การแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบเส้นตรง โดยวิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น : กรณีศึกษา อุตสาหกรรมผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป

Solving an Simple Assembly Line Balancing Problem by Differential Evolution: A Case Study of Garment Industry

กนกกาญจน์ จิรศิริเลิศ วศ.บ. (Ganokgarn Jirasirilerd, B.Eng.)[1]
ระพีพันธ์ ปิตาคะโส Ph.D. (Rapepan Paitakaso, Ph.D.)[2]
ปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว ปร.ด. (Paroon Mayachearw, Ph.D.)[3]

บทคัดย่อ

บทความนี้ประยุกต์ใช้วิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น สำหรับแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบเย็บของเสื้อแขนสั้นรุ่น 518729 ของโรงงานกรณีศึกษา มีการผลิตสินค้าเป็นแบบชนิดเดียว ซึ่งมีจำนวนสถานีงาน 23 สถานี และประสิทธิภาพของสายงานการประกอบในปัจจุบันเท่ากับ 41.39 เปอร์เซ็นต์ โดยมีวัตถุประสงค์ในการหาจำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุด (m) ซึ่งจัดเป็นปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบเส้นตรงประเภทที่ 1 (Simple Assembly Line Balancing Type 1: SALBP-1) โดยมีการพิจารณาประเภทเครื่องจักรเป็นเงื่อนไขประกอบในการจัดสมดุลสายงานการประกอบเย็บและทำการเปรียบเทียบผลกับสายงานการประกอบเย็บของเสื้อแขนสั้นรุ่น 518729 ปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาและวิธีฮิวริสติกพื้นฐาน ได้แก่ วิธี Largest Candidate Rule (LCR), วิธี Kilbridge and Weter's Method (KWM) และวิธี Ranked Positinal Weights Method (RPW) ซึ่งวิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่นจะทำการสร้างโครโมโซมเริ่มต้นด้วยการสุ่มจากจำนวนจริงและปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการปรับเปลี่ยนพิกัด วิธีการแลกเปลี่ยนพิกัด และการคัดเลือกจากผลการทดลอง พบว่า วิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่นสามารถลดจำนวนสถานีงานได้จากสายงานการประกอบเย็บปัจจุบันจาก 23 สถานี และวิธี LCR, KWM และ RPW จาก 21, 21 และ 23 สถานีตามลำดับเป็น 17 สถานี และมีประสิทธิภาพของสายงานการประกอบเย็บเพิ่มขึ้นเท่ากับ 56 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ สมดุลสายงานการประกอบ แบบเส้นตรงประเภทที่ 1 วิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น

Abstract

This article applied the method of Differential Evolution (DE) to solve a case study on factory's short sleeve shirt (a model number of 518729) assembly line problem. The factory had 1 type of garment which was currently being manufactured by 23 workstations with the efficiency of assembly line at 41.39 %. This method was to obtain the minimal number of workstations (m) which was classified as Simple Assembly Line Balancing Type 1 .(SALBP-1)The different types of textile machineries in each of assembly lines were considered as constraints including the comparison of a model number of 518729. By obtaining the minimal work stations, Differential Evolution (DE) had generated initial chromosome from sampling real numbers and optimized the result by mutation, recombination, and selection. It was compared with current workstations

[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
[2] รองศาสตราจารย์. ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
[3] อาจารย์ ประจำภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

and the results of basic heuristics were Largest Candidate Rule (LCR), Kilbridge and Weter's Method (KWM), and Ranked Positional Weights Method (RPW). The results revealed that differential evolution could be reduced the number of work station from 23 to 17. The results from LCR, KWM, and RPW could also be reduced from 21, 21, and 23 to 17 respectively. The efficiency of assembly line was up to 56 %.

Keywords: Simple Assembly Line Balancing Type 1, Differential Evolution

บทนำ

ในปีพุทธศักราช 2558 การก้าวเข้าสู่ประชาคมอาเซียน (Asean Economic Community หรือ AEC) ส่งผลให้ประเทศไทยได้มีการส่งเสริมและกำหนดนโยบายผลักดันเพื่อเตรียมความพร้อมการแข่งขันในด้านการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าในกลุ่มอาเซียน ให้มีความรวดเร็วและคุณภาพที่ดี โดยเฉพาะในระบบการผลิตมีปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ (Assembly Line Balancing) เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการไหลของงานในสายงานการประกอบ ส่วนใหญ่จะใช้แรงงานคนเป็นหลักในการประกอบสินค้า ถ้าโรงงานอุตสาหกรรมไหนมีขั้นตอนการทำงานที่มาก โรงงานจะต้องจ้างคนงานมากตามไปด้วย ก่อให้เกิดต้นทุนในการผลิตมากขึ้น ซึ่งปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ช่วยลดต้นทุน และช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของสายงานการประกอบในโรงงานอุตสาหกรรม อีกทั้งยังช่วยให้สายงานการประกอบมีการไหลอย่างต่อเนื่องและไม่เกิดคอขวด โดยการจัดสมดุลสายงานการประกอบ คือ การกำหนดขั้นตอนงาน (Task) ให้กับแต่ละสถานีงาน (Workstation) โดยมีเงื่อนไขลำดับความสัมพันธ์ของขั้นตอนงานก่อน-หลัง การจัดสมดุลสายงานการประกอบช่วยให้เวลาที่ใช้ในการผลิตของแต่ละสถานีงานเฉลี่ยเท่าๆ กัน ไม่ก่อให้เกิดเวลาว่างงาน (Idle Time) และลดต้นทุนในการผลิตด้วย

การจัดสมดุลสายงานการประกอบถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Henry Ford ในช่วงต้นปี ค.ศ 1900 และต่อมาในปี ค.ศ. 1995 Salveson เป็นคนแรกที่ให้ชื่อปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบว่า ALBP ตั้งแต่นั้นมามีการนำวิธีการมากมายมาพัฒนาเพื่อแก้รูปแบบที่แตกต่างกันของ ALBP Gutjahr and Nemhauser กล่าวว่าปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบถูกพิสูจน์ว่าเป็นปัญหาแบบ NP-hard ต้องใช้เวลานานในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด จึงยังไม่มีวิธีการใดสามารถแก้ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์แบบ ซึ่งวิธีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาแบบ NP-hard นี้ได้ คือ การประยุกต์ใช้วิธีการเมตาฮิวริสติก จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า มีการประยุกต์ใช้วิธีการเมตาฮิวริสติกเพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ ได้แก่ การประยุกต์ใช้วิธีจีนเนติกอัลกอลิทึม (Genetic Algorithm: GA), การประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาแบบตาบู (Tabu Search : TS) และจีนเนติกอัลกอลิทึม (Genetic Algorithm: GA) (สุภาภรณ์ สุวรรณรังสี ,สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ และเดชา พวงดาวเรือง, 2550), การประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาแบบตาบู (Tabu Search: TS) ร่วมกับเทคนิคการสลับที่แบบสุ่ม (Random Permutation Technique), การประยุกต์ใช้วิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น (Differential Evolution : DE) ถึงแม้ว่าการประยุกต์ใช้วิธีจีนเนติกอัลกอลิทึม (Genetic Algorithm: GA) ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบจะมีนักวิจัยจำนวนมากสนใจ แต่วิธีจีนเนติกอัลกอลิทึมก็ยังมีโครงสร้างที่ซับซ้อนและมีกระบวนการค้นหาคำตอบที่ค่อนข้างช้ากว่าวิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น

ดังนั้นในบทความนี้ จึงได้นำเสนอวิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น (Differential Evolution : DE) เพื่อศึกษาและแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบเย็บในโรงงานกรณีศึกษา และการจัดสมดุลสายการประกอบแบบเส้นตรง เพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) โดยมีเป้าหมายเพื่อหาจำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุด (m) ซึ่งเป็นการจัดสมดุลสายงานการประกอบประเภทที่ 1 (Simple Assembly Line Balancing Type 1 : SALBP-1) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสายงานการประกอบเย็บของเสื้อแขนสั้นรุ่น 518729 โดยมีการพิจารณาประเภทเครื่องจักรเป็นเงื่อนไขประกอบ

Nearchou (2005) ได้นำเสนอและประยุกต์ใช้วิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น (Differential Evolution : DE) ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบง่าย เพื่อลดจำนวนสถานีงานให้น้อยที่สุด (m) โดยต้องผลิตสินค้าในสายงานการประกอบภายในเวลาที่กำหนด จากผลการวิจัย พบว่า วิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่นสามารถให้คำตอบที่ดีและมีคุณภาพในการค้นหาคำตอบที่สูงได้

อย่างไรก็ตาม การศึกษาในครั้งนี้จะเป็นการประยุกต์ใช้วิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น (Differential Evolution : DE) สำหรับแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบเย็บของเสื้อแขนสั้นรุ่น 518729 ของโรงงานกรณีศึกษาซึ่งคล้ายกับปัญหาที่ Nearchou (2005) ได้นำเสนอไว้ คือการประยุกต์ใช้วิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่นในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบเย็บ เพื่อลดจำนวนสถานีงานให้น้อยที่สุด (m) โดยมีการพิจารณาประเภทเครื่องจักรเป็นเงื่อนไขประกอบ

ทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบเส้นตรงประเภทที่ 1 โดยนำวิธีการฮิวริสติกส์พื้นฐาน และวิธีการเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) นำมาแก้ปัญหาดังนี้

กรรณิกา ศิลานนท์ (2542) ได้นำเสนอและประยุกต์ใช้วิธีการจีนเนติกอัลกอลิทึม (Genetic Algorithm : GA) ในการแก้ปัญหาการจัดสายงานการประกอบ เพื่อจัดสมดุลของสายงานการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ชนิดเดียว โดยกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) แบบหลายวัตถุประสงค์และทำการเปรียบเทียบผลการแก้ปัญหาสายงานการประกอบกับวิธี COMSOAL จากผลการวิจัยพบว่าวิธีการจีนเนติกอัลกอลิทึมสามารถให้คำตอบที่ดีกว่าวิธี COMSOAL, Nearchou (2005) ได้นำเสนอและประยุกต์ใช้วิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น (Differential Evolution : DE) ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบง่าย เพื่อลดจำนวนสถานีงานให้น้อยที่สุด โดยต้องผลิตสินค้าในสายงานการประกอบภายในเวลาที่กำหนด จากผลการวิจัยพบว่าวิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่นสามารถให้คำตอบที่ดี และมีคุณภาพในการค้นหาคำตอบที่สูงได้, กษิดิศ แสงเดือน, ชูศักดิ์ พรสิงห์ และ อาณัติ วัฒนสังสุทธิ์ (2550) ได้นำเสนอและประยุกต์ใช้วิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm : GA) ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ เพื่อเพิ่มผลิตภาพสายงานการประกอบ โดยเปรียบเทียบผลการแก้ปัญหาสายงานการประกอบเดิมของโรงงาน กรณีศึกษาจากผลการวิจัย พบว่า วิธีทางพันธุกรรมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพสายงานการประกอบได้จาก 46.32 เปอร์เซ็นต์ เป็น 85.56 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มความสามารถในการผลิตของสายงานการประกอบจาก 996 ชุดต่อวัน เป็น 1,187 ชุดต่อวัน และสามารถลดจำนวนคนงานในสายงานการประกอบลงได้ 6 คนส่งผลให้โรงงานกรณีศึกษาลดต้นทุนการผลิตลงได้ 28,800 บาทต่อเดือน, สุภาภรณ์ สุวรรณรังสี สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ และเดชา พวงดาวเรือง (2550) ได้นำเสนอและประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาแบบตาบู (Tabu Search : TS) และวิธีจีนเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm : GA) นำมาใช้งานร่วมกันโดยให้ชื่อว่าวิธี TSGA เพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ โดยเปรียบเทียบผลการแก้ปัญหาสายงานการประกอบแบบเดิม จากผลการวิจัยพบว่าวิธี TSGA สามารถให้คำตอบที่ดีกว่า ซึ่งสรุปได้ว่าวิธี TSGA เป็นอัลกอริทึมที่มีศักยภาพ และเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ, สุภาภรณ์ สุวรรณรังสี และเดชา พวงดาวเรือง (2551) ได้นำเสนอและประยุกต์ใช้วิธีการจีนเนติกอัลกอลิทึม (Genetic Algorithm : GA) ร่วมกับเทคนิคการสลับที่แบบสุ่ม (Random Permutation Technique) เพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบโดยมีเป้าหมายเพื่อลดค่าความแปรปรวนของภาระงาน โดยทำการเปรียบเทียบผลกับวิธี COMSOAL จากผลการวิจัยพบว่าวิธีการจีนเนติกอัลกอลิทึมสามารถให้คำตอบที่เหมาะสมและดีกว่าวิธี COMSOAL ค่าความแปรปรวนของภาระงานมีค่าลดลง 63.87 เปอร์เซ็นต์ สรุปได้ว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถจัดสมดุลสายงานการประกอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ, อัศวิน ลักขษร, งามพล บุญกิจ นุชสรา เกรียงกรกฎ และปรีชา เกรียงกรกฎ (2552) ได้นำเสนอและประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติก 4 วิธี ได้แก่ วิธี Kilbridge and Weter's Method (KWM), วิธี Ranked Positional Weights Method (RPW),

วิธี Maximum Task Time, และ วิธี Total Maximum Number of Following Tasks โดยมีเป้าหมายเพื่อให้หาจำนวนสถานีงานน้อยที่สุด จากผลการวิจัยพบว่าการจัดสมดุลสายการผลิตทั้ง 4 วิธี สามารถลดจำนวนสถานีงานโดยให้ค่าผลลัพธ์ที่เท่ากัน และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตได้ด้วย

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า วิธีการเมตาฮิวริสติกที่มีการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบที่นิยมที่สุดคือ วิธีจีนเนติกอัลกอลิทึม (Genetic Algorithm : GA) แต่ผู้วิจัยสนใจที่จะนำเสนอและประยุกต์ใช้วิธีดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น (Differential Evolution : DE) มาใช้สำหรับแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบเส้นตรง แต่เนื่องจากวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียล อิโวลูชั่นยังไม่มีนักวิจัยนำมาพัฒนาและประยุกต์ใช้ในปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบมากนัก ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่นในปัญหาอื่นๆแทนดังนี้

Dervis and Selcuk (2004) นำเสนอและประยุกต์ใช้วิธี Differential Evolution Algorithms (DEA) และได้อธิบายถึง DEA ว่าเป็นหนึ่งในวิธีการของ Evolutionary algorithms (EA) ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการพัฒนาเป็นเทคนิคใหม่ในการเพิ่มประสิทธิภาพ จากการศึกษาแบบจำลองของ De Jong พบว่าความเร็วในการบรรจบกันของ DE มีนัยสำคัญที่ดีกว่าวิธีจีนเนติกอัลกอลิทึม (Genetic Algorithm : GA) ดังนั้นวิธี DE น่าจะเป็นวิธีการที่มีแนวโน้มในการแก้ปัญหาและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านวิศวกรรม

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น (Differential Evolution : DE) เพื่อแก้ปัญหาอื่นๆ ทางวิศวกรรม จะเห็นว่าวิธีการหาคำตอบของวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่นสามารถให้ค่าของคำตอบที่เหมาะสม หรือคำตอบที่ดีได้ และเป็นวิธีที่มีความซับซ้อนน้อยและสามารถใช้แก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วกว่าวิธีการหาคำตอบแบบอื่นๆ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกและนำหลักการหาคำตอบของวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่นมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบเส้นตรงประเภทที่ 1 และหาคำตอบของบทความนี้

กรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษานี้เป็นอุตสาหกรรมผลิตเครื่องนุ่งห่มสำเร็จรูป เช่น เสื้อแขนสั้น เสื้อแขนยาว และกางเกง ตั้งอยู่ในอำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี มีสายการผลิตเป็นแบบเส้นตรง (Simple Assembly Line Balancing) มีการผลิตสินค้าแบบชนิดเดียว โดยสายงานการประกอบที่สำคัญต่อโรงงานกรณีศึกษา คือ สายงานการประกอบเย็บแบบเส้นตรงสไตล์เสื้อแขนสั้นรุ่น 518729 มีสถานีงานทั้งหมด 23 สถานีและประสิทธิภาพของสายงานการประกอบเย็บเท่ากับ 41.39 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีรอบเวลาการผลิต (Cycle time : c) เท่ากับ 2 นาที และในการจัดขั้นตอนงานลงสถานีงานต้องไม่เกินรอบเวลาการผลิตที่กำหนด โดยมีการพิจารณาลำดับขั้นตอนงานก่อน-หลังดังตารางที่ 1 พิจารณาประเภทเครื่องจักรเป็นเงื่อนไขประกอบในการจัดขั้นตอนงานลงสถานีงาน ซึ่ง 1 สถานีงานสามารถมีเครื่องจักรได้เพียง 1 ประเภทเท่านั้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาจำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุด (m) เนื่องจากในปัจจุบันการจัดสมดุลสายงานการประกอบของโรงงานกรณีศึกษานั้นจะใช้ประสบการณ์ และพยายามจัดให้รอบเวลาการผลิตสมดุลกันในสายงานการประกอบเย็บ ทำให้มีประสิทธิภาพของสายงานการประกอบเย็บอยู่ในระดับที่ต่ำ



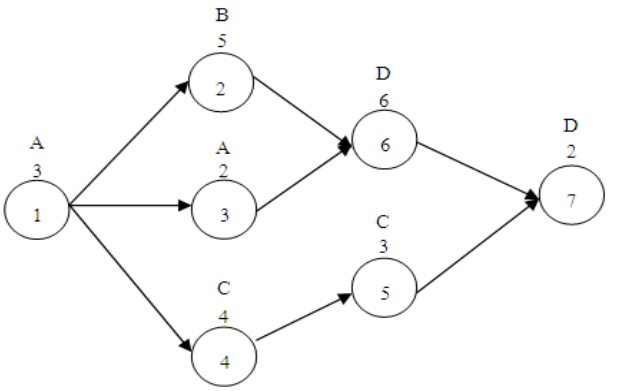
ตารางที่ 1 ข้อมูลรายละเอียดของขั้นตอนงานเสื้อแขนสั้นรุ่น 518729

ขั้นตอนงาน	เวลา(นาที)	ลำดับงานก่อน - หลัง	เครื่องจักร	ขั้นตอนงาน	เวลา(นาที)	ลำดับงานก่อน - หลัง	เครื่องจักร
1	1.05	-	งานมือ	19	0.78	18	FLA(2)
2	0.35	5	SNA(1)	20	0.27	15	4OL
3	0.22	8	SNA(1)	21	0.22	20	SNA(2)
4	0.42	3	4OL	22	0.70	17	4OL
5	0.33	1	SNA(1)	23	0.52	22	4OL
6	0.33	1	SNA(1)	24	0.67	11	SNA(2)
7	0.40	2	SNA(1)	25	0.42	28	SNA(2)
8	0.40	6	SNA(1)	26	0.72	24 , 29	4OL
9	0.32	1	4OL	27	0.68	10	SNA(2)
10	0.25	9	SNA(2)	28	0.45	27	4OL
11	0.52	23	4OL	29	0.45	25	4OL
12	0.73	1	4OL	30	0.37	35	SNA(2)
13	0.65	12	FLA(1)	31	0.37	30	SNA(2)
14	0.63	13	4OL	32	0.77	26	4OL
15	0.60	14	FLA(2)	33	0.65	35	SNA(1)
16	0.43	7 , 21	4OL	34	0.43	4 , 32	SNA(2)
17	0.38	16	FLA(2)	35	0.48	34	SNA(1)
18	0.85	1	4OL	36	1.23	31	DNN

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลรายละเอียดของขั้นตอนงานทั้งหมด 36 ขั้นตอนงานของปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบเย็บแบบเส้นตรงประเภทที่ 1 สไตล์เสื้อแขนสั้นรุ่น 518729

บทความนี้จะประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์พื้นฐานต่างๆ ได้แก่ วิธี Largest Candidate Rule (LCR), วิธี Kilbridge and Weter's Method (KWM) และวิธี Ranked Positional Weights Method (RPW) และวิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น (DE) สำหรับแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบเส้นตรงประเภทที่ 1 เพื่อความเข้าใจในขั้นตอนการทำงานของวิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น ผู้วิจัยจึงยกตัวอย่างการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบอย่างง่าย ดังต่อไปนี้

จากภาพที่ 1 ขั้นตอนงานย่อยต่างๆ ใช้วงกลมเป็นสัญลักษณ์ในการเชื่อมต่อระหว่างส่วนของขั้นตอนงานและมีลูกศร (⟶) เป็นตัวกำหนดทิศทางการดำเนินงาน โดยตัวเลขที่แสดงอยู่ด้านบนของวงกลม คือเวลาของขั้นตอนงานและประเภทของเครื่องจักร และมีรอบเวลาการผลิตไม่เกิน 8 นาที



ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ลำดับขั้นตอนงานก่อน-หลัง ของสายงานการประกอบอย่างง่าย

1. Initialization คือ ขั้นตอนการสุ่มจำนวนจริง 0 ถึง 1 ให้กับขั้นตอนงานแต่ละขั้นตอน เพื่อเป็นค่าตัดสินใจในการจัดขั้นตอนงานลงในสถานี และเป็นค่าเริ่มต้นของเวคเตอร์เพื่อนำมาใช้ในขั้นตอนการปรับเปลี่ยนพิกัด (Mutation) และขั้นตอนการแลกเปลี่ยนพิกัด (Recombination) ต่อไป ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงขั้นตอน Initialization ของปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบอย่างง่าย

ขั้นตอนงาน	1	2	3	4	5	6	7
เวลา (นาที)	3	5	2	4	3	6	2
ประเภทของเครื่องจักร	A	B	A	C	C	D	D
เวคเตอร์เริ่มต้น	0.58	0.95	0.13	0.90	0.51	0.27	0.24

จากตารางที่ 1 สุ่มจำนวนจริง 0 ถึง 1 แทนขั้นตอนงานแต่ละขั้นตอนได้ค่าดังนี้ 0.58, 0.95, 0.13, 0.90, 0.51, 0.27, 0.24 ตามลำดับ แล้วนำมาจัดลงสถานีงานในขั้นตอนที่ 2 ดังนี้

2. จัดขั้นตอนงานลงสถานีงาน คือการนำข้อมูลตัวเลขสุ่มจากตารางที่ 1 โดยเรียงค่าจากน้อยไปหามาก แล้วทำการเลือกงานที่มีค่าน้อยที่สุดถูกจัดลงสถานีงานก่อน โดยต้องไม่ขัดต่อเงื่อนไขของลำดับงานก่อน-หลัง และจะต้องไม่เกินรอบเวลาการผลิตดังตารางที่ 3 ซึ่ง 1 สถานีงานสามารถมีเครื่องจักรได้ไม่เกิน 1 ประเภท

ตารางที่ 3 แสดงการจัดขั้นตอนงานลงสถานี

สถานีงาน	1		2		3	4	
ขั้นตอนงาน	1	3	4	5	2	6	7
เวลา (นาที)	3	2	4	3	5	6	2
ประเภทของเครื่องจักร	A	A	C	C	B	D	D
เวคเตอร์เริ่มต้น	0.58	0.13	0.90	0.51	0.95	0.27	0.24

จากตารางที่ 3 แสดงการจัดขั้นตอนงานลงสถานีงาน โดยพิจารณาค่า Population จากตัวเลขสุ่มเรียงจากน้อยไปมาก โดยค่าที่น้อยที่สุดถูกจัดลงสถานีงานก่อน คือขั้นตอนงานที่ 3 แต่เนื่องจากงานที่ 3 ผิดเงื่อนไขลำดับความสัมพันธ์งานก่อน-หลัง จึงพิจารณาขั้นตอนงานที่มีตัวเลขสุ่มที่มีค่าน้อยลำดับถัดไปเรื่อยๆ จนกว่าจะไม่ขัดต่อเงื่อนไขลำดับความสัมพันธ์งานก่อน-หลัง และ1 สถานีงานสามารถมีเครื่องจักรได้ไม่เกิน 1 ประเภท ซึ่งสามารถจัดขั้นตอนงานลงสถานีงานได้คือ สถานีงานที่ 1 มีขั้นตอนงานที่ 1 กับ 3, สถานีงานที่2 มีขั้นตอนงานที่ 4 กับ 5 เป็นต้น ซึ่งจะได้สถานีงานทั้งหมด 4 สถานี จากนั้นนำข้อมูลตารางที่ 3 มาทำขั้นตอนการปรับเปลี่ยนพิกัด (Mutation) ในขั้นตอนที่ 3 ดังนี้

3. Mutation คือ การปรับเปลี่ยนพิกัดในเวคเตอร์ เพื่อที่จะได้คำตอบใหม่ที่แปลกแตกต่างไปจากประชากรเริ่มต้น เรียกว่า Weighting Factor : F เพื่อจุดประสงค์ของการกลายพันธุ์ในขั้นตอนที่ 1 มีขั้นตอนย่อยๆ ดังนี้

3.1 กำหนด Target vector ($X_{i,G}$) โดยที่ i = 1,2,...,NP

3.2 สุ่มเลือก 3 vector ($X_{r1,G}, X_{r2,G}, X_{r3,G}$) จากเวคเตอร์ตั้งต้นโดยต้องไม่ซ้ำกับ Target Vector ที่เลือกไปแล้ว

3.3 คำนวณหาค่า Mutant vector ($V_{i,G+1}$) จากความสัมพันธ์

$$V_{i,G+1} = X_{r1,G} + F\left(X_{r2,G} - X_{r3,G}\right) \qquad (1)$$

โดยค่า F คือ Weighting Factor เป็นจำนวนจริงที่มีค่าคงที่ระหว่าง 0 ถึง 2, $V_{i,G+1}$ = Mutant vector และ $X_{i,G+1}$ = Target vector แล้วคำนวณหาค่า Mutant vector จากสมการที่ 1 โดยสุ่มเลือก 3 vector จากตัวเลขสุ่มในตารางที่ 2 ซึ่งแสดงค่า Mutant vector ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่า Mutant vector ($V_{i,G+1}$) โดยกำหนดค่า F = 0.6

ขั้นตอนงาน	1	2	3	4	5	6	7
เวคเตอร์เริ่มต้น ($X_{i,G+1}$ =)	0.58	0.95	0.13	0.90	0.51	0.27	0.24
Mutant vector ($V_{i,G+1}$)	0.51	0.27	0.32	0.50	1.39	0.17	0.87

จากตารางที่ 4 แสดงการหาค่า Mutant vector โดยการสุ่มเลือก 3 vector โดยค่า Target vector ต้องไม่ซ้ำกับ Target vector ที่ถูกเลือกไปแล้ว จากตารางที่ 2 แสดงการหาค่า Mutant vector ของขั้นตอนงานที่ 1 จากสมการที่ 1 ได้คือ 0.58+0.6(0.13-0.24) เท่ากับ 0.51 เป็นต้น จากนั้นนำข้อมูลในตารางที่ 4 มาทำขั้นตอนการแลกเปลี่ยนพิกัด (Recombination) ในขั้นตอนที่ 4

4. Recombination คือ การแลกเปลี่ยนพิกัดเป็นขั้นตอนการเพิ่มความหลากหลายให้กับคำตอบของปัญหา ซึ่งจะได้สายพันธุ์ใหม่ของคำตอบที่ดีกว่าหรือแย่กว่าออกมา ขั้นตอนนี้จะทำให้ได้ค่า Trial Vector ($u_{i,G+1}$)ดังสมการที่ 2 เพื่อใช้ในการพิจารณาและเปรียบเทียบในการผสมสายพันธุ์ดังสมการที่ 3 จะได้สายพันธุ์ใหม่ดังตารางที่ 4 จากนั้นนำสายพันธุ์ใหม่ที่ได้มาจัดลงสถานีงานดังตารางที่ 5

$$u_{i,G+1} = (u_{1i,G+1}, u_{2i,G+1}, \cdots, u_{Di,G+1}) \quad (2)$$

$$u_{i,G+1} \begin{cases} V_{i,G+1} & \text{if rand(i)} \leq \text{CR} \\ X_{i,G+1} & \text{if rand(i)} > \text{CR} \end{cases} \quad (3)$$

โดยค่า $u_{i,G+1}$ = Trial vector, *rand(i)* = การสุ่มตัวเลขจำนวนจริงที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ครั้งที่ i, CR = ค่า Crossover Constant มีค่าเป็นเลขจำนวนจริงระหว่าง 0 ถึง 1

ตารางที่ 5 แสดงผลของการ Recombination ซึ่งจะได้ค่า Trial Vector ($u_{i,G+1}$)โดยกำหนดค่า CR = 0.9

ขั้นตอนงาน	1	2	3	4	5	6	7
Target vector Random	0.24	0.87	0.44	1.28	0.01	1.17	0.33
Target Vector ($X_{i,G+1}$)	0.58	0.95	0.13	0.90	0.51	0.27	0.24
Mutant vector ($v_{i,G+1}$)	0.51	0.27	0.32	0.50	1.39	0.17	0.87
Recombination	0.51	0.27	0.32	0.90	1.39	0.27	0.87

จากตารางที่ 5 แสดงผลของการ Recombination ซึ่งจะได้ค่า Trial Vector โดยพิจารณาและเปรียบเทียบในการผสมสายพันธุ์ดังสมการที่ 3 ซึ่งถ้าค่า Target Vector random น้อยกว่าหรือเท่ากับค่า CR ให้เลือกค่าของ Mutant vector แต่ถ้าค่า Target vector random มากกว่าค่า CR ให้เลือกค่า Target vector เช่น ขั้นตอนงานที่ 1 มี Target vector random เท่ากับ 0.24 ซึ่งน้อยกว่าค่า CR คือ 0.9 ให้เลือกค่าของ Mutant vector เท่ากับ 0.51 แต่ถ้าขั้นตอนงานที่ 4 มีค่า Target vector random เท่ากับ 1.28 ซึ่ง มากกว่าค่า CR คือ 0.9 ให้เลือกค่าของ Target vector เท่ากับ 0.90 เป็นต้น จากนั้นนำสายพันธุ์ใหม่ที่ได้จากตารางที่ 5 มาจัดลงสถานีงานดังตารางที่ 6

5. จัดขั้นตอนงานลงสถานีงาน คือ การนำค่า Recombination จากตารางที่ 5 ทำการเลือกงานที่มีค่าน้อยที่สุดถูกจัดลงสถานีงานก่อน โดยต้องไม่ขัดต่อเงื่อนไขของลำดับงานก่อน-หลัง และจะต้องไม่เกินรอบเวลาการผลิตดังตารางที่ 6 ซึ่ง 1 สถานีงานสามารถมีเครื่องจักรได้ไม่เกิน 1 ประเภท

ตารางที่ 6 แสดงการจัดขั้นตอนงานลงสถานีงาน

สถานีงาน	1		2		3	4	
ขั้นตอนงาน	1	3	4	5	2	6	7
เวลา (นาที)	3	2	4	3	5	6	2
ประเภทของเครื่องจักร	A	A	C	C	B	D	D
Recombination	0.51	0.32	0.90	1.39	0.27	0.27	0.87

จากตารางที่ 6 แสดงการจัดขั้นตอนงานลงสถานีงาน โดยพิจารณาค่า Population จากค่า Recombination เรียงจากน้อยไปหามาก โดยค่าที่น้อยที่สุดจะถูกจัดลงสถานีงานก่อน คือขั้นตอนงานที่ 2 กับ 6 แต่เนื่องจากงานที่ 2 กับ 6 ผิดเงื่อนไขลำดับความสัมพันธ์งานก่อน-หลัง จึงพิจารณาขั้นตอนงานที่มีค่า Recombination ที่มีค่าน้อยลำดับถัดไปเรื่อยๆ จนกว่าจะไม่ขัดต่อเงื่อนไขลำดับความสัมพันธ์งานก่อน-หลัง และ1 สถานีงานสามารถมีเครื่องจักรได้ไม่เกิน 1 ประเภท ซึ่งสามารถจัดขั้นตอนงานลงสถานีงานได้คือ สถานีงานที่ 1 มีขั้นตอนงานที่ 1 กับ 3, สถานีงานที่ 2 มีขั้นตอนงานที่ 4 กับ 5 เป็นต้น ซึ่งจะได้สถานีงานทั้งหมด 4 สถานี จากนั้นนำตารางที่ 2 และตารางที่ 5 มาทำในขั้นตอนที่ 6 ดังนี้

6. Selection คือการคัดเลือกประชากรโดยเลือกเอาแต่เฉพาะคำตอบที่ดีที่สุด โดยใช้วิธีเปรียบเทียบค่า Function value ของ Trial vector กับ Target vector ในกรณีที่ค่า Function value ของ Trial vector ดีกว่า Target vector จะถูกแทนที่ด้วย Trial vector ในรุ่นต่อไปดังสมการที่ 4 ซึ่งจะได้ประชากรที่มีคำตอบที่ดีที่สุดดังตารางที่ 9

$$X_{i,G+1} = \begin{cases} u_{i,G+1} & \text{if } f(u_{i,G+1}) \le f(X_{i,G}) \\ X_{i,G} & \text{Otherwise} \end{cases} \qquad (4)$$

ตารางที่ 7 แสดงการจัดขั้นตอนงานลงสถานีงานก่อนการ Recombination

สถานีงาน	1		2		3	4	
ขั้นตอนงาน	1	3	4	5	2	6	7
เวลา (นาที)	3	2	4	3	5	6	2
ประเภทของเครื่องจักร	A	A	C	C	B	D	D
โครโมโซมเริ่มต้น	0.58	0.13	0.90	0.51	0.95	0.27	0.24

ตารางที่ 8 แสดงการจัดขั้นตอนงานลงสถานีงานหลังการ Recombination

สถานีงาน	1		2		3	4	
ขั้นตอนงาน	1	3	4	5	2	6	7
เวลา (นาที)	3	2	4	3	5	6	2
ประเภทของเครื่องจักร	A	A	C	C	B	D	D
Crossover	0.51	0.32	0.90	1.39	0.27	0.27	0.87

จากตารางที่ 7 และ 8 แสดงตัวอย่างการจัดขั้นตอนงานลงสถานีงานของปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบอย่างง่ายมีค่าตอบค่า Function value ของ Trial vector คือการจัดขั้นตอนงานลงสถานีงานหลังการ Recombination กับ Target vector คือการจัดขั้นตอนงานลงสถานีงานก่อนการ Recombination ซึ่งมีจำนวนสถานีงานเท่ากัน คือ 4 สถานี ดังนั้นจึงเลือกค่า Trial vector มาเป็นคำตอบที่ดีที่สุดดังตารางที่ 9 แล้วนำไปทำต่อในขั้นตอนที่ 7 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 แสดงคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบอย่างง่าย

สถานีงาน	1		2		3	4	
ขั้นตอนงาน	1	3	4	5	2	6	7
เวลา(นาที)	3	2	4	3	5	6	2
ประเภทของเครื่องจักร	A	A	C	C	B	D	D
Recombination	0.51	0.32	0.90	1.39	0.27	0.27	0.87

7. Evolution & Re-Generation คือ การดำเนินการทำซ้ำจากขั้นตอนที่ 3 ถึง 6 โดยเปลี่ยนค่า Target vector จนถึง i = NP

ผลการทดลอง

เมื่อทำการทดลองประมวลผลโดย Microsoft Office Excel 2007 และ Bloodshed Dev-C++ V. 4.9.9.2 และหาคำตอบจากวิธีฮิวริสติกส์พื้นฐาน LCR, KWM, RPW และวิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่นตามลำดับ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับสมดุลสายงานการประกอบเย็บแบบเดิมของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งผลการจัดสมดุลสายงานการประกอบเย็บเสื้อแขนสั้นรุ่น 518729 ดังตารางที่ 10 จากผลการทดสอบการจัดสมดุลสายงานการประกอบเย็บ พบว่าวิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น (DE) สามารถให้คำตอบที่ดีกว่า เมื่อนำไปเปรียบเทียบผลกับวิธีฮิวริสติกพื้นฐานและสายงานการประกอบเย็บปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา โดยสามารถลดจำนวนสถานีงานลงได้จากเดิม 23 สถานีเป็น 17 สถานี และค่าประสิทธิภาพของสายงานการประกอบเย็บมีค่าเพิ่มขึ้น 14.61 เปอร์เซ็นต์จากเดิม 41.39 เปอร์เซ็นต์เป็น 56 เปอร์เซ็นต์ดังสมการที่ 5

ตารางที่ 10 แสดงผลการจัดสมดุลสายงานการประกอบเย็บด้วยวิธีที่นำเสนอ

	วิธีการสำหรับการจัดสมดุลสายงานการประกอบเย็บ				
	ก่อน	LCR	KWM	RPW	DE
สถานีงาน	23	21	21	23	17
ประสิทธิภาพ(%)	41.39	45.33	45.33	41.39	56



แสดงการหาค่าประสิทธิภาพการทำงานของสายงานการประกอบ

$$E = \frac{\sum T_{ej}}{nT_c} \times 100 \qquad (5)$$

โดยค่า T_{ej} = เวลาของงานที่ j

T_c = รอบเวลาการผลิต

E = ประสิทธิภาพของสายการผลิต

n = จำนวนของสถานีงาน

ซึ่งสามารถแสดงการคำนวณหาประสิทธิภาพการทำงานของสายงานการประกอบเย็บแบบเส้นตรงของโรงงานกรณีได้ดังนี้

$$E = \frac{19.04}{34} \times 100 = 56\%$$

สรุปผล

วิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น (Differential Evolution : DE) ที่ได้พัฒนาและนำเสนอสามารถแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบเย็บได้อย่างมีประสิทธิภาพ และหาคำตอบที่ดีได้วิธีหนึ่งเมื่อเทียบกับวิธีการฮิวริสติกพื้นฐานอื่นๆ และวิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบง่ายของ Nearchou (2005) โดย Nearchou (2005) ได้ทำการปรับปรุงโครงสร้างของ DE โดยใช้ Sub-Range ในการเลือกช่วงว่าควรจัดงานไหนลงก่อนโดยเปรียบเทียบจากค่าจีโนไทป์ จากนั้นจึงทำการปรับปรุงคำตอบเพื่อไม่ให้ขัดต่อลำดับงานก่อน-หลัง แต่การนำ Sub-Range มาใช้ก็มีข้อด้อยในการเลือกช่วงลง เพราะถ้าหากใช้ Sub-Range ในการจัดงานแล้วพบว่ามีงานที่ซ้ำกันอยู่ก็จะต้องมีการตรวจสอบแล้วปรับปรุงจีโนไทป์เพื่อไม่ให้เกิดงานซ้ำซ้อน ซึ่งทำให้มีขั้นตอนที่ซับซ้อนตามมา แต่วิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่นที่ผู้วิจัยได้พัฒนาและนำเสนอนั้นในการเลือกว่าควรจัดงานไหนลงก่อน ผู้วิจัยได้ใช้ค่า CR ในการจัดงานซึ่งดูได้จากขั้นตอนที่ 4 การแลกเปลี่ยนพิกัด (Recombination) ซึ่งอธิบายไว้ข้างต้น และผู้วิจัยยังได้มีการปรับปรุงคำตอบไปพร้อมกับการจัดขั้นตอนงานลงสถานีงานโดยไม่ให้ขัดต่อลำดับขั้นตอนงานก่อน-หลัง ซึ่งจะทำให้เห็นว่าไม่มีงานไหนซ้ำกันอยู่ จึงง่ายต่อการตรวจสอบและทำในขั้นตอนต่อไปในกระบวนการของวิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น

รายการอ้างอิง

กษิดิศ แสงเดือน, ชูศักดิ์ พรสิงห์ และ อาณัติ วัฒนสังสุทธิ์. (2550). **การเพิ่มผลิตภาพด้วยเทคนิคการจัดสมดุลสายการประกอบโดยวิธีการทางพันธุกรรม.** การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ 24-26 ตุลาคม 2550

กรรณิกา ศิลานนท์.(2542) .**การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบหลายวัตถุประสงค์.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สุภาภรณ์ สุวรรณรังสี ,สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ และเดชา พวงดาวเรือง.(2550).**การแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบโดยวิธี TSGA.** การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, 24-26 ตุลาคม 2552

สุภาภรณ์ สุวรรณรังสี และ เดชา พวงดาวเรือง. (2551). **การจัดสมดุลสายงานการประกอบโดยใช้จีนเนติกอัลกอริทึมร่วมกับเทคนิคการสลับที่แบบสุ่ม : กรณีศึกษาสายงานการประกอบรถมอเตอร์ไซด์**. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อัศวิน ลักขษร, งามพล บุญกิจ, นุชสรา เกรียงกรกฎ และปรีชา เกรียงกรกฎ. (2552). **การปรับปรุงสมดุลสายการผลิตในโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูป.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

Karaboga, D. & Okdem, S. (2004). A Simple and Global Optimization Algorithm for Engineering Problems : Differential Evolution Algorithm, **Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, 12**(1) : 53-60.

Gutjahr, A. L. & Nemhauser, G.L. (1964). An algorithm for the line balancing problem. **Management Science. 11**(2), 08-315.

Nearchou, A.C. (2005). A differential evolution algorithm for simple assembly line balancing. **16 Int. Federation of Automatic Control (IFAC) World Congress**, Prague, July 4-8.

Salveson, M.E.(1964). The Assembly Line Balancing Problem. **The Journal of Industrial Engineering, 11**, 18-25.

Storn, R. & Price, K.(1997). Differential evolution – a simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces. **International Computer Science. Technical Report TR-95-012.**