บทที่ 8

การกำหนดและทดสอบพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

เนื้อหาในบทนี้จะเกี่ยวข้องกับการกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องการจัดสมดุลในสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมในลักษณะตัวยู ในวิธีการเจนนาติกอัลกอริทึม เมมเมติกอัลกอริทึม อัลกอริทึมการบรรจวบ อัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II และอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ M-NSGA-II การกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะส่งผลทำให้อัลกอริทึมทั้งห้ามีประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมมากขึ้น เนื่องจากพารามิเตอร์ในเมมเมติกอัลกอริทึมมีพารามิเตอร์ที่แตกต่างจากอัลกอริทึมการบรรจวบ ดังนั้นจึงต้องทำการออกแบบการทดลองและทำการทดลองตามวิธีของ Experimental Design เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสม ในปัญหาที่แตกต่างกันทั้งหมด 4 ปัญหาของแต่ละอัลกอริทึม

8.1 การทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

8.1.1 การระบุปัญหา

เนื่องจากวิธีการเจนนาติกอัลกอริทึมในงานวิจัยนี้จะมีการกำหนดพารามิเตอร์ทั้งหมดจากงานวิจัยก่อนหน้า (R.Hwang และ H.Katayama, 2008) ทำให้ไม่ต้องทำการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม แต่ในวิธีการเมมเมติกอัลกอริทึม และอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมในลักษณะตัวยู มีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องที่คล้ายคลึงกัน เช่น จำนวนประชากร จำนวนรอบเจนเนอเรชั่น วิธีการครอสโอเวอร์ วิธีมิวเตชั่น เป็นต้น ในส่วนอัลกอริทึมการบรรจวบจะพารามิเตอร์ที่แตกต่าง คือ ความน่าจะเป็นจำนวนสตริงคำตอบที่ถูกคัดเลือกทำการการปรับปรุง ฮิวริสติกในการเลือกงานลงสถานีงาน และค่าความน่าจะเป็นในการให้รางวัลกับค่าลงโทษ ซึ่งในแต่ละพารามิเตอร์จะมีหลายระดับ จึงต้องทำการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ทำให้อัลกอริทึมทั้ง 3 อัลกอริทึม มีประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

ในการทดลองในงานวิจัยนี้จะนำ เมมเมติกอัลกอริทึม อัลกอริทึมการบรรจวบ อัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II และ M-NSGA-II มาประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมในลักษณะตัวยู ทั้งหมด 4 ปัญหาคือ ปัญหาจากงานวิจัย

ก่อนหน้า จำนวน 3 ปัญหา (R.Hwang และ H.Katayama, 2008) และปัญหาจริงของอุตสาหกรรมผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปของ บริษัทไทยคาเนตะ จำกัด จำนวน 1 ปัญหา โดยแต่ละปัญหาจะมีขั้นงาน รอบเวลาการทำงาน เวลาแต่ละขั้นงาน และความสัมพันธ์ของขั้นงานที่แตกต่างกัน

เมื่อทำการคำนวณหาค่าความหนาแน่นในข่ายงาน (Density Network หรือ D) ของปัญหาทั้ง 4 ปัญหา โดยกำหนดให้ W มีขนาด Matrix $N \times N$ ที่มีค่า 0 กับ 1 โดยให้ w_{ij} มีค่าใน W ดังนี้ $w_{ij}=1$ ถ้างานที่ i มีงานที่ทำต่อคือ j และ $w_{ij}=0$ ถ้างานที่ i ไม่มีงานที่ทำต่อคือ j โดย d คือ จำนวนความสัมพันธ์ทั้งหมดใน Matrix

$$D=2d/[N(N-1)] \tag{8.1}$$

ซึ่ง

$$d=\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}w_{ij} \tag{8.2}$$

- ถ้าค่า D มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า กราฟความสัมพันธ์มีความสัมพันธ์ในแต่ละงานสูง ทำให้การจัดงานลงในสถานีงานได้น้อย (คำตอบที่เป็นไปได้ในการจัดงานในสถานีงานมีจำนวนน้อย)
- ถ้าค่า D มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่า กราฟความสัมพันธ์มีความสัมพันธ์ในแต่ละงานน้อย ทำให้การจัดงานลงในสถานีงานได้มาก (คำตอบที่เป็นไปได้ในการจัดงานในสถานีงานมีจำนวนมาก)

รายละเอียดของปัญหาที่ใช้ในการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 8.1 และในภาคผนวก ข

ตารางที่ 8.1 แสดงรายละเอียดของปัญหากรณีศึกษาในงานวิจัย (R.Hwang และ H.Katayama, 2008)

ปัญหาที่	จำนวนผลิตภัณฑ์ (ชนิด)	จำนวนงาน	ความสัมพันธ์ก่อนหลังซึ่งใช้ปัญหาของ	รอบเวลาการทำงาน (วินาที)	ความหนาแน่น (D)
1	3	19	Thomopoulos (1970)	2	0.122807
2	4	61	Kim(2006)	10	0.036066
3	5	111	Arcus(1963)	10,000	0.028337
*4	3	38	บริษัทไทยคาเนตะ จำกัด	28,698	0.062078

*หมายเหตุ ในกรณีศึกษาที่ 4 จะเป็นปัญหาจริงของอุตสาหกรรมผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปของบริษัทไทยคาเนตะ จำกัด

8.1.2 การเลือกตัวแปรตอบสนอง

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการการหาค่าเหมาะสมของฟังก์ชันวัตถุประสงค์หลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Value) ของปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมในลักษณะตัวยู จึงมีการคำนวณหาตัวชี้วัดสมรรถนะ ทั้งหมด 3 สมรรถนะ คือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะทำให้มีความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุดและส่งผลให้ค่าตัวชี้วัดสมรรถนะดีขึ้น และมีเวลาในการคำนวณน้อยที่สุด(Computation Time) ดังนั้นตัวแปรตอบสนองที่ใช้ คือ ตัวชี้วัดสมรรถนะ 4 ด้าน

8.1.3 การเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัย

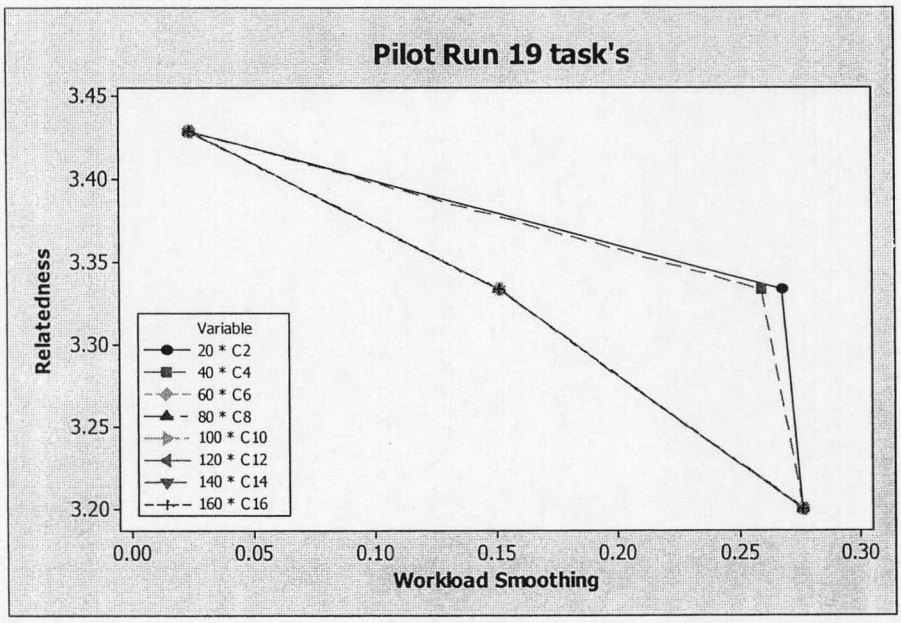
เนื่องจากเมมเมติกอัลกอริทึม อัลกอริทึมการบรรจวบ และอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II หรือ M-NSGA-II มีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องหลายตัว มีทั้งที่เหมือนกันและแตกต่างกัน ดังนี้

8.1.3.1 จำนวนเจนเนอเรชั่น

จำนวนเจนเนอเรชั่นคือจำนวนครั้งหรือจำนวนรอบในการคำนวณหาค่าค่าที่เหมาะสมตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์โดยที่ 1 เจนเนอเรชั่นก็คือการคำนวณตามขั้นตอนอัลกอริทึมที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นจนจบครบหนึ่งรอบ แล้วจึงจะเริ่มวนขึ้นรอบใหม่ ทั้งนี้ 1 เจนเนอเรชั่นก็คือการวนรอบคำนวณซ้ำ 1 รอบนั่นเอง หากเรากำหนดจำนวนเจนเนอเรชั่นน้อยเกินไปคำตอบที่พบอาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด ในขณะเดียวกันหากกำหนดจำนวนเจนเนอเรชั่นมากเกินไปก็จะทำให้เสียเวลาในการคำนวณโดยไม่จำเป็น ซึ่งในงานวิจัยก่อนหน้า (R.Hwang และ H.Katayama, 2008) ได้กำหนดจำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดทั้ง 4 ปัญหาเท่ากับ 1000 รอบหรือมีคำตอบซ้ำกันเป็นจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 100 จะหยุดการคำนวณ ดังนั้นจึงทำการทดลองจำนวนเจนเนอเรชั่นที่เหมาะสมทั้ง 4 ปัญหา

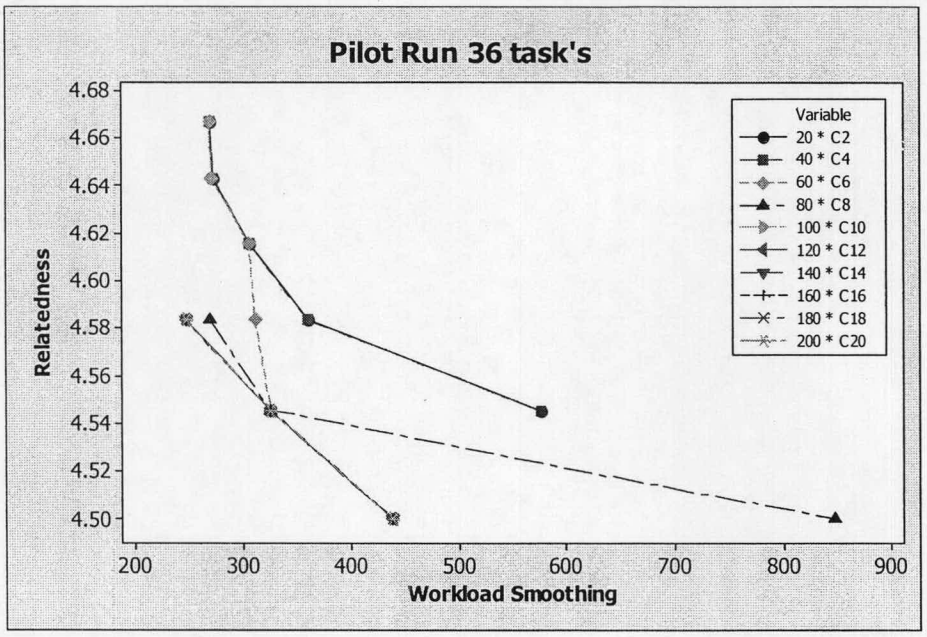
จำนวนเจนเนอเรชั่นที่ใช้ทดลองครั้งนี้จะหามาได้จากการทำ Pilot Run หาจำนวนรอบที่ทำให้ได้คำตอบมีค่าน้อยหรือต่ำที่สุดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือจำนวนสถานี

งานน้อยที่สุด(สามารถพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์ในสถานีงานได้) งานมีผลต่างความสัมพันธ์ในสถานีงานมีค่าน้อยที่สุด และการกระจายภาระงานในแต่ละสถานีงานมีค่าน้อยที่สุด ที่ทำให้ได้คำตอบซ้ำคำตอบเดิมหรือมีคำตอบที่คงที่(Stable)เป็นจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 100 รอบตามงานวิจัยก่อนหน้า (R.Hwang และ H.Katayama, 2008) ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันตามขนาดของปัญหา โดยจำนวนเจนเนอเรชั่นที่ใช้ในการทำ Pilot Run ของปัญหาขั้นงาน 19 ,36,61 และ 111 มีค่าเท่ากับ 1000 รอบ โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ได้มาจากการสุ่ม ซึ่งผลจากการทำ Pilot Run ของปัญหาต่างแสดงไว้ในรูปที่ 8.1-8.4



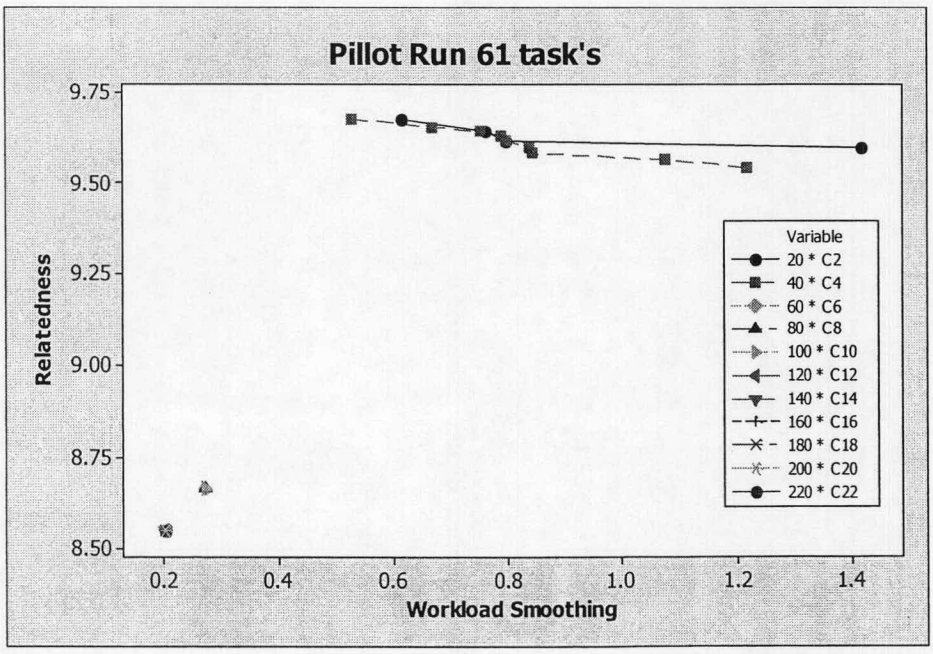
รูปที่ 8.1 ผลการทำ Pilot Run ของปัญหาขนาด 19 ขั้นงาน

จากรูปที่ 8.1 แสดงผลการทำ Pilot Run ของปัญหา 19 ขั้นงานนั้น จะให้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่มีค่าคำตอบคงที่หรือซ้ำกับคำตอบเดิม ที่จำนวนเจนเนอเรชั่นที่ 100 ดังนั้นจึงกำหนดให้จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดสำหรับปัญหา 19 ขั้นงานเท่ากับ 100 เจนเนอเรชั่น



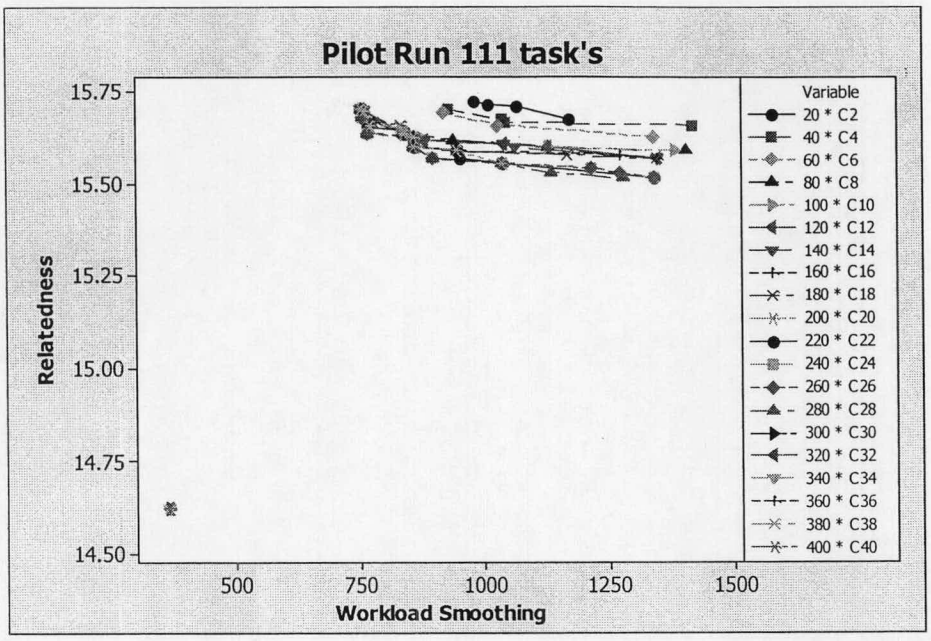
รูปที่ 8.2 ผลการทำ Pilot Run ของปัญหาขนาด 36 ขั้นงาน

จากรูปที่ 8.2 แสดงผลการทำ Pilot Run ของปัญหา 36 ขั้นงานนั้น จะให้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่มีค่าคำตอบคงที่หรือซ้ำกับคำตอบเดิม ที่จำนวนเจนเนอเรชั่นที่ 100 ดังนั้นจึงกำหนดให้จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดสำหรับปัญหา 36 ขั้นงานเท่ากับ 100 เจนเนอเรชั่น



รูปที่ 8.3 ผลการทำ Pilot Run ของปัญหาขนาด 61 ขั้นงาน

จากรูปที่ 8.3 แสดงผลการทำ Pilot Run ของปัญหา 61 ขั้นงานนั้น จะให้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่มีค่าคำตอบคงที่หรือซ้ำกับคำตอบเดิม ที่จำนวนเจนเนอเรชั่นที่ 140 ดังนั้นจึงประมาณให้จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดสำหรับปัญหา 61 ขั้นงานเท่ากับ 150 เจนเนอเรชั่น



รูปที่ 8.4 ผลการทำ Pilot Run ของปัญหาขนาด 111 ขั้นงาน

จากรูปที่ 8.4 แสดงผลการทำ Pilot Run ของปัญหา 111 ขั้นงานนั้น จะให้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่มีค่าคำตอบคงที่หรือซ้ำกับคำตอบเดิม ที่จำนวนเจนเนอเรชั่นที่ 300 ดังนั้นจึงประมาณให้จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดสำหรับปัญหา 111 ขั้นงานเท่ากับ 300 เจนเนอเรชั่น

8.1.3.2 จำนวนเจนเนอเรชั่นของ NSGA-II และ M-NSGA-II ในอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II และ M-NSGA-II

ในอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II และ M-NSGA-II จะมีจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด 2 เจนเนอเรชั่นในการคำนวณ คือจำนวนเจนเนอเรชั่นในการคำนวณอัลกอริทึมการบรรจวบ และจำนวนเจนเนอเรชั่นอัลกอริทึม NSGA-II หรือ M-NSGA-II การคำนวณในเจนเนอเรชั่นอัลกอริทึมการบรรจวบเป็นจำนวนมากจะทำให้เสียเวลาในการคำนวณ ดังนั้นกำหนดให้จำนวนเจนเนอเรชั่นอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II หรือ M-NSGA-II เป็นปัจจัยที่ใช้ในการทดลองอีกปัจจัยหนึ่ง โดยมีระดับปัจจัยทั้งหมด 4 ระดับ ดังนี้คือ

- ระดับที่ 1 เจนเนอเรชั่นของ NSGA-II หรือ M-NSGA-II จำนวนร้อยละ 20 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดในปัญหาการทดลอง
- ระดับที่ 2 เจนเนอเรชั่นของ NSGA-II หรือ M-NSGA-II จำนวนร้อยละ 40 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดในปัญหาการทดลอง
- ระดับที่ 3 เจนเนอเรชั่นของ NSGA-II หรือ M-NSGA-II จำนวนร้อยละ 60 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดในปัญหาการทดลอง
- ระดับที่ 4 เจนเนอเรชั่นของ NSGA-II หรือ M-NSGA-II จำนวนร้อยละ 80 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดในปัญหาการทดลอง

8.1.3.3 **จำนวนประชากร** (Population Size)

จำนวนประชากรที่ใช้ในการทดลองนี้หมายถึงจำนวนคำตอบหรือสตริงคำตอบทั้งหมดที่มีอยู่ในแต่ละเจนเนอเรชั่น เช่นถ้ากำหนดให้จำนวนประชากรมีขนาด 20 ประชากร หมายความว่าในแต่ละเจนเนอเรชั่นจะมีคำตอบหรือสตริงคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด 20 คำตอบ ซึ่งต้องเป็นคำตอบที่ไม่เหมือนกัน เพื่อต้องการให้ได้คำตอบหรือสตริงคำตอบที่หลากหลาย หากเรากำหนดจำนวนประชากรมีจำนวนที่น้อยเกินไปจะทำให้คำตอบที่หาได้ติดอยู่ใน Local Optimum ได้ง่าย ทำให้ได้คำตอบหรือสตริงคำตอบที่ได้ยังไม่ใช่คำตอบที่เหมาะสม ในขณะเดียวกันหากกำหนดให้จำนวนประชากรมีมากเกินไปจะทำให้เสียเวลาในการหาคำตอบนานจนเกินความจำเป็น ซึ่งในงานวิจัยนี้ (R.Hwang และ H.Katayama, 2008) ได้กำหนดจำนวนประชากรในการทดลองเท่ากับ 100 ประชากร ดังนั้นจึงไม่พิจารณาจำนวนประชากรเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

8.1.3.4 **วิธีการคัดเลือกสตริง** (Selection Method)

ในอัลกอริทึมที่นำมาใช้นั้นได้เสนอวิธีการคัดเลือกสตริงไว้เพียงวิธีเดียว คือ วิธี Binary Tournament Selection ดังนั้นจึงไม่พิจารณาวิธีการคัดเลือกสตริงเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลองนี้

8.1.3.5 **วิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด** (Pareto Based Approach)

วิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุดเป็นวิธีในการกำหนดค่าความแข็งแรงให้กับสมาชิกคำตอบ และมีหลายวิธี จึงเลือกใช้วิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุดแบบเดียวกับอัลกอริทึม NSGA-II แบบการจัดอันดับของ Goldberg หรือ Non-dominated Sorting ดังนั้นจึงไม่พิจารณาวิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุดเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

8.1.3.6 **วิธีกำหนดความหนาแน่นของประชากรคำตอบ** (Density Information)

เป็นวิธีในการรักษาความหลากหลายให้กับสมาชิกคำตอบ หรือแบ่งปันค่าความแข็งแรง หรือกำหนดความหนาแน่น เพื่อทำให้เกิดกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดและป้องกันการเกิดคำตอบเกาะกลุ่มบริเวณใดบริเวณนึง วิธีที่ใช้จะเป็นวิธีเดียวกับอัลกอริทึม NSGAII คือวิธีการ Crowding Distance ดังนั้นจึงไม่พิจารณาวิธีกำหนดความหนาแน่นของประชากรคำตอบเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

8.1.3.7 **วิธีการครอสโอเวอร์** (Crossover Method)

ในอัลกอริทึมที่ได้พัฒนามาใช้ในการจัดสมดุลสายการประกอบมีวิธีการครอสโอเวอร์หลายวิธี ซึ่งแต่ในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธี Weight mapping crossover (WMX) และมีความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Crossover Probability: P_C) เท่ากับ 0.7 (Hwang, 2007) ดังนั้นจึงไม่พิจารณาวิธีครอสโอเวอร์เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

8.1.3.8 **วิธีการมิวเตชั่น** (Mutation Method)

ในอัลกอริทึมที่ใช้นั้น ได้เสนอวิธีมิวเตชั่นไว้เพียงวิธีเดียว โดยเป็นวิธีที่ใช้สำหรับปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบเท่านั้น ในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธี Reciprocal Exchange Mutation และกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นต่ำ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของเจนเนตริกและเมมเมติกอัลกอริทึมดีขึ้น (De Jong's,1975) แต่อย่างไรก็ไรก็ตามสำหรับปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบการนำมาใช้นั้นไม่ควรกำหนดให้ค่ามิวเตชั่นมีค่าต่ำ

จนเกินไป เนื่องจาก Mutation เป็น Operator ที่สำคัญในการแก้ปัญหา โดยความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-0.4 โดยงานวิจัยครั้งนี้จะมีค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Crossover Probability: P_m) เท่ากับ 0.3 (Hwang, 2007) ดังนั้นจึงไม่พิจารณาวิธีมิวเตชั่นเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

8.1.3.9 วิธีการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search)

ในอัลกอริทึม M-NSGA-II จะมีการนำวิธีการค้นหาเฉพาะที่มาประยุกต์ใช้ 2 ขั้นตอน คือ 1.การใช้การค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร และ 2.การใช้การค้นหาเฉพาะที่หลังจากการมิวเตชั่น ซึ่งวิธีการค้นหาเฉพาะมีหลายวิธี ซึ่งวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ 4 วิธี คือ 2-Opt, 3-Opt, Pairwise Interchange (PI) และ Insertion Procedure (IP) โดยการเลือกวิธีที่เหมาะสมจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าตอบสนอง ส่วนรูปแบบการค้นหาเฉพาะที่ได้ใช้แบบการปรับปรุงครั้งแรก (First Improvement) เพื่อลดเวลาในการคำนวณ โดยงานวิจัยครั้งนี้จะมีค่าความน่าจะเป็นในการค้นหาเฉพาะที่ (Probability of Local Search: P_{LS}) เท่ากับ 0.8 (Ishibuchi และคณะ, 2003) ดังนั้นจึงกำหนดให้เพียงแค่วิธีการค้นหาเป็นปัจจัยที่ใช้ในการทดลองอีกปัจจัยหนึ่ง โดยมีระดับปัจจัยทั้งหมด 8 ระดับ แบ่งเป็นการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร 4 ระดับ และการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น 4 ระดับ ดังนี้คือ

การค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร

- ระดับที่ 1 วิธี 2-Opt
- ระดับที่ 2 วิธี 3-Opt
- ระดับที่ 3 วิธี Pairwise Interchange (PI)
- ระดับที่ 4 วิธี Insertion Procedure (IP)

การค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น

- ระดับที่ 1 วิธี 2-Opt
- ระดับที่ 2 วิธี 3-Opt
- ระดับที่ 3 วิธี Pairwise Interchange (PI)
- ระดับที่ 4 วิธี Insertion Procedure (IP)

ในส่วนอัลกอริทึมการจวบรวมกับ M-NSGA-II (COIN plus M-NSGA-II) จะมีการประยุกต์ใช้การค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) ที่ตำแหน่งหลังการการทำมิวเตชั่น ซึ่งจะใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่ วิธีที่เหมาะสมจากงานวิจัยก่อนหน้า (เพ็ญพักตร์, 2551) คือ วิธี Pairwise

Interchange (PI) และ Insertion Procedure (IP) ส่วนรูปแบบการค้นหาเฉพาะที่ได้ใช้แบบการปรับปรุบครั้งแรก (First Improvement) เพื่อลดเวลาในการคำนวณ

8.1.3.10วิธีฮิวริสติกการเลือกงาน (Heuristic)

ในอัลกอริทึมการบรรจวบ และการบรรจวบรวมกับ NSGA-II และM-NSGA-II จะการประยุกต์ฮิวริสติกในปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีลักษณะตัวยู ซึ่งได้นำเสนอฮิวริสติกทั้งหมด 4 วิธี วิธีฮิวริสติกที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อคำตอบ ดังนั้นจึงกำหนดให้วิธีฮิวริสติกเป็นปัจจัยที่ใช้ในการทดลองอีกปัจจัยหนึ่ง โดยมีระดับปัจจัยทั้งหมด 4 ระดับ ดังนี้คือ

- ระดับที่ 1 วิธีฮิวริสติกแบบ Longest Processing Time
- ระดับที่ 2 วิธีฮิวริสติกแบบ Greatest Weight Priority
- ระดับที่ 3 วิธีฮิวริสติกแบบ Greatest Random Priority
- ระดับที่ 4 วิธีฮิวริสติกแบบ Greatest Number of Successors

8.1.3.11ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง

ในอัลกอริทึมการบรรจวบ และการบรรจวบรวมกับ NSGA-II หรือ M-NSGA-II จะมีค่าความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อนำไปปรุบปรุงตาราง ความน่าจะเป็นสูงจะทำให้เลือกสตริงคำตอบมากจนเกินไปจะทำให้การค้นหาคำตอบไม่เหมาะสมส่งผลต่อคำตอบที่ได้ ดังนั้นจึงกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเป็นปัจจัยที่ใช้ในการทดลองอีกปัจจัยหนึ่ง โดยมีระดับปัจจัยทั้งหมด 3 ระดับ ดังนี้คือ

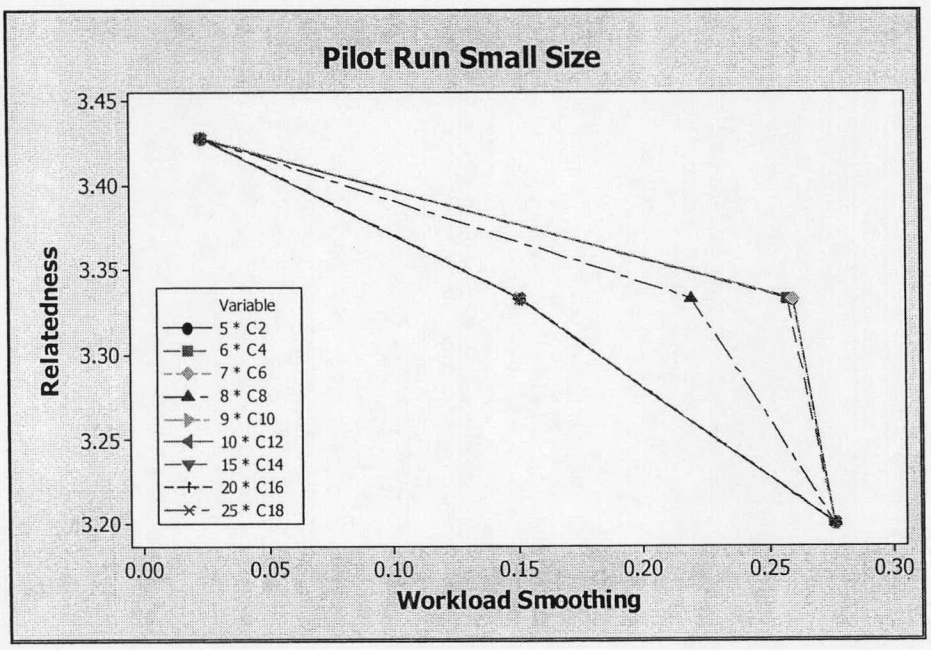
- ระดับที่ 1 ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.1
- ระดับที่ 2 ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.125
- ระดับที่ 3 ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.15

8.1.3.12ความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษ (Probability of Reward and Punish)

ในอัลกอริทึมการบรรจวบและอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II และ M-NSGA-II จะมีความน่าจะเป็นในให้รางวัล (Reward) และลงโทษคู่ลำดับ (Punish) ในสตริงคำตอบ เพื่อทำการปรับปรุงค่าในตาราง ความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษถ้า

กำหนดให้มีค่าสูงจะทำให้อัลกอริทึมทั้งสองหลงทางหรือได้คำตอบที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงทำการทดลองหาความน่าจะเป็นที่เหมาะสมในการให้รางวัลและลงโทษ

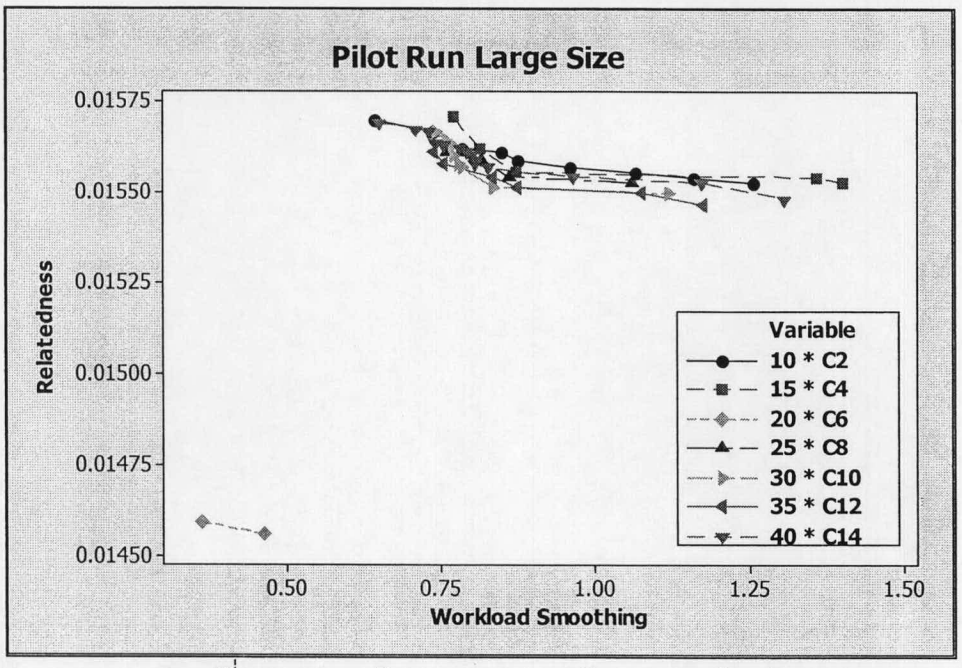
การทดลองครั้งนี้จะหามาได้จากการทำ Pilot Run ทั้งหมด 2 ปัญหา คือ ปัญหาขนาดเล็ก (19 และ 36 ขั้นงาน) ปัญหาขนาดใหญ่ (61 และ 111 ขั้นงาน) จะทำการทดลองด้วยความน่าจะเป็นที่แตกแต่งกัน โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ได้มาจากการสุ่ม ซึ่งผลจากการทำ Pilot Run ของปัญหาต่างแสดงไว้ในรูปที่ 8.5-8.6



รูปที่ 8.5 ผลการทำ Pilot Run ของปัญหาขนาดเล็ก

จากรูปที่ 8.5 แสดงผลการทำ Pilot Run ของปัญหาขนาดเล็กนั้น จะให้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่มีค่าคำตอบคงที่หรือซ้ำกับคำตอบเดิม ที่มีความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษมีค่าเท่ากับ 0.10 ดังนั้นจึงกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษในปัญหาขนาดเล็ก (19 และ 36 ขั้นงาน) มีค่าเท่ากับ 0.10

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 8.6 ผลการทำ Pilot Run ของปัญหาขนาดใหญ่

จากรูปที่ 8.6 แสดงผลการทำ Pilot Run ของปัญหาขนาดใหญ่นั้น จะให้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ทำให้คำตอบมีค่าต่ำที่สุด จะมีความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษมีค่าเท่ากับ 0.20 อย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นจึงกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษในปัญหาขนาดใหญ่ (61 และ 111 ขั้นงาน) มีค่าเท่ากับ 0.20

8.1.4 การพิจารณาผลกระทบร่วมกันระหว่างระดับปัจจัย

ในการทำการทดลองครั้งนี้จะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากกว่า 1 ปัจจัย จึงอาจก่อให้เกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) ขึ้นได้

การทดลองใดๆ เมื่อความแตกต่างของค่าตอบสนองที่หลายๆระดับของปัจจัยหนึ่งมีค่าไม่เท่ากันที่ทุกระดับของอีกปัจจัยหนึ่ง เรียกว่าการเกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Montgomery, 1997) ซึ่งผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยนี้สามารถจะบ่งชี้ให้เห็นถึงผลของปัจจัยหนึ่งที่มีต่ออีกปัจจัยหนึ่ง

ยกตัวอย่างเช่น ถ้าในการทดลองครั้งนี้พบว่า วิธีฮิวริสติกที่ทำให้ได้ค่าตอบสนองที่ดีที่สุดคือ วิธี Longest Processing Time และพบว่าความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางคือ 0.1 ในกรณีที่ปัจจัยไม่มีผลกระทบร่วมกัน เราสามารถสรุปได้ทันทีว่า ควรใช้วิธีฮิวริสติก Longest Processing Time และเลือกใช้ ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางเท่ากับ 0.10 เนื่องจากปัจจัยทั้งสองเป็นอิสระกัน แต่ถ้ามีผลกระทบร่วมระหว่างทั้ง

2 ปัจจัยนี้ หมายความว่าถ้ากำหนดวิธีฮิวริสติกเป็น Longest Processing Time ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางที่ทำให้เกิดค่าตอบสนองที่ดีที่สุดอาจมีค่าเป็น 0.10 หรือไม่ก็ได้ และในขณะเดียวกันหากกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางที่ทำให้เกิดค่าตอบสนองที่ดีที่สุดอาจมีค่าเป็น 0.10 แล้ววิธีฮิวริสติกที่ทำให้ค่าตอบสนองดีที่สุดอาจเป็นวิธี Longest Processing Time หรือไม่ใช่ก็ได้ เช่นกัน ดังนั้นการพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยจึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมากในการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยสามารถแบ่งได้หลายระดับคือ

1) 1st Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัย เช่น วิธีฮิวริสติก- ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง

2) 2nd Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 3 ปัจจัย เช่น วิธีฮิวริสติก*ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง*จำนวนเจนเนอเรชั่นอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II

3) 3rd Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 4 ปัจจัยซึ่งเป็นผลกระทบร่วมขึ้นสูงสุด

และเนื่องจากผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยในระดับสูงๆไม่ค่อยนิยมนำมาพิจารณา(Montgomery,DC., 1997) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงพิจารณาเฉพาะผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยใน
ระดับที่หนึ่งนั้น แต่ละอัลกอริทึมคือ

ในการทดลองอัลกอริทึม M-NSGA-II

- ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร กับ วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น

ในการทดลองอัลกอริทึมการบรรจวบ

- ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน กับ ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง

ในการทดลองอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II

- ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน กับ ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง

- ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน กับ จำนวนเจนเนอเรชั่นอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II
- ผลกระทบร่วมระหว่างความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง กับ จำนวนเจนเนอเรชั่นอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II

ในการทดลองอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ M-NSGA-II

- ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน กับ ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง
- ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน กับ จำนวนเจนเนอเรชั่นอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ M-NSGA-II
- ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน กับ วิธีการค้นหาเฉพาะที่
- ผลกระทบร่วมระหว่างความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง กับ จำนวนเจนเนอเรชั่นอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ M-NSGA-II
- ผลกระทบร่วมระหว่างความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง กับ วิธีการค้นหาเฉพาะที่
- ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีการค้นหาเฉพาะที่ กับ จำนวนเจนเนอเรชั่นอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ M-NSGA-II

8.2 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)

8.2.1 การกำหนดจำนวนข้อมูลที่ต้องการจากการทดลองแต่ละระดับ

ปัจจัยการทดลองในแต่ละระดับปัจจัย (Treatment Combination) จะเก็บข้อมูลค่าวัตถุประสงค์ทั้ง 3 วัตถุประสงค์ ข้อมูลที่ได้จะมีคำตอบหลากหลายคำตอบ ดังนั้นจึงทำการหาค่าสมรรถนะของแต่ละการทดลอง ซึ่งจะมีตัวชี้วัดสมรรถนะในการทดลองครั้งนี้ทั้งหมด 3 ตัวชี้วัด คือ การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวน

กลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) มาใช้เป็นข้อมูลในการทดลอง ซึ่งในแต่ละการทดลองจะทำการเก็บข้อมูลจำนวน 2 ค่าในหนึ่งการทดลอง

8.2.2 การกำหนดรูปแบบการทดลอง

ในการทดลองนี้กำหนดให้ทำการทดลอง แบบ Full Factorial Design มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการพิจารณาทั้งหมด 5 ปัจจัยและในแต่ละปัจจัยมีระดับของปัจจัยที่ไม่เท่ากัน โดยมีค่า ตัวชี้วัดสมรรถนะทั้ง 3 เป็นตัวแปรตอบสนองในการทดลอง ในแต่ละการทดลองจะทำซ้ำของการทดลอง (Replication) เท่ากับ 2 ปัญหาการทดลองมีทั้งหมด 4 ปัญหา คือ

- ปัญหาการทดลองที่ 1 การทดลองจัดสมดุลสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมในลักษณะตัวยู มีจำนวนขั้นงาน 19 งาน มีจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 100 เจนเนอเรชั่น
- ปัญหาการทดลองที่ 2 การทดลองจัดสมดุลสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมในลักษณะตัวยู มีจำนวนขั้นงาน 36 งาน มีจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 100 เจนเนอเรชั่น
- ปัญหาการทดลองที่ 3 การทดลองจัดสมดุลสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมในลักษณะตัวยู มีจำนวนขั้นงาน 61 งาน มีจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 150 เจนเนอเรชั่น
- ปัญหาการทดลองที่ 4 การทดลองจัดสมดุลสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมในลักษณะตัวยู มีจำนวนขั้นงาน 11 งาน มีจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 300 เจนเนอเรชั่น

สำหรับรายละเอียดของปัจจัยแต่ละอัลกอริทึมที่ทำการทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 8.2-8.5

ตารางที่ 8.2 รายละเอียดการทดลองในอัลกอริทึม M-NSGA-II ที่ใช้ในการพิจารณา

ปัจจัย	จำนวนระดับปัจจัย (ระดับ)	ระดับปัจจัย
1.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร	4	ระดับที่ 1 วิธี 2-Opt ระดับที่ 2 วิธี 3-Opt ระดับที่ 3 วิธี Pairwise Interchange (PI) ระดับที่ 4 วิธี Insertion Procedure (IP)
2.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น	4	ระดับที่ 1 วิธี 2-Opt ระดับที่ 2 วิธี 3-Opt ระดับที่ 3 วิธี Pairwise Interchange (PI) ระดับที่ 4 วิธี Insertion Procedure (IP)

ในการทดลองอัลกอริทึม M-NSGA-II มีปัจจัย 2 ปัจจัยและ Replication เท่ากับ 2 ดังนั้นจะมี Treatment Combination ในอัลกอริทึม M-NSGA-II เท่ากับ $4 \times 4 \times 2 = 32$

ตารางที่ 8.3 รายละเอียดการทดลองในอัลกอริทึมการบรรจวบที่ใช้ในการพิจารณา

ปัจจัย	จำนวนระดับปัจจัย (ระดับ)	ระดับปัจจัย
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	4	ระดับที่ 1 วิธี Longest Processing Time ระดับที่ 2 วิธี Greatest Weight Priority ระดับที่ 3 วิธี Greatest Random Priority ระดับที่ 4 วิธี Greatest Number of Successors
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	3	ระดับที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.100 ระดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.125 ระดับที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.150

ในการทดลองอัลกอริทึมบรรจวบมีปัจจัย 2 ปัจจัยและ Replication เท่ากับ 2 ดังนั้นจะมี Treatment Combination ในอัลกอริทึมการบรรจวบเท่ากับ $4 \times 3 \times 2 = 24$

ตารางที่ 8.4 รายละเอียดการทดลองในอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับNSGA-II ที่ใช้ในการพิจารณา

ปัจจัย	จำนวนระดับปัจจัย (ระดับ)	ระดับปัจจัย
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	4	ระดับที่ 1 วิธี Longest Processing Time ระดับที่ 2 วิธี Greatest Weight Priority ระดับที่ 3 วิธี Greatest Random Priority ระดับที่ 4 วิธี Greatest Number of Successors
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	3	ระดับที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.100 ระดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.125 ระดับที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.150
3.จำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II	4	ระดับที่ 1 ร้อยละ 20 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ระดับที่ 2 ร้อยละ 40 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ระดับที่ 3 ร้อยละ 60 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ระดับที่ 4 ร้อยละ 80 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง

ในการทดลองอัลกอริทึมบรรจวบมีปัจจัย 2 ปัจจัยและ Replication เท่ากับ 2 ดังนั้นจะมี Treatment Combination ในอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II เท่ากับ $4\times3\times4\times2=96$

ตารางที่ 8.5 รายละเอียดการทดลองในอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ M-NSGA-II ที่ใช้ในการพิจารณา

ปัจจัย	จำนวนระดับปัจจัย (ระดับ)	ระดับปัจจัย
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	4	ระดับที่ 1 วิธี Longest Processing Time ระดับที่ 2 วิธี Greatest Weight Priority ระดับที่ 3 วิธี Greatest Random Priority ระดับที่ 4 วิธี Greatest Number of Successors
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	3	ระดับที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.100 ระดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.125 ระดับที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.150
3.จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II	4	ระดับที่ 1 ร้อยละ 20 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ระดับที่ 2 ร้อยละ 40 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ระดับที่ 3 ร้อยละ 60 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ระดับที่ 4 ร้อยละ 80 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง
4.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น	2	ระดับที่ 1 วิธี Pairwise Interchange (PI) ระดับที่ 2 วิธี Insertion Procedure (IP)

ในการทดลองอัลกอริทึมบรรจวบมีปัจจัย 2 ปัจจัยและ Replication เท่ากับ 2 ดังนั้นจะมี Treatment Combination ในอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ M-NSGA-II เท่ากับ $4\times3\times4\times2\times2=192$

จากตารางที่ 8.2-8.4 เมื่อมาทำการรวมกับของการทดลอง จะมีจำนวนเท่ากับ $32+24+96+192=344$ และมีปัญหาการทดลองทั้งหมด 4 ปัญหาการทดลอง ดังนั้นจะมี Treatment Combination ทั้งหมดเท่ากับ $344\times4=1{,}376$

8.2.3 การเก็บและจัดระบบข้อมูล

จากการทำการทดลองที่ระดับปัจจัยต่าง ๆ ผลการทดลองที่ได้จะเก็บไว้ในตารางแสดงผลการรันโปรแกรมในภาคผนวก ค ซึ่งประกอบด้วยค่าตัวแปรตอบสนองคือค่าของตัวชี้วัดสมรรถนะทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution)

8.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองทั้งหมด 16 การทดลองแยกตามขนาดปัญหาที่ใช้ในการทดลอง 4 ปัญหา จะมีอัลกอริทึมที่ทำการทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมทั้งหมด 4 อัลกอริทึม คือ เมมเมติกอัลกอริทึม อัลกอริทึมการบรรจวบ อัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับเจนนาติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II และอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับเจนเนติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ดังนั้นในการวิเคราะห์การทดลองจะแยกเป็น 4 ส่วน ตามอัลกอริทึมที่ทำการทดลอง โดยในแต่ละปัญหานั้นจะมีขั้นตอนการวิเคราะห์ผล 4 ขั้นตอนคือ

1. การวิเคราะห์โดยพิจารณาค่าตัวชี้วัดสมรรถนะด้านการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) เป็นตัวแปรตอบสนอง เพื่อทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม หากปัจจัยที่ทำการทดสอบแล้วพบระดับปัจจัยที่เหมาะสมคือ ให้ค่าตอบสนองที่ดีที่สุดเพียงระดับเดียว จะทำการกำหนดระดับปัจจัยนั้นเป็นพารามิเตอร์ที่นำไปใช้ในบทถัดไป แต่ถ้าปัจจัยใดที่มีระดับปัจจัยที่เหมาะสมมีหลายระดับ หรือปัจจัยใดยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จะนำปัจจัยนั้นไปทำการวิเคราะห์และพิจารณาต่อในขั้นตอนที่ 2

2. การวิเคราะห์โดยพิจารณาค่าตัวชี้วัดสมรรถนะด้านการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ซึ่งจะเป็นการวิเคราะห์ต่อจากขั้นตอนแรก หากปัจจัยที่ทำการทดสอบแล้วพบระดับปัจจัยที่เหมาะสมคือ ให้ค่าตอบสนองที่ดีที่สุดเพียงระดับเดียว จะทำการกำหนดระดับปัจจัยนั้นเป็นพารามิเตอร์ที่นำไปใช้ในบทถัดไป แต่ถ้าปัจจัยใดที่มีระดับปัจจัยที่เหมาะสมมีหลายระดับ หรือปัจจัยใดยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จะนำปัจจัยนั้นไปทำการวิเคราะห์และพิจารณาต่อในขั้นตอนที่ 3

3. การวิเคราะห์โดยพิจารณาค่าตัวชี้วัดสมรรถนะด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ซึ่งจะเป็นการวิเคราะห์ต่อจากขั้นตอน 1 และ 2 เป็นการวิเคราะห์ที่ใช้ในกรณีที่มีค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ได้มีหลายค่า แต่จำเป็นที่จะต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพียงค่าเดียว เพื่อนำไปใช้ในการหาคำตอบในบทต่อไป แต่ถ้าปัจจัยใดที่มีระดับปัจจัยที่เหมาะสมมีหลายระดับ หรือปัจจัยใดยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จะนำปัจจัยนั้นไปทำการวิเคราะห์และพิจารณาต่อในขั้นตอนที่ 4

4. การวิเคราะห์จะพิจารณาจากเวลาในการคำนวณ (Computation Time) ที่น้อยที่สุด ซึ่งจะเป็นการวิเคราะห์ต่อจากขั้นตอน 1-3 เป็นการวิเคราะห์กรณีที่ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้จากการวิเคราะห์จากขั้นตอนที่ 1-3 ซึ่งจะได้เลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยที่สุด

ในการวิเคราะห์ขั้นตอนที่ 1-3 จะมีวิธีวิเคราะห์ที่เหมือนกัน ต่างกันเพียงค่าตัวแปรตอบสนองที่ใช้ โดยมีการวิเคราะห์ 2 ขั้นตอน (Montgomery, D.C.) คือ

1) การวิเคราะห์ ANOVA เป็นการวิเคราะห์เพื่อดูว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อการหาคำตอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรม Minitab เป็นโปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์

2) การวิเคราะห์ลำดับคู่ลำดับเป็นการวิเคราะห์เพื่อดูว่าระดับปัจจัยใดที่มีความแตกต่างกับระดับปัจจัยอื่นๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรม Minitab เป็นโปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์

8.3.1. อัลกอริทึมการบรรจวบ (COIN)

8.3.1.1. ปัญหา 19 ขั้นงาน

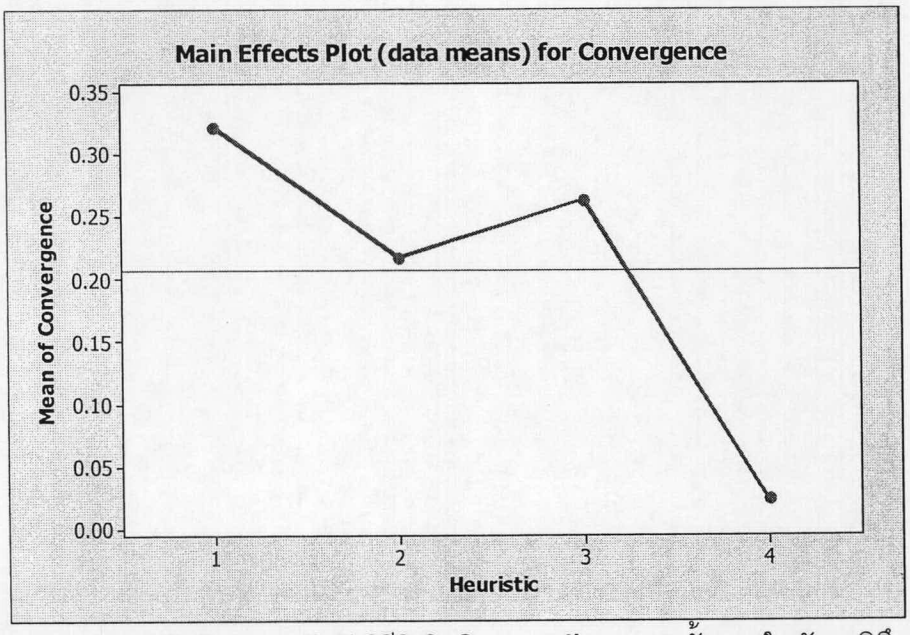
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบ โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

Analysis of Variance for Convergence, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Prob Select String	2	0.001067	0.001067	0.000534	0.13	0.882
Heuristic	3	0.302236	0.302236	0.100745	24.03	0.000
Prob Select String*Heuristic	6	0.024601	0.024601	0.004100	0.98	0.480
Error	12	0.050320	0.050320	0.004193		
Total	23	0.378224				

S = 0.0647556 R-Sq = 86.70% R-Sq(adj) = 74.50%

รูปที่ 8.7 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.8 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยวิธีฮิวริสติกขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.7-8.8 พบว่าวิธีฮิวริกติกมีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบ ปัญหา 19 ขั้นงาน เป็นปัจจัยเดียวที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ และพิจารณาจากกราฟที่ เมื่อมีการเปลี่ยนวิธีฮิวริสติกจะทำให้ค่าตอบสนองตัวชี้วัดสมรรถนะ การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) ที่ได้มีค่าเปลี่ยนแปลงแสดงว่าวิธีฮิวริสติกเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ลำดับคู่เฉลี่ยด้วยโปรแกรม Minitab14 จะได้ผลการวิเคราะห์ระดับของปัจจัยวิธีฮิวริกติกที่มีความแตกต่างกัน ดังรูปที่ 8.9

One-way ANOVA: Valus versus Factor Heuristic

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor Heuristic	3	0.30223	0.10074	26.51	0.000
Error	20	0.07601	0.00380		
Total	23	0.37825			

S = 0.06165 R-Sq = 79.90% R-Sq(adj) = 76.89%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	6	0.6778	0.0653	(---*----)
2	6	0.7823	0.0570	(---*----)
3	6	0.7358	0.0664	(---*----)
4	6	0.9766	0.0573	(---*----)

0.72 0.84 0.96 1.08

รูปที่ 8.8 ผลการวิเคราะห์คู่ลำดับของระดับปัจจัยวิธีฮิวริสติกของขนาดปัญหา 19 ขั้นงานใน อัลกอริทึม COIN เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.8 พบว่าระดับปัจจัยของวิธีฮิวริสติกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่วิธีฮิวริกติกแบบ Greatest Number of Successors จากรูปที่ 8.8 พบว่าฮิวริสติกวิธี Greatest Number of Successors จะทำให้ค่าตอบสนองตัวชี้วัดสมรรถนะ การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) มีค่าดีที่สุด (เข้าใกล้ศูนย์)

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) จะมีพารามิเตอร์ดังนี้

- วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงานเป็น วิธี Greatest Number of Successors
- ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ยังไม่สามารถระบุได้

เนื่องจากปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จึงทำการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) เมื่อกำหนดให้พารามิเตอร์วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน คือวิธี Greatest Number of Successors

One-way ANOVA: Spread versus Factor

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	0.00296	0.00148	1.00	0.465
Error	3	0.00444	0.00148		
Total	5	0.00741			

รูปที่ 8.9 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบ เมื่อกำหนดปัจจัยวิธีฮิวริสติก เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.9 พบว่าปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ในกรณีกำหนดให้วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน คือวิธี Greatest Number of Successors

เนื่องจากปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จากตัวแปรตอบสนอง การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) และการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ดังนั้นจึงทำการหาจากตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) เมื่อกำหนดให้พารามิเตอร์วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน คือวิธี Greatest Number of Successors

One-way ANOVA: Ratio versus Factor

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	0.0370	0.0185	1.00	0.465
Error	3	0.0556	0.0185		
Total	5	0.0926			

รูปที่ 8.10 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบ เมื่อกำหนดปัจจัยวิธีฮิวริสติก เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution

จากรูปพบว่าปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ในกรณีกำหนดให้วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน คือวิธี Greatest Number of Successors

จากการวิเคราะห์ด้านเวลาในการคำนวณพบว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยสุด คือ 0.1

จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) และเวลาที่ใช้ในการคำนวณ จะมีพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ดังตารางที่ 8.6

ตารางที่ 8.6 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดขนาดปัญหา 19 ขั้นงาน ในอัลกอริทึม COIN

ปัจจัย	พารามิเตอร์ที่เหมาะสม
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	วิธี Greatest Number of Successors
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	0.1

8.3.1.2. ปัญหา 36 ขั้นงาน

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบ โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

Analysis of Variance for Convergence, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Prob Select String	2	0.01800	0.01800	0.00900	0.50	0.620
Heuristic	3	0.00495	0.00495	0.00165	0.09	0.964
Prob Select String*Heuristic	6	0.08382	0.08382	0.01397	0.77	0.607
Error	12	0.21726	0.21726	0.01811		
Total	23	0.32404				

รูปที่ 8.11 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 36 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.11 พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบทั้งสองปัจจัยในปัญหา 36 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ

เนื่องจากปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางและวิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จึงทำการหา

พารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set)

Analysis of Variance for Spread, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Prob Select String	2	0.02992	0.02992	0.01496	0.91	0.430
Heuristic	3	0.03039	0.03039	0.01013	0.61	0.619
Prob Select String*Heuristic	6	0.01989	0.01989	0.00331	0.20	0.970
Error	12	0.19786	0.19786	0.01649		
Total	23	0.27807				

S = 0.128408 R-Sq = 28.84% R-Sq(adj) = 0.00%

รูปที่ 8.12 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 36 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.12 พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบทั้งสองปัจจัยในปัญหา 36 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ

เนื่องจากปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางและวิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จึงทำการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution)

Analysis of Variance for Ratio, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Prob Select String	2	0.08898	0.08898	0.04449	0.93	0.422
Heuristic	3	0.11889	0.11889	0.03963	0.83	0.504
Prob Select String*Heuristic	6	0.10028	0.10028	0.01671	0.35	0.897
Error	12	0.57556	0.57556	0.04796		
Total	23	0.88370				

รูปที่ 8.13 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 36 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution

จากรูปที่ 8.13 พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบทั้งสองปัจจัยในปัญหา 36 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ

ทำการวิเคราะห์ด้านเวลาในการคำนวณเนื่องจากไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะได้จากตัวแปรตอบสนองทั้ง 3 ตัว ซึ่งจะพิจารณาจากคำตอบที่มีอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง และใช้เวลาน้อยที่สุด พบว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อ

ปรับปรุงตาราง ที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยสุดคือ 0.1 และวิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน วิธี Greatest Number of Successors

จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) และเวลาที่ใช้ในการคำนวณ จะมีพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ดังตารางที่

ตารางที่ 8.7 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดขนาดปัญหา 36 ขั้นงาน ในอัลกอริทึม COIN

ปัจจัย	พารามิเตอร์ที่เหมาะสม
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	วิธี Greatest Number of Successors
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	0.1

8.3.1.3. ปัญหา 61 ขั้นงาน

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบ โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

Analysis of Variance for Convergence, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Prob Select String	2	0.09120	0.09120	0.04560	2.32	0.141
Heuristic	3	0.00935	0.00935	0.00312	0.16	0.922
Prob Select String*Heuristic	6	0.18113	0.18113	0.03019	1.53	0.249
Error	12	0.23623	0.23623	0.01969		
Total	23	0.51798				

S = 0.140306 R-Sq = 54.39% R-Sq(adj) = 12.58%

รูปที่ 8.14 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 61 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.14 พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบทั้งสองปัจจัยในปัญหา 61 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ

เนื่องจากปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางและวิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จึงทำการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set)

Analysis of Variance for Spread, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Prob Select String	2	0.05933	0.05933	0.02966	2.35	0.137
Heuristic	3	0.01912	0.01912	0.00637	0.51	0.686
Prob Select String*Heuristic	6	0.10074	0.10074	0.01679	1.33	0.316
Error	12	0.15119	0.15119	0.01260		
Total	23	0.33038				

S = 0.112247 R-Sq = 54.24% R-Sq(adj) = 12.29%

รูปที่ 8.15 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 61 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.15 พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบทั้งสองปัจจัยในปัญหา 61 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ

เนื่องจากปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางและวิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จึงทำการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution)

Analysis of Variance for Ratio, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Prob Select String	2	0.02083	0.02083	0.01042	0.17	0.848
Heuristic	3	0.08333	0.08333	0.02778	0.44	0.726
Prob Select String*Heuristic	6	0.47917	0.47917	0.07986	1.28	0.337
Error	12	0.75000	0.75000	0.06250		
Total	23	1.33333				

S = 0.25 R-Sq = 43.75% R-Sq(adj) = 0.00%

รูปที่ 8.16 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 61 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution

จากรูปที่ 8.16 พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบทั้งสองปัจจัยในปัญหา 61 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ

ทำการวิเคราะห์ด้านเวลาในการคำนวณเนื่องจากไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะได้จากตัวแปรตอบสนองทั้ง 3 ตัว ซึ่งจะพิจารณาจากคำตอบที่มีอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง และใช้เวลาน้อย

ที่สุด พบว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยสุดคือ 0.15 และวิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน วิธี Longest Processing Time

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) และเวลาที่ใช้ในการคำนวณ จะมีพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ดังตารางที่ 8.8

ตารางที่ 8.8 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดขนาดปัญหา 61 ขั้นงาน ในอัลกอริทึม COIN

ปัจจัย	พารามิเตอร์ที่เหมาะสม
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	วิธี Longest Processing Time
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	ดังนั้นจึงสุ่มเลือกใช้ 0.15

8.3.1.4. ปัญหา 111 ขั้นงาน

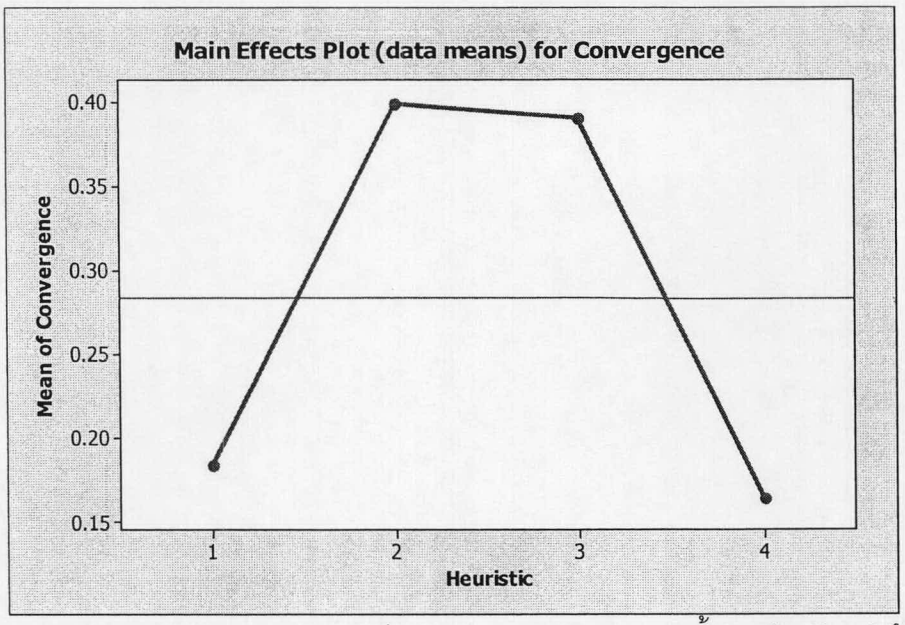
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบ โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

```
Analysis of Variance for Convergence, using Adjusted SS for Tests

Source                        DF     Seq SS     Adj SS     Adj MS       F      P
Prob Select String             2   0.002870   0.002870   0.001435    2.30  0.143
Heuristic                      3   0.293898   0.293898   0.097966  156.89  0.000
Prob Select String*Heuristic   6   0.003905   0.003905   0.000651    1.04  0.446
Error                         12   0.007493   0.007493   0.000624
Total                         23   0.308166

S = 0.0249885   R-Sq = 97.57%   R-Sq(adj) = 95.34%
```

รูปที่ 8.17 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.18 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยวิธีฮิวริสติกขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.17-8.18 พบว่าวิธีฮิวริกติกมีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบ ปัญหา 19 ขั้นงาน เป็นปัจจัยเดียวที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ และพิจารณาจากกราฟที่ เมื่อมีการเปลี่ยนวิธีฮิวริสติก จะทำให้ค่าตอบสนองตัวชี้วัดสมรรถนะ การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) ที่ได้มีค่าเปลี่ยนแปลงแสดงว่าวิธีฮิวริสติกเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าตัวแปรตอบสนอง

ปัจจัยวิธีฮิวริกติกมีหลายระดับจึงทำการวิเคราะห์คู่อันดับด้วยโปรแกรม MINITAB 14 จะได้ผลการวิเคราะห์ระดับของปัจจัยวิธีฮิวริกติกที่มีความแตกต่างกัน ดังรูปที่ 8.19

One-way ANOVA: Value versus Factor

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0.293898	0.097966	137.32	0.000
Error	20	0.014268	0.000713		
Total	23	0.308166			

S = 0.02671 R-Sq = 95.37% R-Sq(adj) = 94.68%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	6	0.18402	0.01974	(--*--)
2	6	0.39899	0.01957	(--*--)
3	6	0.39028	0.04342	(--*--)
4	6	0.16371	0.01399	(-*--)

0.160 0.240 0.320 0.400

Pooled StDev = 0.02671

รูปที่ 8.19 ผลการวิเคราะห์คู่ลำดับของระดับปัจจัยวิธีฮิวริสติกของขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.19 พบว่าปัจจัยวิธีฮิวริสติก Longest Processing Time และ Greatest Number of Successors ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

- วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน จะได้ว่าวิธี Longest Processing Time และ Greatest Number of Successors ไม่มีความแตกต่างกัน
- ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางยังไม่สามารถระบุได้

เนื่องจากปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ และระดับในปัจจัยวิธีฮิวริกติกมีหลายระดับ จึงทำการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) เมื่อกำหนดให้พารามิเตอร์วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน คือวิธี Greatest Number of Successors

Analysis of Variance for Spread, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Prob Select String	2	0.015007	0.015007	0.007504	1.07	0.373
Heuristic	3	0.032113	0.032113	0.010704	1.53	0.258
Prob Select String*Heuristic	6	0.050474	0.050474	0.008412	1.20	0.369
Error	12	0.084063	0.084063	0.007005		
Total	23	0.181657				

รูปที่ 8.20 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

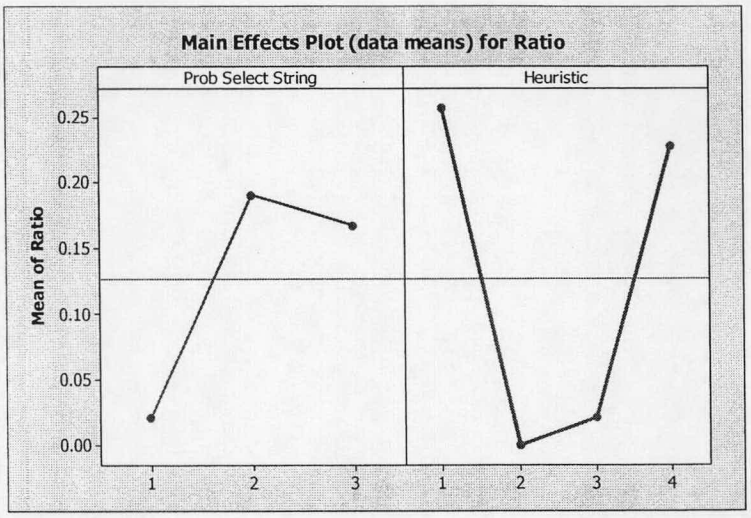
จากรูปที่ 8.20 พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบทั้งสองปัจจัยในปัญหา 111 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ

เนื่องจากปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางและวิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จึงทำการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution)

Analysis of Variance for Ratio, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Prob Select String	2	0.13564	0.13564	0.06782	5.35	0.022
Heuristic	3	0.32613	0.32613	0.10871	8.58	0.003
Prob Select String*Heuristic	6	0.22269	0.22269	0.03711	2.93	0.054
Error	12	0.15209	0.15209	0.01267		
Total	23	0.83654				

รูปที่ 8.21 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution



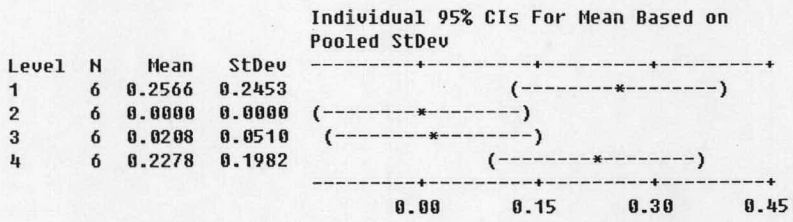
รูปที่ 8.22 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยวิธีฮิวริสติกและความน่าจะเป็นในการคัดเลือกสตริงขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution

จากรูปที่ 8.22 พบว่าวิธีฮิวริกติกมีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบ ปัญหา 111 ขั้นงาน เปทั้งสองปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ และพิจารณาจากกราฟที่ เมื่อมีการเปลี่ยนวิธีฮิวริสติกและความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง จะทำให้ค่าตอบสนองตัวชี้วัดสมรรถนะ อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ที่ได้มีค่าเปลี่ยนแปลงแสดงว่าวิธีฮิวริสติกเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าตัวแปรตอบสนอง

One-way ANOVA: Ratio_Prob_Select versus Factor

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0.3261	0.1087	4.26	0.018
Error	20	0.5104	0.0255		
Total	23	0.8365			

S = 0.1598 R-Sq = 38.98% R-Sq(adj) = 29.83%



รูปที่ 8.23 ผลการวิเคราะห์คู่ลำดับของระดับปัจจัยวิธีฮิวริสติกของขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution

จากรูปพบว่าปัจจัยวิธีฮิวริสติก มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง(Ratio of Non-Dominated Solution) โดยทุกวิธีไม่มีความแตกต่างกัน

วิเคราะห์ปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง จากตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ดังรูป

One-way ANOVA: Ratio_Prob_Select versus Factor

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	0.1356	0.0678	2.03	0.156
Error	21	0.7009	0.0334		
Total	23	0.8365			

รูปที่ 8.24 ผลการวิเคราะห์คู่ลำดับของระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบ ของขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution

จากรูปที่ 8.24 พบว่าปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) อย่างมีนัยสำคัญ

แต่เนื่องจากการพิจารณาจากรูปผลกระทบแต่ละปัจจัยพบว่า วิธีฮิวริกติกและความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ที่มีผลทำให้ตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง(Ratio of Non-

Dominated Solution) มีค่าที่เหมาะสมที่สุด (เข้าใกล้ 1) คือ วิธี Longest Processing Time และ 0.125 ตามลำดับ

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) จะมีพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ดังตารางที่ 8.9

ตารางที่ 8.9 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดขนาดปัญหา 111 ขั้นงาน ในอัลกอริทึม COIN

ปัจจัย	พารามิเตอร์ที่เหมาะสม
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	วิธี Longest Processing Time
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	0.125

8.3.2. อัลกอริทึมเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II (M-NSGA-II)

8.3.2.1. ปัญหา 19 ขั้นงาน

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบ โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

Analysis of Variance for Convergence, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Before Intital	3	0.032932	0.032932	0.010977	1.76	0.196
After Mutation	3	0.041791	0.041791	0.013930	2.23	0.124
Before Intital*After Mutation	9	0.073917	0.073917	0.008213	1.31	0.303
Error	16	0.099978	0.099978	0.006249		
Total	31	0.248618				

รูปที่ 8.25 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

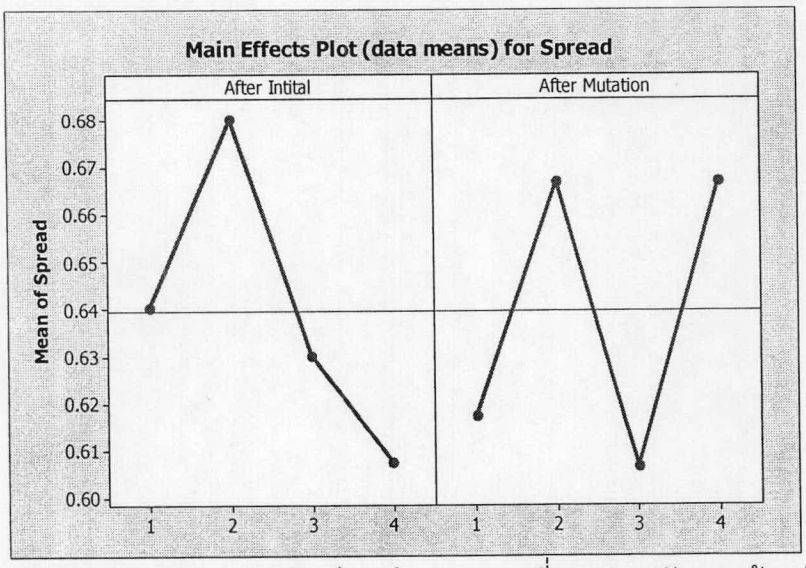
จากรูปที่ 8.25 พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่ออัลกอริทึม M-NSGA-II ทั้งสองปัจจัยในปัญหา 19 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ

เนื่องจากปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากรและวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จึงทำการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set)

Analysis of Variance for Spread, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
After Intital	3	0.022078	0.022078	0.007359	3.86	0.030
After Mutation	3	0.024588	0.024588	0.008196	4.29	0.021
After Intital*After Mutation	9	0.034454	0.034454	0.003828	2.01	0.108
Error	16	0.030544	0.030544	0.001909		
Total	31	0.111664				

รูปที่ 8.26 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.27 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ระหว่างหลังการสร้างประชากรและหลังมิวเตชั่นขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.26 พบว่าวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากรและวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่นมีผลต่ออัลกอริทึม M-NSGA-II ปัญหา 19 ขั้นงาน ทั้งสองปัจจัยมีผลอย่างมีนัยสำคัญ และพิจารณาจากกราฟที่ เมื่อมีการเปลี่ยนวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้าง

ประชากรและวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น จะทำให้ค่าตอบสนองตัวชี้วัดสมรรถนะ การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ที่ได้มีค่าเปลี่ยนแปลงแสดงว่าวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากรและวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่นเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์คู่ลำดับด้วยโปรแกรม MINITAB 14 จะได้ผลการวิเคราะห์ระดับของปัจจัยทั้งสองปัจจัยดังนี้

- ทดสอบหาระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร มีความแตกต่างกันหรือไม่ ดังรูป

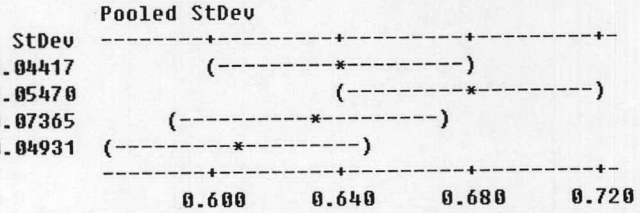
One-way ANOVA: Value versus Factor

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0.02208	0.00736	2.30	0.099
Error	28	0.08959	0.00320		
Total	31	0.11166			

S = 0.05656 R-Sq = 19.77% R-Sq(adj) = 11.18%

Level	N	Mean	StDev
1	8	0.64034	0.04417
2	8	0.68016	0.05470
3	8	0.63029	0.07365
4	8	0.60755	0.04931

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



รูปที่ 8.28 ผลการวิเคราะห์คู่ลำดับของระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากรของขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.28 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากรทั้ง 4 ระดับ ไม่แตกต่างกัน

- ทดสอบหาระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น มีความแตกต่างกันหรือไม่ ดังรูป

One-way ANOVA: Value versus Factor

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0.02459	0.00820	2.64	0.069
Error	28	0.08708	0.00311		
Total	31	0.11166			

S = 0.05577 R-Sq = 22.02% R-Sq(adj) = 13.66%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	8	0.61763	0.06602	(---------*---------)
2	8	0.66700	0.05232	(---------*---------)
3	8	0.60665	0.05187	(---------*---------)
4	8	0.66706	0.05152	(---------*---------)

0.600 0.640 0.680 0.720

รูปที่ 8.29 ผลการวิเคราะห์คู่ลำดับของระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่นของขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.29 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่นทั้ง 4 ระดับ ไม่แตกต่างกัน ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) จะมีพารามิเตอร์ดังนี้

- วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร ทั้ง 4 วิธีไม่แตกต่างกัน
- วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น ทั้ง 4 วิธีไม่แตกต่างกัน

เนื่องจากปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากรและวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จึงทำการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution)

Analysis of Variance for Ratio, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
After Intital	3	0.0746	0.0746	0.0249	0.18	0.911
After Mutation	3	0.4236	0.4236	0.1412	1.00	0.419
After Intital*After Mutation	9	0.3123	0.3123	0.0347	0.25	0.981
Error	16	2.2619	2.2619	0.1414		
Total	31	3.0723				

รูปที่ 8.30 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution

จากรูปที่ 8.30 พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่ออัลกอริทึมการ M-NSGA-II ทั้งสองปัจจัย ในปัญหา 19 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ

แต่เนื่องจากการพิจารณาจากรูป ผลกระทบแต่ละปัจจัยทั้งสองปัจจัยพบว่าวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากรและวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น ที่มีผลทำให้ตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) มีค่าที่เหมาะสมที่สุด (เข้าใกล้ 1) คือ วิธี Insertion Procedure (IP) และ Pairwise Interchange (PI) ตามลำดับ

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) จะมีพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ดังตารางที่

ตารางที่ 8.10 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดขนาดปัญหา 19 ขั้นงาน ในอัลกอริทึม M-NSGA-II

ปัจจัย	พารามิเตอร์ที่เหมาะสม
1.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร	วิธี Insertion Procedure (IP)
2.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น	วิธี Pairwise Interchange (PI)

8.3.2.2. ปัญหา 36 ขั้นงาน

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบ โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

Analysis of Variance for Convergence, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
After Intitial	3	0.014269	0.014269	0.004756	0.63	0.608
After Mutation	3	0.016594	0.016594	0.005531	0.73	0.550
After Intitial*After Mutation	9	0.034898	0.034898	0.003878	0.51	0.846
Error	16	0.121483	0.121483	0.007593		
Total	31	0.187243				

รูปที่ 8.31 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 36 ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.31 พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่ออัลกอริทึม M-NSGA-II ทั้งสองปัจจัยในปัญหา 36 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ

เนื่องจากปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากรและวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จึงทำการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set)

Analysis of Variance for Spread, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
After Intitial	3	0.008918	0.008918	0.002973	0.41	0.747
After Mutation	3	0.006385	0.006385	0.002128	0.29	0.828
After Intitial*After Mutation	9	0.093676	0.093676	0.010408	1.44	0.250
Error	16	0.115452	0.115452	0.007216		
Total	31	0.224431				

รูปที่ 8.32 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 36 ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.32 พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่ออัลกอริทึม M-NSGA-II ทั้งสองปัจจัยในปัญหา 36 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ

เนื่องจากปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากรและวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จึงทำการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution)

Analysis of Variance for Ratio, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
After Intitial	3	0.13490	0.13490	0.04497	1.16	0.357
After Mutation	3	0.17396	0.17396	0.05799	1.49	0.254
After Intitial*After Mutation	9	0.17814	0.17814	0.01979	0.51	0.847
Error	16	0.62156	0.62156	0.03885		
Total	31	1.10857				

รูปที่ 8.33 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 36 ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution

จากรูปที่ 8.33 พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่ออัลกอริทึม M-NSGA-II ทั้งสองปัจจัยในปัญหา 36 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ

ทำการวิเคราะห์ด้านเวลาในการคำนวณเนื่องจากไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะได้จากตัวแปรตอบสนองทั้ง 2 ตัว ซึ่งจะพิจารณาจากคำตอบที่มีอัตราส่วนของจำนวนกลุ่ม

คำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง และใช้เวลาน้อยที่สุด พบว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร และวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่นที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยสุดคือ 3-Opt และ Insertion Procedure (IP)

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) และเวลาที่ใช้ในการคำนวณ จะมีพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ดังตารางที่ 8.11

ตารางที่ 8.11 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดขนาดปัญหา 36 ขั้นงาน ในอัลกอริทึม M-NSGA-II

ปัจจัย	พารามิเตอร์ที่เหมาะสม
1.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร	วิธี 3-Opt
2.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น	วิธี Insertion Procedure (IP)

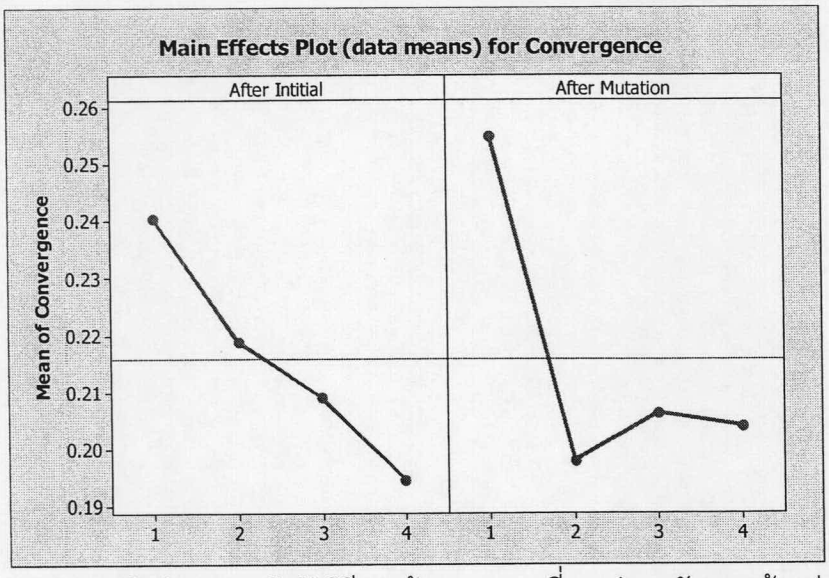
8.3.2.3. ปัญหา 61 ขั้นงาน

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบ โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

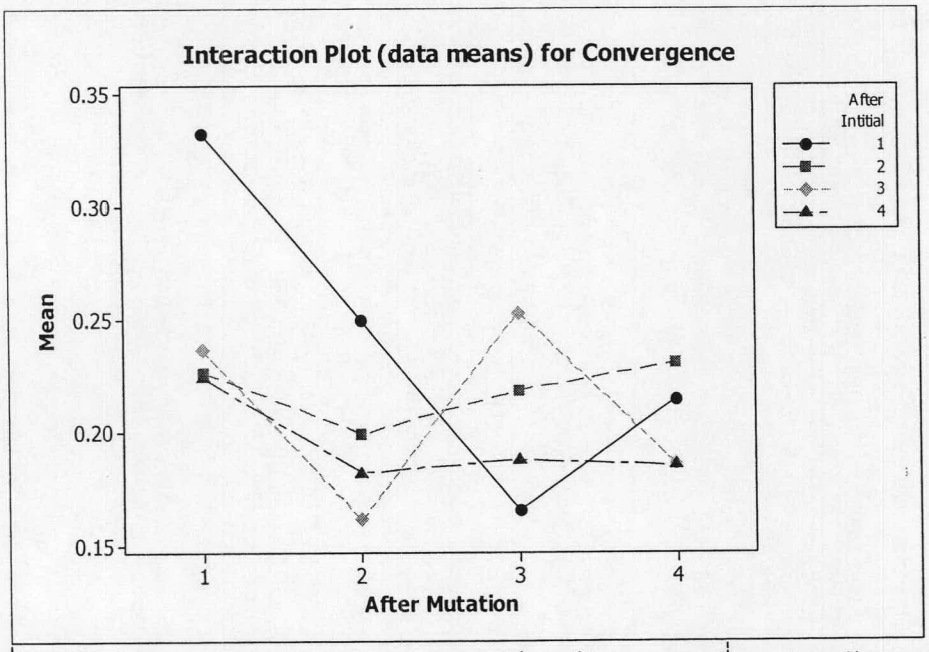
Analysis of Variance for Convergence, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
After Intitial	3	0.0089593	0.0089593	0.0029864	4.10	0.025
After Mutation	3	0.0167119	0.0167119	0.0055706	7.65	0.002
After Intitial*After Mutation	9	0.0276973	0.0276973	0.0030775	4.23	0.006
Error	16	0.0116526	0.0116526	0.0007283		
Total	31	0.0650211				

รูปที่ 8.34 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 61 ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.35 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ระหว่างหลังการสร้างประชากรและหลังมิวเตชั่นขนาดปัญหา 61ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.36 กราฟแสดงผลอิทธิพลร่วมของปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ระหว่างหลังการสร้างประชากรและหลังมิวเตชั่นขนาดปัญหา 61 ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือConvergence to the Pareto-optimal set

พบว่าวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากรและวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น และผลกระทบร่วมกันทั้งสองปัจจัย มีผลปัญหา 61ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II อย่างมีนัยสำคัญ

เนื่องจากมีผลกระทบร่วมกันของทั้งสองปัจจัยจึงทำการกำหนดให้วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น คือวิธี 3-Opt เพื่อวิเคราะห์หาระดับปัจจัยของวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่จากการวิเคราะห์คู่ลำดับด้วยโปรแกรม MINITAB 14 จะได้ผลการวิเคราะห์ระดับของปัจจัยดังนี้

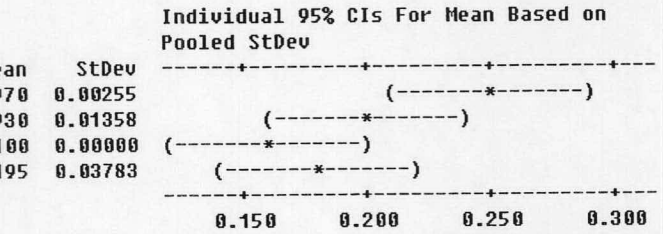
One-way ANOVA: Value versus Factor

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0.008602	0.002867	7.07	0.045
Error	4	0.001622	0.000405		
Total	7	0.010224			

S = 0.02014 R-Sq = 84.14% R-Sq(adj) = 72.24%

Level	N	Mean	StDev
1	2	0.24970	0.00255
2	2	0.19930	0.01358
3	2	0.16100	0.00000
4	2	0.18195	0.03783

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



รูปที่ 8.37 ผลการวิเคราะห์คู่ลำดับของระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร เมื่อกำหนดให้วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่นวิธี 3-Opt ในอัลกอริทึม M-NSGA-II ปัญหา 61 ขั้นงานเมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.37 พบว่าปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากรที่ระดับวิธี Pairwise Interchange (PI) และ Insertion Procedure (IP) ไม่มีความแตกต่างกัน

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) จะมีพารามิเตอร์ดังนี้

- วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร วิธี Pairwise Interchange (PI) และ Insertion Procedure (IP) ไม่แตกต่างกัน
- วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่นจะใช้วิธี วิธี 3-Opt

เนื่องจากปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จึงทำการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set)

Analysis of Variance for Spread, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
After intitial	3	0.05250	0.05250	0.01750	1.22	0.334
After Mutation	3	0.00599	0.00599	0.00200	0.14	0.935
After intitial*After Mutation	9	0.11706	0.11706	0.01301	0.91	0.542
Error	16	0.22934	0.22934	0.01433		
Total	31	0.40490				

รูปที่ 8.38 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 61 ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.38 พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่ออัลกอริทึม M-NSGA-II ทั้งสองปัจจัยในปัญหา 61 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ

เนื่องจากปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จึงทำการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution)

Analysis of Variance for Ratio, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
After intitial	3	0.05447	0.05447	0.01816	1.78	0.191
After Mutation	3	0.03884	0.03884	0.01295	1.27	0.318
After intitial*After Mutation	9	0.09917	0.09917	0.01102	1.08	0.427
Error	16	0.16319	0.16319	0.01020		
Total	31	0.35567				

รูปที่ 8.39 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 61 ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution

จากรูปที่ 8.39 พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่ออัลกอริทึม M-NSGA-II ทั้งสองปัจจัยในปัญหา 61 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาจากรูปผลกระทบร่วมกันของ 2 ปัจจัย รูปที่ จะพบว่าเมื่อกำหนดระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น วิธี 3-Opt อีกปัจจัยของวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากรจะเลือกใช้วิธี Pairwise Interchange (PI) ทำให้ตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) มีค่าเหมาะสมที่สุด (เข้าใกล้ศูนย์)

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) จะมีพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ดังตารางที่ 8.12

ตารางที่ 8.12 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดขนาดปัญหา 61 ขั้นงาน ในอัลกอริทึม M-NSGA-II

ปัจจัย	พารามิเตอร์ที่เหมาะสม
1.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร	วิธี Pairwise Interchange (PI)
2.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น	วิธี 3-Opt

8.3.2.4. ปัญหา 111 ขั้นงาน

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัลกอริทึมการบรรจบ โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

Analysis of Variance for Convergence, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Before Mating Pool	3	0.03407	0.03407	0.01136	1.01	0.416
After Mutation	3	0.08733	0.08733	0.02911	2.58	0.090
Before Mating Pool*After Mutation	9	0.10224	0.10224	0.01136	1.01	0.474
Error	16	0.18075	0.18075	0.01130		
Total	31	0.40439				

รูปที่ 8.40 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.40 พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่ออัลกอริทึม M-NSGA-II ทั้งสองปัจจัยในปัญหา 111 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ

เนื่องจากปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากรและวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จึงทำการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set)

Analysis of Variance for Spread, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Before Mating Pool	3	0.13377	0.13377	0.04459	1.93	0.166
After Mutation	3	0.03120	0.03120	0.01040	0.45	0.721
Before Mating Pool*After Mutation	9	0.13808	0.13808	0.01534	0.66	0.730
Error	16	0.37037	0.37037	0.02315		
Total	31	0.67342				

รูปที่ 8.41 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.41 พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่ออัลกอริทึม M-NSGA-II ทั้งสองปัจจัยในปัญหา 111 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ

เนื่องจากปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากรและวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จึงทำการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution)

Analysis of Variance for Ratio, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Before Mating Pool	3	0.06903	0.06903	0.02301	1.18	0.350
After Mutation	3	0.04020	0.04020	0.01340	0.68	0.574
Before Mating Pool*After Mutation	9	0.16578	0.16578	0.01842	0.94	0.518
Error	16	0.31308	0.31308	0.01957		
Total	31	0.58808				

รูปที่ 8.42 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution

จากรูปที่ 8.42 พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่ออัลกอริทึม M-NSGA-II ทั้งสองปัจจัยในปัญหา 111 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญจึงทำการวิเคราะห์ด้านเวลาในการคำนวณเนื่องจากไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะได้จากตัวแปรตอบสนองทั้ง 2 ตัว ซึ่งจะพิจารณาจากคำตอบที่มีอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง และใช้เวลาน้อยที่สุด พบว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากรและวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่นที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยสุด คือ วิธี Insertion Procedure (IP) และ Pairwise Interchange (PI)

ตารางที่ 8.13 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดขนาดปัญหา 111 ขั้นงาน ในอัลกอริทึม M-NSGA-II

ปัจจัย	พารามิเตอร์ที่เหมาะสม
1.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร	วิธี Insertion Procedure (IP)
2.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น	วิธี Pairwise Interchange (PI)

8.3.3 อัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II (COIN plus NSGA-II)

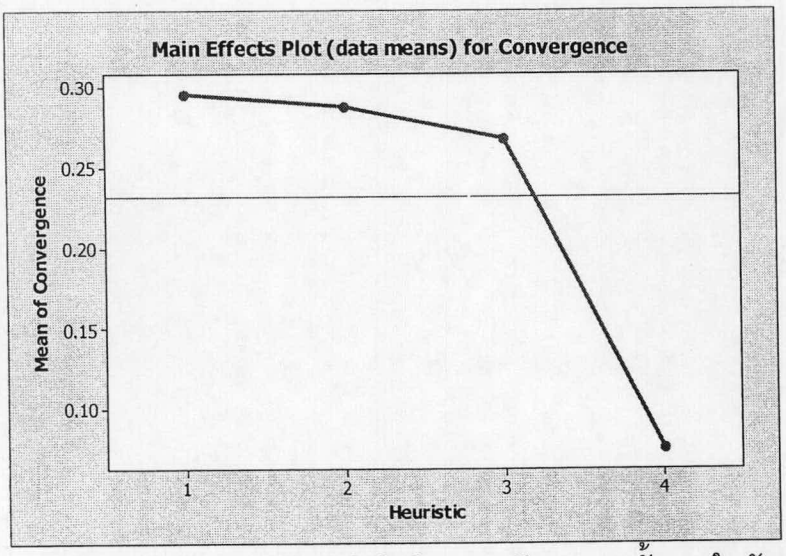
8.3.3.1. ปัญหา 19 ขั้นงาน

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบ โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

Analysis of Variance for Convergence, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
% Gen NSGA-II	3	0.007669	0.007669	0.002556	0.79	0.508
% Select String	2	0.006945	0.006945	0.003473	1.07	0.352
Heuristic	3	0.789495	0.789495	0.263165	80.85	0.000
% Gen NSGA-II*% Select String	6	0.011695	0.011695	0.001949	0.60	0.730
% Gen NSGA-II*Heuristic	9	0.040543	0.040543	0.004505	1.38	0.222
% Select String*Heuristic	6	0.011796	0.011796	0.001966	0.60	0.726
% Gen NSGA-II*% Select String* Heuristic	18	0.047188	0.047188	0.002622	0.81	0.685
Error	48	0.156247	0.156247	0.003255		
Total	95	1.071577				

รูปที่ 8.43 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.44 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยฮิวริสติกขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.43 พบว่าวิธีฮิวริกติกมีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II ปัญหา 19 ขั้นงาน เป็นปัจจัยเดียวที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ และพิจารณาจากกราฟที่ เมื่อมีการเปลี่ยนวิธีฮิวริสติก จะทำให้ค่าตอบสนองตัวชี้วัดสมรรถนะ การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง

(Convergence to the Pareto-optimal set) ที่ได้มีค่าเปลี่ยนแปลงแสดงว่าวิธีฮิวริสติกเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์คู่ลำดับด้วยโปรแกรม MINITAB 14 จะได้ผลการวิเคราะห์ระดับของปัจจัยวิธีฮิวริกติก เพื่อทดสอบว่าแต่ละระดับมีความแตกต่างกันหรือไม่ ดังรูป

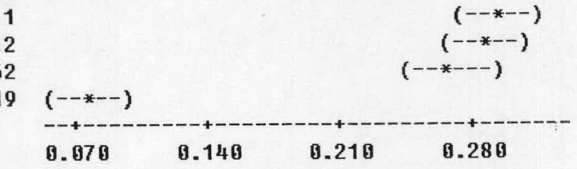
One-way ANOVA: Value versus Factor

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0.78949	0.26316	85.83	0.000
Error	92	0.28208	0.00307		
Total	95	1.07158			

S = 0.05537 R-Sq = 73.68% R-Sq(adj) = 72.82%

Level	N	Mean	StDev
1	24	0.29559	0.04911
2	24	0.28770	0.07612
3	24	0.26835	0.06162
4	24	0.07570	0.01619

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



รูปที่ 8.45 ผลการวิเคราะห์คู่ลำดับของระดับปัจจัยวิธีฮิวริสติก ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II ในปัญหา 19 ขั้นงานเมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.45 พบว่าระดับปัจจัยของวิธีฮิวริสติกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่วิธีฮิวริกติกแบบ Greatest Number of Successors แตกต่างจากทั้งหมด และยังจะทำให้ค่าตอบสนองตัวชี้วัดสมรรถนะ การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) ดีที่สุด

ดังนั้นจากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) จะมีพารามิเตอร์ดังตารางที่

- วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors
- ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางยังไม่สามารถระบุได้
- จำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II ยังไม่สามารถระบุได้

เนื่องจากปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางและจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II ยังไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จึงทำการหา

พารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set)

Analysis of Variance for Spread, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
% Gen NSGA-II	3	0.026872	0.026872	0.008957	1.63	0.196
% Select String	2	0.005996	0.005996	0.002998	0.54	0.584
Heuristic	3	0.058165	0.058165	0.019388	3.52	0.022
% Gen NSGA-II*% Select String	6	0.025276	0.025276	0.004213	0.76	0.601
% Gen NSGA-II*Heuristic	9	0.066561	0.066561	0.007396	1.34	0.241
% Select String*Heuristic	6	0.017058	0.017058	0.002843	0.52	0.793
% Gen NSGA-II*% Select String* Heuristic	18	0.098789	0.098789	0.005488	1.00	0.480
Error	48	0.264516	0.264516	0.005511		
Total	95	0.563233				

รูปที่ 8.46 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูป 8.46 พบว่าวิธีฮิวริกติกมีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II ปัญหา 19 ขั้นงาน เป็นปัจจัยเดียวที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) ดังนั้นจึงทำการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution)

Analysis of Variance for Ratio, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
% Gen NSGA-II	3	0.05924	0.05924	0.01975	0.70	0.556
% Select String	2	0.02618	0.02618	0.01309	0.47	0.631
Heuristic	3	1.32633	1.32633	0.44211	15.71	0.000
% Gen NSGA-II*% Select String	6	0.10286	0.10286	0.01714	0.61	0.722
% Gen NSGA-II*Heuristic	9	0.12911	0.12911	0.01435	0.51	0.860
% Select String*Heuristic	6	0.25562	0.25562	0.04260	1.51	0.194
% Gen NSGA-II*% Select String* Heuristic	18	0.24262	0.24262	0.01348	0.48	0.955
Error	48	1.35061	1.35061	0.02814		
Total	95	3.49257				

รูปที่ 8.47 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution

จากรูป 8.47 พบว่าวิธีฮิวริกติกมีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II ปัญหา 19 ขั้นงาน เป็นปัจจัยเดียวที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) เช่นเดียวกัน

ทำการวิเคราะห์ด้านเวลาในการคำนวณเนื่องจากไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะได้จากตัวแปรตอบสนองทั้ง 3 ตัว ซึ่งจะพิจารณาจากคำตอบที่มีอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงที่ดีที่สุด และใช้เวลาน้อยที่สุด พบว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากรและวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่นที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยสุดคือ 3-Opt และ Insertion Procedure (IP)

ตารางที่ 8.14 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดขนาดปัญหา 19 ขั้นงาน ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II

ปัจจัย	ระดับปัจจัย
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	Greatest Number of Successors
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	0.1
3.จำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II	ร้อยละ 20 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง

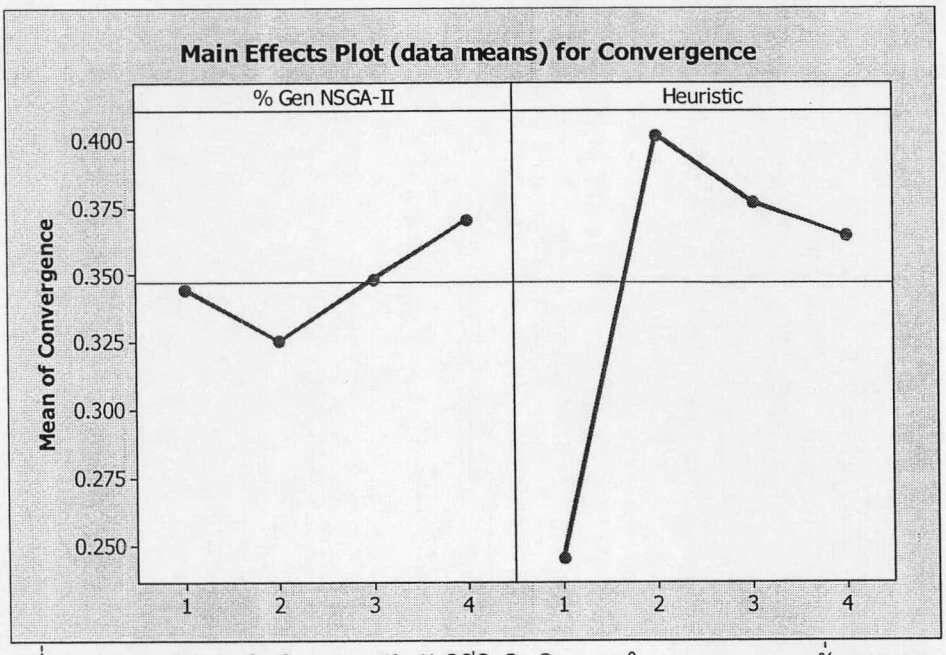
8.3.3.2. ปัญหา 36 ขั้นงาน

วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจบรวมกับ NSGA-II โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

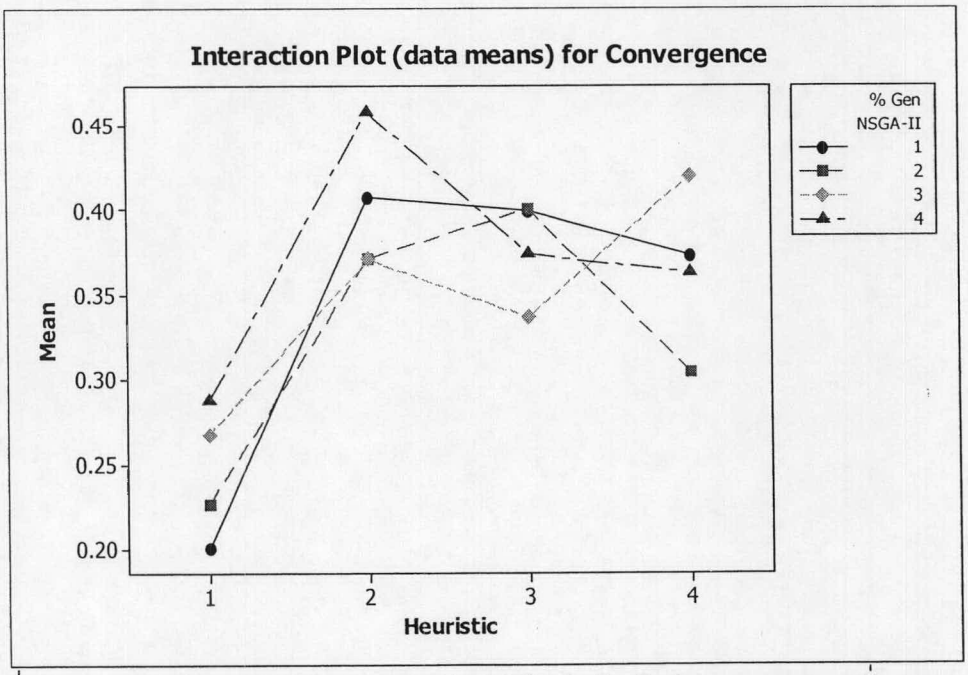
Analysis of Variance for Convergence, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
% Gen NSGA-II	3	0.024270	0.024270	0.008090	3.05	0.037
% Select String	2	0.012913	0.012913	0.006456	2.43	0.099
Heuristic	3	0.347594	0.347594	0.115865	43.65	0.000
% Gen NSGA-II*% Select String	6	0.022019	0.022019	0.003670	1.38	0.241
% Gen NSGA-II*Heuristic	9	0.090642	0.090642	0.010071	3.79	0.001
% Select String*Heuristic	6	0.091549	0.091549	0.015258	5.75	0.000
% Gen NSGA-II*% Select String* Heuristic	18	0.141257	0.141257	0.007848	2.96	0.001
Error	48	0.127400	0.127400	0.002654		
Total	95	0.857643				

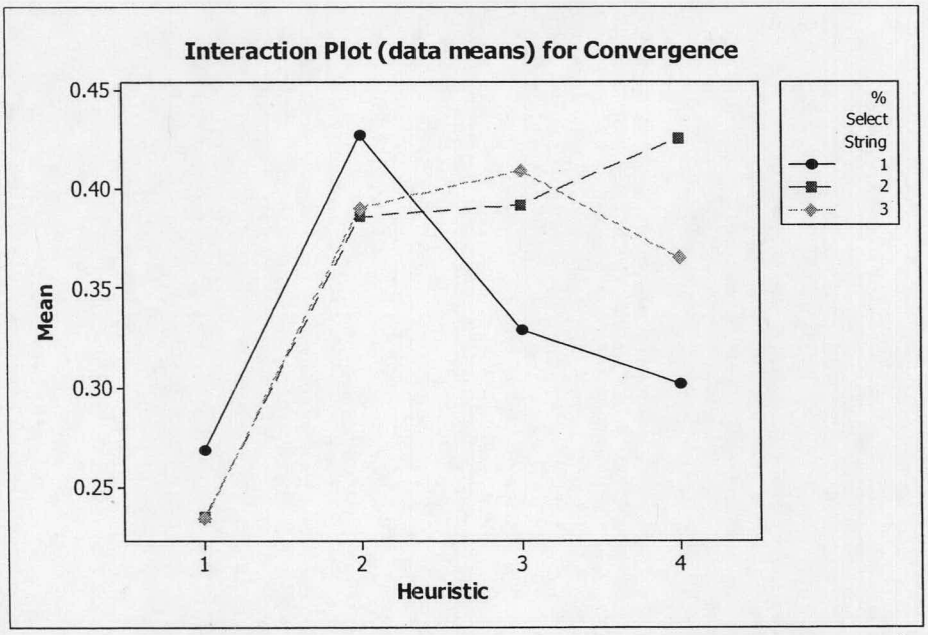
รูปที่ 8.49 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 36 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.50 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยวิธีฮิวริสติกและจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II ขนาดปัญหา 36ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.51 กราฟแสดงผลอิทธิพลร่วมของปัจจัยวิธีฮิวริสติกกับจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II ขนาดปัญหา 36ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.52 กราฟแสดงผลอิทธิพลร่วมของปัจจัยวิธีฮิวริสติกกับความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงขนาดปัญหา 36ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูป 8.49-8.52 พบว่าวิธีฮิวริกติกมีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II ปัญหา 36 ขั้นงาน ยังมีผลกระทบร่วมระหว่างวิธีฮิวริกติกกับจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีฮิวริกติกกับความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางและผลกระทบร่วมทั้งสามปัจจัย

จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม MINITAB 14 จะได้ผลการวิเคราะห์หาปัจจัยของจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II และความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง กรณีกำหนดให้ฮิวริกติกคือวิธี Longest Processing Time

Two-way ANOVA: Value versus %Gen, %Selection

Source	DF	SS	MS	F	P
%Gen	3	0.0276521	0.0092174	5.60	0.012
%Selection	2	0.0061584	0.0030792	1.87	0.196
Interaction	6	0.0154389	0.0025732	1.56	0.240
Error	12	0.0197386	0.0016449		
Total	23	0.0689880			

S = 0.04056 R-Sq = 71.39% R-Sq(adj) = 45.16%

รูปที่ 8.53 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II และความน่าจะเป็นในการเลือกสตริง ปัญหา 36 ขั้นงานกรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริกติก ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

เมื่อกำหนดให้ฮิวริกติกคือวิธี Longest Processing Time ปัจจัยที่ผลต่อตัวแปรตอบสนองคือจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II จึงนำมาทำการทดสอบหาความแตกต่างของระดับปัจจัย โดยวิธีการวิเคราะห์คู่ลำดับ

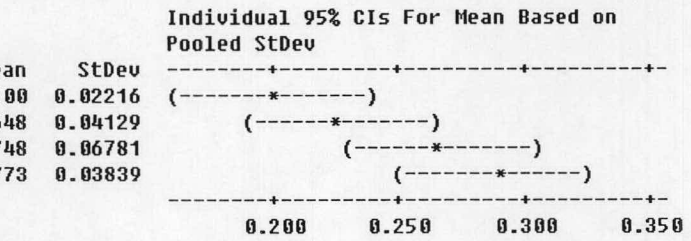
One-way ANOVA: Value versus %Gen

Source	DF	SS	MS	F	P
%Gen	3	0.02765	0.00922	4.46	0.015
Error	20	0.04134	0.00207		
Total	23	0.06899			

S = 0.04546 R-Sq = 40.08% R-Sq(adj) = 31.09%

Level	N	Mean	StDev
1	6	0.20100	0.02216
2	6	0.22648	0.04129
3	6	0.26748	0.06781
4	6	0.28773	0.03839

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



รูปที่ 8.54 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริกติก ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II ในปัญหา 36 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูป 8.54 ผลวิเคราะห์พบว่าจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II ที่ระดับร้อยละ 20 กับ 80 รอบ มีความแตกต่างกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากอิทธิพลร่วมที่ใช้วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน คือ วิธี Longest Processing Timeพบว่าที่ระดับปัจจัยร้อยละ 20 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลองจะทำให้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) มีค่าน้อยที่สุด (เข้าใกล้ค่าศูนย์)

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

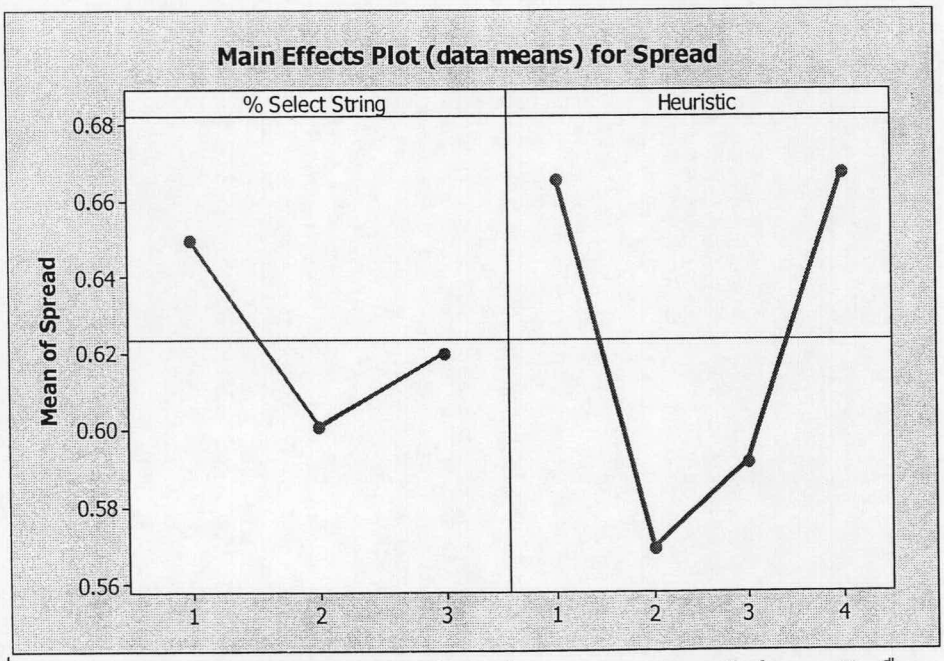
- วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน คือ วิธี Longest Processing Time
- ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางยังไม่สามารถระบุได้
- จำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II คิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง

เนื่องจากยังไม่สามารถระบุหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง จากตัวแปรตอบสนอง การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) ดังนั้นจึงทำการหาระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ในตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ได้ดังรูป

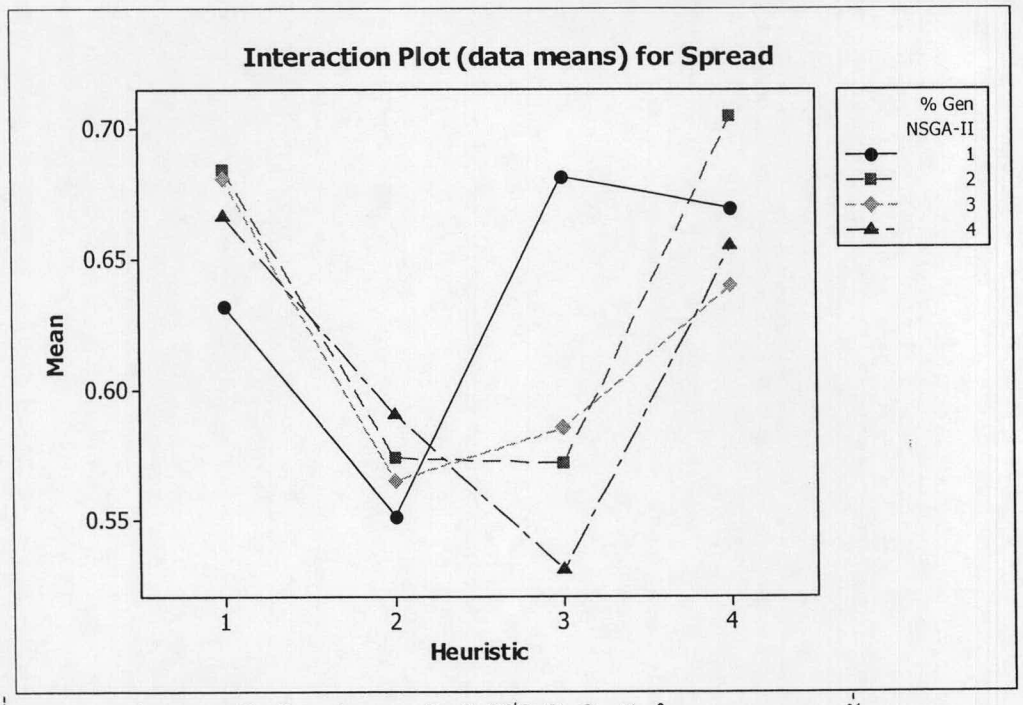
Analysis of Variance for Spread, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
% Gen NSGA-II	3	0.009670	0.009670	0.003223	0.81	0.492
% Select String	2	0.038493	0.038493	0.019247	4.87	0.012
Heuristic	3	0.183210	0.183210	0.061070	15.44	0.000
% Gen NSGA-II*% Select String	6	0.036391	0.036391	0.006065	1.53	0.188
% Gen NSGA-II*Heuristic	9	0.092799	0.092799	0.010311	2.61	0.015
% Select String*Heuristic	6	0.023538	0.023538	0.003923	0.99	0.442
% Gen NSGA-II*% Select String* Heuristic	18	0.257518	0.257518	0.014307	3.62	0.000
Error	48	0.189875	0.189875	0.003956		
Total	95	0.831495				

รูปที่ 8.55 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 36 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.56 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยวิธีฮิวริสติกและความน่าจะเป็นในการคัดเลือกสตริง ขนาดปัญหา 36 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.57 กราฟแสดงผลอิทธิพลร่วมของปัจจัยวิธีฮิวริสติกกับจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II ขนาดปัญหา 36 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากการวิเคราะห์ผลปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) คือ ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน ผลกระทบร่วม 2 ปัจจัยระหว่างจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II กับ วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน และผลกระทบร่วมทั้ง 3 ปัจจัย

แต่เนื่องจากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) ได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน วิธี Longest Processing Time และจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II เป็นร้อยละ 20 รอบของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ซึ่งจะได้ผลดังรูป

One-way ANOVA: Value versus Factor

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	0.022719	0.011359	14.40	0.029
Error	3	0.002367	0.000789		
Total	5	0.025085			

S = 0.02809 R-Sq = 90.57% R-Sq(adj) = 84.28%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	2	0.69740	0.04865	(--------*--------)
2	2	0.64910	0.00000	(--------*--------)
3	2	0.54960	0.00000	(--------*--------)
				0.490 0.560 0.630 0.700

รูปที่ 8.58 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริง กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริกติกและจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II ปัญหา 36 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.58 ปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงานมีผลต่อตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) เมื่อกำหนดให้วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน วิธี Longest Processing Time และจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II เป็นร้อยละ 20 รอบของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ซึ่งระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางที่มีค่า 0.1 และ 0.15 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากกราฟผลกระทบร่วมทั้ง 3 ปัจจัย ที่ระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางที่ 0.125 จะทำให้ตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) มีค่าน้อยที่สุด

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของปัญหา 36 ขั้นงาน ของอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II คือ

ตารางที่ 8.15 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดขนาดปัญหา 36 ขั้นงาน ในอัลกอริทึมCOIN รวมกับ NSGA-II

ปัจจัย	ระดับปัจจัย
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	วิธี Longest Processing Time
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	0.125
3.จำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II	ร้อยละ 20 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง

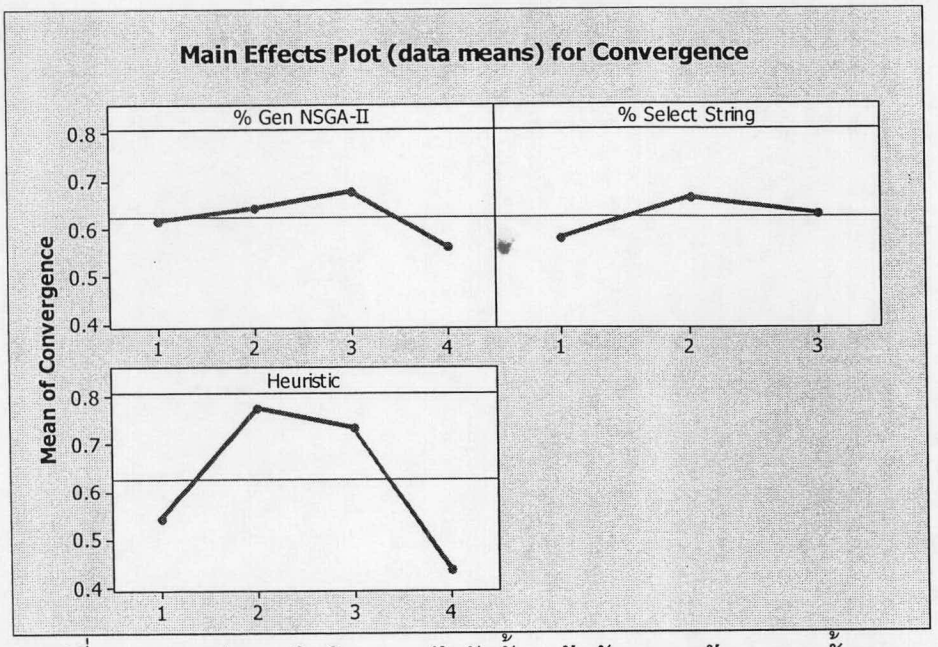
8.3.3.3. ปัญหา 61 ขั้นงาน

วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจบรวมกับ NSGA-II โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

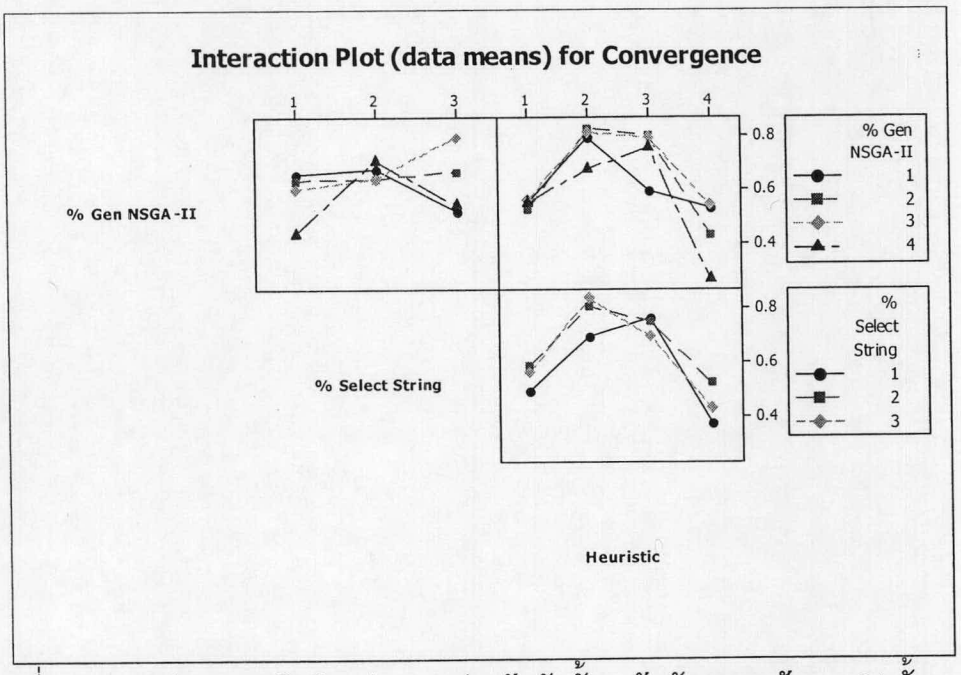
Analysis of Variance for Convergence, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
% Gen NSGA-II	3	0.177234	0.177234	0.059078	8.85	0.000
% Select String	2	0.120706	0.120706	0.060353	9.04	0.000
Heuristic	3	1.833122	1.833122	0.611041	91.55	0.000
% Gen NSGA-II*% Select String	6	0.489080	0.489080	0.081513	12.21	0.000
% Gen NSGA-II*Heuristic	9	0.379967	0.379967	0.042219	6.33	0.000
% Select String*Heuristic	6	0.132874	0.132874	0.022146	3.32	0.008
% Gen NSGA-II*% Select String* Heuristic	18	1.096707	1.096707	0.060928	9.13	0.000
Error	48	0.320354	0.320354	0.006674		
Total	95	4.550044				

รูปที่ 8.59 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 61 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.60 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย ขนาดปัญหา 61 ขั้นงาน ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.61 กราฟแสดงผลอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย ขนาดปัญหา 61 ขั้นงาน ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูป 8.59 -8.61 พบว่าวิธีฮิวริกติก ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง จำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีฮิวริกติกกับจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีฮิวริกติกกับความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางและผลกระทบร่วมทั้งสามปัจจัย มีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II ปัญหา 61 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ

เนื่องจากมีผลกระทบร่วมเกิดขึ้นทั้งสามปัจจัยดังนั้นจึงกำหนดให้วิธีฮิวริสติกคือวิธี Greatest Number of Successors เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยของจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II และความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง ได้ดังรูป

Two-way ANOVA: Value versus Factor Gen, Factor Select

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor Gen	3	0.290418	0.0968060	10.16	0.001
Factor Select	2	0.097341	0.0486704	5.11	0.025
Interaction	6	0.096999	0.0161666	1.70	0.205
Error	12	0.114285	0.0095237		
Total	23	0.599043			

รูปที่ 8.62 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II และความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงปัญหา 61 ขั้นงาน กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริกติก ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.62 เมื่อกำหนดให้ปัจจัยด้านวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน คือ วิธี Greatest Number of Successors จะทำให้ปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II และความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง จึงทำการทดสอบหาความแตกต่างในแต่ละระดับของทั้งสองปัจจัย โดยการวิเคราะห์คู่อันดับ

- ทดสอบหาความแตกต่างในแต่ละระดับของปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II เมื่อกำหนดให้วิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน คือ วิธี Greatest Number of Successors

One-way ANOVA: Value versus Factor Gen

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor Gen	3	0.2904	0.0968	6.27	0.004
Error	20	0.3086	0.0154		
Total	23	0.5990			

S = 0.1242 R-Sq = 48.48% R-Sq(adj) = 40.75%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	6	0.5268	0.0861	(------*------)
2	6	0.4244	0.1490	(------*------)
3	6	0.5394	0.1204	(------*------)
4	6	0.2646	0.1327	(------*------)

Pooled StDev: 0.30, 0.45, 0.60, 0.75

รูปที่ 8.63 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริกติก ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II ปัญหา 61 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.63 พบว่าที่จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับร้อยละ 40 และ 80 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

- ทดสอบหาความแตกต่างในแต่ละระดับของปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง เมื่อกำหนดให้วิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน คือ วิธี Greatest Number of Successors

One-way ANOVA: Value versus Factor Select

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor Select	2	0.0973	0.0487	2.04	0.155
Error	21	0.5017	0.0239		
Total	23	0.5990			

รูปที่ 8.64 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบ กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริกติก ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II ปัญหา 61 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูป 8.64 พบว่าปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน คือ วิธี Greatest Number of Successors

ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 8.61 แสดงผลอิทธิพลร่วมของทั้งสามปัจจัยพบว่าที่จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับร้อยละ 80 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลองและที่ปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางเท่ากับ 0.1 จะทำให้ตัวแปรตอบสนองด้านการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) มีค่าเหมาะสมที่สุด เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน คือ วิธี Greatest Number of Successors

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) จะมีพารามิเตอร์ดังตารางที่

ตารางที่ 8.16 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดขนาดปัญหา 61 ขั้นงาน ในอัลกอริทึมCOIN รวมกับ NSGA-II

ปัจจัย	ระดับปัจจัย
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	วิธี Greatest Number of Successors
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	0.1
3.จำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II	ร้อยละ 80 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง

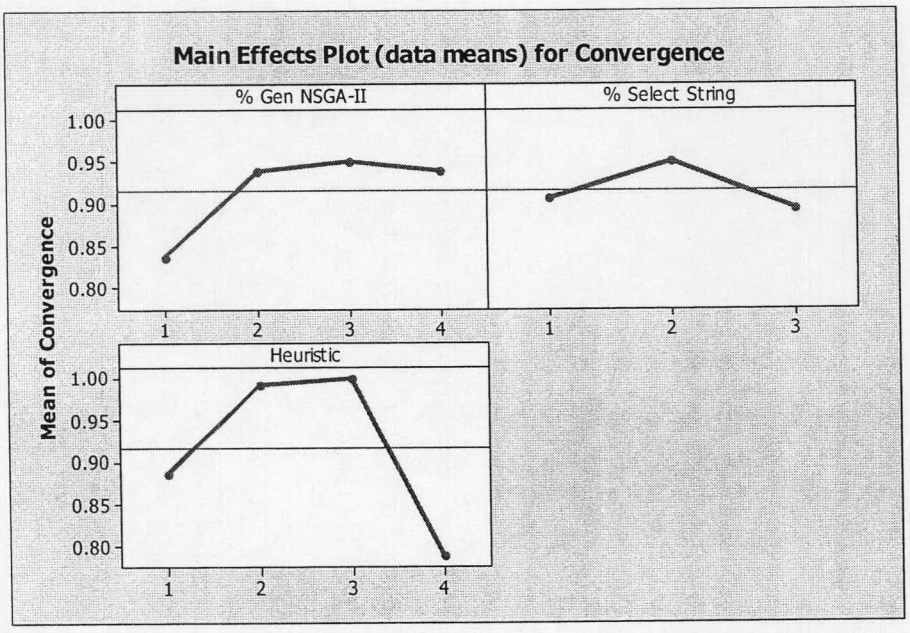
8.3.3.4. ปัญหา 111 ขั้นงาน

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบ โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

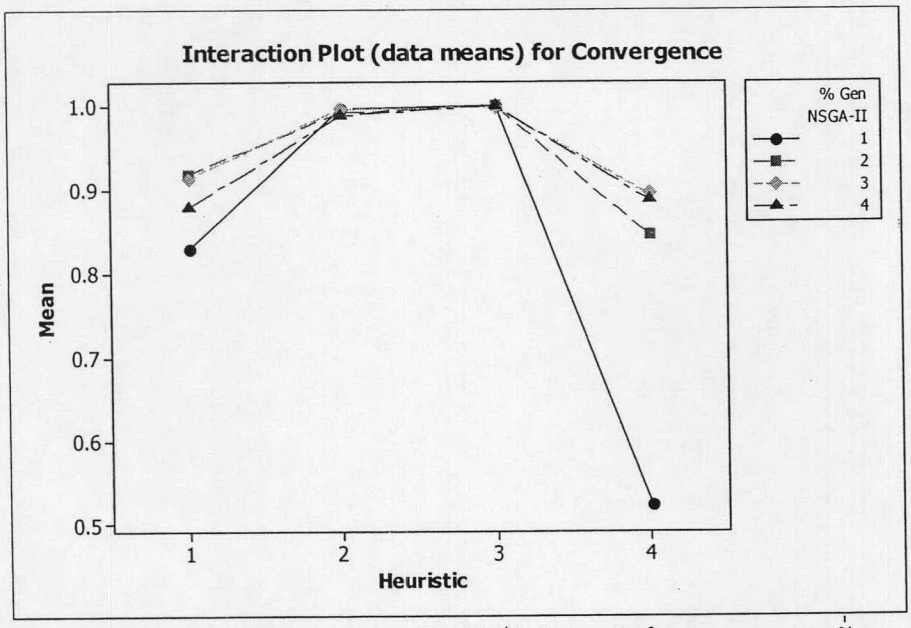
Analysis of Variance for Convergence, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
% Gen NSGA-II	3	0.204829	0.204829	0.068276	9.77	0.000
% Select String	2	0.056646	0.056646	0.028323	4.05	0.024
Heuristic	3	0.725925	0.725925	0.241975	34.61	0.000
% Gen NSGA-II*% Select String	6	0.077117	0.077117	0.012853	1.84	0.111
% Gen NSGA-II*Heuristic	9	0.398228	0.398228	0.044248	6.33	0.000
% Select String*Heuristic	6	0.147813	0.147813	0.024636	3.52	0.006
% Gen NSGA-II*% Select String* Heuristic	18	0.220442	0.220442	0.012247	1.75	0.062
Error	48	0.335553	0.335553	0.006991		
Total	95	2.166554				

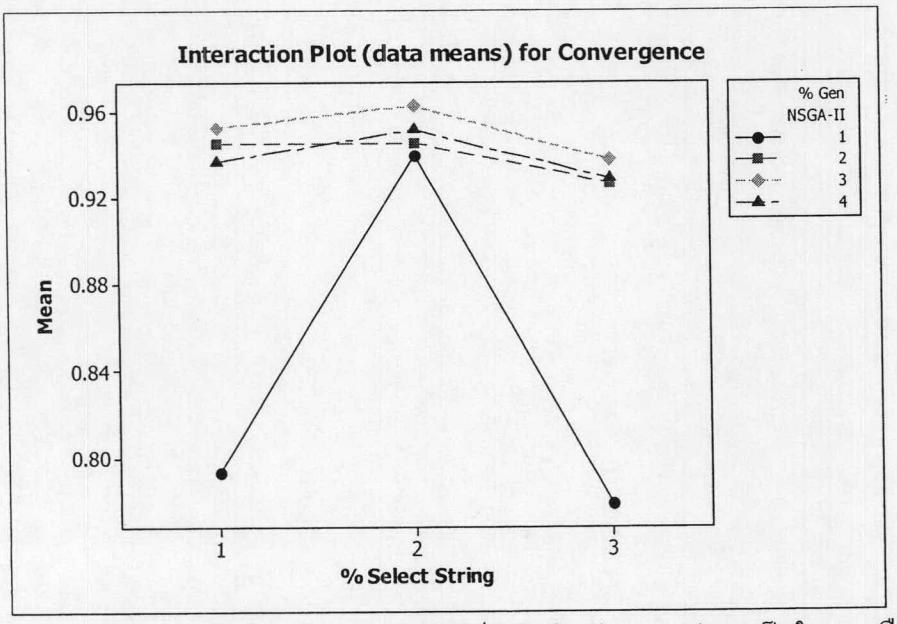
รูปที่ 8.65 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.66 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย ขนาดปัญหา 111 ขั้นงาน ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.67 กราฟแสดงผลอิทธิพลร่วมของปัจจัยวิธีฮิวริสติกกับจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II ขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.68 กราฟแสดงผลอิทธิพลร่วมของปัจจัยวิธีฮิวริสติกกับความน่าจะเป็นในการเลือกงาน ขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

ห้องสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูป 8.65-8.68 พบว่าวิธีฮิวริกติก จำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีฮิวริกติกกับจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II และผลกระทบร่วมระหว่างวิธีฮิวริกติกกับความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง มีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II ปัญหา 111 ขั้นงาน อย่างมีนัยสำคัญ

เนื่องจากมีผลกระทบร่วมเกิดขึ้น ดังนั้นจึงกำหนดให้วิธีฮิวริสติกคือวิธี Greatest Number of Successors เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยของจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II และความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง โดยการวิเคราะห์คู่อันดับ

- ทดสอบหาความแตกต่างในแต่ละระดับของปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II เมื่อกำหนดให้วิธีฮิวริสติกคือวิธี Greatest Number of Successors

One-way ANOVA: Value versus Factor Gen

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor Gen	3	0.5717	0.1906	6.10	0.004
Error	20	0.6252	0.0313		
Total	23	1.1969			

S = 0.1768 R-Sq = 47.77% R-Sq(adj) = 39.93%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	6	0.5225	0.3429	(------*-------)
2	6	0.8460	0.0541	(------*-------)
3	6	0.8951	0.0327	(-------*------)
4	6	0.8879	0.0588	(------*-------)

Pooled StDev: 0.1768

0.40 0.60 0.80 1.00

รูปที่ 8.69 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริกติก ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II ปัญหา 111 ขั้นงานเมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.69 พบว่าที่ระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II เท่ากับ ร้อยละ 20 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง มีความแตกต่างจากระดับปัจจัยอื่นทั้งหมด และเมื่อพิจารณาจากรูปแสดงผลกระทบร่วม จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าที่ระดับร้อยละ 20 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง จะส่งผลให้ตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) มีค่าที่เหมาะสมที่สุด

- ทดสอบหาความแตกต่างในแต่ละระดับของปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง เมื่อกำหนดให้วิธีฮิวริสติกคือวิธี Greatest Number of Successors

One-way ANOVA: Value versus Factor Select

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor Select	2	0.1771	0.0886	1.82	0.186
Error	21	1.0198	0.0486		
Total	23	1.1969			

รูปที่ 8.70 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบ กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริกติก ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II ปัญหา 111 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูป 8.70 พบว่าปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน คือ วิธี Greatest Number of Successors

ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปแสดงผลกระทบร่วมพบว่าที่จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับร้อยละ 20 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลองและที่ปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางเท่ากับ 0.15 จะส่งผลให้ตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) มีค่าที่เหมาะสมที่สุด อย่างเห็นได้ชัด

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) จะมีพารามิเตอร์ดังตารางที่ 8.16

ตารางที่ 8.17 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดขนาดปัญหา 111 ขั้นงาน ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ NSGA-II

ปัจจัย	ระดับปัจจัย
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	วิธี Greatest Number of Successors
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	0.15
3.จำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II	ร้อยละ 20 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง

8.3.4 อัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ M-NSGA-II (COIN plus M-NSGA-II)

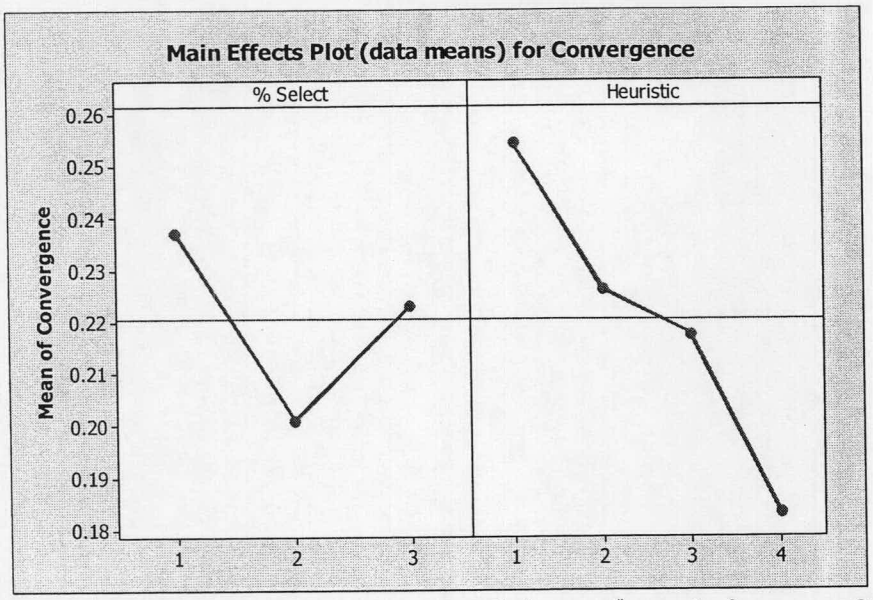
8.3.4.1. ปัญหา 19 ขั้นงาน

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบ โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

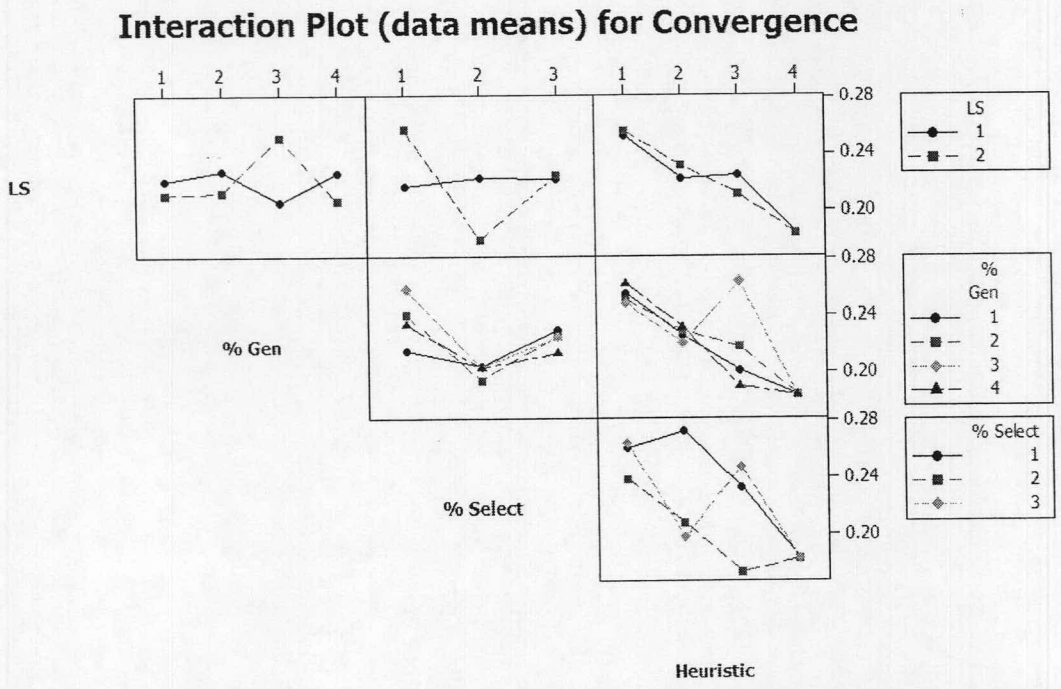
Analysis of Variance for Convergence, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
LS	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.00	0.998
% Gen	3	0.004915	0.004915	0.001638	1.15	0.335
% Select	2	0.042454	0.042454	0.021227	14.85	0.000
Heuristic	3	0.123820	0.123820	0.041273	28.88	0.000
LS*% Gen	3	0.033758	0.033758	0.011253	7.87	0.000
LS*% Select	2	0.057604	0.057604	0.028802	20.15	0.000
LS*Heuristic	3	0.003454	0.003454	0.001151	0.81	0.494
% Gen*% Select	6	0.014015	0.014015	0.002336	1.63	0.146
% Gen*Heuristic	9	0.036080	0.036080	0.004009	2.80	0.006
% Select*Heuristic	6	0.063861	0.063861	0.010643	7.45	0.000
LS*% Gen*% Select	6	0.024881	0.024881	0.004147	2.90	0.012
LS*% Gen*Heuristic	9	0.069969	0.069969	0.007774	5.44	0.000
LS*% Select*Heuristic	6	0.104617	0.104617	0.017436	12.20	0.000
% Gen*% Select*Heuristic	18	0.052613	0.052613	0.002923	2.04	0.014
LS*% Gen*% Select*Heuristic	18	0.049946	0.049946	0.002775	1.94	0.021
Error	96	0.137218	0.137218	0.001429		
Total	191	0.819204				

รูปที่ 8.71 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.72 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบและวิธีฮิวริสติก ขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.73 กราฟแสดงผลอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย ขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.71-8.73 พบว่าวิธีฮิวริกติก ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ยังมีผลกระทบร่วมสองปัจจัยระหว่างการค้นหาเฉพาะที่กับจำนวนเจนเนอ

เรชั่น M-NSGA-II (LS*Gen) การค้นหาเฉพาะที่กับความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง (LS*Select) จำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II กับวิธีฮิวริกติก (Gen*Heuristic) ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางกับวิธีฮิวริกติก (Select*Heuristic) มีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 19 ขั้นงาน

เนื่องจากปัจจัยมีผลกระทบร่วมซึ่งกัน เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 8.70 ปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางมีค่าเท่ากับ 0.125 จะทำให้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) มีค่าเหมาะสมที่สุดอย่างเห็นได้ชัด เพื่อพิจารณาหาระดับของปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน และจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II

- กรณีหาระดับปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน เมื่อกำหนดให้ปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางมีค่าเท่ากับ 0.125

```
One-way ANOVA: Convergence_1 versus HC_1

Source  DF       SS        MS     F      P
HC_1     3  0.04057  0.01352  4.06  0.011
Error   60  0.20003  0.00333
Total   63  0.24060

S = 0.05774   R-Sq = 16.86%   R-Sq(adj) = 12.71%

                                Individual 95% CIs For Mean Based on
                                Pooled StDev
Level   N     Mean     StDev    ---------+---------+---------+---------+
1      16  0.23880  0.01925                      (-------*-------)
2      16  0.20831  0.05696             (--------*-------)
3      16  0.17386  0.09859    (--------*-------)
4      16  0.18320  0.00000       (-------*--------)
                                ---------+---------+---------+---------+
                                      0.175     0.210     0.245     0.280
```

รูปที่ 8.74 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยวิธีฮิวริสติก กรณีมีการกำหนดความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 19 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.74 พบว่าปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) โดยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานวิธี Greatest Random Priority กับ Greatest Number of Successors ไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางมีค่าเท่ากับ 0.125

- กรณีหาระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II เมื่อกำหนดให้ปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางมีค่าเท่ากับ 0.125

One-way ANOVA: Convergence_1 versus Gen_1

Source	DF	SS	MS	F	P
Gen_1	3	0.00110	0.00037	0.09	0.964
Error	60	0.23950	0.00399		
Total	63	0.24060			

รูปที่ 8.75 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II กรณีมีการกำหนดความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 19 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.75 พบว่าปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) เมื่อความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางมีค่าเท่ากับ 0.125

- กรณีหาระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ เมื่อกำหนดให้ปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางมีค่าเท่ากับ 0.125

One-way ANOVA: Convergence_1 versus LS_1

Source	DF	SS	MS	F	P
LS_1	1	0.00231	0.00231	0.60	0.441
Error	62	0.23829	0.00384		
Total	63	0.24060			

รูปที่ 8.76 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ กรณีมีการกำหนดความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 19 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูป 8.76 พบว่าปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) เมื่อความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางมีค่าเท่ากับ 0.125

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

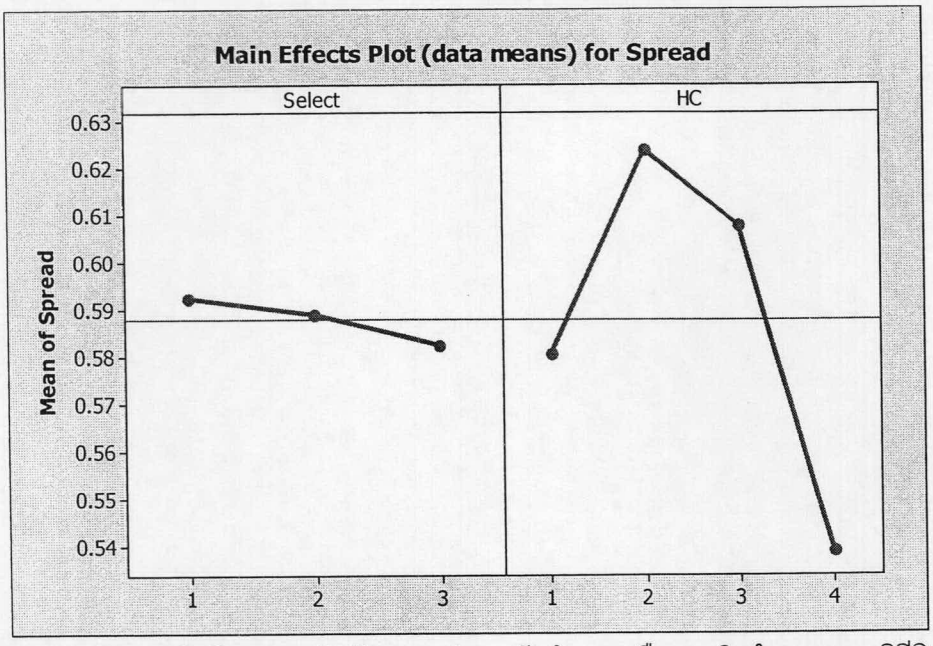
- วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงานระหว่างวิธี Greatest Random Priority กับ Greatest Number of Successors ไม่มีความแตกต่างกัน
- ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางเท่ากับ 0.125
- จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ยังไม่สามารถระบุได้
- วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น ยังไม่สามารถระบุได้

เนื่องจากยังไม่สามารถระบุหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยวิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น จากตัวแปรตอบสนอง การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) ดังนั้นจึงทำการหาระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ในตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ได้ดังรูป

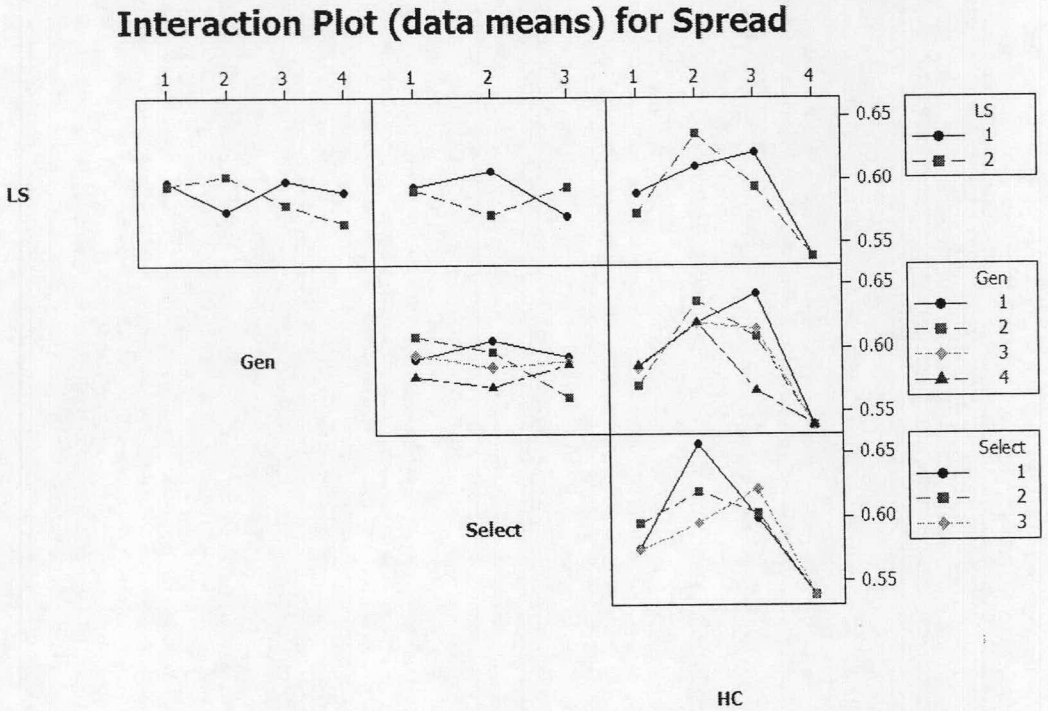
Analysis of Variance for Convergence, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
LS	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.00	0.998
Gen	3	0.004915	0.004915	0.001638	1.15	0.335
Select	2	0.042454	0.042454	0.021227	14.85	0.000
HC	3	0.123820	0.123820	0.041273	28.88	0.000
LS*Gen	3	0.033758	0.033758	0.011253	7.87	0.000
LS*Select	2	0.057604	0.057604	0.028802	20.15	0.000
LS*HC	3	0.003454	0.003454	0.001151	0.81	0.494
Gen*Select	6	0.014015	0.014015	0.002336	1.63	0.146
Gen*HC	9	0.036080	0.036080	0.004009	2.80	0.006
Select*HC	6	0.063861	0.063861	0.010643	7.45	0.000
LS*Gen*Select	6	0.024881	0.024881	0.004147	2.90	0.012
LS*Gen*HC	9	0.069969	0.069969	0.007774	5.44	0.000
LS*Select*HC	6	0.104617	0.104617	0.017436	12.20	0.000
Gen*Select*HC	18	0.052613	0.052613	0.002923	2.04	0.014
LS*Gen*Select*HC	18	0.049946	0.049946	0.002775	1.94	0.021
Error	96	0.137218	0.137218	0.001429		
Total	191	0.819204				

รูปที่ 8.77 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.78 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบและวิธีฮิวริสติก ขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.79 กราฟแสดงผลอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย ขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากการวิเคราะห์โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ได้ผลเช่นเดียวกับตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่

แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) ดังนั้นจึงทำการทดสอบหาปัจจัยวิธีค้นหาเฉพาะที่ จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II และวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน เมื่อกำหนดให้ปัจจัยความน่าจะเป็นในการปรับปรุงตาราง เท่ากับ 0.125

- กรณีหาระดับปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน เมื่อกำหนดให้ ปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางมีค่าเท่ากับ 0.125

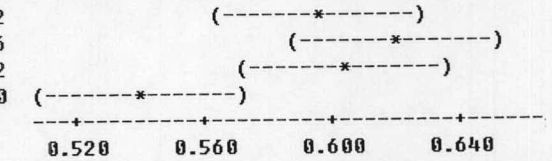
One-way ANOVA: Spread_1 versus HC_1

Source	DF	SS	MS	F	P
HC_1	3	0.05816	0.01939	4.60	0.006
Error	60	0.25275	0.00421		
Total	63	0.31091			

S = 0.06490 R-Sq = 18.71% R-Sq(adj) = 14.64%

Level	N	Mean	StDev
1	16	0.59447	0.05232
2	16	0.61923	0.07646
3	16	0.60284	0.09092
4	16	0.53900	0.00000

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



รูปที่ 8.80 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยวิธีฮิวริสติก กรณีมีการกำหนดความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 19 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.80 พบว่าปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) โดยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานวิธี Greatest Random Priority กับ Greatest Number of Successors มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางมีค่าเท่ากับ 0.125

- กรณีหาระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II เมื่อกำหนดให้ปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางมีค่าเท่ากับ 0.125

One-way ANOVA: Spread_1 versus Gen_1

Source	DF	SS	MS	F	P
Gen_1	3	0.01225	0.00408	0.82	0.488
Error	60	0.29866	0.00498		
Total	63	0.31091			

รูปที่ 8.81 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II กรณีมีการกำหนดความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 19 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.81 พบว่าปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) เมื่อความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางมีค่าเท่ากับ 0.125

- กรณีหาระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ เมื่อกำหนดให้ปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางมีค่าเท่ากับ 0.125

One-way ANOVA: Spread_1 versus LS_1

Source	DF	SS	MS	F	P
LS_1	1	0.00225	0.00225	0.45	0.504
Error	62	0.30866	0.00498		
Total	63	0.31091			

รูปที่ 8.82 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ กรณีมีการกำหนดความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 19 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.82 พบว่าปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) เมื่อความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางมีค่าเท่ากับ 0.125

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set)

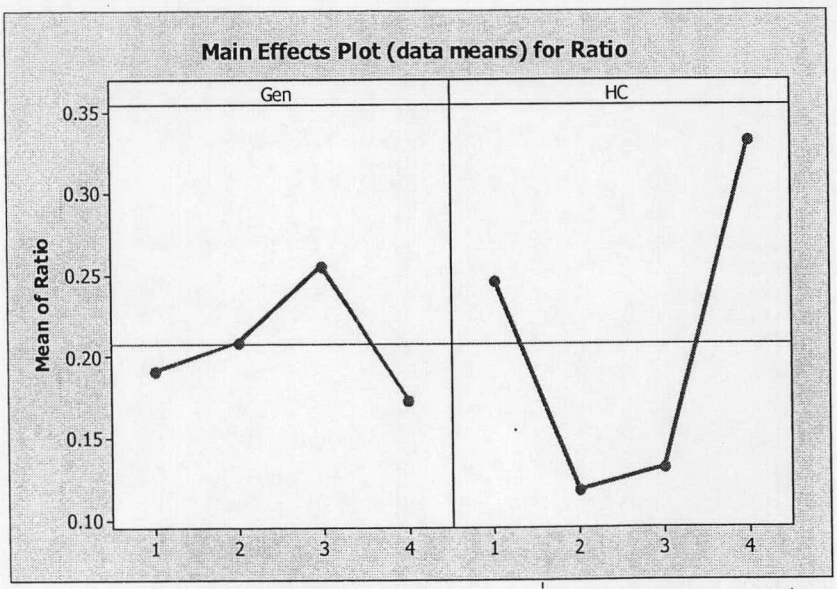
- วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงานระหว่างวิธี Greatest Number of Successors
- ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางเท่ากับ 0.125
- จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ยังไม่สามารถระบุได้
- วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น ยังไม่สามารถระบุได้

เนื่องจากยังไม่สามารถระบุหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัย จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น จากตัวแปรตอบสนอง การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) และ การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ดังนั้นจึงทำการหาระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ในตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ได้ดังรูป

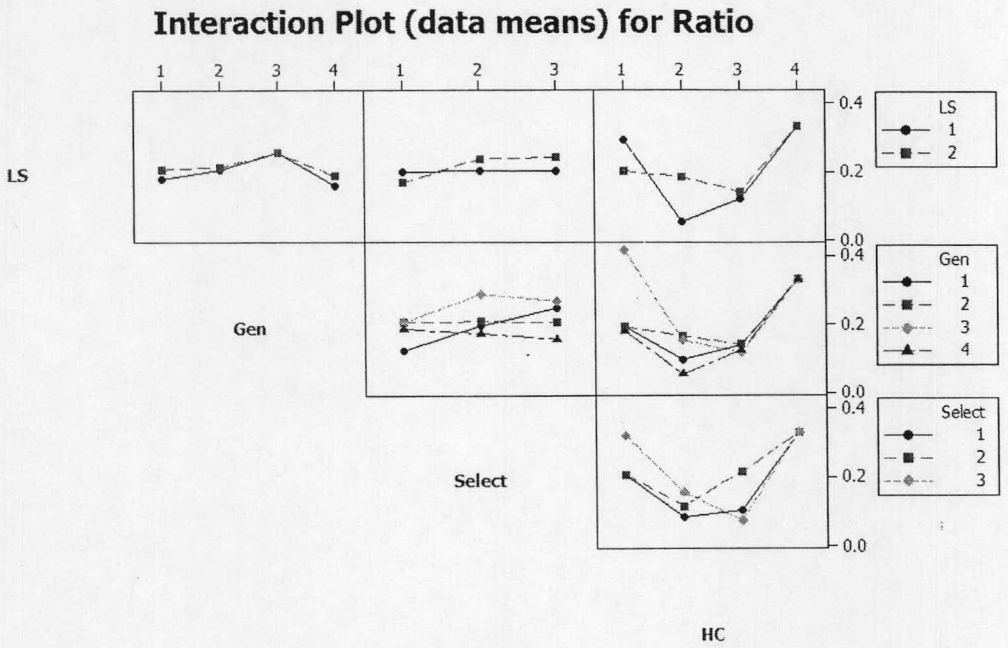
Analysis of Variance for Ratio, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
LS	1	0.01225	0.01225	0.01225	0.72	0.399
Gen	3	0.17977	0.17977	0.05992	3.51	0.018
Select	2	0.06200	0.06200	0.03100	1.82	0.168
HC	3	1.48480	1.48480	0.49493	29.01	0.000
LS*Gen	3	0.00826	0.00826	0.00275	0.16	0.922
LS*Select	2	0.05383	0.05383	0.02691	1.58	0.212
LS*HC	3	0.30412	0.30412	0.10137	5.94	0.001
Gen*Select	6	0.12845	0.12845	0.02141	1.25	0.286
Gen*HC	9	0.38771	0.38771	0.04308	2.53	0.012
Select*HC	6	0.29976	0.29976	0.04996	2.93	0.011
LS*Gen*Select	6	0.22064	0.22064	0.03677	2.16	0.054
LS*Gen*HC	9	0.47313	0.47313	0.05257	3.08	0.003
LS*Select*HC	6	0.49774	0.49774	0.08296	4.86	0.000
Gen*Select*HC	18	0.62433	0.62433	0.03468	2.03	0.015
LS*Gen*Select*HC	18	0.56549	0.56549	0.03142	1.84	0.031
Error	96	1.63771	1.63771	0.01706		
Total	191	6.93999				

รูปที่ 8.83 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution



รูปที่ 8.84 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II และวิธีฮิวริสติกขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution



รูปที่ 8.85 กราฟแสดงผลอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย ขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution

จากการวิเคราะห์โดยใช้ตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ได้ผลเช่นเดียวกับตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) และการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ดังนั้นจึงทำการทดสอบหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยวิธีค้นหาเฉพาะที่ และจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II เมื่อกำหนดให้ปัจจัยความน่าจะเป็นในการปรับปรุงตาราง เท่ากับ 0.125

- กรณีหาระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II เมื่อกำหนดให้ปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางมีค่าเท่ากับ 0.125

One-way ANOVA: Ratio_1 versus Gen_1

Source	DF	SS	MS	F	P
Gen_1	3	0.1150	0.0383	1.11	0.352
Error	60	2.0701	0.0345		
Total	63	2.1852			

รูปที่ 8.86 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II กรณีมีการกำหนดความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 19 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution

จากรูปที่ 8.86 พบว่าปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) เมื่อความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางมีค่าเท่ากับ 0.125

- กรณีหาระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ เมื่อกำหนดให้ปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางมีค่าเท่ากับ 0.125

One-way ANOVA: Ratio_1 versus LS_1

Source	DF	SS	MS	F	P
LS_1	1	0.0803	0.0803	2.36	0.129
Error	62	2.1049	0.0339		
Total	63	2.1852			

รูปที่ 8.87 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ กรณีมีการกำหนดความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 19 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution

จากรูปที่ 8.87 พบว่าปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) เมื่อความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางมีค่าเท่ากับ 0.125

เนื่องจากการวิเคราะห์ตัวแปรตอบสนองทั้ง 2 ตัว ยังไม่สามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่และจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II จึงทำการวิเคราะห์ด้านเวลาในการคำนวณ ซึ่งจะพิจารณาจากคำตอบที่มีอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง ที่ใช้เวลาน้อยที่สุด พบว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัย วิธีการค้นหาเฉพาะที่ จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ที่ใช้

เวลาในการคำนวณน้อยสุดเท่ากับ วิธี Insertion Procedure (IP) และจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ร้อยละ 20 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง เมื่อกำหนดให้วิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน และความน่าจะเป็นในการปรับปรุงตารางเท่ากับวิธี Greatest Number of Successors และ 0.15 ตามลำดับ

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) และเวลาที่ใช้ในการคำนวณ จะมีพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ดังตารางที่ 8.18

ตารางที่ 8.18 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดขนาดปัญหา 19 ขั้นงาน ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II

ปัจจัย	ระดับปัจจัย
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	วิธี Greatest Number of Successors
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	0.125
3.จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II	ร้อยละ 20 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง
4.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น	วิธี Insertion Procedure (IP)

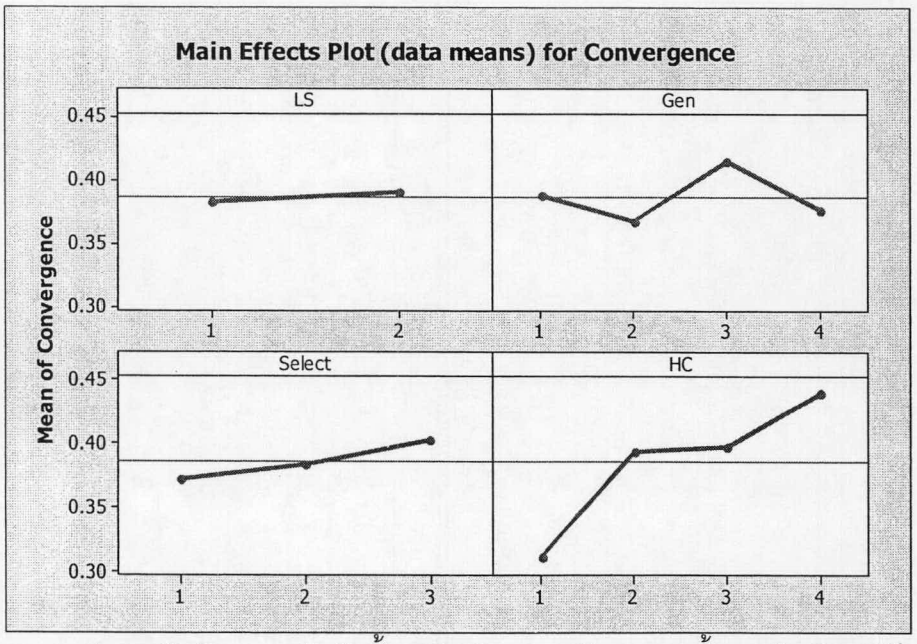
8.3.4.2. ปัญหา 36 ขั้นงาน

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัลกอริทึมการบรรจบ โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

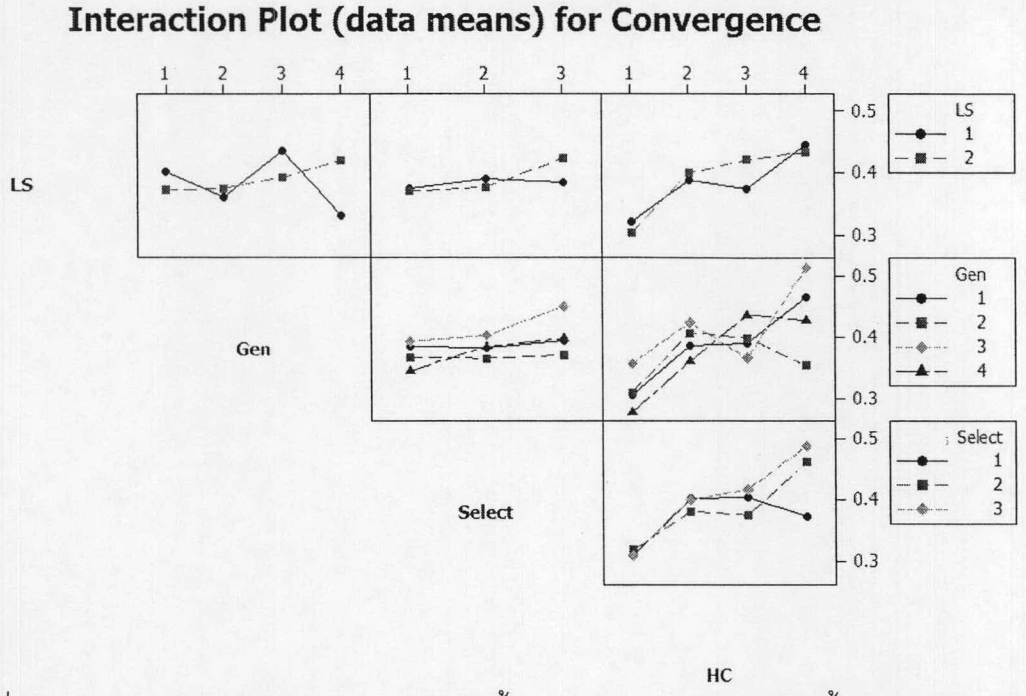
Analysis of Variance for Convergence, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
LS	1	0.002331	0.002331	0.002331	1.74	0.190
Gen	3	0.061991	0.061991	0.020664	15.47	0.000
Select	2	0.033270	0.033270	0.016635	12.45	0.000
HC	3	0.417311	0.417311	0.139104	104.11	0.000
LS*Gen	3	0.130908	0.130908	0.043636	32.66	0.000
LS*Select	2	0.026960	0.026960	0.013480	10.09	0.000
LS*HC	3	0.029623	0.029623	0.009874	7.39	0.000
Gen*Select	6	0.024189	0.024189	0.004032	3.02	0.010
Gen*HC	9	0.199715	0.199715	0.022191	16.61	0.000
Select*HC	6	0.107449	0.107449	0.017908	13.40	0.000
LS*Gen*Select	6	0.094021	0.094021	0.015670	11.73	0.000
LS*Gen*HC	9	0.281421	0.281421	0.031269	23.40	0.000
LS*Select*HC	6	0.108095	0.108095	0.018016	13.48	0.000
Gen*Select*HC	18	0.142459	0.142459	0.007914	5.92	0.000
LS*Gen*Select*HC	18	0.324167	0.324167	0.018009	13.48	0.000
Error	96	0.128266	0.128266	0.001336		
Total	191	2.112178				

รูปที่ 8.88 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 36 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.89 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย ขนาดปัญหา 19 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.90 กราฟแสดงผลอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย ขนาดปัญหา 36 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.88-8.90 พบว่าวิธีฮิวริกติก ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง และจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ผลกระทบร่วมสองปัจจัยทั้งหมด มีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 36 ขั้นงาน

เนื่องจากปัจจัยมีผลกระทบร่วมซึ่งกัน เมื่อพิจารณาจากรูป ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Longest Processing Time จะทำให้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) มีค่าเหมาะสมที่สุดอย่างเห็นได้ชัด เพื่อพิจารณาหาระดับของปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II วิธีการค้นหาเฉพาะที่ และความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง

- กรณีหาระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Longest Processing Time

```
One-way ANOVA: Convergence_1 versus Gen_1

Source  DF       SS       MS     F      P
Gen_1    3  0.03900  0.01300  5.25  0.003
Error   44  0.10896  0.00248
Total   47  0.14796

S = 0.04976   R-Sq = 26.36%   R-Sq(adj) = 21.34%

                                Individual 95% CIs For Mean Based on
                                Pooled StDev
Level   N     Mean    StDev  ---------+---------+---------+---------+
1      12  0.30482  0.05367         (-------*-------)
2      12  0.30961  0.02824          (-------*--------)
3      12  0.35638  0.04178                    (-------*-------)
4      12  0.27703  0.06695  (-------*-------)
                             ---------+---------+---------+---------+
                                    0.280     0.315     0.350     0.385
```

รูปที่ 8.91 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติก ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 36 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.91 พบว่าปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) โดยปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ที่ระดับจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II มีค่าเท่ากับร้อยละ 20 40 และ 80 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Longest Processing Time

- กรณีหาระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Longest Processing Time

```
One-way ANOVA: Convergence_1 versus LS_1

Source  DF       SS       MS     F      P
LS_1     1  0.00166  0.00166  0.52  0.474
Error   46  0.14630  0.00318
Total   47  0.14796
```

รูปที่ 8.92 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติกในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 36 ขั้นงานเมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.92 พบว่าปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Longest Processing Time

- กรณีหาระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Longest Processing Time

One-way ANOVA: Convergence_1 versus Select_1

Source	DF	SS	MS	F	P
Select_1	2	0.00095	0.00047	0.14	0.866
Error	45	0.14701	0.00327		
Total	47	0.14796			

รูปที่ 8.93 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบ กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติกในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 36 ขั้นงานเมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.93 พบว่าปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Longest Processing Time

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

- วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงานระหว่างวิธี Longest Processing Time
- ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางยังไม่สามารถระบุได้
- จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ที่ร้อยละ 20 40 และ 80 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกัน
- วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น ยังไม่สามารถระบุได้

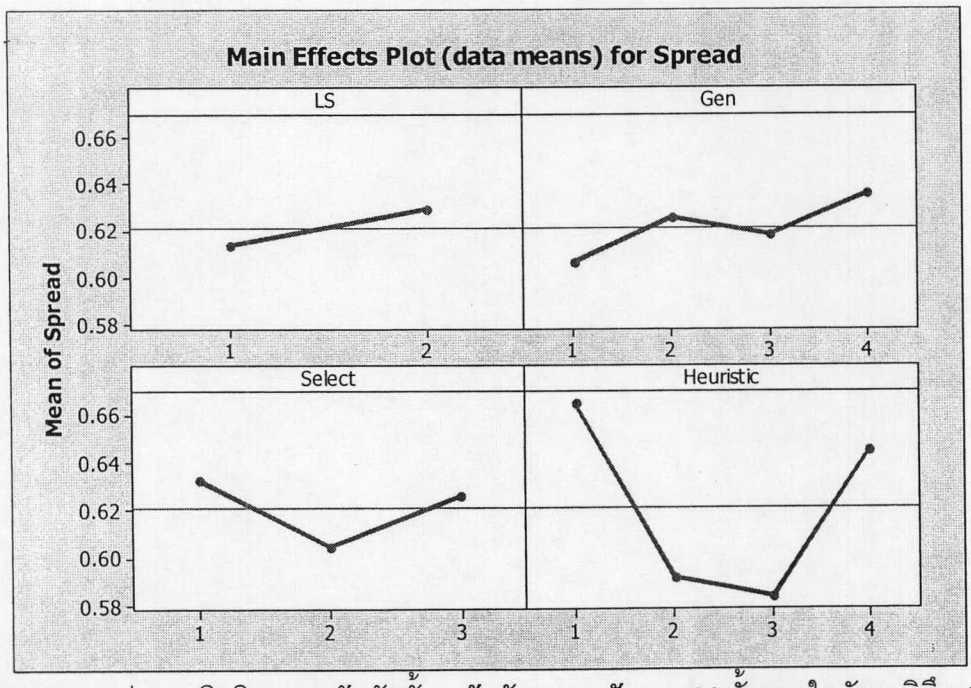
เนื่องจากยังไม่สามารถระบุหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II และวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น จากตัวแปรตอบสนอง การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence

to the Pareto-optimal set) ดังนั้นจึงวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่เหลือในตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ได้ดังรูป

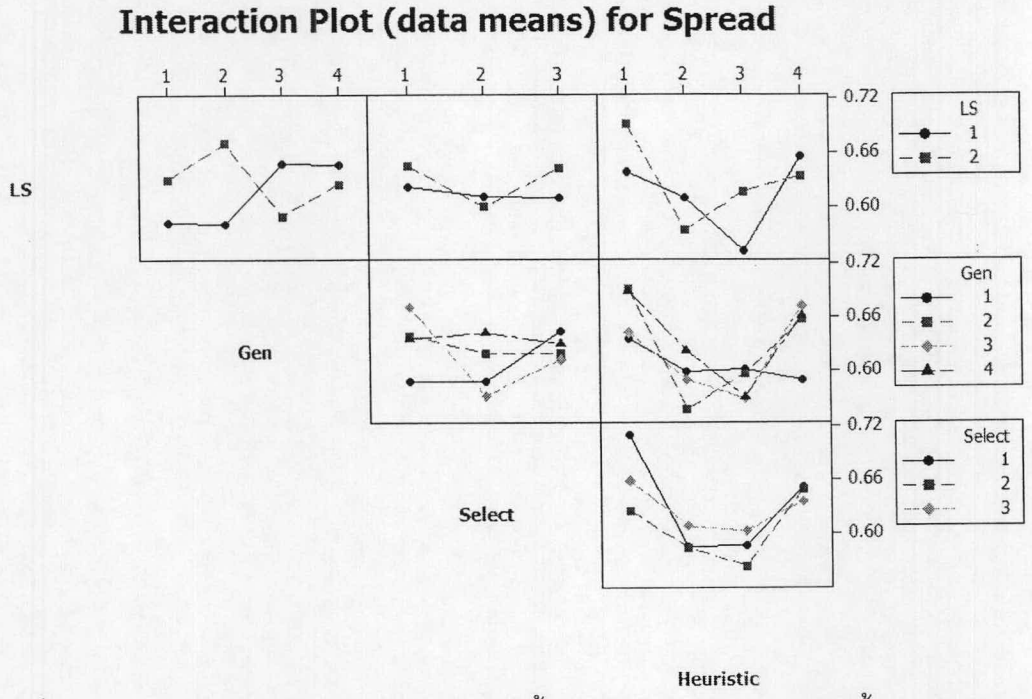
Analysis of Variance for Spread, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
LS	1	0.011063	0.011063	0.011063	10.16	0.002
Gen	3	0.022153	0.022153	0.007384	6.78	0.000
Select	2	0.027425	0.027425	0.013713	12.59	0.000
Heuristic	3	0.230348	0.230348	0.076783	70.50	0.000
LS*Gen	3	0.162467	0.162467	0.054156	49.72	0.000
LS*Select	2	0.018055	0.018055	0.009027	8.29	0.000
LS*Heuristic	3	0.095736	0.095736	0.031912	29.30	0.000
Gen*Select	6	0.091782	0.091782	0.015297	14.04	0.000
Gen*Heuristic	9	0.099200	0.099200	0.011022	10.12	0.000
Select*Heuristic	6	0.053837	0.053837	0.008973	8.24	0.000
LS*Gen*Select	6	0.174923	0.174923	0.029154	26.77	0.000
LS*Gen*Heuristic	9	0.216624	0.216624	0.024069	22.10	0.000
LS*Select*Heuristic	6	0.077494	0.077494	0.012916	11.86	0.000
Gen*Select*Heuristic	18	0.245926	0.245926	0.013663	12.54	0.000
LS*Gen*Select*Heuristic	18	0.273952	0.273952	0.015220	13.97	0.000
Error	96	0.104562	0.104562	0.001089		
Total	191	1.905548				

รูปที่ 8.94 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 36 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.95 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย ขนาดปัญหา 36 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.96 กราฟแสดงผลอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย ขนาดปัญหา 36 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากการวิเคราะห์โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ได้ผลเช่นเดียวกับตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) ดังนั้นจึงทำการทดสอบหาปัจจัยวิธีค้นหาเฉพาะที่ จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II และความน่าจะเป็นในการปรับปรุงตาราง เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Longest Processing Time

- กรณีหาระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Longest Processing Time

One-way ANOVA: Spread_1 versus Gen_1

Source	DF	SS	MS	F	P
Gen_1	3	0.03221	0.01074	1.31	0.283
Error	44	0.36029	0.00819		
Total	47	0.39250			

รูปที่ 8.97 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติก ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 36 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.97 พบว่าปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Longest Processing Time

- กรณีหาระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Longest Processing Time

One-way ANOVA: Spread_1 versus LS_1

Source	DF	SS	MS	F	P
LS_1	1	0.00011	0.00011	0.01	0.912
Error	46	0.39239	0.00853		
Total	47	0.39250			

รูปที่ 8.98 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติกในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 36 ขั้นงานเมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.98 พบว่าปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Longest Processing Time

- กรณีหาระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Longest Processing Time

```
One-way ANOVA: Spread_1 versus Select_1

Source     DF       SS       MS     F      P
Select_1    2  0.06106  0.03053  4.14  0.022
Error      45  0.33144  0.00737
Total      47  0.39250

S = 0.08582   R-Sq = 15.56%   R-Sq(adj) = 11.80%

                                Individual 95% CIs For Mean Based on
                                Pooled StDev
Level   N     Mean    StDev     ----+---------+---------+---------+-----
1      16  0.71119  0.08121                    (-------*--------)
2      16  0.62440  0.08965   (--------*--------)
3      16  0.65914  0.08640          (--------*-------)
                                ----+---------+---------+---------+-----
                                  0.600     0.650     0.700     0.750
```

รูปที่ 8.99 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบ กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติกในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 36 ขั้นงานเมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.99 พบว่าปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) โดยปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ที่มีค่าเท่ากับ 0.10 และ 0.125 มีความแตกต่างกัน เมื่อวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Longest Processing Time และเมื่อพิจารณาจากรูปผลกระทบร่วมที่ จะพบว่าความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางที่มีค่าเท่ากับ 0.125 ที่ทำให้ตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) มีค่าเหมาะสมที่สุด

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set)

- วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงานระหว่างวิธี Longest Processing Time
- ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางเท่ากับ 0.125
- จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ที่ร้อยละ 20 40 และ 80 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกัน
- วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น ยังไม่สามารถระบุได้

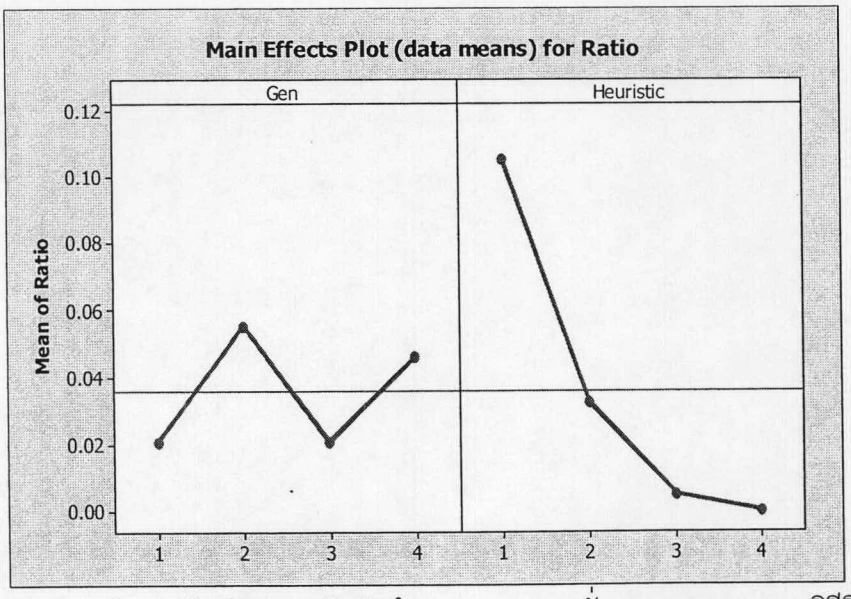
เนื่องจากยังไม่สามารถระบุหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัย จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น จากตัวแปรตอบสนอง การลู่เข้าสู่กลุ่ม

คำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) และ การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ดังนั้นจึงทำการหาระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ในตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ได้ดังรูป

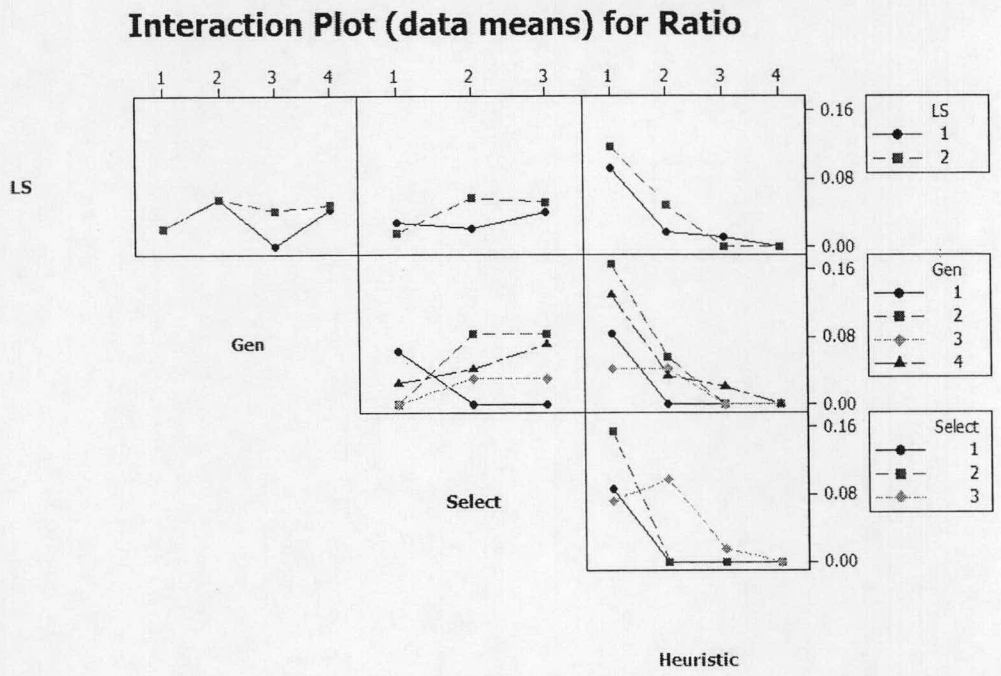
Analysis of Variance for Ratio, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
LS	1	0.006494	0.006494	0.006494	1.73	0.192
Gen	3	0.045398	0.045398	0.015133	4.02	0.010
Select	2	0.020572	0.020572	0.010286	2.73	0.070
Heuristic	3	0.340442	0.340442	0.113481	30.16	0.000
LS*Gen	3	0.014623	0.014623	0.004874	1.30	0.281
LS*Select	2	0.019185	0.019185	0.009593	2.55	0.083
LS*Heuristic	3	0.014552	0.014552	0.004851	1.29	0.283
Gen*Select	6	0.123639	0.123639	0.020606	5.48	0.000
Gen*Heuristic	9	0.085770	0.085770	0.009530	2.53	0.012
Select*Heuristic	6	0.147656	0.147656	0.024609	6.54	0.000
LS*Gen*Select	6	0.030127	0.030127	0.005021	1.33	0.249
LS*Gen*Heuristic	9	0.147572	0.147572	0.016397	4.36	0.000
LS*Select*Heuristic	6	0.097200	0.097200	0.016200	4.31	0.001
Gen*Select*Heuristic	18	0.300523	0.300523	0.016696	4.44	0.000
LS*Gen*Select*Heuristic	18	0.286639	0.286639	0.015924	4.23	0.000
Error	96	0.361250	0.361250	0.003763		
Total	191	2.041641				

รูปที่ 8.100 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 36 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution



รูปที่ 8.101 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II และวิธีฮิวริสติก ขนาดปัญหา 36 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.102 กราฟแสดงผลอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย ขนาดปัญหา 36 ชิ้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution

จากการวิเคราะห์โดยใช้ตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) มีผลกระทบร่วมของปัจจัยเช่นเดียวกับตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) และการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ดังนั้นจึงทำการทดสอบหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยวิธีค้นหาเฉพาะที่ และจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกและความน่าจะเป็นในการปรับปรุงตารางคือวิธี Longest Processing Time และ 0.125 ตามลำดับ

- กรณีหาระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกและความน่าจะเป็นในการปรับปรุงตารางคือวิธี Longest Processing Time และ 0.125 ตามลำดับ

```
One-way ANOVA: Ratio_1 versus Gen_1

Source  DF      SS      MS     F      P
Gen_1    3  0.2274  0.0758  5.24  0.015
Error   12  0.1736  0.0145
Total   15  0.4010

S = 0.1203   R-Sq = 56.71%   R-Sq(adj) = 45.88%

                                Individual 95% CIs For Mean Based on
                                Pooled StDev
Level  N    Mean   StDev  ---------+---------+---------+---------+
1      4  0.0000  0.0000  (--------*--------)
2      4  0.3333  0.0000                    (--------*--------)
3      4  0.1250  0.1443          (--------*--------)
4      4  0.1667  0.1924            (--------*--------)
                          ---------+---------+---------+---------+
                                 0.00      0.15      0.30      0.45
```

รูปที่ 8.103 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติกและความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบ ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 36 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.103 พบว่าปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) โดยปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ที่ระดับจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II มีค่าเท่ากับร้อยละ 20 และ 40 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง มีความแตกต่างกัน เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกและความน่าจะเป็นในการปรับปรุงตารางคือวิธี Longest Processing Time และ 0.125 ตามลำดับ

- กรณีหาระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกและความน่าจะเป็นในการปรับปรุงตารางคือวิธี Longest Processing Time และ 0.125 ตามลำดับ

```
One-way ANOVA: Ratio_1 versus LS_1

Source  DF      SS      MS     F      P
LS_1     1  0.0000  0.0000  0.00  1.000
Error   14  0.4010  0.0286
Total   15  0.4010
```

รูปที่ 8.104 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยค้นหาเฉพาะที่ กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติกและความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบ ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 36 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

พบว่าปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกและความน่าจะเป็นในการปรับปรุงตารางคือวิธี Longest Processing Time และ 0.125 ตามลำดับ

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคืออัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution)

- วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงานระหว่างวิธี Longest Processing Time
- ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางเท่ากับ 0.125
- จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ที่ร้อยละ 40 และ 80 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกัน
- วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น ยังไม่สามารถระบุได้

เนื่องจากการวิเคราะห์ตัวแปรตอบสนองทั้ง 3 ตัว ยังไม่สามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่และจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II จึงทำการวิเคราะห์ด้านเวลาในการคำนวณ ซึ่งจะพิจารณาจากคำตอบที่มีอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงที่เหมาะสมที่สุด และใช้เวลาในการคำนวณน้อยที่สุด พบว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัย วิธีการค้นหาเฉพาะที่ จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยสุดเท่ากับ วิธี Pairwise Interchange (PI) และจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ร้อยละ 80 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง เมื่อกำหนดให้วิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน และความน่าจะเป็นในการปรับปรุงตารางเท่ากับวิธี Greatest Number of Successors และ 0.15 ตามลำดับ

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) และเวลาที่ใช้ในการคำนวณ จะมีพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ดังตารางที่ 8.19

ตารางที่ 8.19 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดขนาดปัญหา 36 ขั้นงาน ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II

ปัจจัย	ระดับปัจจัย
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	วิธี Longest Processing Time
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	0.125
3.จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II	ร้อยละ 80 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง
4.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น	วิธี Pairwise Interchange (PI)

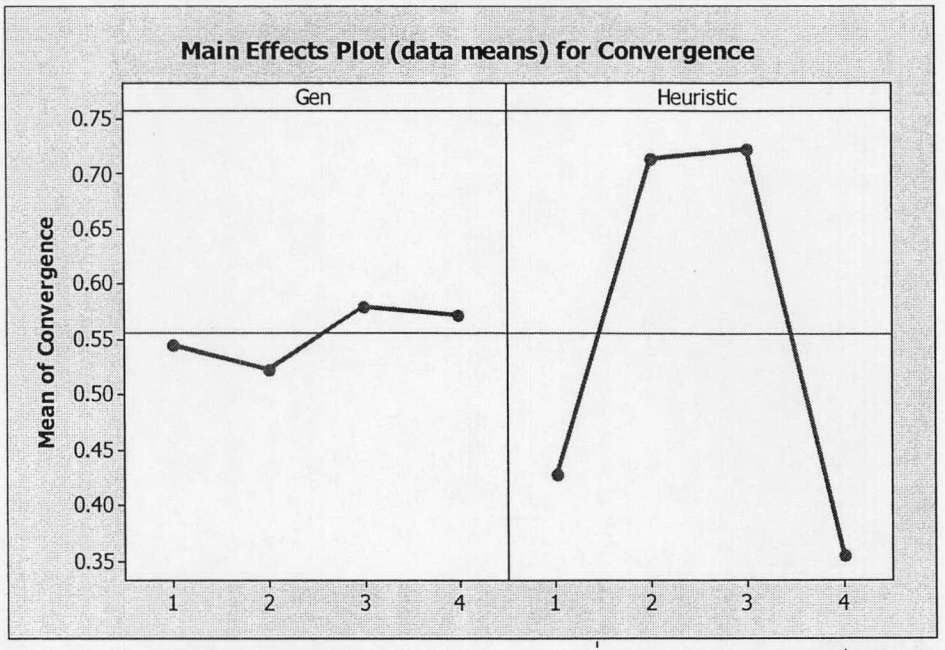
8.3.4.3. ปัญหา 61 ขั้นงาน

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัลกอริทึมการบรรจบ โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

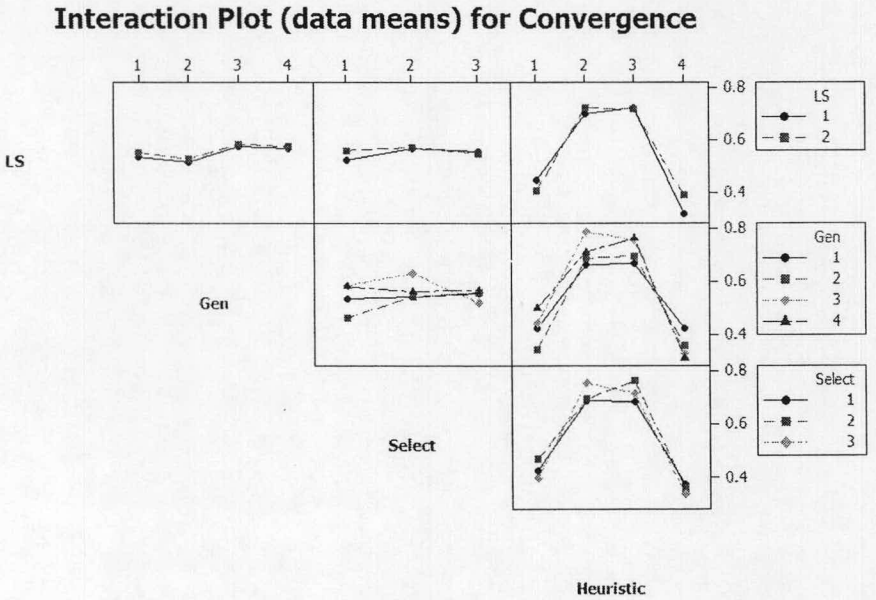
Analysis of Variance for Convergence, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
LS	1	0.005961	0.005961	0.005961	0.83	0.365
Gen	3	0.099511	0.099511	0.033170	4.60	0.005
Select	2	0.026544	0.026544	0.013272	1.84	0.164
Heuristic	3	5.237395	5.237395	1.745798	242.20	0.000
LS*Gen	3	0.000601	0.000601	0.000200	0.03	0.994
LS*Select	2	0.016407	0.016407	0.008204	1.14	0.325
LS*Heuristic	3	0.078412	0.078412	0.026137	3.63	0.016
Gen*Select	6	0.164850	0.164850	0.027475	3.81	0.002
Gen*Heuristic	9	0.324194	0.324194	0.036022	5.00	0.000
Select*Heuristic	6	0.118268	0.118268	0.019711	2.73	0.017
LS*Gen*Select	6	0.085886	0.085886	0.014314	1.99	0.075
LS*Gen*Heuristic	9	0.088424	0.088424	0.009825	1.36	0.216
LS*Select*Heuristic	6	0.026245	0.026245	0.004374	0.61	0.724
Gen*Select*Heuristic	18	0.749632	0.749632	0.041646	5.78	0.000
LS*Gen*Select*Heuristic	18	0.211927	0.211927	0.011774	1.63	0.067
Error	96	0.691971	0.691971	0.007208		
Total	191	7.926229				

รูปที่ 8.105 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 61 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.106 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II และวิธีฮิวริสติก ขนาดปัญหา 61 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.107 กราฟแสดงผลอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย ขนาดปัญหา 61 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.105-8.107 พบว่าวิธีฮิวริกติก จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II และผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับM-NSGA-II ปัญหา 61ขั้นงาน

เนื่องจากปัจจัยมีผลกระทบร่วมซึ่งกัน เมื่อพิจารณาจากรูป ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors จะทำให้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) มีค่าเหมาะสมที่สุดอย่างเห็นได้ชัด เพื่อพิจารณาหาระดับของปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II วิธีการค้นหาเฉพาะที่ และความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง

- กรณีหาระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

One-way ANOVA: Convergence_1 versus Gen_1

Source	DF	SS	MS	F	P
Gen_1	3	0.0908	0.0303	2.44	0.077
Error	44	0.5471	0.0124		
Total	47	0.6379			

รูปที่ 8.108 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติก ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 61 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.108 พบว่าปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) เมื่อปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

- กรณีหาระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

One-way ANOVA: Convergence_1 versus LS_1

Source	DF	SS	MS	F	P
LS_1	1	0.0046	0.0046	0.33	0.567
Error	46	0.6333	0.0138		
Total	47	0.6379			

รูปที่ 8.109 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติกในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 61 ขั้นงานเมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.109 พบว่าปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) เมื่อปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

- กรณีหาระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

One-way ANOVA: Convergence_1 versus Select_1

Source	DF	SS	MS	F	P
Select_1	2	0.0107	0.0054	0.39	0.682
Error	45	0.6272	0.0139		
Total	47	0.6379			

รูปที่ 8.110 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบ กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติก ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 61 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.110 พบว่าปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) เมื่อปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

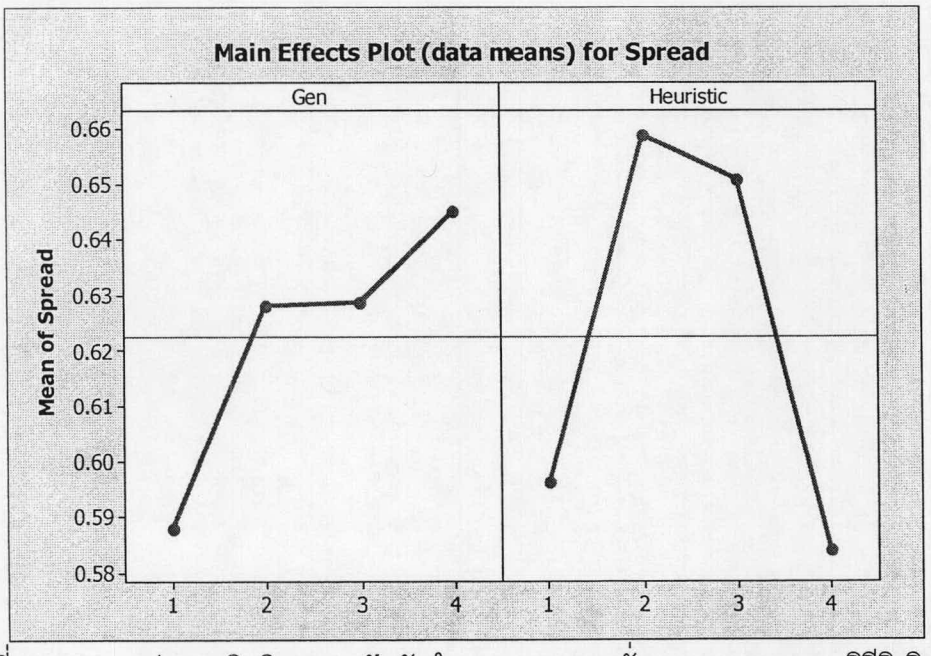
- วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงานระหว่างวิธี Greatest Number of Successors
- ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางยังไม่สามารถระบุได้
- จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ยังไม่สามารถระบุได้
- วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น ยังไม่สามารถระบุได้

เนื่องจากยังไม่สามารถระบุหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยทั้งหมด จากตัวแปรตอบสนอง การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) ดังนั้น จึงหาระดับปัจจัยในตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ได้ดังรูป

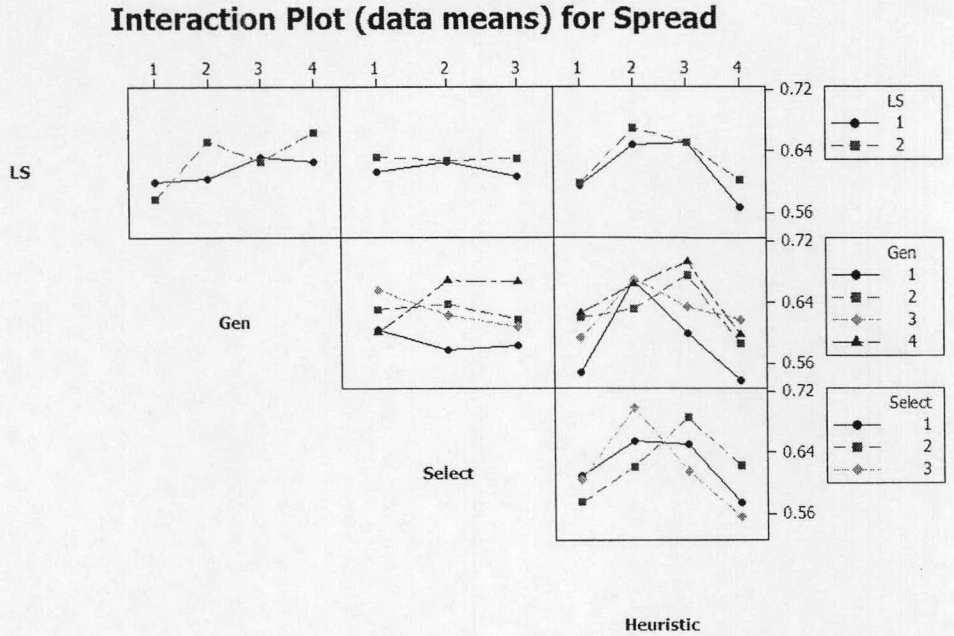
Analysis of Variance for Spread, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
LS	1	0.010475	0.010475	0.010475	2.05	0.155
Gen	3	0.084680	0.084680	0.028227	5.52	0.002
Select	2	0.001751	0.001751	0.000876	0.17	0.843
Heuristic	3	0.204862	0.204862	0.068287	13.36	0.000
LS*Gen	3	0.041510	0.041510	0.013837	2.71	0.050
LS*Select	2	0.004714	0.004714	0.002357	0.46	0.632
LS*Heuristic	3	0.010578	0.010578	0.003526	0.69	0.560
Gen*Select	6	0.074761	0.074761	0.012460	2.44	0.031
Gen*Heuristic	9	0.078927	0.078927	0.008770	1.72	0.096
Select*Heuristic	6	0.135580	0.135580	0.022597	4.42	0.001
LS*Gen*Select	6	0.082112	0.082112	0.013685	2.68	0.019
LS*Gen*Heuristic	9	0.138954	0.138954	0.015439	3.02	0.003
LS*Select*Heuristic	6	0.035783	0.035783	0.005964	1.17	0.330
Gen*Select*Heuristic	18	0.309206	0.309206	0.017178	3.36	0.000
LS*Gen*Select*Heuristic	18	0.309607	0.309607	0.017200	3.37	0.000
Error	96	0.490637	0.490637	0.005111		
Total	191	2.014138				

รูปที่ 8.111 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 61 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.112 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II และวิธีฮิวริสติก ขนาดปัญหา 61 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.113 กราฟแสดงผลอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย ขนาดปัญหา 61 ขั้นงานใน อัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากการวิเคราะห์โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) มีผลกระทบร่วมเช่นเดียวกับตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) ดังนั้นจึงทำการทดสอบหาปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II วิธีค้นหาเฉพาะที่ และความน่าจะเป็นในการปรับปรุงตาราง เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

- กรณีหาระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

One-way ANOVA: Spread_1 versus Gen_1

Source	DF	SS	MS	F	P
Gen_1	3	0.0427	0.0142	0.99	0.404
Error	44	0.6295	0.0143		
Total	47	0.6721			

รูปที่ 8.114 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติก ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 61 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.114 พบว่าปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) เมื่อปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

- กรณีหาระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

One-way ANOVA: Spread_1 versus LS_1

Source	DF	SS	MS	F	P
LS_1	1	0.0141	0.0141	0.98	0.327
Error	46	0.6581	0.0143		
Total	47	0.6721			

รูปที่ 8.115 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติกในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 61 ขั้นงานเมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.115 พบว่าปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) เมื่อปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

- กรณีหาระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

One-way ANOVA: Spread_1 versus Select_1

Source	DF	SS	MS	F	P
Select_1	2	0.0381	0.0191	1.35	0.269
Error	45	0.6340	0.0141		
Total	47	0.6721			

รูปที่ 8.116 ผลการวิเคราะห์ของระดับความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบ กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติก ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 61 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.116 พบว่าความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) เมื่อปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

เนื่องจากยังไม่สามารถระบุหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยทั้งหมด จากตัวแปรตอบสนอง การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) และการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ระดับปัจจัยจากตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ได้ดังรูป

Analysis of Variance for Ratio, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
LS	1	0.000394	0.000394	0.000394	0.12	0.734
Gen	3	0.007275	0.007275	0.002425	0.71	0.547
Select	2	0.000488	0.000488	0.000244	0.07	0.931
Heuristic	3	0.015505	0.015505	0.005168	1.52	0.214
LS*Gen	3	0.016130	0.016130	0.005377	1.58	0.199
LS*Select	2	0.004030	0.004030	0.002015	0.59	0.555
LS*Heuristic	3	0.002275	0.002275	0.000758	0.22	0.880
Gen*Select	6	0.017559	0.017559	0.002926	0.86	0.527
Gen*Heuristic	9	0.028649	0.028649	0.003183	0.94	0.498
Select*Heuristic	6	0.018704	0.018704	0.003117	0.92	0.487
LS*Gen*Select	6	0.020267	0.020267	0.003378	0.99	0.435
LS*Gen*Heuristic	9	0.023128	0.023128	0.002570	0.76	0.657
LS*Select*Heuristic	6	0.024746	0.024746	0.004124	1.21	0.307
Gen*Select*Heuristic	18	0.059603	0.059603	0.003311	0.97	0.496
LS*Gen*Select*Heuristic	18	0.072311	0.072311	0.004017	1.18	0.292
Error	96	0.326563	0.326563	0.003402		
Total	191	0.637627				

รูปที่ 8.117 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 61 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution

จากการวิเคราะห์โดยใช้ตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย ไม่มีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 61 ขั้นงาน

เนื่องจากการวิเคราะห์ตัวแปรตอบสนองทั้ง 3 ตัว ยังไม่สามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II และความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง จึงทำการวิเคราะห์ด้านเวลาในการคำนวณ ซึ่งจะพิจารณาจากคำตอบที่มีอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงที่เหมาะสมที่สุด และใช้เวลาในการคำนวณน้อยที่สุด พบว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัย วิธีการค้นหาเฉพาะที่ จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II และความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยสุด

เท่ากับ วิธี Insertion Procedure (IP) จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ร้อยละ 60 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง และความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางเท่ากับ 0.15 เมื่อกำหนดให้วิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธีGreatest Number of Successors

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) และเวลาที่ใช้ในการคำนวณ จะมีพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ดังตารางที่ 8.19

ตารางที่ 8.20 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดขนาดปัญหา 61 ขั้นงาน ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II

ปัจจัย	ระดับปัจจัย
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	วิธี Greatest Number of Successors
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	0.15
3.จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II	ร้อยละ 60 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง
4.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น	วิธี Insertion Procedure (IP)

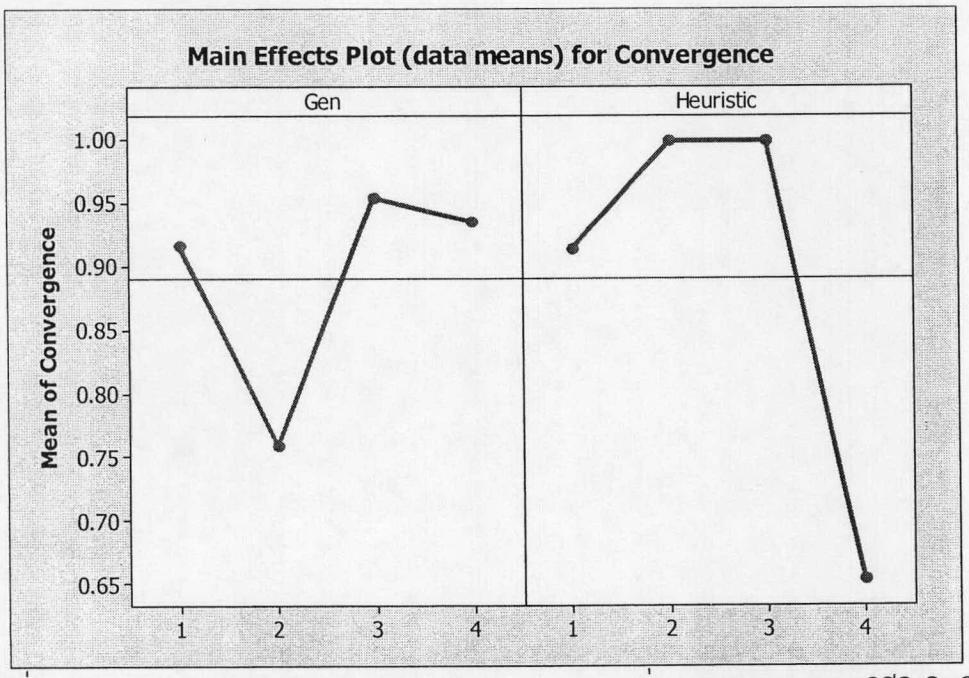
8.3.4.4. ปัญหา 111 ขั้นงาน

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบ โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

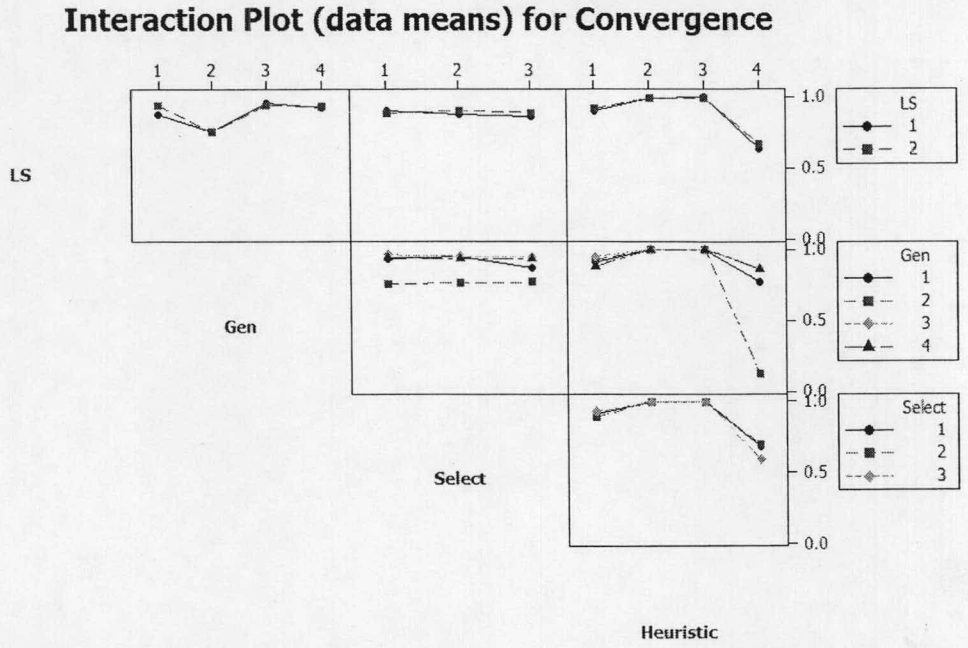
Analysis of Variance for Convergence, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
LS	1	0.007024	0.007024	0.007024	3.45	0.066
Gen	3	1.146152	1.146152	0.382051	187.43	0.000
Select	2	0.011177	0.011177	0.005589	2.74	0.070
Heuristic	3	3.818062	3.818062	1.272687	624.35	0.000
LS*Gen	3	0.040106	0.040106	0.013369	6.56	0.000
LS*Select	2	0.016369	0.016369	0.008184	4.02	0.021
LS*Heuristic	3	0.013050	0.013050	0.004350	2.13	0.101
Gen*Select	6	0.044498	0.044498	0.007416	3.64	0.003
Gen*Heuristic	9	3.544870	3.544870	0.393874	193.23	0.000
Select*Heuristic	6	0.098929	0.098929	0.016488	8.09	0.000
LS*Gen*Select	6	0.093432	0.093432	0.015572	7.64	0.000
LS*Gen*Heuristic	9	0.086654	0.086654	0.009628	4.72	0.000
LS*Select*Heuristic	6	0.047186	0.047186	0.007864	3.86	0.002
Gen*Select*Heuristic	18	0.194306	0.194306	0.010795	5.30	0.000
LS*Gen*Select*Heuristic	18	0.280556	0.280556	0.015586	7.65	0.000
Error	96	0.195688	0.195688	0.002038		
Total	191	9.638060				

รูปที่ 8.118 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.119 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II และวิธีฮิวริสติก ขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.120 กราฟแสดงผลอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย ขนาดปัญหา 111 ขั้นงานใน อัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.118-8.120พบว่าวิธีฮิวริกติก จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II และผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ที่มีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 111 ขั้นงาน

เนื่องจากปัจจัยมีผลกระทบร่วมซึ่งกัน เมื่อพิจารณาจากรูป ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors จะทำให้ตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) มีค่าเหมาะสมที่สุดอย่างเห็นได้ชัด เพื่อพิจารณาหาระดับของปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II วิธีการค้นหาเฉพาะที่ และความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง

- กรณีหาระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

```
One-way ANOVA: Convergence_1 versus Gen_1

Source  DF      SS      MS      F      P
Gen_1    3  4.6565  1.5522  74.05  0.000
Error   44  0.9223  0.0210
Total   47  5.5788

S = 0.1448   R-Sq = 83.47%   R-Sq(adj) = 82.34%

                                Individual 95% CIs For Mean Based on
                                Pooled StDev
Level   N    Mean   StDev  ---------+---------+---------+---------+
1      12  0.7687  0.2721                          (---*--)
2      12  0.1186  0.0367  (---*--)
3      12  0.8661  0.0313                                (---*--)
4      12  0.8619  0.0867                                (--*---)
                           ---------+---------+---------+---------+
                                  0.25      0.50      0.75      1.00
```

รูปที่ 8.121 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติก ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 111 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.121 พบว่าปัจจัยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) โดยจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II จำนวนร้อยละ 40 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง มีความแตกต่างจาก ร้อยละ 20 60 และ 80 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

- กรณีหาระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

```
One-way ANOVA: Convergence_1 versus LS_1

Source  DF     SS     MS     F      P
LS_1     1  0.004  0.004  0.04  0.849
Error   46  5.574  0.121
Total   47  5.579
```

รูปที่ 8.122 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติกในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 111 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.122 พบว่าปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) เมื่อปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

- กรณีหาระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

One-way ANOVA: Convergence_1 versus Select_1

Source	DF	SS	MS	F	P
Select_1	2	0.100	0.050	0.41	0.666
Error	45	5.479	0.122		
Total	47	5.579			

รูปที่ 8.123 ผลการวิเคราะห์ของระดับความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบ กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติก ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 111 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Convergence to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.123 พบว่าปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) เมื่อปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set)

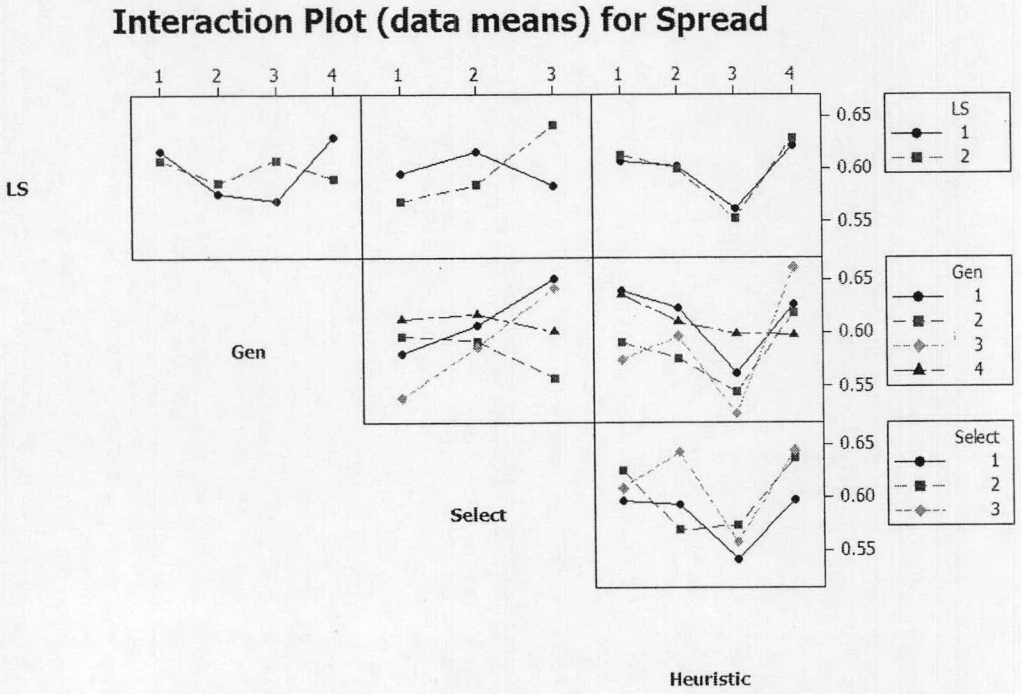
- วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงานระหว่างวิธี Greatest Number of Successors
- ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางยังไม่สามารถระบุได้
- จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ร้อยละ 40 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง
- วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น ยังไม่สามารถระบุได้

เนื่องจากยังไม่สามารถระบุหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางและวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น จากตัวแปรตอบสนอง การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) ดังนั้นจึงทำการหาระดับปัจจัยที่เหลือจากตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ได้ดังรูป

Analysis of Variance for Spread, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
LS	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.00	0.998
Gen	3	0.034221	0.034221	0.011407	2.29	0.084
Select	2	0.031144	0.031144	0.015572	3.12	0.049
Heuristic	3	0.126268	0.126268	0.042089	8.44	0.000
LS*Gen	3	0.039787	0.039787	0.013262	2.66	0.053
LS*Select	2	0.080630	0.080630	0.040315	8.08	0.001
LS*Heuristic	3	0.002261	0.002261	0.000754	0.15	0.929
Gen*Select	6	0.115497	0.115497	0.019249	3.86	0.002
Gen*Heuristic	9	0.080754	0.080754	0.008973	1.80	0.078
Select*Heuristic	6	0.049895	0.049895	0.008316	1.67	0.137
LS*Gen*Select	6	0.102208	0.102208	0.017035	3.41	0.004
LS*Gen*Heuristic	9	0.142261	0.142261	0.015807	3.17	0.002
LS*Select*Heuristic	6	0.049914	0.049914	0.008319	1.67	0.137
Gen*Select*Heuristic	18	0.384833	0.384833	0.021380	4.28	0.000
LS*Gen*Select*Heuristic	18	0.203159	0.203159	0.011287	2.26	0.006
Error	96	0.478984	0.478984	0.004989		
Total	191	1.921816				

รูปที่ 8.124 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set



รูปที่ 8.125 กราฟแสดงผลอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย ขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากการวิเคราะห์โดยใช้ตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) มีผลกระทบร่วมเช่นเดียวกับตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) ดังนั้นจึงทำการทดสอบหาปัจจัยวิธีค้นหาเฉพาะที่ และความน่าจะเป็นในการปรับปรุงตาราง เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานและจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II คือวิธี Greatest Number of Successors และ ร้อยละ 40 รอบของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ตามลำดับ

- กรณีหาระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานและจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II คือวิธี Greatest Number of Successors และ ร้อยละ 40 รอบของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ตามลำดับ

One-way ANOVA: Spread_1 versus LS_1

Source	DF	SS	MS	F	P
LS_1	1	0.0093	0.0093	0.92	0.360
Error	10	0.1012	0.0101		
Total	11	0.1105			

รูปที่ 8.126 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ กรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติกและจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ในอัลกอริทึม COINรวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 111 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.126 พบว่าปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานและจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II คือวิธี Greatest Number of Successors และ ร้อยละ 40 รอบของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ตามลำดับ

- กรณีหาระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานและจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II คือวิธี Greatest Number of Successors และ ร้อยละ 40 รอบของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ตามลำดับ

One-way ANOVA: Spread_1 versus Select_1

Source	DF	SS	MS	F	P
Select_1	2	0.0142	0.0071	0.66	0.539
Error	9	0.0963	0.0107		
Total	11	0.1105			

รูปที่ 8.127 ผลการวิเคราะห์ของระดับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบกรณีมีการกำหนดวิธีฮิวริสติกและจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ในอัลกอริทึม COINรวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 111 ขั้นงาน เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Spread to the Pareto-optimal set

จากรูปที่ 8.127 พบว่าปัจจัยความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) เมื่อกำหนดให้ปัจจัยวิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานและจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II คือวิธี Greatest Number of Successors และ ร้อยละ 40 รอบของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง ตามลำดับ

เนื่องจากยังไม่สามารถระบุหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่และความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง จากตัวแปรตอบสนองการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) และการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ระดับปัจจัยจากตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ได้ดังรูป

Analysis of Variance for Ratio, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
LS	1	0.001151	0.001151	0.001151	0.60	0.442
Gen	3	0.035382	0.035382	0.011794	6.10	0.001
Select	2	0.004472	0.004472	0.002236	1.16	0.319
Heuristic	3	0.035382	0.035382	0.011794	6.10	0.001
LS*Gen	3	0.003452	0.003452	0.001151	0.60	0.620
LS*Select	2	0.000087	0.000087	0.000043	0.02	0.978
LS*Heuristic	3	0.003452	0.003452	0.001151	0.60	0.620
Gen*Select	6	0.013417	0.013417	0.002236	1.16	0.336
Gen*Heuristic	9	0.106145	0.106145	0.011794	6.10	0.000
Select*Heuristic	6	0.013417	0.013417	0.002236	1.16	0.336
LS*Gen*Select	6	0.000260	0.000260	0.000043	0.02	1.000
LS*Gen*Heuristic	9	0.010355	0.010355	0.001151	0.60	0.798
LS*Select*Heuristic	6	0.000260	0.000260	0.000043	0.02	1.000
Gen*Select*Heuristic	18	0.040251	0.040251	0.002236	1.16	0.313
LS*Gen*Select*Heuristic	18	0.000779	0.000779	0.000043	0.02	1.000
Error	96	0.185596	0.185596	0.001933		
Total	191	0.453853				

รูปที่ 8.128 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ขนาดปัญหา 111 ขั้นงานในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II เมื่อตัวแปรตอบสนองคือ Ratio of Non-Dominated Solution

จากการวิเคราะห์โดยใช้ตัวแปรตอบสนองอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) พบว่าที่ผลกระทบร่วมสองปัจจัยมีเพียงจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II และ วิธีฮิวริสติกเท่านั้นที่มีผลต่ออัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ M-NSGA-II ปัญหา 111 ขั้นงาน ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่เหลือได้

เนื่องจากการวิเคราะห์ตัวแปรตอบสนองทั้ง 3 ตัว ยังไม่สามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ และความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง จึงทำการวิเคราะห์ด้านเวลาในการคำนวณ ซึ่งจะพิจารณาจากคำตอบที่มีอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงที่เหมาะสมที่สุด และใช้เวลาในการคำนวณน้อยที่สุด พบว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัย วิธีการค้นหาเฉพาะที่ และความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง ที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยสุดคือ วิธี Pairwise Interchange (PI)และความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางเท่ากับ 0.1 เมื่อกำหนดให้วิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงานคือวิธี Greatest Number of Successors

ดังนั้น จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยที่มีตัวแปรตอบสนองคือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) และเวลาที่ใช้ในการคำนวณ จะมีพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ดังตารางที่ 8.20

ตารางที่ 8.21 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดขนาดปัญหา 111 ขั้นงาน ในอัลกอริทึม COIN รวมกับ M-NSGA-II

ปัจจัย	ระดับปัจจัย
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	วิธี Greatest Number of Successors
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	0.1
3.จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II	ร้อยละ 40 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง
4.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น	Pairwise Interchange (PI)

8.4 สรุปผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์

จากการทดลองและวิเคราะห์ผลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และความแตกต่างของคู่ลำดับ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 แสดงแต่ละอัลกอริทึมได้ดังตารางที่ 8.22-8.24

ตารางที่ 8.22 ผลการวิเคราะห์อัลกอริทึมการบรรจวบ

กรณีศึกษา	พารามิเตอร์	ตัวแปรตอบสนอง			
		Convergence	Spread	Ratio	CPU Time
19 ขั้นงาน	1.Heuristic	Successors	Successors	Successors	Successors
	2.%Select String	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.1
36 ขั้นงาน	1.Heuristic	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	Successors
	2.%Select String	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.1
61 ขั้นงาน	1.Heuristic	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	LPT
	2.%Select String	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.15
111 ขั้นงาน	1.Heuristic	LPT กับ Successors	ไม่มีผล	LPT	LPT
	2.%Select String	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.125	0.125

จากตารางที่ 8.22 ปัจจัยวิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน (Heuristic) และความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง (%Select String) ในอัลกอริทึมการบรรจวบมีผลต่อคำตอบที่อย่างมีนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 8.23 ผลการวิเคราะห์เมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II

กรณีศึกษา	พารามิเตอร์	ตัวแปรตอบสนอง			
		Convergence	Spread	Ratio	CPU Time
19 ขั้นงาน	1.LS after initials	ไม่มีผล	2-opt 3-opt IP PI	ไม่มีผล	IP
	2.LS after mutation	ไม่มีผล	2-opt 3-opt IP PI	ไม่มีผล	PI
36 ขั้นงาน	1.LS after initials	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	3-Opt
	2.LS after mutation	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	IP
61 ขั้นงาน	1.LS after initials	PI กับ IP	ไม่มีผล	ไม่มีผล	PI
	2.LS after mutation	3-Opt	ไม่มีผล	ไม่มีผล	3-Opt
111 ขั้นงาน	1.LS after initials	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	IP
	2.LS after mutation	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	PI

จากตารางที่ 8.23 ปัจจัยวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร (LS after initials) และวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น (LS after mutation) ในเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II มีผลต่อคำตอบที่อย่างมีนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 8.24 ผลการวิเคราะห์อัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับเจนเนติกอัลกอริทึม

กรณีศึกษา	พารามิเตอร์	ตัวแปรตอบสนอง			
		Convergence	Spread	Ratio	CPU Time
19 ขั้นงาน	1.Heuristic	Successors	Successors	Successors	Successors
	2.%Select String	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.1
	3.%Gen NSGA-II	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	20
36 ขั้นงาน	1.Heuristic	LPT	LPT	LPT	LPT
	2.%Select String	ไม่มีผล	0.125	0.125	0.125
	3.%Gen NSGA-II	20	20	20	20
61 ขั้นงาน	1.Heuristic	Successors	Successors	Successors	Successors
	2.%Select String	0.1	0.1	0.1	0.1
	3.%Gen NSGA-II	80	80	80	80
111 ขั้นงาน	1.Heuristic	Successors	Successors	Successors	Successors
	2.%Select String	0.15	0.15	0.15	0.15
	3.%Gen NSGA-II	20	20	20	20

จากตารางที่ 8.24 ปัจจัยวิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน (Heuristic) ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง (%Select String) และจำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II (%Gen NSGA-II) ในอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับเจนเนติกอัลกอริทึมมีผลต่อคำตอบที่อย่างมีนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 8.25 ผลการวิเคราะห์อัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึม

กรณีศึกษา	พารามิเตอร์	ตัวแปรตอบสนอง			
		Convergence	Spread	Ratio	CPU Time
19 ขั้นงาน	1.Heuristic	Random Successors	Successors	Successors	Successors
	2.%Select String	0.125	0.125	0.125	0.125
	3.%Gen M-NSGA-II	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	20
	4.LS after mutation	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	IP
36 ขั้นงาน	1.Heuristic	LPT	LPT	LPT	LPT
	2.%Select String	ไม่มีผล	0.125	0.125	0.125
	3.%Gen M-NSGA-II	20 40 60 80	20 40 60 80	40 80	80
	4.LS after mutation	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	PI
61 ขั้นงาน	1.Heuristic	Successors	Successors	Successors	Successors
	2.%Select String	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.15
	3.%Gen M-NSGA-II	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	80
	4.LS after mutation	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	IP
111 ขั้นงาน	1.Heuristic	Successors	Successors	Successors	Successors
	2.%Select String	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.1
	3.%Gen M-NSGA-II	40	40	40	40
	4.LS after mutation	ไม่มีผล	ไม่มีผล	ไม่มีผล	PI

จากตารางที่ 8.25 ปัจจัยวิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน (Heuristic) ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง (%Select String) จำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II (%Gen M-NSGA-II) ในอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับแมมเมติกอัลกอริทึมมีผลต่อคำตอบ มีปัจจัยเดียวที่ไม่มีผลคือวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น (LS after mutation) อย่างมีนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้นพารามิเตอร์ในแต่อัลกอริทึมที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการวิเคราะห์ผล แยกเป็นตามจำนวนขั้นงานจะมีพารามิเตอร์ดังตารางที่ 8.26-8.29

ตารางที่ 8.26 พารามิเตอร์ที่ทำให้ค่าของตัวแปรตอบสนองเหมาะสมที่สุดในอัลกอริทึมการบรรจวบ (COIN)

ปัจจัย	ขนาดปัญหา			
	19 ขั้นงาน	36 ขั้นงาน	61 ขั้นงาน	111 ขั้นงาน
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	วิธี Greatest Number of Successors	วิธี Greatest Number of Successors	วิธี Longest Processing Time	วิธี Longest Processing Time
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	0.1	0.1	0.15	0.125

ตารางที่ 8.27 พารามิเตอร์ที่ทำให้ค่าของตัวแปรตอบสนองเหมาะสมที่สุดในเมมเมติกอัลกอริทึม (M-NSGA-II)

ปัจจัย	ขนาดปัญหา			
	19 ขั้นงาน	36 ขั้นงาน	61 ขั้นงาน	111 ขั้นงาน
1.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร	Insertion Procedure (IP)	3-Opt	Pairwise Interchange (PI)	Insertion Procedure (IP)
2.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น	Pairwise Interchange (PI)	Insertion Procedure (IP)	3-Opt	Pairwise Interchange (PI)

ตารางที่ 8.28 พารามิเตอร์ที่ทำให้ค่าของตัวแปรตอบสนองเหมาะสมที่สุดในอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับเจนเนติกอัลกอริทึม (COIN plus NSGA-II)

ปัจจัย	ขนาดปัญหา			
	19 ขั้นงาน	36 ขั้นงาน	61 ขั้นงาน	111 ขั้นงาน
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	วิธี Greatest Number of Successors	วิธี Longest Processing Time	วิธี Greatest Number of Successors	วิธี Greatest Number of Successors
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	0.1	0.125	0.1	0.15
3.จำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II	ร้อยละ 20 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง	ร้อยละ 20 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง	ร้อยละ 80 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง	ร้อยละ 20 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง

ตารางที่ 8.29 พารามิเตอร์ที่ทำให้ค่าของตัวแปรตอบสนองเหมาะสมที่สุดในอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึม (COIN plus M-NSGA-II)

ปัจจัย	ขนาดปัญหา			
	19 ขั้นงาน	36 ขั้นงาน	61 ขั้นงาน	111 ขั้นงาน
1.วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน	วิธี Greatest Number of Successors	วิธี Longest Processing Time	วิธี Greatest Number of Successors	วิธี Greatest Number of Successors
2.ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง	0.125	0.125	0.15	0.1
3.จำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II	จึงเลือกร้อยละ 20 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง	ร้อยละ 80 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง	ร้อยละ 60 รอบ ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง	ร้อยละ 40 ของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง
4.วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น	วิธี Insertion Procedure (IP)	วิธี Pairwise Interchange (PI)	วิธี Insertion Procedure (IP)	วิธี Pairwise Interchange (PI)

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8.5 สรุปผลการทดลอง

ในการทดสอบพารามิเตอร์นั้นเพื่อดูว่าพารามิเตอร์ใดที่มีผลต่ออัลกอริทึมทั้ง 4 อัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยูที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ผสมและเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นแนวทางในการนำอัลกอริทึมทั้ง 4 อัลกอริทึมไปใช้แก้ปัญหาจริงโดยใช้การทดลองแบบ Full Factorial Design จำนวน 16 การทดลองตามขนาดของปัญหาตัวอย่างทั้ง 4 ปัญหา มีปัจจัยที่พิจารณาของอัลกอริทึมทั้ง 4 อัลกอริทึมทั้งหมดคือ วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น จำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II และจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ซึ่งจำนวนทำซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2 ในแต่ละการทดลองจะเก็บข้อมูลทั้งหมด 1,376 ข้อมูล และวิเคราะห์ผลโดยใช้ ANOVA และคู่อันดับ โดยใช้ตัวแปรตอบสนองทั้งหมด 3 ตัวแปร คือ ตัวชี้วัดสมรรถนะการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution)คือ และในกรณีที่ไม่สามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จะทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้เวลาในการคำนวณที่น้อยที่สุด ในการทดสอบจะได้พารามิเตอร์ที่ให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาได้จริง