บทที่ 6
การทดลองวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างตามเทคนิคพาเรโต

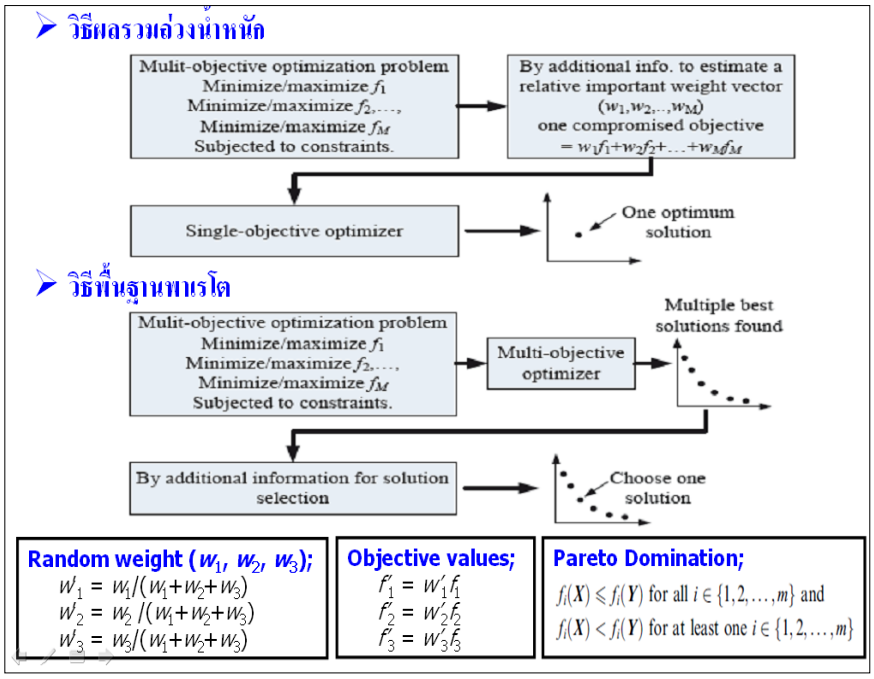
6.1 การวิเคราะห์ผลกระทบหลายจุดประสงค์ด้วยเทคนิคพาเรโต

สำหรับการหาค่าเหมาะที่สุดวัตถุประสงค์หลายอย่างจะมี 2 วิธีหลักๆ ที่ใช้ ซึ่งก็คือ วิธีผลรวมถ่วงน้ำหนัก (Weighted-sum Approach) และวิธีพื้นฐานพาเรโต (Pareto-based Approach) เนื่องจากเป็นไปไม่ได้ที่จะมีเพียงคำตอบเดียวที่ให้วัตถุประสงค์ดีที่สุดพร้อมกันทุกวัตถุประสงค์ สำหรับปัญหาวัตถุประสงค์หลายอย่าง กลุ่มคำตอบที่เหมาะสุดของปัญหานี้คือคำตอบที่ไม่ถูกครอบงำเมื่อเปรียบเทียบคำตอบทั้งหมด ซึ่งคำตอบนี้สามารถหาได้โดยวิธีแบบพาเรโตซึ่งเป็นหลักการ “การครอบงำแบบพาเรโต (Pareto Domination)” คือ คำตอบ x ใดๆ จะครอบงำหรือดีกว่าคำตอบ y ถ้าเงื่อนไขทั้งสองข้อต่อไปนี้เป็นความจริง

a) ไม่มีวัตถุประสงค์ใด ที่คำตอบ x แย่กว่าคำตอบ y
b) มีอย่างน้อย 1 วัตถุประสงค์ ที่คำตอบ x ดีกว่าคำตอบ y

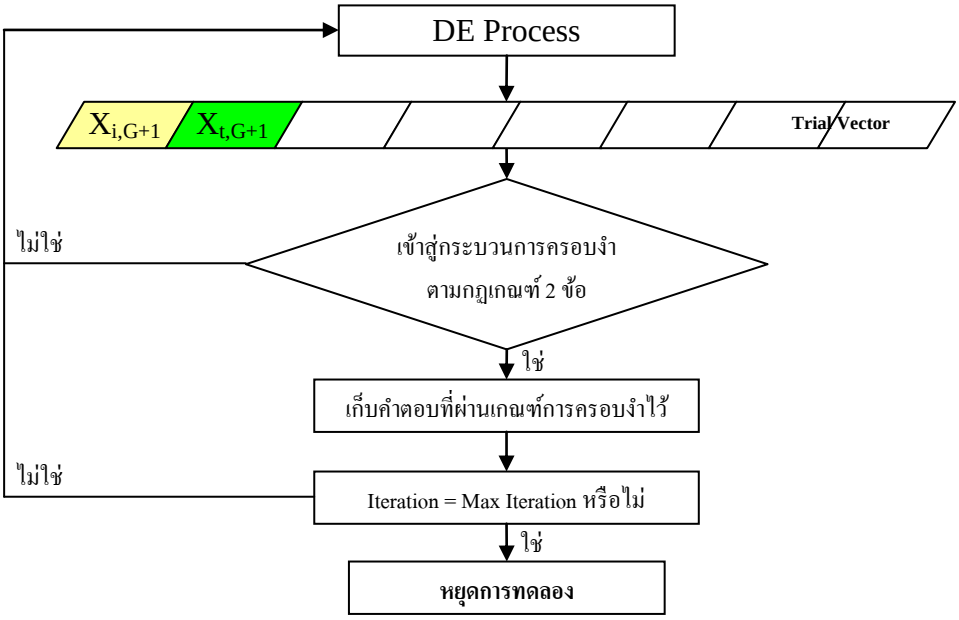
สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิคของพาเรโตเช่นกัน โดยการกำหนดน้ำหนักให้แต่ละวัตถุประสงค์ก่อน โดยค่าน้ำหนักที่ได้นั้นมาจากการสุ่มในแต่ละรอบของการคำนวณ ซึ่งหลักการที่ใช้แสดงได้ตามรูปที่ 6.1 จากนั้นก็เข้าสู่กระบวนการของการครอบงำจนได้คำตอบที่หลากหลาย แล้วนำมาทำกราฟเพื่อกำหนดขอบเขตที่ไม่มีการครอบงำ โดยขั้นตอนแสดงได้ตาม Flow Chart รูปที่ 6.2

จากรูปที่ 6.1 แต่ละรอบของการทดลองในการหาคำตอบหลายวัตถุประสงค์ อัลกอริทึมจะกำหนดให้มีการสุ่มน้ำหนักขึ้นมาเท่ากับจำนวนของวัตถุประสงค์ เช่น ในกรณีศึกษามี 3 วัตถุประสงค์ อัลกอริทึมก็จะสุ่มเลือกน้ำหนักมา 3 ค่า (w_1, w_2, w_3) จากนั้นก็จะนำค่าน้ำหนักมาคำนวณ เช่น $w'_1 = w_1/(w_1+w_2+w_3)$ ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณก็จะนำไปคูณกับฟังก์ชั่นเป้าหมาย เช่นวัตถุประสงค์ที่ 1 ($f'_1 = w'_1 * f_1$) หลักการที่ทำเช่นนี้จะทำให้ได้คำตอบของหลายวัตถุประสงค์ เป็นคำตอบเดียวที่มีการกำหนดน้ำหนักในแต่ละวัตถุประสงค์แล้ว โดยที่ค่าน้ำหนักที่ได้ก็จะนำไปใช้ในแต่ละวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในกรณีศึกษา



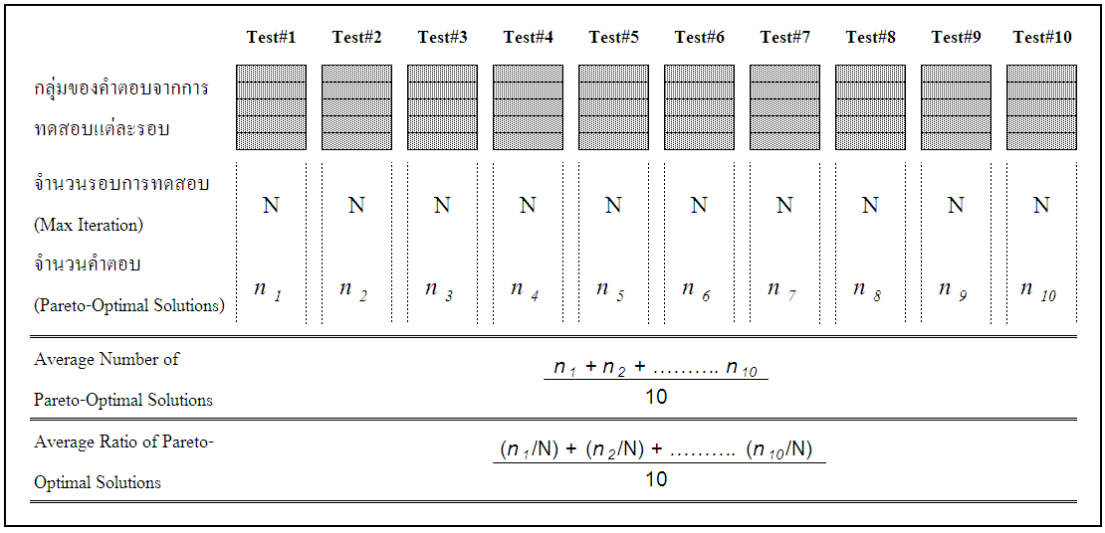
รูปที่ 6.1 แสดงหลักการสุ่มน้ำหนักแต่ละวัตถุประสงค์ของกรณีศึกษา

ที่มา : ปรับปรุงมาจาก กิตติพงศ์ (2011)



รูปที่ 6.2 แสดงขั้นตอน Flow Chart การใช้เทคนิคพาเรโต

สำหรับการหาคำตอบโดยใช้หลักการพาเรโต้ฟร้อนนั้น มักจะมีคำถามที่ตามมาคือ พาเรโตนั้นมีคุณภาพมากน้อยแค่ไหน การเปรียบเทียบผลที่ได้จากอัลกอริทึมแต่ละตัวนั้น พาเรโตฟร้อนตัวไหนที่ให้คุณภาพที่ดีกว่ากัน ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่พยายามจะทำการเปรียบเทียบคุณภาพของพาเรโตฟร้อน โดยจะทำการเปรียบเทียบ 2 ค่า คือ 1) จำนวนของคำตอบเฉลี่ยที่ได้จากการครอบงำด้วยเทคนิคพาเรโตฟร้อน (Average Number of Pareto-Optimal Solutions) และ 2) จำนวนสัดส่วนของคำตอบเฉลี่ยที่ได้จากการครอบงำด้วยเทคนิคพาเรโตฟร้อน (Average Ratio of Pareto-Optimal Solutions) โดยที่วิธีการในการคำนวณนั้นได้แสดงไว้ดังรูปที่ 6.3



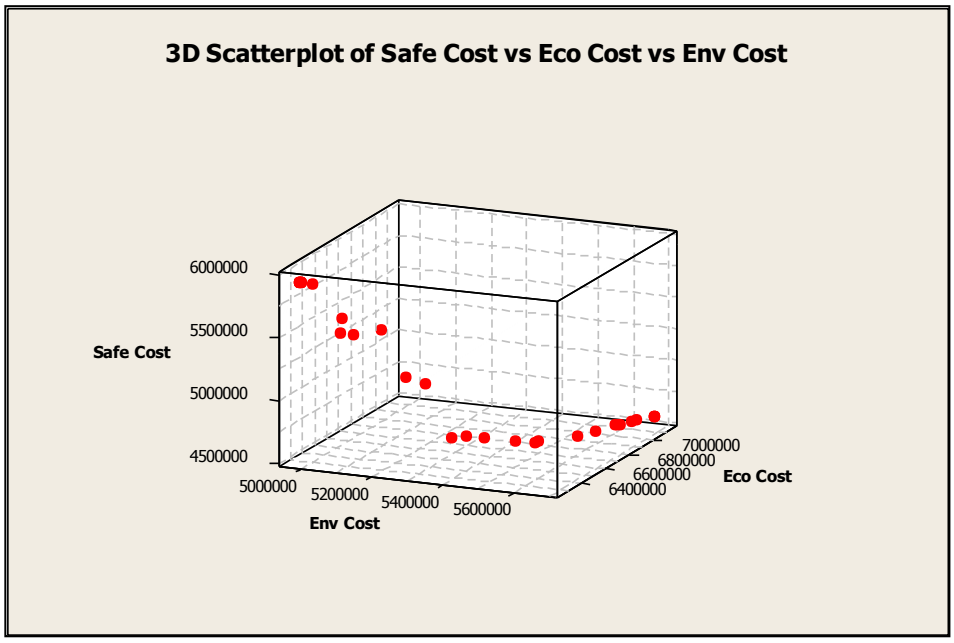
รูปที่ 6.3 แสดงวิธีการเปรียบเทียบคุณภาพพาเรโตฟร้อนของกรณีศึกษา

ที่มา : ปรับปรุงมาจาก Altiparmak และคณะ (2006)

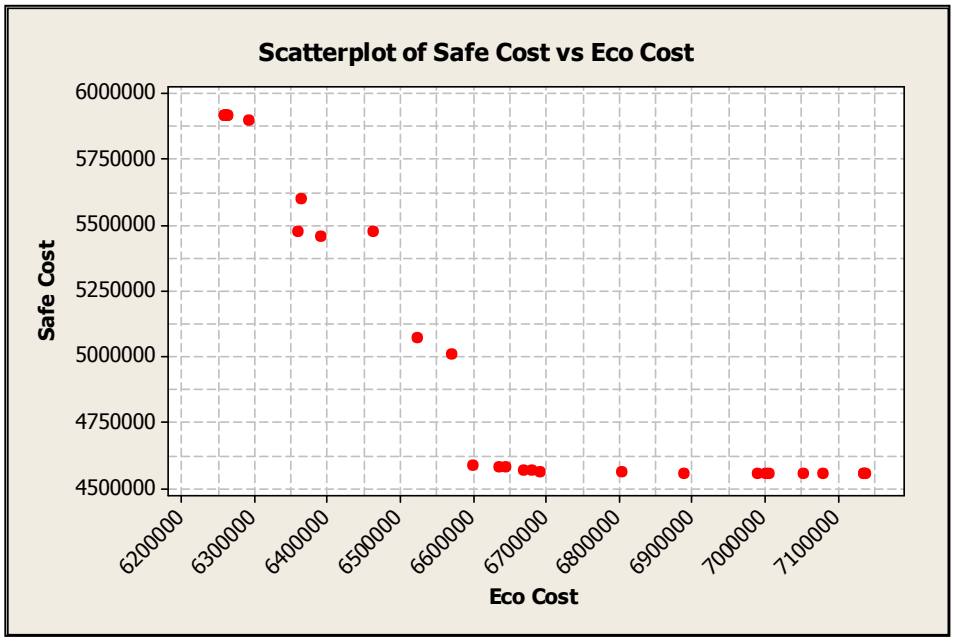
6.2 ผลการทดลองจากเทคนิคพาเรโต

จากกราฟที่ได้จากรูปที่ 6.4 สรุปได้ว่าวัตถุประสงค์ในด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้แปรผันตรงกับผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม นั้นคือเมื่อวัตถุประสงค์ในด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มีค่าที่สูงขึ้นจะทำให้วัตถุประสงค์ด้านผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นไปด้วยเช่นกัน ผลกระทบในด้านความเสี่ยงด้านความปลอดภัยนั้นมีความแตกต่างออกไป คือ วัตถุประสงค์ในด้านความคุ้มค่าทาง

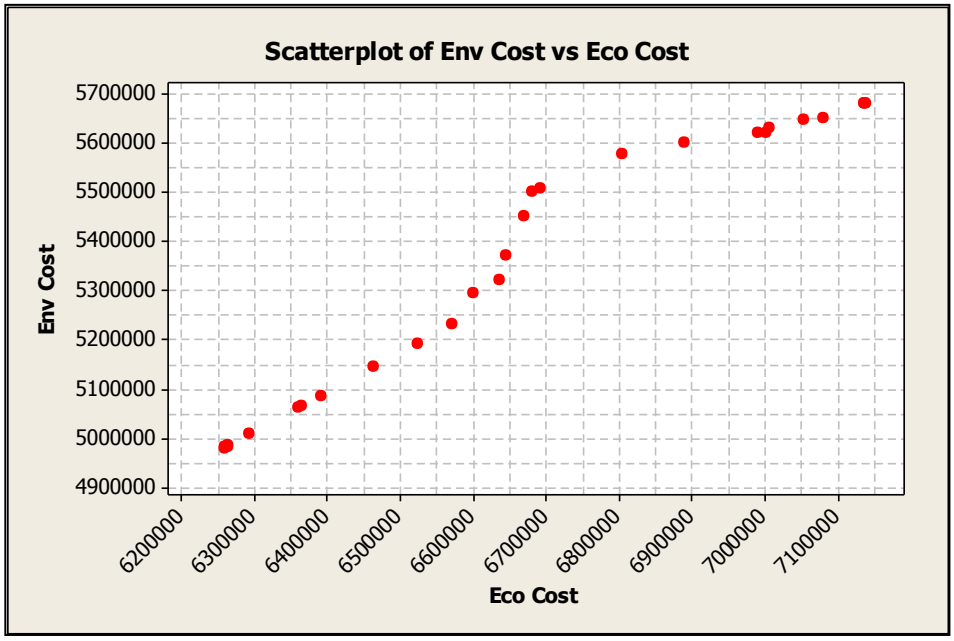
เศรษฐศาสตร์และผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมมีค่าสูงขึ้น ส่วนผลกระทบในด้านความเสี่ยงด้านความปลอดภัยก็จะลดลง ซึ่งสามารถดูได้จากกราฟที่แสดงดังรูปที่ 6.5 และ 6.6 ตามลำดับ



รูปที่ 6.4 แสดงพาเรโตฟร้อนการหาค่าเหมาะสมที่สุดของปัญหาหลายจุดประสงค์



รูปที่ 6.5 แสดงพาเรโตฟร้อนเปรียบเทียบ SAFE กับ ECO



รูปที่ 6.6 แสดงพาเรโตฟร้อนเปรียบเทียบ ENV กับ ECO

จากตารางที่ 6.1 เป็นผลที่ได้จากเปรียบเทียบคุณภาพของการทำพาเรโตของแต่ละอัลกอริทึม ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองปรากฏว่าอัลกอริทึมของ DE-PSO มีคุณภาพสูงที่สุดในบรรดาอัลกอริทึมทั้งหมดที่ทำการพัฒนาขึ้นมา โดยดูได้จากค่าสัดส่วนของคำตอบเฉลี่ยที่ได้จากการครอบงำด้วยเทคนิคพาเรโตที่อยู่ประมาณ 0.45 นั้นหมายความว่า DE-PSO มีโอกาสถึง 45% ที่สามารถหาคำตอบที่มีคุณภาพได้จากการทำเทคนิคพาเรโตฟร้อน ซึ่งสูงกว่า DE-STD ที่มีโอกาสแค่ 37% และ DE-MOD ที่มีโอกาสแค่ 32% ตามลำดับ นั้นหมายความว่ากราฟที่ได้จากรูปที่ 6.4 นั้นจะเป็นพาเรโตฟร้อนเฉพาะของอัลกอริทึม DE-PSO เท่านั้น เนื่องจากเป็นพาเรโตที่มีการครอบงำทั้งพาเรโตที่ได้จาก DE-STD และ DE-MOD นั้นเอง

ผู้วิจัยค้นพบว่าการทำพาเรโตนั้น ช่วยให้ผู้ที่ทำการตัดสินใจมีทางเลือกในการตัดสินใจที่มากขึ้น เนื่องจากในปัญหาหลายจุดประสงค์นั้น โอกาสที่ทุกจุดประสงค์จะดีที่สุดนั้นเป็นไปได้ยากมากในความเป็นจริง ดังนั้นในบางครั้งจึงมีการกำหนดน้ำหนักให้ความสำคัญในบางจุดประสงค์แล้วแต่ละบุคคลจะเลือกไปใช้งานหรือให้ความสำคัญ หรือขึ้นกับปัจจัยบางอย่างที่จำเป็นต้องหลีกเลี่ยงเป็นต้น

ตารางที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณภาพพาเรโตของแต่ละอัลกอริทึม

Algorithms	Iteration	Pareto-Optimal										Average Number of Pareto-Optimal Solutions	Average Ratio of Pareto-Optimal Solutions
		T#1	T#2	T#3	T#4	T#5	T#6	T#7	T#8	T#9	T#10		
DE-STD	200	77	70	69	75	72	70	77	80	79	78	74.7	0.37
DE-MOD	200	65	60	62	68	70	64	60	63	66	62	64.0	0.32
DE-PSO	200	94	90	93	95	89	85	92	93	86	89	90.6	0.45

ผลจากการเปลี่ยนน้ำหนักของวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยได้พบว่าเมื่อให้น้ำหนักกับวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐศาสตร์และด้านสิ่งแวดล้อมจำนวนมากๆ โรงงานเอทานอลมีแนวโน้มที่จะเปิดรับวัตถุดิบทั้งชานอ้อยและกากมันจำนวนหลายโรงงาน เนื่องจากหากไม่คำนึงความเสี่ยงในการขนส่งแล้ว จะพบว่าปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายคือระยะทางในการขนส่งวัตถุดิบ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเปิดหลายๆ โรงงานให้เกิดระยะทางการขนส่งที่สั้นๆ ส่วนด้านสิ่งแวดล้อมหากโรงงานเอทานอลเปิดจำนวนมากๆ ก็จะทำให้เกิดการใช้วัตถุดิบทั้งชานอ้อยและกากมันจำนวนมาก ซึ่งก็จะไปลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงด้วยเช่นกัน

สำหรับการเพิ่มน้ำหนักให้กับวัตถุประสงค์ในด้านความเสี่ยง ผู้วิจัยพบว่าจะมีผลที่แตกต่างกันโดยสิ้นเชิงกับทั้งสองวัตถุประสงค์ด้านบน ซึ่งสังเกตได้จากกราฟในรูปที่ 6.5 และ 6.6 ที่สวนทางกันอย่างเห็นได้ชัด จะพบว่าหากให้ความสำคัญกับความเสี่ยงในการรั่วไหลแล้ว จำนวนโรงงานงานเอทานอลที่เลือกให้เปิดก็จะมีจำนวนลดน้อยลง รวมทั้งโรงงานเอทานอลที่เลือกให้เปิดก็จะเน้นไปยังพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ต่ำๆ การส่งมอบเอทานอลจากโรงงานเอทานอลไปยังคลังน้ำมันก็เช่นกัน ก็จะเลือกเส้นทางที่มีความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ต่ำเพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงจากการรั่วไหล ดังนั้นในการหาคำตอบของปัญหาหลายจุดประสงค์ก็จะมีคำตอบได้มากกว่าหนึ่งคำตอบเสมอขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ของแต่ละบุคคล รวมทั้งขึ้นอยู่กับปัจจัย ข้อจำกัดต่างๆ ที่จะนำมาใช้ประกอบในการตัดสินใจในแต่ละช่วงเวลาด้วย