บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กล่าวนำ

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาและพัฒนาวิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุด (Optimization) โดยวิธีฝูงมด (Ant Colony) ในการแก้ปัญหาการคัดเลือกชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ (Component) ที่มีอัตราผลผลิต สูงที่สุด โดยที่คู่ค้าสำหรับชิ้นส่วนประกอบหลัก จะต้องเป็นคู่ค้าที่ถูกประเมินผลจากโรงงานผู้ผลิตในเกณฑ์ดีเยี่ยมหรือ (Grade A) ภายใต้เงื่อนไขการควบคุมราคาต้นทุนต่อหน่วย

เนื่องจากวิธีการค้นหาค่าที่เหมาะสม (Optimization Methods) ได้ถูกนำเสนอมาหลายวิธี โดยเฉพาะวิธีการทางปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligence : AI) เช่น วิธีการค้นหาแบบโลคอล (Local Search : LS) วิธีจีนเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm : GA) และ วิธีการค้นหาแบบตาบู (Tabu Search : TS) ซึ่งจะเห็นได้ว่าแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไปตามแต่ปัญหาที่ต้องการค้นหาคำตอบ วิธีการค้นหาที่ผู้วิจัยจะนำเสนอสำหรับปัญหานี้เป็นวิธีการค้นหาที่เพิ่งถูกนำมาใช้ในการค้นหาค่าที่เหมาะสมเมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมา คือ วิธีฝูงมด (Ant Colony Optimization: ACO) โดยทั่วไปแล้ววิธีฝูงมด มีลักษณะการค้นหาคล้ายคลึงกับวิธีการค้นหาวิธีการอื่นๆ ตรงที่ในการค้นหาแต่ละครั้ง ซึ่งเริ่มจากการกำหนดหรือสุ่มคำตอบเริ่มต้นจากคำตอบที่เป็นไปได้และพยายามค้นหาคำตอบที่ดีกว่า ส่วนข้อแตกต่างของวิธีฝูงมดนั้นมีคุณลักษณะเด่นที่สำคัญ คือ การกำหนดหรือสุ่มคำตอบหลายคำตอบโดยอาศัยความน่าจะเป็น (Probability) พร้อมทั้งทำการค้นหาคำตอบแบบขนาน (Parallel) การดำเนินการลักษณะนี้ ทำให้ค้นหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ทางผู้วิจัยได้นำเสนอการพัฒนาอัลกอริทึมของวิธีฝูงมด เนื่องจากข้อด้อยของวิธีฝูงมด คือ มดทั้งหมดอยู่ตำแหน่งเดียวกัน ทำให้การค้นหาคำตอบได้คำตอบเดียวกันทุกตัว และไม่สามารถหาคำตอบอื่นๆ ได้อีก เรียกว่าการติดอยู่ในคำตอบเฉพาะถิ่น (Local Search) ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการปรับปรุงสมรรถนะของวิธีฝูงมด โดยการเพิ่มขบวนการเข้าไปในขั้นตอนของวิธีฝูงมดเดิม นั่นคือ ขบวนการค้นหาบริเวณรอบ ๆ (Neighborhood Search) และขบวนการเริ่มต้นใหม่ (Re-Initialization) ดังจะอธิบายรายละเอียดในบทถัดไป

เพื่อให้เห็นประสิทธิภาพความแม่นยำและรวดเร็วของอัลกอริทึม ทางผู้วิจัยจึงได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาค่าเหมาะสมของวิธีการฝูงมดและฝูงมดปรับปรุงกับวิธีการอื่นๆ ได้แก่ วิธีจีนเนติกอัลกอริทึม และวิธีค้นหาแบบตาบู โดยวัดจากเวลาในการค้นหาและความถูกต้องในการหาแต่ละครั้ง และสามารถเป็นแนวทางในคัดเลือกวัตถุดิบมาใช้ในกระบวนการผลิตมาใช้ได้อย่างเหมาะสม

3.2 การแก้ปัญหาการคัดเลือกชิ้นส่วนประกอบที่เหมาะสมของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์

จากที่ได้กล่าวนำในข้างต้น งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการหาค่าเหมาะสมโดยได้นำไปในการแก้ปัญหาการคัดเลือกชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ (Component) ที่มีอัตราผลผลิตสูงที่สุด โดยที่คู่ค้าสำหรับชิ้นส่วนประกอบหลัก จะต้องเป็นคู่ค้าที่ถูกประเมินผลจากโรงงานผู้ผลิตในเกณฑ์ดีเยี่ยมหรือ (Grade A) ภายใต้เงื่อนไขการควบคุมราคาต้นทุนต่อหน่วย ดังจะกล่าวถึงวิธีการดังต่อไปนี้

3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการวิจัย

จากปัญหาที่เราทำการวิจัยดังที่ได้กล่าวไปแล้วในข้างต้น ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาการวิจัย ได้แก่

1) จำนวนชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์หลักที่มีราคาต้นทุนสูง และเลือกผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ต้นแบบซึ่งมีชิ้นส่วนประกอบอย่างละ 1 ชิ้น ที่ถูกประกอบเป็น ฮาร์ดดิสก์ 1 ตัว ซึ่งเรียกว่า ระบบอนุกรม (Series System) โดยสามารถกำหนดปัญหา (Formulate) เป็นแบบ Nonlinear Binary Integer Programming problem และมีคุณลักษณะเป็นแบบเอ็นพี (NP-hard problem) มาใช้ในการแก้ปัญหาและหาคำตอบ เพื่อเป็นต้นแบบในการศึกษาปรับปรุงและพัฒนาการแก้ปัญหาด้วยวิธีการหาค่าเหมาะสมแบบฮิวรีสติก (Heuristic) หรือนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมในอนาคต

2) ค่าอัตราผลผลิต หรือ ยิวด์ (Yield) ของชิ้นส่วนประกอบสำหรับแต่ละคู่ค้า จะถูกเก็บและรวบรวมข้อมูลที่ได้หลังจากการผ่านกระบวนการผลิต และวิศวกรได้ทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานนั้นๆ เกิดจากข้อพร่องของชิ้นส่วนประกอบใดของฮาร์ดดิสก์ และเกิดจากคู่ค้าใด ในที่นี้เราจะพิจารณาเฉพาะค่าอัตราผลผลิตที่มีข้อบกพร่องเกิดจากคุณภาพของชิ้นส่วนประกอบเท่านั้น ซึ่งจะไม่รวมถึงความผิดพลาดในกระบวนการ, เครื่องจักร, และแรงงาน

3) ราคาต้นทุนชิ้นส่วนประกอบสำหรับแต่ละคู่ค้า และราคาต้นทุนรวมของชิ้นส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ 1 ตัวหรืองบประมาณ

4) การประเมินผลคู่ค้า ซึ่งพิจารณาจากคุณสมบัติและความสามารถในด้านต่างๆ ของคู่ค้า ได้แก่ ระยะเวลาในการสั่งซื้อและส่งมอบสินค้า การให้เครดิตทางด้านการเงิน ราคา คุณภาพ (รวมถึงการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องในการผลิต) ความสามารถในการผลิต การขนส่ง ซึ่งการประเมินผลอาจแตกต่างกันไปตามกลยุทธ์ที่ใช้ของแต่ละโรงงานผู้ผลิต สามารถอ้างอิงการประเมินผลจาก [15]

เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหานี้เป็นข้อมูลที่เป็นความลับของโรงงานผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ ซึ่งมีอาจผลกระทบในด้านการแข่งขันทางการตลาดกับบริษัทคู่แข่ง ดังนั้น ทางผู้วิจัยไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลจริงได้ จึงจำเป็นต้องศึกษาและปรับเปลี่ยนค่าตามสัดส่วนที่เหมาะสม

3.2.2 **สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์**

เป้าหมายของปัญหานี้ คือ การคัดเลือกคู่ค้าของชิ้นส่วนประกอบที่เหมาะสมที่สุดมาใช้ในกระบวนการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์ให้ได้ค่าอัตราผลผลิต มากที่สุดภายใต้งบประมาณหรือต้นทุนของราคาชิ้นส่วนประกอบรวมที่ต้องการควบคุม เนื่องจากจำนวนคู่ค้าของชิ้นส่วนประกอบในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์มีจำนวนมากและในหนึ่งผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ประกอบไปด้วยหลาย ดังนั้นค่า ขอบเขตการค้นหา (Search Space) ของการแก้ปัญหาค่าเหมาะสมของอัตราผลผลิตของฮาร์ดดิสก์จึงมีขนาดใหญ่ด้วยเช่นกัน ด้วยเหตุนี้ เราจึงประยุกต์ใช้ ACO ในการแก้ปัญหา เพื่อหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพภายในเวลาในการค้นหาคำตอบ (Computation time) ที่เหมาะสม ในหัวข้อนี้จะอธิบายการแปลงโจทย์ปัญหาดังกล่าว ให้ออกมาในภาพของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยการประยุกต์ใช้วิธีการหาค่าเหมาะสมแบบต่างๆ เพื่อ ให้ได้วิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

3.2.3 **เขียนอัลกอริทึมสำหรับวิธีการหาค่าเหมาะสม**

ในวิจัยนี้ได้ศึกษาและนำเสนอวิธีการหาค่าเหมาะสมวิธีการฝูงมด ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบฮิวรีสติก (Heuristic) โดยอาศัยการเลียนแบบพฤติกรรมการหาอาหารของฝูงมดและพัฒนาอัลกอริทึม เรียกว่า วิธี “ฝูงมดปรับปรุง” ให้มีประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ทางผู้วิจัยได้ศึกษาและนำเสนอวิธีการหาค่าเหมาะสม อื่นๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบให้เห็นผลการปรับปรุงวิธีการหาค่าเหมาะสมโดยวิธีฝูงมดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งได้แก่ วิธีการจีนเนติก

อัลกอริทึม และการค้นหาแบบตาบู ดังจะอธิบายขั้นตอนการทำงานของอัลกอลึทึมในแต่ละวิธีการดังต่อไปนี้

3.2.3.1 **การแก้ปัญหาด้วยวิธีจีนเนติกอัลกอริทึม**

ระเบียบวิธีการดำเนินการวิธีจีนเนติกอัลกอริทึม แสดงไว้ในภาพที่ 3.1 ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างประชากรเริ่มต้นในรูปของโครโมโซม (ชุดคำตอบ หรือ Configuration) โดยการสุ่มเลือกจากประชากรต้นแบบ (ข้อมูลทั้งหมด) ดังนั้น รูปแบบของโครโมโซมจะขึ้นอยู่กับ จำนวนชิ้นส่วนประกอบและจำนวนบิต

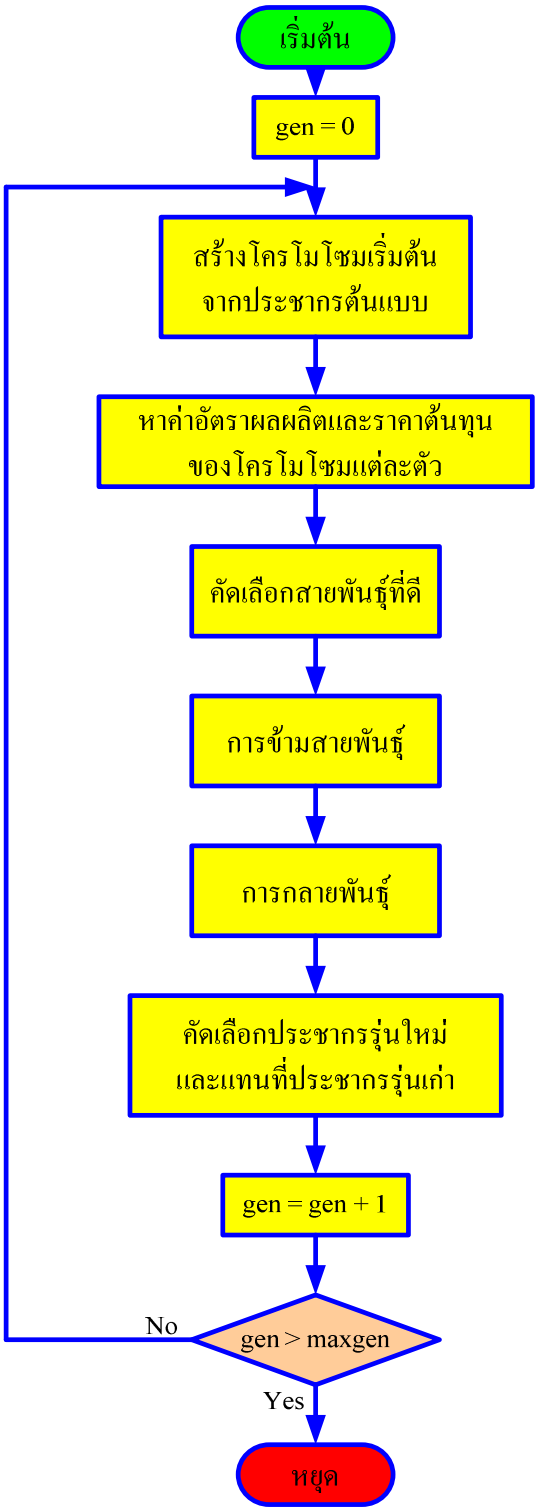
ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์หาค่าฟังก์ชั่นความเหมาะสม ของแต่ละโครโมโซม ในที่นี้คือค่าอัตราผลผลิต หรืออัตราผลผลิตของผลิตภัณฑ์ และหาราคาต้นทุนรวมด้วย

ขั้นตอนที่ 3 การคัดเลือก (Re-Production) อ้างอิงจากค่าฟังก์ชั่นความเหมาะสม โดยพิจารณาว่าโครโมโซมใด (ค่าอัตราผลผลิต) มีค่าฟังก์ชั่นความเหมาะสมที่ดี จะถูกกำหนดน้ำหนักความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือกแต่ละครั้งสูง

ขั้นตอนที่ 4 การข้ามสายพันธุ์ (Crossover) ทำโดยการกำหนดค่าสุ่มให้แก่โครโมโซมที่ถูกเลือกมาทั้งหมด โครโมโซมใดที่มีค่าสุ่มน้อยกว่าความน่าจะเป็นในการข้ามสายพันธุ์จะถูกนำไปจับคู่เป็นโครโมโซมพ่อแม่ แล้วมีการแลกเปลี่ยนบางส่วนของโครโมโซมทั้งสองเพื่อสร้างโครโมโซมรุ่นลูก

ขั้นตอนที่ 5 การกลายพันธุ์ (Mutation) ทำโดยการเปลี่ยนค่าของโครโมโซมบางตำแหน่งเป็นค่าใหม่ในตำแหน่งที่สุ่มได้ ตามอัตราความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์

ขั้นตอนที่ 6 แทนที่ประชากร (Replacement) ประชากรรุ่นใหม่ เป็นชุดโครโมโซมลูกที่เกิดจากขั้นตอนวิวัฒนาการต่างๆ ข้างต้น จะถูกนำไปแทนที่ประชากรรุ่นก่อนหน้านี้ และถูกนำไปเข้ากระบวนการวิวัฒนาการใหม่ โดยกระบวนการต่างๆ จะถูกปฏิบัติซ้ำๆ จนกระทั่งถึงรุ่นที่ต้องการ



ภาพที่ 3.1

ขั้นตอนการดำเนินงานของวิธีจีนเนติกอัลกอริทึม

3.2.3.2 **การแก้ปัญหาด้วยวิธีการค้นหาแบบตาบู**

ระเบียบวิธีการดำเนินการของวิธีการค้นหาแบบตาบู แสดงไว้ในภาพที่ 3.2 ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 สุ่มคำตอบเริ่มต้น s_0 จากขอบเขตคำตอบที่เป็นไปได้ S กำหนดให้คำตอบเริ่มต้นเป็นคำตอบที่ดีที่สุด $s_{best} = s_0$ และกำหนดรอบในการค้นหา Iteration = 0

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าความเหมาะสมของ s_{best} นั่นคือ $c_{best} = f(s_{best})$ เมื่อ f คือ ฟังก์ชั่นหาค่าอัตราผลผลิต พร้อมทั้งหาค่าราคาต้นทุนรวม โดยปกติแล้วจะใช้ในการตรวจสอบว่าคำตอบที่มีอยู่สอดคล้องกับเงื่อนไขหรือไม่

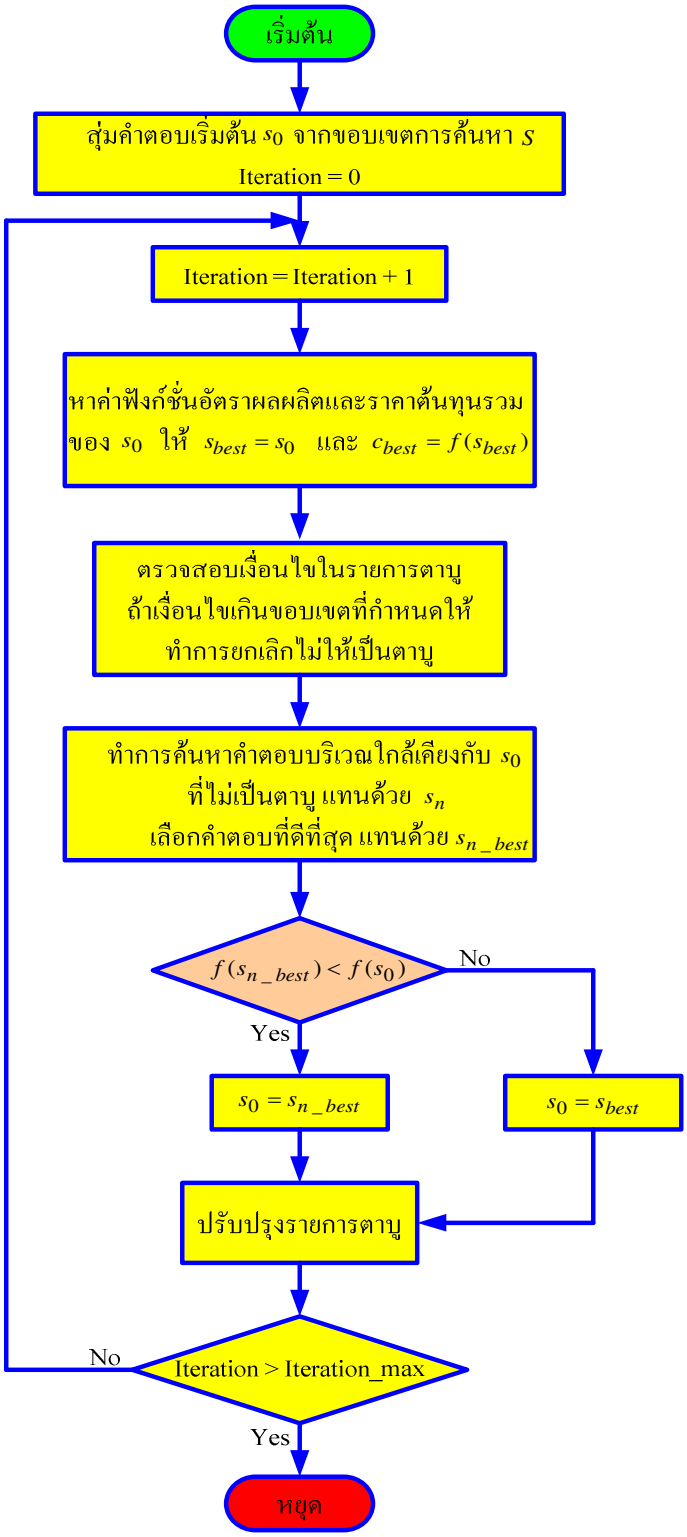
ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบรายการตาบู ซึ่งเป็นรายการที่เก็บคำตอบและข้อมูลกระบวนการค้นหาในอดีต หลักการทั่วไปในการออกแบบรายการตาบู จะขึ้นอยู่กับแต่ละปัญหาที่แตกต่างกันออกไป แต่หลักการที่ใช้ในรายงานนี้ เป็นการออกแบบให้รายการตาบู เก็บคำตอบที่เคยค้นหามาได้และข้อมูลการดำเนินการค้นหาในอดีต เก็บเงื่อนไขของ ความถี่ (Frequency) ของการดำเนินการในทิศทางใด ๆ และเก็บเงื่อนไขของ ความคงอยู่ (Regency) เป็นสิ่งที่บอกว่าทิศทางนั้นๆ ต้องห้ามดำเนินการมานานเท่าใดแล้ว ซึ่งค่านี้จะนำไปรวมกับค่าฟังก์ชั่นหาค่าอัตราผลผลิต เพื่อเป็นเงื่อนไขการหลุดออกจากคำตอบเหมาะสมที่สุดเฉพาะถิ่น

ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการค้นหาคำตอบโดยเริ่มจาก s_0 และในบริเวณรอบ ๆ ของ s_0 โดยการกำหนดให้บริเวณรอบๆ s_0 แทนด้วย s_n ขอบเขตจะขึ้นอยู่กับการกำหนดของผู้ดำเนินการ และ s_n จะต้องไม่เป็นตาบู หมายถึงสามารถเป็นคำตอบได้

ขั้นตอนที่ 5 จาก s_n คำนวณหาค่าฟังก์ชั่นหาค่าอัตราผลผลิตของสมาชิกแต่ละตัวของ s_n แล้วเลือกสมาชิกที่มีค่าฟังก์ชั่นหาค่าอัตราผลผลิตที่เหมาะสมที่สุด โดยกำหนดให้เป็น s_{n_best} และค่าฟังก์ชั่นหาค่าอัตราผลผลิตของ s_n ต้องดีกว่าค่าฟังก์ชั่นหาค่าอัตราผลผลิตของ s_0

ขั้นตอนที่ 6 ทำการย้ายตำแหน่ง โดยการกำหนดให้ $s_0 = s_{n_best}$ แล้วปรับปรุงรายการตาบู ให้เป็นปัจจุบัน และเพิ่มจำนวนครั้งในการค้นหาที่ผ่านมาแล้ว ถ้ายังไม่ได้คำตอบ ก็ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ใหม่

ขั้นตอนที่ 7 เมื่อทำการค้นหาเท่ากับจำนวนครั้งที่กำหนด หรือได้ค่าความผิดพลาดน้อยกว่าที่กำหนด เป็นเงื่อนไขในการหยุดดำเนินการ ถ้าไม่มีสมาชิกใดๆ ของ s_n ที่ให้ค่าฟังก์ชั่นหาค่าอัตราผลผลิตที่ดีกว่าค่าฟังก์ชั่นหาค่าอัตราผลผลิตของ s_0 ก็กำหนดให้ s_{best} เป็นคำตอบ



ภาพที่ 3.2

ผังการทำงานของวิธีการค้นหาแบบตาบู

3.2.3.3 การแก้ปัญหาด้วยวิธีฝูงมด

ในงานวิจัยนี้ได้นำวิธการหาค่าเหมาะสมที่สุดโดยวิธีการฝูงมดมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา อัลกอริทึมที่ใช้ถูกเขียนขึ้นด้วยโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ ระเบียบขั้นตอนของวิธีพฤติกรรมฝูงมด แสดงในภาพที่ 3.3 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้นกำหนดให้มดฝูงแรกในการค้นหา $NC = 0$ และจำนวนมด (m) ในหนึ่งฝูง พร้อมทั้งกำหนดให้ฟีโรโมนเริ่มต้น $\tau(0) = \tau_0$ และ อัตราการเพิ่มของฟีโรโมน $\Delta\tau = 0$

ขั้นตอนที่ 2 ให้มดทุกตัวของฝูงแรก หาคำตอบที่เป็นได้โดยใช้วิธีการสุ่ม แทนด้วย

$$S(0) = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 & \cdots & s_{m-1} & s_m \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

พร้อมทั้งคำนวณค่าฟังก์ชั่นอัตราผลผลิตของแต่ละคำตอบ แทนด้วย

$$F(0) = \begin{bmatrix} f(s_1) & f(s_2) & \cdots & f(s_{m-1}) & f(s_m) \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

และเลือกคำตอบที่มีค่าฟังก์ชั่นอัตราผลผลิตเหมาะสมดีที่สุด เป็นคำตอบที่ดีที่สุด $s_{best}(0) = s_{k_best}$

ขั้นตอนที่ 3 หาอัตราการเพิ่มของฟีโรโมน $\Delta\tau$ ของแต่ละเส้นทาง พร้อมทั้งปรับปรุงค่าฟีโรโมน τ ของแต่ละเส้นทาง โดยใช้สมการที่ (2.2)

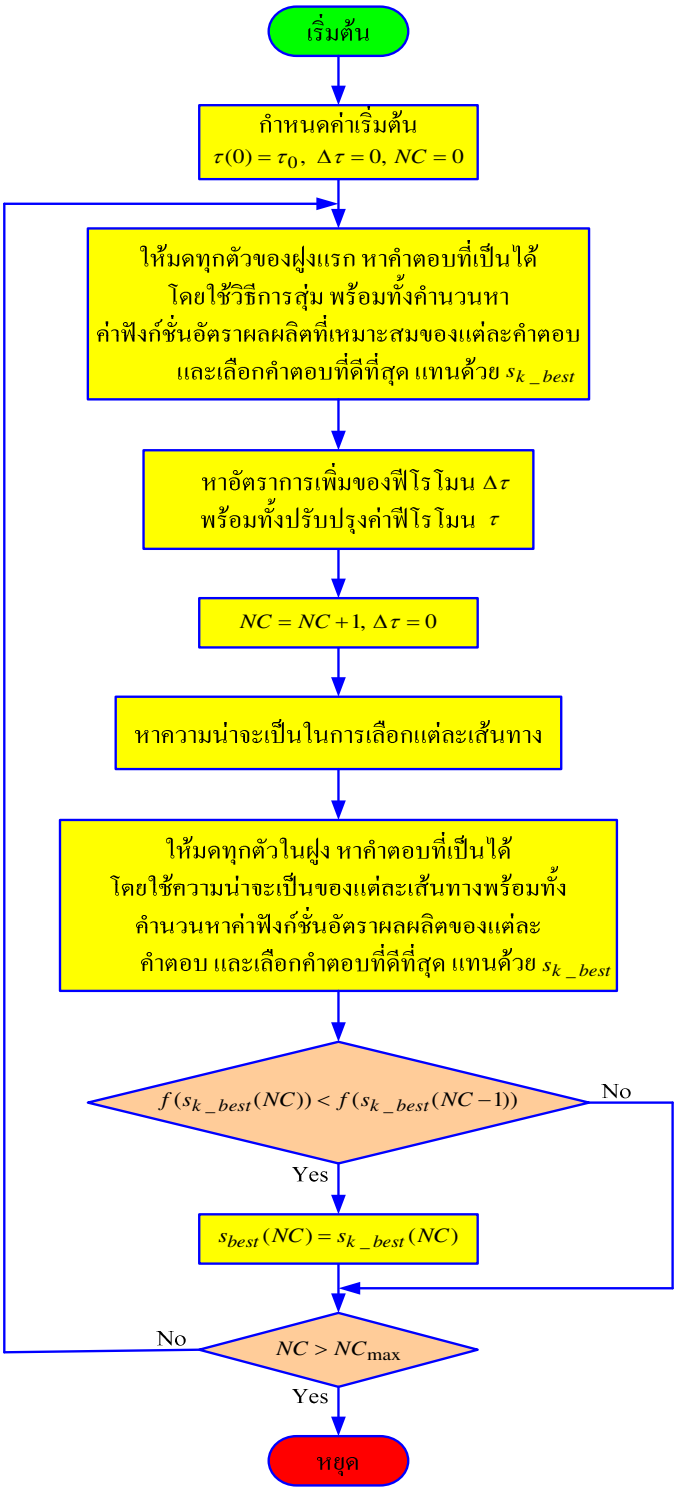
ขั้นตอนที่ 4 กำหนดให้มดฝูงต่อมาในการค้นหา $NC = NC + 1$ และอัตราการเพิ่มของฟีโรโมน $\Delta\tau = 0$

ขั้นตอนที่ 5 หาความน่าจะเป็นในการเลือกของแต่ละเส้นทางโดยใช้สมการที่ (2.1)

ขั้นตอนที่ 6 ให้มดทุกตัวของฝูงค้นหาหาคำตอบที่เป็นได้โดยใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกเส้นทางที่ได้จากสมการที่ (2.1) พร้อมทั้งคำนวนค่าฟังก์ชั่นความเหมาะสมของแต่ละคำตอบ และเลือกคำตอบที่มีค่าฟังก์ชั่นความเหมาะสมดีที่สุด เป็นคำตอบที่ดีที่สุด $s_{k_best}(NC)$

ขั้นตอนที่ 7 ตรวจสอบว่า ถ้า $f(s_{k_best}(NC)) < f(s_{k_best}(NC-1))$ กำหนดให้ $s_{best}(NC) = s_{k_best}(NC)$

ขั้นตอนที่ 8 ตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด ถ้าไม่ถึงเงื่อนไขการหยุดให้ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2



ภาพที่ 3.3

ผังการไหลของวิธีฝูงมด

3.2.3.4 วิธีฝูงมดปรับปรุง

ในที่นี้ทางผู้วิจัยได้นำเสนอการปรับปรุงวิธีฝูงมด เนื่องจากข้อด้อยของวิธีฝูงมด คือ มดทั้งหมดอยู่ตำแหน่งเดียวกัน ทำให้การค้นหาคำตอบได้คำตอบเดียวกันทุกตัว และไม่สามารถหาคำตอบอื่น ๆ ได้อีก เรียกว่าการติดอยู่ในคำตอบเฉพาะถิ่น (Local Search) ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการปรับปรุงสมรรถนะของวิธีฝูงมด โดยการเพิ่มขบวนการเข้าไปในขั้นตอนของวิธีฝูงมดเดิม นั่นคือ ขบวนการค้นหาบริเวณรอบ ๆ (Neighborhood Search) และ ขบวนการเริ่มต้นใหม่ (Re-Initialization) ดังจะอธิบายรายละเอียดในบทถัดไป สำหรับระเบียบขั้นตอนของวิธีพฤติกรรมฝูงมดปรับปรุง แสดงในภาพที่ 3.4 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้นกำหนดให้มดฝูงแรกในการค้นหา $NC = 0$ และจำนวนมด (m) ในหนึ่งฝูง พร้อมทั้งกำหนดให้ฟีโรโมนเริ่มต้น $\tau(0) = \tau_0$ และ อัตราการเพิ่มของฟีโรโมน $\Delta\tau = 0$

ขั้นตอนที่ 2 ให้มดทุกตัวของฝูงแรก หาคำตอบที่เป็นได้โดยใช้วิธีการสุ่ม แทนด้วย

$$S(0) = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 & \cdots & s_{m-1} & s_m \end{bmatrix} \tag{3.3}$$

พร้อมทั้งคำนวณค่าฟังก์ชั่นอัตราผลผลิตของแต่ละคำตอบ แทนด้วย

$$F(0) = \begin{bmatrix} f(s_1) & f(s_2) & \cdots & f(s_{m-1}) & f(s_m) \end{bmatrix} \tag{3.4}$$

และเลือกคำตอบที่มีค่าฟังก์ชั่นอัตราผลผลิตเหมาะสมดีที่สุด เป็นคำตอบที่ดีที่สุด $s_{best}(0) = s_{k_best}$

ขั้นตอนที่ 3 ประยุกต์ใช้ขบวนการค้นหาบริเวณรอบๆ (Neighborhood search) ของคำตอบ

ขั้นตอนที่ 4 หาอัตราการเพิ่มของฟีโรโมน $\Delta\tau$ ของแต่ละเส้นทาง พร้อมทั้งปรับปรุงค่าฟีโรโมน τ ของแต่ละเส้นทาง โดยใช้สมการที่ (2.2)

ขั้นตอนที่ 5 กำหนดให้มดฝูงต่อมาในการค้นหา $NC = NC + 1$ และอัตราการเพิ่มของฟีโรโมน $\Delta\tau = 0$

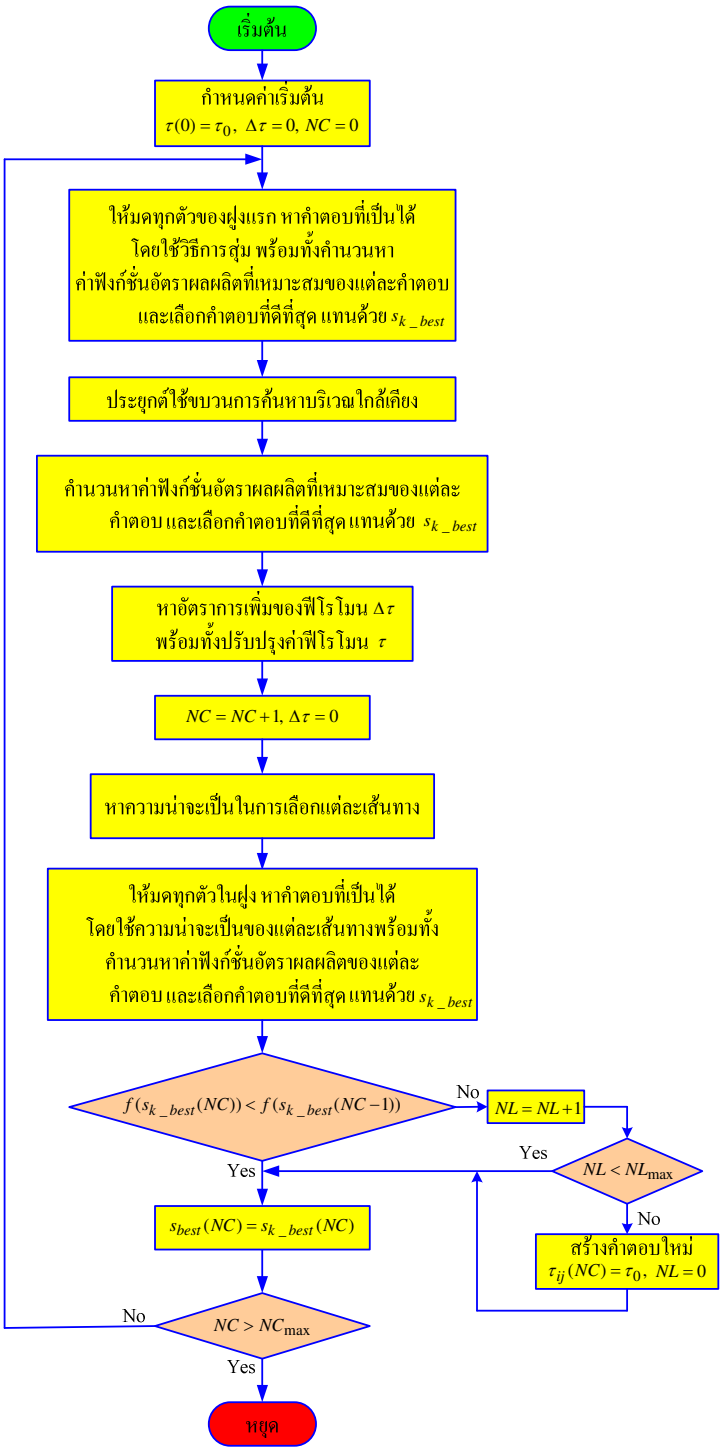
ขั้นตอนที่ 6 หาความน่าจะเป็นในการเลือกของแต่ละเส้นทางโดยใช้สมการที่ (2.1)

ขั้นตอนที่ 7 ให้มดทุกตัวของฝูงค้นหาหาคำตอบที่เป็นได้โดยใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกเส้นทางที่ได้จากสมการที่ (2.1) พร้อมทั้งคำนวนค่าฟังก์ชั่นความเหมาะสมของแต่ละคำตอบ และเลือกคำตอบที่มีค่าฟังก์ชั่นความเหมาะสมดีที่สุด เป็นคำตอบที่ดีที่สุด $s_{k_best}(NC)$

ขั้นตอนที่ 8 ตรวจสอบว่า ถ้า $f(s_{k_best}(NC)) < f(s_{k_best}(NC-1))$ กำหนดให้ $s_{best}(NC) = s_{k_best}(NC)$ ถ้าไม่เป็นจริงให้ $NL = NL + 1$ เพื่อตรวจสอบว่า

$NL < NL_{\max}$ ถ้าไม่เป็นจริงให้สร้างคำตอบใหม่ (Re-initialization) ถ้าเป็นจริงให้ไปยังขั้นตอนที่ 9

ขั้นตอนที่ 9 ตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด ถ้าไม่ถึงเงื่อนไขการหยุดให้ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2



ภาพที่ 3.4

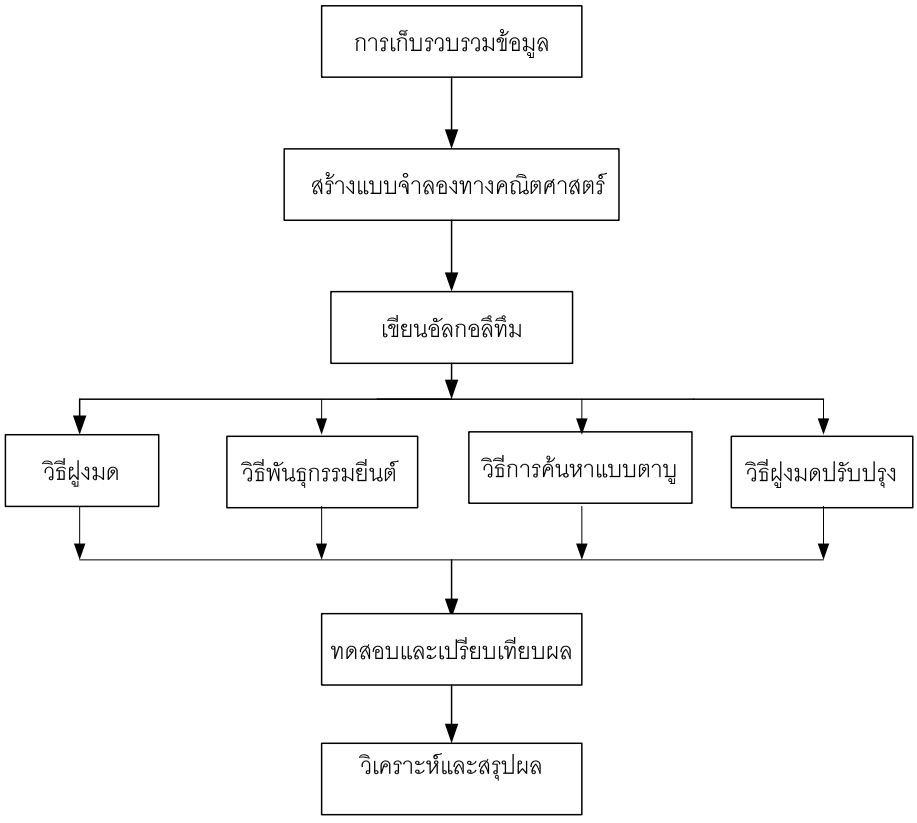
ผังการไหลของวิธีฝูงมดปรับปรุง

3.2.4 ทดสอบและเปรียบเทียบผลของแต่ละอัลกอริทึม

ผลที่ได้ในที่นี้ เราต้องการค่าที่เหมาะสมที่สุดของการคัดเลือกชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ โดยมีค่าอัตราผลผลิต รวมของชิ้นส่วนประกอบมากที่สุด ภายใต้ราคาต้นทุนรวมของชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไม่เกินงบประมาณในการซื้อชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ 1 ตัว และคู่ค้าสำหรับชิ้นส่วนประกอบหลักจะต้องได้รับผลการประเมินผลในระดับดีเยี่ยม ผลที่จำเป็นในการใช้พิจารณาความถูกต้องแม่นยำ ได้แก่ คู่ค้าที่ถูกคัดเลือก ค่าอัตราผลผลิต ราคาต้นทุนที่ได้ ส่วนความรวดเร็วจะพิจารณาจากเวลาที่ใช้ในการค้นหาคำตอบจนเสร็จสิ้นกระบวนการ (Computation Time) หรือ เวลาในการประมวนผล (CPU time) ความรวดเร็วของการค้นหาคำตอบนั้นจะสามารถบอกถึงประสิทธิภาพในการทำงานของแต่ละอัลกอริทึมที่ใช้ในการหาค่าเหมาะสม ดังจะอธิบายรายละเอียดในบทถัดไป

3.3 สรุปวิธีดำเนินการวิจัย

จากที่ได้อธิบายรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานไปแล้วในข้างต้น กล่าวโดยสรุปได้ดังแผนผังการไหลดังแสดงในภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5
แผงการไหลขั้นตอนการดำเนินงานวิทยานิพนธ์