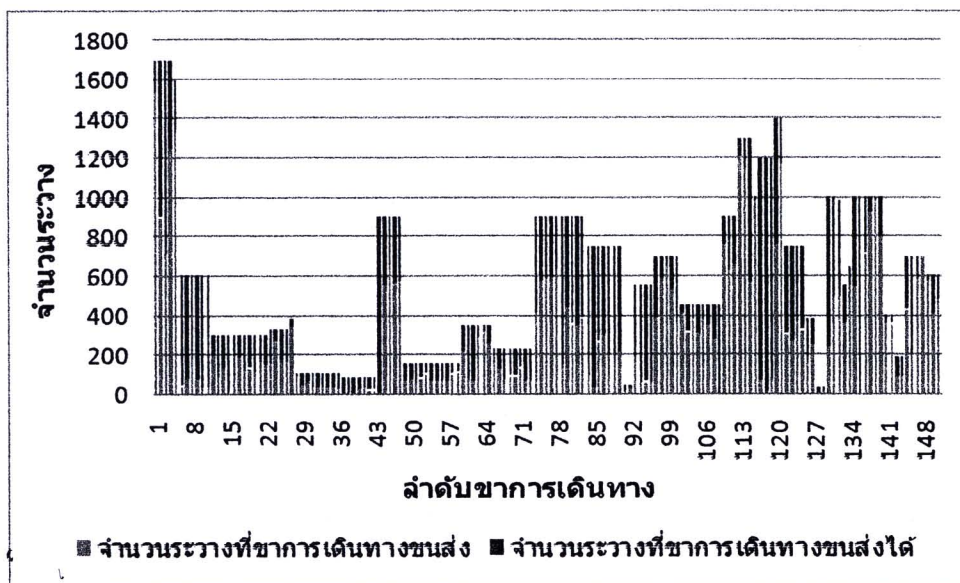
รูปที่ 5.52 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่ง
ได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองมาตรฐานของชุดปัญหาที่ 3



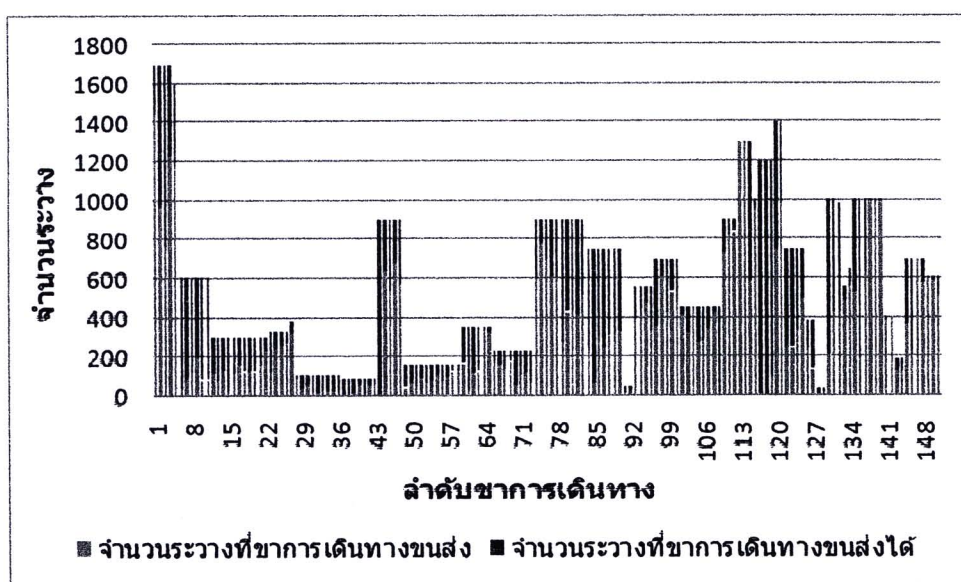
รูปที่ 5.53 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองแบบเส้นทางของชุดปัญหาที่ 3



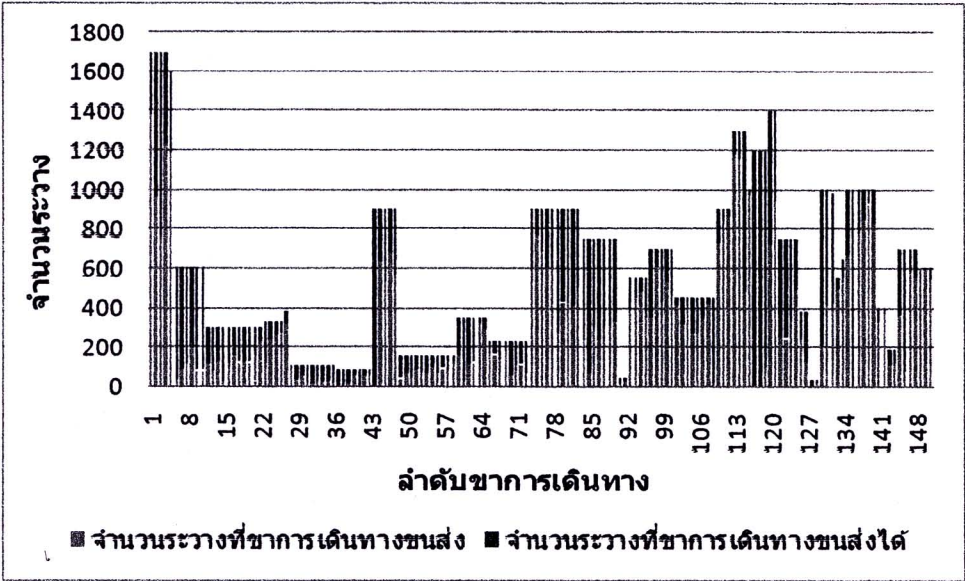
รูปที่ 5.54 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองมาตรฐานของชุดปัญหาที่ 4



รูปที่ 5.55 สัดส่วนการรับจอร์วางการขนส่งจำนวนผู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่ง
ได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองแบบเส้นทางของชุดปัญหาที่ 4



รูปที่ 5.56 สัดส่วนการรับจอร์วางการขนส่งจำนวนผู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่ง
ได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองมาตรฐานของชุดปัญหาที่ 5



รูปที่ 5.57 สัดส่วนการรับของระวางการขนส่งจำนวนผู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่ง
ได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองแบบเส้นทางของชุดปัญหาที่ 5