ปัญหาการวางผังโรงงานแบบพลวัตโดยใช้เจเนติกส์อัลกอริทึมในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ในกรณีที่หน่วยงานมีขนาดและพื้นที่ไม่เท่ากัน

Dynamic Layout Using Genetic Algorithm in case of Unequal Area

ปณิธาน พีรพัฒนา (Panitarn Peerapattana) [1*]
สญชัย เสงี่ยมวิบูล (Sonchai Sa-Ngiamvibool) [2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาการวางผังโรงงานแบบพลวัต ในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น โดยที่หน่วยงานมีขนาดและพื้นที่ต่างกันและไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ภายในพื้นที่ผังโรงงานแบบไม่จำกัด โดยระยะทางระหว่างหน่วยงานวัดเป็นแบบมุมฉากระหว่างจุดขึ้น-ลง ซึ่งอยู่ที่จุดศูนย์กลางของแต่ละหน่วยงาน รวมทั้งใช้ข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพในการวางผัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายรวม ซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายกับค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังใหม่มีค่าต่ำที่สุด โดยการพิจารณาแบบหักล้างระหว่างค่าใช้จ่ายทั้งสอง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการสร้างผังแบบเติบโต (Growth Method) ร่วมกับการคงตำแหน่งของหน่วยงานเดียวกันในสองช่วงเวลาติดกัน t และ (t+1) และประยุกต์ใช้เจเนติกส์อัลกอริทึมมาช่วยในการหาคำตอบ

ผลการทดลองทางตัวเลขแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอให้คำตอบที่ดีได้ค่าใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด และดีกว่าวิธีการวางผังแบบคงที่ (Fixed Layout Method) มากถึง 5% โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาขนาดเล็กที่มีค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังใหม่ต่อหนึ่งหน่วยงานมีค่าน้อยๆ

Abstract

This study investigates the dynamic layout problems in flexible manufacturing systems. The dynamic layout model considers both qualitative and quantitative flow data with different shapes and areas of facilities in open space areas where the distance between two facilities is defined by the rectilinear distance between any two load/unload points located in the center of those facilities. The objective is to minimize the total cost consisting of workflow cost and rearrangement cost by considering the tradeoff between both costs by using the growth methods and the fixed position of identical facilities in two consecutive periods t and t+1 which are embedded in the Genetic Algorithm.

Numerical experiments made clear that the proposed method yields a near optimum layout and provides much better solution than the fixed layout method by up to 5% especially in small problems where the rearrangement costs are small.

[1] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002*
[2] *นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น*
** Corresponding author, e-mail : panpee@kku.ac.th*

คำสำคัญ: ปัญหาการวางแบบพลวัต, ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น, เจเนติกส์อัลกอริทึม
Keywords: Dynamic layout problems, Flexible Manufacturing Systems, Genetic Algorithm.

บทนำ

การขนถ่ายมีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบการผลิต เพราะค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น 20-50 เปอร์เซ็นต์ของระบบการผลิตเกิดจากค่าใช้จ่ายในการขนถ่าย (Tompkins et al.,1996) การวางผังโรงงานที่มีประสิทธิภาพสามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายได้ เนื่องจากปัญหาการวางผังโรงงานเป็นปัญหาการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization Problem) ในการแก้ปัญหาการวางผังโรงงานนั้นสามารถหาคำตอบได้หลายวิธี โดยจะแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ วิธีหาคำตอบที่แท้จริง (Exact Algorithms) และ วิธีฮิวริสติก (Heuristic Algorithms) วิธีหาคำตอบที่แท้จริงเป็นวิธีที่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ได้ภายใต้ประสิทธิภาพของวิธีการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ ส่วนใหญ่จะใช้ได้ดีกับปัญหาที่มีขนาดเล็ก และมีความซับซ้อนไม่มาก ส่วนวิธีฮิวริสติกเป็นวิธีที่สามารถหาคำตอบได้ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด (Near Optimum Solution) หรือเป็นคำตอบที่ดีที่สุด ในเวลาที่เหมาะสม ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ คือฮิวริสติกแบบการสร้าง (Construction Heuristic) เป็นวิธีการสร้างผังโรงงานขึ้นจากข้อมูลที่ป้อนเข้าไป เช่น CORELAP (Lee and More, 1967), SHAPE (Hassan et al., 1986) และ Growth Method (Hamamoto, 1999) เป็นต้น ฮิวริสติกแบบการปรับปรุง (Improvement Heuristic) เป็นวิธีการปรับปรุงผังโรงงานเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น เช่น CRAFT (Buffa et al., 1964) เป็นต้น และฮิวริสติกแบบผสม (Hybrid Heuristic) เป็นวิธีการผสมผสานกันของฮิวริสติกแบบการสร้างกับการปรับปรุง เช่น BLOCPLAN (Donaghey and Pire, 1991) เป็นต้น

ปัจจุบันมีผู้พัฒนาวิธีการทางฮิวริสติกสำหรับปัญหาการวางผังโรงงานมากมาย เช่นการประยุกต์ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System), ระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent), วิธีการค้นหาทาบู (Tabu Search) ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neuron Network) ซิมมิวเลเต็ดอัลนีลริ่ง (Simulated Annealing:SA) และ เจเนติกส์อัลกอริทึม (Genetic Algorithms:GA) เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง SA และ GA ถูกนำมาใช้มากในระยะหลังกับปัญหาการวางผังโรงงานที่มีความหลากหลายทั้งที่มีวัตถุประสงค์เดียว (Single-Objective) และมีหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective) โดย Balakrishnan et al.(2003) ได้นำเสนอ "FACOPT" ซึ่งเป็นวิธีการฮิวริสติกที่ใช้ทั้ง SA และ GA แก้ปัญหาการวางผังโรงงาน นอกจากนี้จากงานวิจัยเชิงสำรวจ ของ Mavridou et al. (1997) พบว่า SA และ GA มีประสิทธิภาพสูงในการแก้ปัญหาการวางผังโรงงาน

Islier (1998) ได้นำ GA ไปใช้ในการออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดแตกต่างกัน โดยมีหลักการเดียวกับ Micro Craft ซึ่งได้ทำการแก้ปัญหาผังโรงงานแบบวัตถุประสงค์เดียว วิธีการดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้กับปัญหาผังโรงงานขนาดใหญ่ได้ดี

Kochhar และคณะ (1998) ได้นำ GA มาแก้ปัญหาการวางผังโรงงานชั้นเดียว ซึ่งพิจารณาทั้งแผนกที่มีขนาดเท่ากัน (QAP Problem) และแผนกที่มีขนาดไม่เท่ากัน (Non-QAP Problem) โดยจะแทนพื้นที่โรงงานด้วย Grid สี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1 หน่วย เท่ากับขนาดพื้นที่จริง การสร้างสตริงคำตอบมี 2 อย่าง คือ แสดงอันดับของสี่เหลี่ยม และแสดงอันดับของแผนก เนื่องจากปัญหาของงานวิจัยมี 2 ลักษณะ จึงทำให้วิธี GA มีวิธีที่แตกต่างกัน ในส่วนของการสร้างคำตอบจะมีวิธี INIT_RANDOM และ INIT_SFC โดยใช้ Elitist strategy ส่วนของการ Crossover จะมีวิธี BREED_RANDOM และ BREED_SFC ส่วนวิธี Mutation จะใช้ Adaptive mutation rate m และทำการคำนวณค่า Fitness (HOPE) function แทนการคิดค่า Cost function จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น วิธี HOPE จะให้คำตอบที่ดีกับบางปัญหาเท่านั้น

Imam และ Mir (1998) นำเสนอเทคนิคการวิเคราะห์การหาตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดของการวางผังโรงงานที่แต่ละหน่วยงานมีรูปร่างและพื้นที่ไม่เท่ากัน ในพื้นที่ไม่จำกัด ซึ่งเทคนิคที่ได้นำเสนอนี้เป็นวิธีการแก้ปัญหาแบบไฮบริดฮิวริสติกที่รวมขั้นตอนการสร้างและการปรับปรุงผังโดยหาตำแหน่งที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายการขนถ่ายต่ำที่สุดซึ่งแต่ละหน่วยงานที่จะวางลงไปจะต้องวางลงในพื้นที่ที่มีขอบเขตติดกับหน่วยงานที่วางก่อนหน้า โดยได้ทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และทำการเปรียบเทียบกับ GA และ SA พบว่าวิธีการที่นำเสนอมีประสิทธิภาพสูงกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่

ในส่วนของปัญหาการวางผังโรงงานที่มีหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective) เช่น

ชนะ (2541) ได้นำเจเนติกส์อัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ในปัญหาการวางผังโรงงานโดยจัดสรรแผนกต่างๆ จำนวน n บล็อกลงในพื้นที่ m บล็อก ($n \leq m$) โดยแผนกต่างๆมีขนาดเท่ากันคือ 1 หน่วย ซึ่งประกอบด้วยการหารูปแบบผังที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดและมีความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงานต่างๆสูงที่สุด นอกจากนี้ได้เสนอวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของ GA เพื่อลดเวลาในการหาคำตอบ โดยการนำคำตอบจากวิธีฮิวริสติกมาเป็นคำตอบเริ่มต้นสำหรับ GA รวมทั้งศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคำตอบ พบว่าประสิทธิภาพในการหาคำตอบของ GA จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้คำตอบเริ่มต้นจากวิธีฮิวริสติก นอกจากนี้การทดลองยังแสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่อคำตอบอย่างมีนัยสำคัญคือ จำนวนประชากรและความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

ณพงศ์ (2543)ได้ประยุกต์ใช้การนำเอาเจเนติกส์อัลกอริทึมในการค้นหาคำตอบของปัญหาการออกแบบผังโรงงานทั้งแบบวัตถุประสงค์เดียวและแบบหลายวัตถุประสงค์โดยปัญหานั้นแต่ละแผนกมีข้อจำกัดด้านขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกัน พบว่า GA สามารถช่วยแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพในเวลาที่กำหนดและมีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์เป็นอย่างมาก จึงจำเป็นต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับปัญหา แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่าผังโรงงานที่ได้จาก GA เป็นคำตอบที่ดีที่สุดเสมอ

วราภรณ์ (2544) ได้นำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้ GA ในการหาคำตอบของการวางผังโรงงานที่แต่ละหน่วยงานมีขนาดและพื้นที่ไม่เท่ากันและสามารถกำหนดขนาดพื้นที่และรูปร่างของหน่วยงานได้หนึ่งหน่วยงานโดยพิจารณาทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์ โดยการรวมฟังก์ชั่นเมื่อให้น้ำหนักกับแต่ละวัตถุประสงค์ พบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาการวางผังโรงงานที่มีข้อจำกัดต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพภายในระยะเวลาที่กำหนด

Chen และ Sha (1999) ได้นำเสนอวิธีการฮิวริสติกในการแก้ปัญหาผังโรงงานแบบหลายวัตถุประสงค์โดยการรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณซึ่งมีหน่วยแตกต่างกันเข้าเป็นหน่วยเดียวกันซึ่งวิธีการนี้เหมาะสำหรับปัญหาผังโรงงานขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนา Dominance Index เพื่อยืนยันว่าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับคำตอบอื่นๆ

Sha และ Chen (2001) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาการวางผังโรงงานแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi Objective Facility Layout: MOFL) ที่พิจารณาทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยการสร้างเครื่องมือวัดคุณภาพของผังเรียกว่า ค่าความน่าจะเป็นที่ดีกว่า (Probability of Superiority: POS) ซึ่งเป็นการกำหนดค่าความน่าจะเป็นของผังหนึ่งๆ ที่จะดีกว่าผังอื่นๆ วิธีการที่นำเสนอนี้จะเป็นประโยชน์ให้สำหรับผู้วางผังที่สามารถเลือกผังได้ตามความต้องการหรือตามวัตถุประสงค์

Wang และคณะ (2005) ได้นำ GA ไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาผังโรงงานแบบหลายวัตถุประสงค์โดยหน่วยงานมีขนาดและพื้นที่ต่างกัน ในรูปแบบผังโรงงานแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Layout) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ค่าใช้จ่ายผังโรงงานมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายปริมาณการขนถ่าย (Material Flow Factor Cost: MFFC) ประสิทธิภาพพื้นที่ผังโรงงาน (Area Utilization Factor: AUF) และอัตราส่วนรูปร่างของหน่วยงาน (Shape Ratio Factor: SRF) แล้วนำหลักการของระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) มาสร้าง Space-Filling Curve (SFC) ในการ

เชื่อมต่อตำแหน่งของหน่วยงานที่จะวางลงในผังของแต่ละเส้นแบ่ง (Partition) งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาผังโรงงานที่มีความสอดคล้องกับสภาพปัญหาจริงได้

ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วจากความต้องการของผู้บริโภคที่มีความหลากหลายและเปลี่ยนแปลงเร็ว ทำให้วงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle) สั้นลง ประกอบกับเทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างมากและรวดเร็ว เครื่องจักรถูกพัฒนาให้มีความสามารถทำงานได้หลากหลาย (Multifunctional Machine) มากขึ้นทำให้ระบบการผลิตต้องมีการปรับตัวโดยมีความยืดหยุ่นมากขึ้นเช่นในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นทำให้สินค้าชนิดเดียวกันไม่จำเป็นต้องมีเส้นทางการผลิตเดียวกันขึ้นอยู่กับว่าเครื่องจักรสามารถรองรับการทำงานชนิดนั้นได้ ดังนั้นเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวรูปแบบปัญหาการวางผังโรงงานที่เหมาะสมเพื่อตอบสนองความต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายและเปลี่ยนแปลงเร็วหรือในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ก็ต้องพิจารณาในรูปแบบการวางผังโรงงานแบบพลวัต

Peerapattana (2004) นำเสนอการวางผังโรงงานในรูปแบบพลวัตในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น จุดประสงค์เพื่อทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่ายการขนถ่ายกับการจัดวางผังใหม่ต่ำที่สุดด้วยการพิจารณาแบบหักล้าง (Tradeoff) ระหว่างค่าใช้จ่ายทั้งสอง โดยการแยกออกเป็นปัญหาการเลือกตำแหน่งการจัดวาง (Layout position decision problem) หรือปัญหาหลัก (Master Problem) และปัญหาการตัดสินใจปริมาณการขนถ่าย (Workflow decision problem) หรือปัญหาย่อย (Subproblems) และนำ GA และ SA มาช่วยในการหาตำแหน่งผังที่ดีที่สุดในปัญหาหลัก ส่วนในปัญหาย่อยสำหรับหาเส้นทางการผลิตที่ดีที่สุดด้วยค่าใช้จ่ายการขนถ่ายต่ำสุดสำหรับงานที่ให้ค่าการใช้ประโยชน์เครื่องจักรสูงสุด (Maximun Machine Utilization) ภายใต้ผังที่ได้จากปัญหาหลัก ผลการทดลองทางตัวเลขแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงช่วยให้สามารถเข้าถึงคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด ได้ในเวลาที่เหมาะสม

ปณิธาน (2549) นำเสนอการประยุกต์ใช้ GA กับปัญหาการวางผังโรงงาน โดยมีจุดประสงค์เพื่อหาตำแหน่งที่ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายการขนถ่ายต่ำที่สุด GA เป็นแนวคิดสมัยใหม่มีหลักการพื้นฐานมาจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมทางธรรมชาติ โดยอาศัยกระบวนการพื้นฐานเช่น การเข้ารหัส (Encoding), การประเมินค่า (Evaluation), การคัดเลือก (Selection or Reproduction), การข้ามสายพันธุ์ (Crossover) และการผ่าเหล่า (Mutation) สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพกับหลากหลายสภาพปัญหาการวางผังโรงงานทั้งแบบสถิตและแบบพลวัต

Balakrishnan และ Cheng (1998) ได้พัฒนา GA เพื่อใช้แก้ปัญหาการวางผังโรงงานแบบพลวัต ซึ่ง GA ที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้มีความแตกต่างจากเจเนติกส์ทั่วๆไป 3 แนวทาง คือ 1. ใช้การครอสโอเวอร์ที่แตกต่าง 2. ใช้การมิวเตชั่น และ 3. ใช้กลยุทธ์การทดแทนในเจนเนอเรชั่นใหม่ ผลการศึกษาพบว่าวิธีการที่นำเสนอมีประสิทธิภาพในการหาคำตอบ

Balakrishnan และคณะ (2002) ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาการวางผังโรงงานแบบพลวัต ในปัญหาแบบ (Quadratic Assignment Problem; QAP) ที่แต่ละหน่วยงานมีขนาดและพื้นที่เท่ากัน โดยใช้วิธีไฮบริดเจเนติกส์อัลกอริทึมซึ่งใช้การครอสโอเวอร์ด้วยวิธีกำหนดการเชิงพลวัต (Dynamic Programming), ใช้วิธีการมิวเตชั่นด้วยวิธี CRAFT และใช้วิธีการสร้างประชากรด้วยวิธีของ Urban (1993) แล้วนำผลจากการทดลองเปรียบเทียบกับวิธี GA และวิธี SA พบว่าวิธีการที่นำเสนอมีประสิทธิภาพดีกว่าเมื่อนำไปใช้กับปัญหาที่มีขนาดใหญ่

Krishnan และคณะ (2006) ได้นำเสนอการแก้ปัญหาการวางผังโรงงานแบบพลวัตโดยประยุกต์ใช้หลักการของ Dynamic From-Between Chart (DFBC) ซึ่งเป็นการสร้างฟังก์ชั่นความสัมพันธ์ของข้อมูลปริมาณการขนถ่ายในแต่ละช่วงเวลา พบว่าวิธีการนี้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการวางผังและมีประสิทธิภาพ ในการวิเคราะห์ผังในแต่ละช่วงเวลาแบบต่อเนื่อง มากกว่าการวิเคราะห์ผังแต่ละช่วงเวลาแบบแยกกันโดยสามารถลดค่าใช้จ่ายปริมาณการขนถ่ายได้มากกว่า 25%

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าปัญหาผังโรงงานเป็นปัญหาที่มีเซตคำตอบจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปแบบปัญหาแบบพลวัต ซึ่งการที่จะค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Optimum solution) นั้นเป็นเรื่องยาก จึงมีการพัฒนาวิธีการแบบฮิวริสติกส์ต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง SA และ GA ถูกนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพมากในระยะหลังกับปัญหาการวางผังโรงงาน ทั้งนี้งานวิจัยส่วนใหญ่ได้นำเสนอปัญหา ในกรณีที่หน่วยงานมีขนาดและพื้นที่เท่ากันหรือไม่ก็มีขนาดและพื้นที่ต่างกัน โดยขนาดมีทั้งที่เปลี่ยนแปลงได้และไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ภายในพื้นที่แผนผังที่กำหนดไว้แน่นอนหรือเปลี่ยนแปลงไม่ได้ซึ่งเซตคำตอบได้ถูกจำกัดไว้ในพื้นที่ที่ถูกกำหนด แต่ถ้าในกรณีพื้นที่ผังโรงงานแบบไม่จำกัดหรือพื้นที่แผนผังแบบเปิด (Open space layout area) จะทำให้เซตคำตอบมีขนาดใหญ่มากกว่าทำให้ปัญหามีความซับซ้อนและท้าทายมากขึ้น

งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการวิธีการแก้ปัญหาการวางผังโรงงานแบบพลวัต โดยใช้ GA ในกรณีที่หน่วยงานมีขนาดและพื้นที่ต่างกันและไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ภายในพื้นที่ผังโรงงานแบบไม่จำกัดหรือพื้นที่แผนผังแบบเปิด ซึ่งทำให้เซตคำตอบมีขนาดใหญ่มากกว่าลักษณะปัญหาที่กล่าวข้างต้น

รูปแบบแผนผัง (Layout Model)

เนื่องจากรูปแบบแผนผังของปัญหาการวางผังโรงงานมีความหลากหลายมาก ทำให้มีความจำเป็นต้องกำหนดรูปแบบแผนผังของปัญหาให้ชัดเจน เพื่อให้การแก้ปัญหามีความเหมาะสมกับลักษณะของปัญหา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องกำหนดรูปแบบของแผนผังหรือปัญหาภายใต้สมมติฐานดังนี้

(1) ระบบการผลิตประกอบด้วยสถานีงาน (Workstation) จุดขึ้น-ลงของ (Load/Unload station) และระบบการขนถ่าย

(2) มีเส้นทางการผลิตหลายเส้นทางสำหรับสินค้าชนิดเดียวกัน

(3) รูปร่างของหน่วยงาน (Facilities) และพื้นที่แผนผัง (Layout area) เป็นสี่เหลี่ยมมุมฉากประกอบขึ้นด้วยบล็อกสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดหนึ่งหน่วย (Unit square block) จำนวนเท่ากับพื้นที่ของหน่วยงาน

(4) ระยะทางระหว่างหน่วยงานวัดเป็นแบบมุมฉาก (Rectilinear) ระหว่างจุดศูนย์กลางของหน่วยงาน

(5) ถ้าพิกัดของหน่วยงานมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาที่ติดกันจะเกิดค่าใช้จ่ายขึ้นต่อหน่วยงาน

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายกับค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังใหม่มีค่าต่ำที่สุด โดยการพิจารณาแบบหักล้างระหว่างค่าใช้จ่ายทั้งสอง ดังนี้

$$\min Z = \sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{M-1}\sum_{j=i+1}^{M} F_{ijt} D_{ijt} + \sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{M} C\alpha_{t(t+1)} \qquad (1)$$

เมื่อ M = จำนวนของหน่วยงาน

Z = ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดทุกช่วงเวลาที่วางแผน

T = ช่วงเวลาที่วางแผน ; t = 1,2,3,...,T

F_{ijt} = ผลรวมของข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณระหว่างหน่วยงาน i และ j ในช่วงเวลา t

D_{ijt} = ระยะทางแบบมุมฉากระหว่างหน่วยงาน i และ j ในช่วงเวลา t

C = ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหน่วยงานถ้าพิกัดของหน่วยงานมีการเปลี่ยนแปลง

$$\alpha_{t(t+1)} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าพิกัดของหน่วยงาน } i \text{ มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างช่วงเวลาที่ t ถึง t+1} \\ 0 & \text{เป็นอย่างอื่น} \end{cases}$$

วิธีการแก้ปัญหา (Solution Method)

เนื่องจากการแก้ปัญหาการวางผังโรงงานแบบพลวัต ภายในพื้นที่ผังโรงงานแบบไม่จำกัดนั้นเป็นปัญหาที่มีเซตคำตอบขนาดใหญ่ไม่สามารถที่จะหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงด้วยวิธีการแบบทั่วไปดังที่กล่าวข้างต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เสนอวิธีการ

ฮิวริสติกในการหาคำตอบที่ใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุดโดยใช้วิธีการสร้างผังแบบเติบโต (Growth Method) ร่วมกับการคงตำแหน่งของหน่วยงานเดียวกันในสองช่วงเวลาติดกัน t และ (t+1) โดยประยุกต์ใช้ GA มาช่วยในการหาคำตอบ งานวิจัยนี้พิจารณาทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ จึงใช้วิธีการสร้างปริมาณความสัมพันธ์รวมโดยการรวมความสัมพันธ์ทั้งสองด้วยวิธีการรวมเมตริกซ์ (Combined Matrix) เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการวางผังโรงงาน โดยมีขั้นตอนการแก้ปัญหาดังนี้

<ขั้นตอน1> กำหนด Gen_Index=1, สร้างประชากรเริ่มต้นหรือเข้ารหัสในรูปแบบชุดโครโมโซมจำนวนเท่ากับ Pop_Repro สำหรับปัญหาโดยการกำหนดลำดับหน่วยงานที่จะวางลงในผังโรงงานในแต่ละช่วงเวลาอย่างสุ่ม (โดยให้เครื่องหมาย / แทนช่วงเวลา) เช่น 3 5 2 4 1 / 2 3 4 1 5 / 5 4 3 2 1 หมายความว่า ในช่วงเวลาที่ 1 หน่วยงาน 3 จะถูกวางลงในผังโรงงานเป็นลำดับที่หนึ่ง หน่วยงาน 5 จะถูกวางในผังโรงงานเป็นลำดับที่สอง และหน่วยงานที่เหลือจะถูกวางตามลำดับจนกระทั่งถึงหน่วยงานลำดับสุดท้ายคือหน่วยงาน 1 ในช่วงเวลาที่ 2 ก็พิจารณาเช่นเดียวกัน จนกระทั่งครบทุกช่วงเวลา (T)

<ขั้นตอน2> การถอดรหัส ใช้วิธีการสร้างผังแบบเติบโต สำหรับช่วงเวลาที่ 1 (t)

<ขั้นตอน3> สำหรับช่วงเวลาถัดไป (t+1) หน่วยงานลำดับที่ 1 จะถูกวางในตำแหน่งเดิมซึ่งหมายถึงตำแหน่งที่หน่วยงานนั้นถูกวางในช่วงเวลาก่อนหน้า (t) ส่วนหน่วยงานลำดับถัดไปจะถูกจัดวางโดยใช้วิธีการสร้างผังแบบเติบโตเทียบกับการคงตำแหน่งของหน่วยงานในช่วงเวลาก่อนหน้า โดยการพิจารณาแบบหักล้างระหว่างค่าใช้จ่ายทั้งสองจากฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่ (1)

<ขั้นตอน4> สำหรับช่วงเวลาถัดไป (t+1) ทำการปรับปรุงโดยการหมุนผังที่ได้ทีละ 90, 180, 270 องศาโดยแต่ละทิศทางที่หมุนให้ทำการเทียบจุดศูนย์กลางของหน่วยงานแต่ละหน่วยงานกับช่วงเวลาก่อนหน้า (t) แล้วเลือกผังที่มีจุดศูนย์กลางซ้ำกันมากที่สุด เพื่อลดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการจัดวางผังใหม่โดยที่แผนผังยังคงรูปเดิม จากนั้นเข้าสู่กระบวนการของ GA เมื่อ Pop_Repro_Index= Pop_Repro

<ขั้นตอน5> การคัดเลือก ใช้วิธีวงล้อรูเลตต์ (Roulette Wheel) ซึ่งเป็นวิธีการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อนำไปเป็นโครโมโซมพ่อ-แม่พันธุ์สำหรับกระบวนการข้ามสายพันธุ์ ดังรายละเอียดใน Goldberg et al. (1989) และ Murata (1997) โดยขนาดช่องวงล้อรูเลตต์เป็นสัดส่วนกับค่าฟังก์ชั่นความเหมาะสมที่หาจากสมการ (2) ต่อไปนี้

$$P_s(x_i) = \frac{f(x_i)}{\sum_{j=1}^{Npop} f(x_j)}, \quad for \quad i = 1,2,3,\ldots, N_{pop} \qquad (2)$$

เมื่อ $P_s(x_i)$ = ค่าความน่าจะเป็นในการเลือก

$f(x_i)$ = ค่าฟังก์ชั่นความเหมาะสม (Fitness Value)

N_{pop} = จำนวนประชากร

หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกเลือกสะสม (Cumulative Probability of Selection) ของโครโมโซมแต่ละตัว ดังสมการที่ (3) ต่อไปนี้

$$q_i = \sum_{j=1}^{i} P_i(x_i) \qquad (3)$$

เข้าสู่กระบวนการคัดเลือกโดยหมุนวงล้อรูเลตต์เท่ากับจำนวนประชากรในแต่ละครั้งจะได้ชุดโครโมโซมคำตอบ สำหรับกระบวนการต่อไป ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สร้างเลขสุ่มที่มีค่าอยู่ในช่วง [0...1] ให้กับโครโมโซมคำตอบแต่ละตัว

2. ถ้า $r < q_i$ ให้เลือกชุดโครโมโซมคำตอบชุดแรก แต่ถ้า $q_{i-1} \le r \le q_i$ (เมื่อ 2 $\le i \le popsize$) ให้เลือกชุดโครโมโซมคำตอบตัวที่ ทั้งนี้ชุดโครโมโซมคำตอบจะถูกเลือกได้มากกว่า 1 ครั้งหรือไม่ถูกเลือกเลย

3. ทำตามขั้นตอนที่ 1-2 จนกว่าจะได้ชุดโครโมโซมคำตอบเท่ากับจำนวนประชากร

จะเห็นได้ว่าโครโมโซมคำตอบที่มีค่าฟังก์ชั่นความเหมาะสมมากกว่าก็จะมีโอกาสถูกเลือกมากกว่า

<ขั้นตอน6> การข้ามสายพันธุ์ เป็นการสร้างโครโมโซมคำตอบใหม่จากการแลกเปลี่ยนส่วนประกอบระหว่างโครโมโซมพ่อแม่พันธุ์ 2 ตัว มีขั้นตอนดังนี้

1. การจับคู่โครโมโซมคำตอบ จากกระบวนการคัดเลือกจะมีโครโมโซมคำตอบเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกนำมาจับคู่เพื่อเตรียมสำหรับกระบวนการข้ามสายพันธุ์ ส่วนโครโมโซมที่ไม่ได้ถูกนำไปจับคู่ก็จะยังคงสภาพเดิม จำนวนโครโมโซมคำตอบที่จะถูกนำมาจับคู่ (Number of Crossover: *Nc*) ขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นในการข้ามสายพันธุ์ (Probability of Crossover : *Pc*) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 สร้างเลขสุ่ม (Random Number: r) ที่มีค่าอยู่ในช่วง [0...1] ให้กับโครโมโซมคำตอบแต่ละตัว

1.2 โครโมโซมคำตอบตัวใดที่มีค่าเลขสุ่มน้อยกว่า *Pc* จะถูกนำมาจับคู่และทำการข้ามสายพันธุ์

1.3 ถ้าไม่มีโครโมโซมคำตอบตัวใดที่มีค่าเลขสุ่มน้อยกว่า *Pc* ให้กลับไปทำ 1 และ 2 อีกครั้ง

1.4 ถ้ามีโครโมโซมคำตอบที่มีค่า *r* น้อยกว่า *Pc* ทั้งหมดจำนวน *Nc* ตัวและเป็นจำนวนคี่ ต้องทำการปรับให้เป็นจำนวนคู่ โดยมีเงื่อนไขในการปรับดังนี้

- ถ้า *Nc* เป็นจำนวนคี่ที่มีค่าระหว่าง 1 ถึง ประชากร ให้ทำการสุ่มเลข 0 หรือ 1 ขึ้นมา 1 ค่า ถ้าได้เลข 0 ให้ตัดโครโมโซมคำตอบทิ้ง 1 ตัว โดยสุ่มจากตัวที่ได้เลือกไว้ แต่ถ้าสุ่มได้เลข 1 ให้เพิ่มโครโมโซมคำตอบเข้าไป 1 ตัวโดยสุ่มจากตัวที่เหลือในกลุ่มโครโมโซมคำตอบ

- ถ้า *Nc* มีค่าเท่ากับ 1 ให้เพิ่มโครโมโซมเข้าไปอีก 1 ตัว

- ถ้า *Nc* มีจำนวนเท่ากับประชากรและเป็นจำนวนคี่ ให้ตัดโครโมโซมคำตอบออก 1 ตัว

1.5 เมื่อได้โครโมโซมคำตอบทั้งหมดแล้วนำมาจับคู่กันตามลำดับทีละคู่จนถึงคู่สุดท้าย

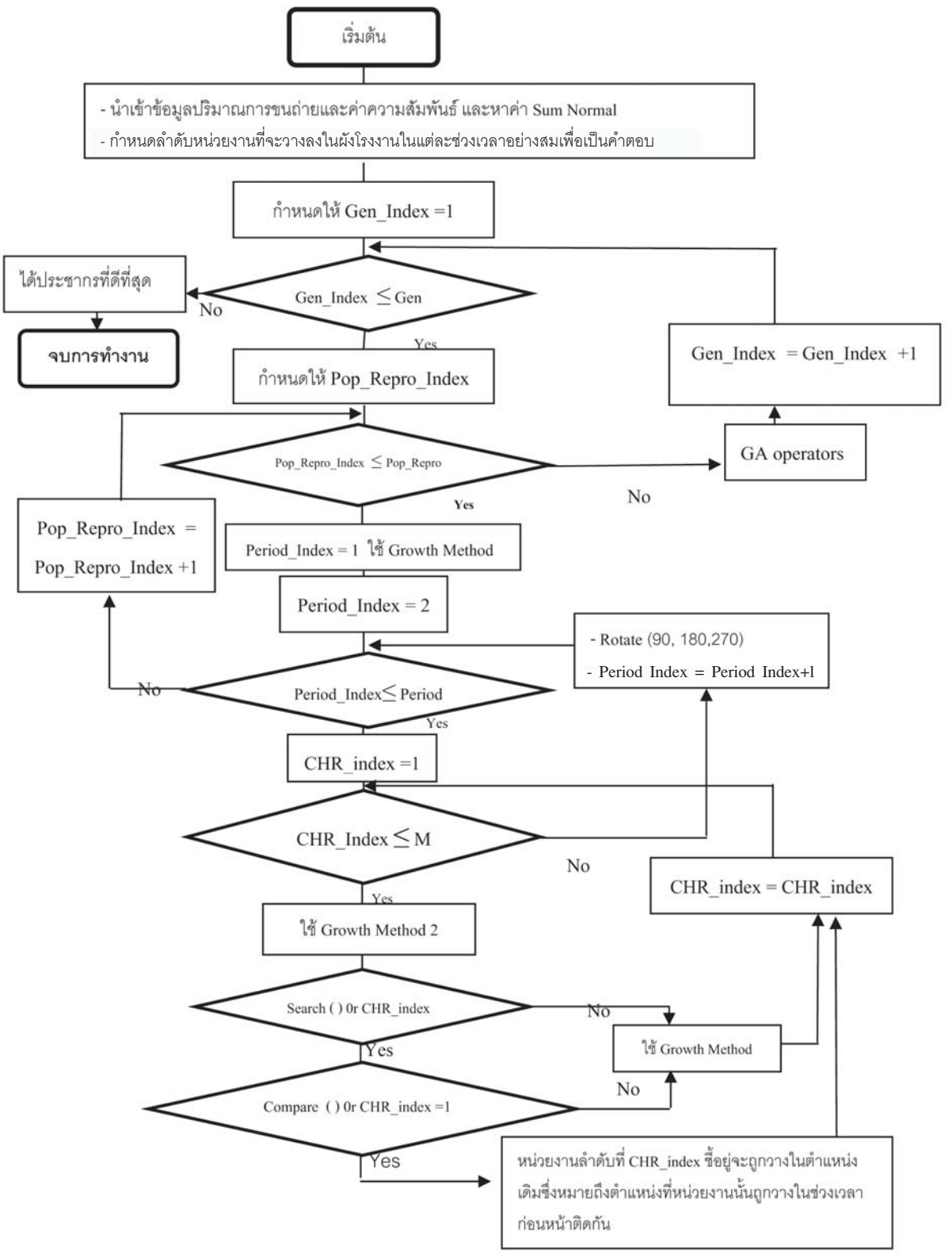
2. การข้ามสายพันธุ์ ใช้วิธีการแบบการจับกันบางส่วน (Partially Match Crossover,PMX) และแบบวนรอบ (Cyclic Crossover) โดยทำการสุ่มช่วงเวลาเพื่อทำการข้ามสายพันธุ์ โดยใช้วิธีการสุ่มช่วงเวลา 2 วิธีคือ

2.1 ช่วงเวลาเหมือนกัน โดยที่ช่วงเวลาที่สุ่มได้เป็นช่วงเวลาเดียวกัน

2.2 ช่วงเวลาแบบสุ่ม โดยที่ช่วงเวลาที่สุ่มได้เป็นช่วงเวลาเดียวกันหรือต่างกันก็ได้

<ขั้นตอน7> การผ่าเหล่า เป็นการสร้างโครโมโซมคำตอบใหม่จากการสลับตำแหน่งส่วนประกอบบางตำแหน่งในโครโมโซมพ่อ-แม่พันธุ์

1. การเลือกโครโมโซมจากกระบวนการข้ามสายพันธุ์จะมีโครโมโซมคำตอบเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกนำมาทำการผ่าเหล่า ส่วนโครโมโซมที่ไม่ได้ถูกนำมาทำการผ่าเหล่าก็จะยังคงสภาพเดิม และโครโมโซมคำตอบที่จะถูกนำมาทำการผ่าเหล่าขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นในการผ่าเหล่า (*Pm*) ดังต่อไปนี้



รูปที่1. แสดงวิธีการที่นำเสนอ

1.1 สร้างเลขสุ่ม (Random Number: *r*) ที่มีค่าอยู่ในช่วง [0...1] ให้กับโครโมโซมคำตอบแต่ละตัว

1.2 โครโมโซมคำตอบตัวใดที่มีค่าเลขสุ่มน้อยกว่า Pm จะถูกนำมาทำการผ่าเหล่า

2. การผ่าเหล่า ในงานวิจัยนี้เลือกการผ่าเหล่าโดยวิธีการสลับตำแหน่ง (Reciprocal Exchange) เพราะเป็นวิธีการที่ง่ายไม่ซับซ้อนเนื่องจากส่วนประกอบเป็นลำดับเลขจำนวนเต็ม (Permutation) และเป็นวิธีที่ให้ผลที่ดีโดยทำการสุ่มช่วงเวลาของโครโมโซมเพื่อทำการผ่าเหล่า แล้วเลือกสุ่มตำแหน่งส่วนประกอบ 2 ตำแหน่งในช่วงเวลาที่สุ่มได้ เพื่อทำการสลับที่กันดังต่อไปนี้

1 3 7 9 4 5 2 6 8 ➜ 1 3 2 9 4 5 7 6 8

<ขั้นตอน8> การคัดเลือกโครโมโซมที่โดดเด่นเพื่อรักษาไว้ในรุ่นถัดไป (Elitist Strategy) เป็นกระบวนการที่รักษาโครโมโซมที่ดีที่สุดในประชากรรุ่นหนึ่งๆเพื่อดำรงไว้สำหรับรุ่นต่อไปโดยไม่มีผลกระทบจากการข้ามสายพันธุ์และการผ่าเหล่า โครโมโซมที่ดีที่สุดเหล่านี้มีโอกาสสูงในการถูกเลือกเป็นพ่อ-แม่พันธุ์ในรุ่นต่อไป เป็นวิธีการเสริมที่สามารถช่วยให้เข้าถึงคำตอบได้เร็วขึ้น

<ขั้นตอน9> ทดสอบเกณฑ์ในการหยุดโดยการพิจารณาค่า *Gen* โดยถ้า Gen_Index = Gen ให้หยุด ถ้าไม่ใช่ให้ทำซ้ำ **<ขั้นตอน2>**

วิเคราะห์ผลการทดลอง

เพื่อเป็นการทดสอบสมมุติฐานของการแก้ปัญหา งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการทดลองทางตัวเลขเพื่อที่จะหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอโดยใช้ข้อมูลนำเข้าดังนี้

(1) จำนวนหน่วยงาน : *M*=6, 9

(2) จำนวนช่วงเวลาที่ใช้ : *T*=3

(3) ค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อมูลการไหลเชิงปริมาณและคุณภาพ: *W1*, *W2* = 0.5 ค่าพารามิเตอร์ของ GA ที่เหมาะสมสำหรับปัญหานี้

(4) จำนวนรุ่น (Generation Number: Gen_Index) : 1000

(5) จำนวนประชากร (Population Size: Pop_Repro_Index) : 20

(6) ความน่าจะเป็นของการข้ามสายพันธุ์ (Probability of Crossover: Pc): 0.5

(7) ความน่าจะเป็นของการผ่าเหล่า (Pm): 0.1 สำหรับ *M*=6 และ 0.3 สำหรับ *M*=9

(8) ร้อยละของการเลือกโครโมโซมที่โดดเด่นเพื่อรักษาไว้ในรุ่นถัดไป (Elitist Percentage): 10%สำหรับ *M*=6 และ 5% สำหรับ *M*=9

(9) ใช้ Visual C++ ในการเขียนโปรแกรมและประมวลผลด้วย AMD Sempron™ 2400+(1.67 GHz)

เนื่องจากปัญหานี้เป็นปัญหาแบบ NP-Hard เซตคำตอบมีขนาดใหญ่การหาคำตอบที่ดีที่สุดทำได้ยาก จึงนำเสนอการประเมินประสิทธิภาพวิธีการที่นำเสนอจากค่าอัตราส่วนการเบี่ยงเบน (Deviation Rate: *P* (%)) เทียบกับค่าคำตอบในอุดมคติ (Ideal cost) ซึ่งในที่นี้จะเรียกเป็นค่าขีดจำกัดล่าง (Lower Bound; *LB*) ซึ่งหาได้จากผังที่ดีที่สุดของแต่ละช่วงเวลา (Best Layout of Each Period) โดยให้ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังใหม่ต่อหนึ่งหน่วยงานมีค่าเท่ากับ 0 ดังนี้ $P(\%) = 100(TC\text{-}LB)/LB$ โดยที่ *TC* เป็นค่าใช้จ่ายรวมที่ดีที่สุดได้จากวิธีการที่นำเสนอและทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้กับคำตอบจากวิธีการวางผังแบบคงที่ (Fixed Layout Method) ซึ่งหาได้จากการนำเอาข้อมูลทุกช่วงเวลามารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนช่วงเวลา $F'_{ijt} = \left[\sum_{t=1}^{T} F_{ijt}\right]/T$ เพื่อนำไป สร้างผังสำหรับทุกช่วงเวลาดังตารางที่1

ในกรณีของปัญหาขนาดเล็ก $M = 6$, จะเห็นได้ว่าวิธีการที่นำเสนอจะให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีการวางผังแบบคงที่เมื่อค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังใหม่ต่อหนึ่งหน่วยงานมีค่าน้อย (*1FC, 3FC*) โดยที่ *FC* คือ ค่าเฉลี่ยของ

ตารางที่ 1. ค่าอัตราส่วนการเบี่ยงเบน (Deviation Rate : $P(\%)$)

ปัญหาที่	หน่วยงาน	W1	W2	Proposed Method			Fixed Method
				1FC	3FC	5FC	
1	6	0.7	0.3	6.03	9.73	11.80	10.44
2	6	0.5	0.5	5.32	8.87	11.23	9.26
3	6	0.3	0.7	5.66	7.84	13.67	10.28
4	9	0.7	0.3	5.52	10.96	11.15	7.80
5	9	0.5	0.5	5.46	11.05	11.56	5.80
6	9	0.3	0.7	4.92	9.43	10.79	6.05

ปริมาณการขนถ่าย หาได้จาก $FC = \frac{2\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{M} F_{ijt}^{'}}{TM(M-1)}$,

ในขณะที่ปัญหาขนาดกลาง (M = 9) วิธีการที่นำเสนอจะให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีการวางผังแบบคงที่ เมื่อค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังใหม่ต่อหนึ่งหน่วยงานมีค่าน้อย (1*FC*) แต่ถ้าค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังใหม่ต่อหนึ่งหน่วยงานมีค่ามาก (5*FC*) วิธีการวางผังแบบคงที่จะให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีการที่นำเสนอ แสดงให้เห็นว่าเมื่อค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังใหม่ต่อหนึ่งหน่วยงานมีค่าเพิ่มขึ้นหน่วยงานจะมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนตำแหน่ง (แผนผังเดียวกัน) ทุกช่วงเวลา ซึ่งจะทำให้วิธีการวางผังแบบคงที่ให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีการที่นำเสนอ และเมื่อค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังใหม่ต่อหนึ่งหน่วยงานมีค่าน้อยลง หน่วยงานจะมีแนวโน้มถูกเปลี่ยนตำแหน่งตามปริมาณความสัมพันธ์รวมในแต่ละช่วงเวลาและยิ่งค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังใหม่ต่อหนึ่งหน่วยงานเข้าใกล้ศูนย์เท่าใด วิธีการที่นำเสนอจะให้คำตอบเข้าใกล้คำตอบในอุดมคติเท่านั้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังใหม่ต่อหนึ่งหน่วยงานมีค่าต่ำลง แผนผังที่ได้จะมีแนวโน้มที่จะปรับเปลี่ยนไปตามค่าปริมาณการขนถ่ายของแต่ละช่วงเวลาซึ่งจะทำให้ค่าคำตอบที่ได้เข้าใกล้ค่าในอุดมคติหรือค่าที่ใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุด

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาการวางผังโรงงานแบบพลวัตในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นในกรณีที่หน่วยงานมีขนาดและพื้นที่ต่างกัน ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ภายในพื้นที่ผังโรงงานแบบไม่จำกัดโดยระยะทางระหว่างหน่วยงานวัดเป็นมุมฉากระหว่างจุดขึ้น-ลง ซึ่งอยู่ที่จุดศูนย์กลางของแต่ละหน่วยงาน รวมทั้งใช้ข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพในการวางผัง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายกับค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังใหม่มีค่าต่ำที่สุด โดยการพิจารณาแบบหักล้างระหว่างค่าใช้จ่ายทั้งสอง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการสร้างผังแบบเติบโตร่วมกับการคงตำแหน่งของหน่วยงานเดียวกันในสองช่วงเวลาติดกัน t และ (t+1) และประยุกต์ใช้ GA มาช่วยในการหาคำตอบ

จากการทดลองทางตัวเลขพบว่าวิธีการที่นำเสนอให้คำตอบที่ใกล้เคียงค่าในอุดมคติ และดีกว่าวิธีการวางผังแบบคงที่ทุกกรณีเมื่อค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังใหม่ต่อหนึ่งหน่วยงานมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยปริมาณการขนถ่าย (1*FC*) แสดงว่าเมื่อค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังใหม่มีค่าน้อย ค่าใช้จ่ายการขนถ่ายจะมีผลต่อการกำหนดตำแหน่งของหน่วยงานในแผนผังมากกว่าทำให้แผนผังที่ได้จะมีแนวโน้มที่ตำแหน่งของหน่วยงานจะเปลี่ยนแปลง

ไปตามช่วงเวลาขึ้นกับปริมาณการขนถ่าย แต่เมื่อค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังใหม่ต่อหนึ่งหน่วยงานมีค่าปานกลาง (3*FC*) วิธีการที่นำเสนอจะให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีการวางผังแบบคงที่ เฉพาะปัญหาขนาดเล็ก (6 หน่วยงาน) ในขณะที่ปัญหาขนาดกลาง (9 หน่วยงาน) วิธีการวางผังแบบคงที่จะให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีการที่นำเสนอ และเมื่อค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังใหม่ต่อหนึ่งหน่วยงานมีค่ามาก (5*FC*) วิธีการวางผังแบบคงที่จะให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีการที่นำเสนอทุกกรณี แสดงให้เห็นว่าเมื่อค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังใหม่มีค่ามากแผนผังที่ได้จะมีแนวโน้มที่ตำแหน่งของหน่วยงานจะไม่เปลี่ยนแปลงหรือจะได้แผนผังเดียวกัน

ปัญหาการวางผังโรงงานแบบพลวัต โดยที่หน่วยงานมีขนาดและพื้นที่ต่างกัน รวมทั้งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ยังคงมีความท้าทายสำหรับการศึกษาต่อไปเพราะว่าเป็นปัญหาที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับระบบการผลิตจริง แต่ว่าเนื่องจากว่าเซตคำตอบที่มีขนาดใหญ่จะทำอย่างไรที่จะหาวิธีการหาคำตอบที่ดีได้ในระยะเวลาที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์. 2541. **การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณพงศ์ ตันตนาตระกูล. 2543. **การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดไม่เท่ากัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปณิธาน พีรพัฒนา. 2549. ปัญหาการวางผังโรงงานรูปแบบพลวัตในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นโดยใช้เจเนติกส์อัลกอริทึม. **วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์.** 5(1): 93-100.

ปณิธาน พีรพัฒนา. 2549. เจเนติกส์อัลกอริทึมกับปัญหาการวางผังโรงงาน. **วิศวกรรมสารมหาวิทยาลัยขอนแก่น.** 33(4): 313-324.

วราภรณ์ จิรเกษมสุข. 2544. **การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดพื้นที่ไม่เท่ากันด้วยการกำหนดรูปร่างลักษณะแผนกที่แน่นอน.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Balakrishnan, J., Cheng, C.H. 1998. Dynamic layout algorithms: a state-of-art survey. **Omega, International Journal of Management Science.** 26(4): 507-521.

Balakrishnan , J., Cheng, C.H. and Conway, D.G. 2002. An improved pair-wise exchange heuristic for the dynamic plant layout problem. **International Journal of Production Research.** 38(13): 3067-3077.

Balakrishnan , J., Cheng, C.H. and Wong, K.F. 2003.FACOPT: A user friendly facility layout optimization system. **Computer & Operation Research** 30(11): 1625-1641.

Buffa, E.S., Armour, G.C. and Vollmann, T.E.1964, Allocating facilities with CRAFT, Hardvard Business Review, 42(2): 136-159.

Chen, C.W., and Sha,D.Y. 1999. A design approach to the multi-objective facility layout problem. **International Journal of Production Research.** 37(5): 1175-1196.

Donaghey, C. E., and Pire, V. F., 1990. "Solving the Facility Layout Problem with BLOCPLAN" Industrial Engineering Department, University of Houston, TX.

Goldberg, D. 1989. Genetic Algorithms in search, optimization, and machine learning, Addison-Wesley, Reading, MA.

Hamamoto, S., Yih, Y. and Salvendy, G. 1999. Development and validation of genetic algorithm-based facility layout. **International Journal of Production Research.** 37(4): 749-768.

Hassan, M. M. D., Hogg, G. L. and Smith, D. R. 1986, SHAPE: A construction algorithm for area placement evaluation. **International Journal of Production Research,** 24(5): 1283-1295.

Imam, M.H. amd Mir, M. 1998. Cluster boundary search algorithm for building-block layout optimization. **Advance in Engineering Software.** 29(2): 165-173.

Islier, A.A. 1998. A genetic algorithm approach for multiple criteria facility layout design. International **Journal of Production Research.** 36(6): 1549-1569.

Kochhar, J.S., Foster, B.T., and Heragu, S.S. 1998. HOPE: A genetic algorithm for the unequal area facility layout problem. **Computer Operation Research.** 25(7/8): 583-594.

Krishnan, K.K., Cheraghi, S.H., and Nayak, N.C. 2006. Dynamic From-Between Chart: a new tool for solving dynamic facility layout problems. **International Journal Industrial and Systems Engineering.** 1(2): 182-200.

Lee, R.C. and Moore, J.M. 1967, CORELAP-Computerized Relationship Layout Planning, **Journal of Industrial Engineering,** 18(3): 195-200.

Mavridou, T.D. and Pardalos, P.M. 1997.Simulated annealing and genetic algorithms for the facility layout problem: A survey, Computational Optimization and Applications, 7(1): 111-126.

Murata, T.1997, Genetic algorithms for multi-objective optimization. Degree of Doctor of Engineering Osaka Prefecture University. Osaka Japan.

Peerapattana, P. 2004. **Dynamic Facility Layout with Alternative Processing Routes.** Degree of Doctor of Engineering Osaka Prefecture University. Osaka Japan.

Sha, D.Y. and Chen, C.W. 2001. A new approach to the multiple objective facility layout problem. **Integrated Manufacturing Systems.** 12(1): 59-66.

Tompkins, J.A., White, J.A., et al. 1996. **Facilities planning.** 2nd ed. USA: John Wiley & Sons.

Urban, T.L. 1993, Aheuristic for the dynamic facility layout problem, IIE Transactions, 25(4): 57-63.

Wang, M.J., Hu, M.H. and Ku, M.Y. 2005. **A solution to the unequal area facility layout problem by genetic algorithm.** Computers in Industry, Vol.56: 207-220.