

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: BRG5580017

**ชื่อโครงการ: การเพิ่มสมรรถนะและการประยุกต์ขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการสำหรับการออกแบบโครงข้อ
หมุนและโครงข้อแข็ง**

**ชื่อนักวิจัย และสถาบัน: นายสุจินต์ บุรีรัตน์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**

อีเมล: sujbur@kku.ac.th

ระยะเวลาโครงการ 3 ปี

โครงถัก หรือในที่นี้คือโครงข้อหมุน (truss) และโครงข้อแข็ง (frame) เป็นโครงสร้างที่มีการประยุกต์ใช้งานในทางวิศวกรรมหลายรูปแบบ การประยุกต์ใช้โครงถักมีข้อได้เปรียบคือ มีราคาถูกและทำการก่อสร้างได้ง่าย โดยเฉพาะการก่อสร้างในพื้นที่ที่ยากในการเข้าถึง เช่น บนภูเขา เป็นต้น โครงถักสามารถใช้ในงานโครงหลังคา โครงสะพาน เสาส่งสัญญาณ เสาไฟฟ้าแรงสูง เสากั้นล้ม โครงของยานยนต์ โครงสร้างทางวิศวกรรมโยธา และชิ้นส่วนยานยนต์อีกมากมาย ในการออกแบบโครงถักขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการเป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากการใช้งานง่ายและได้คำตอบที่ดี อย่างไรก็ตามขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการมีจุดด้อยคือ มีอัตราการลู่เข้าต่ำ ด้วยเหตุดังกล่าว การเพิ่มสมรรถนะของขั้นตอนวิธีเหล่านั้นจึงเป็นวัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัยนี้

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาการประยุกต์ขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการเพื่อการออกแบบโครงถัก ในรายละเอียดของงานสามารถแยกออกเป็นสองหมวดย่อย คือการพัฒนากระบวนการออกแบบโครงถัก และการพัฒนาสมรรถนะของขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการทั้งแบบเป้าหมายเดียวและหลายเป้าหมาย ในระหว่างการศึกษาได้ทำการขยายการประยุกต์ใช้งานออกไปยังการออกแบบระบบทางวิศวกรรมอื่นด้วย เพื่อให้การดำเนินการวิจัยเกิดประโยชน์สูงสุด

ผู้วิจัย ได้ทำการศึกษาการเพิ่มสมรรถนะของขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการ ด้วยเทคนิคการผสมผสานสำหรับการออกแบบโครงถักและระบบทางกลอื่นๆ ได้พัฒนาวิธี PBIL ที่ใช้เลขจำนวนจริง และผสมกับตัวดำเนินการของวิธีวิวัฒนาการเชิงอนุพันธ์ ซึ่งจะได้อัลกอริทึมที่มีสมรรถนะสูงสำหรับการหาค่าเหมาะที่สุดแบบหลายเป้าหมายของโครงถัก นอกจากนี้ยังได้ทำการประยุกต์ RPBIL-DE กับการออกแบบระบบโครงข่ายท่อน้ำประปา ซึ่งทำให้ได้ผลเฉลยที่ดีและเป็นการยืนยันสมรรถนะของวิธีผสม RPBIL-DE นอกจากนี้สำหรับกรณีของ RPBIL ได้พัฒนา local search เพื่อใช้กับวิธี RPBIL ซึ่ง

สามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะของ RPBIL ในการหาค่าเหมาะที่สุดแบบหลายเป้าหมายของโครงถัก ดังจะเห็นได้จาก ผลการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการที่มีมาก่อน นอกจากนี้ ยังได้สาธิตการประยุกต์ใช้ approximate gradient เพื่อเพิ่มสมรรถนะ MOEAs อื่นๆ ซึ่งก็แสดงให้เห็นว่า approximate gradient เป็น local search ที่ช่วยเพิ่มสมรรถนะของ MOEAs ในการหาค่าเหมาะที่สุดแบบหลายเป้าหมายของโครงถักได้

ได้ทำการศึกษาการหาค่าเหมาะที่สุดแบบตรงข้ามของโครงถัก การออกแบบลักษณะนี้มีประโยชน์คือ เมื่อปัญหาการออกแบบจริงมีพารามิเตอร์ที่ไม่สามารถระบุค่าได้อย่างชัดเจน แต่อาจสามารถระบุช่วงของค่าของพารามิเตอร์เหล่านั้นได้ ได้ทำการพัฒนาขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการสำหรับปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดแบบตรงข้าม จากผลการทดสอบพบว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถใช้ในการหาค่าเหมาะที่สุดแบบตรงข้ามของโครงถักได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้ทำการผสมผสานวิธี real code ant colony optimisation (ACOR) กับวิธี local search ชิมเพล็กซ์ลงเขา ผลที่ได้ทำให้ ACOR มีสมรรถนะในการหาผลเฉลยการหาค่าเหมาะที่สุดแบบมีเงื่อนไขบังคับของระบบทางกลสูงขึ้น ได้ทำการผสมผสานระหว่างขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการสองวิธีที่มีแนวคิดแตกต่างกัน คือวิธี differential evolution และวิธี teaching-learning based optimisation เพื่อการหาค่าเหมาะที่สุดของการม้วนแผ่นโลหะซึ่งเป็นปัญหาคำนวณใหญ่เพราะมีจำนวนตัวแปรออกแบบมาก ผลจากการทดสอบพบว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นมามีสมรรถนะสูงกว่าวิธีวิวัฒนาการอื่นที่มีมาก่อน

ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบการออกแบบอัตโนมัติของโครงข้อหมุนและโครงข้อแข็ง ระบบการออกแบบชนิดนี้คือ การหาทอพอโลยี รูปทรงและขนาดเหมาะที่สุดพร้อมกันของโครงสร้าง การดำเนินการออกแบบลักษณะนี้สามารถทำได้โดยการใช้เทคนิคเอลิเมนต์พื้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาทั้งในส่วนของเอลิเมนต์พื้นแบบคงตัวและเอลิเมนต์พื้นแบบ adaptive ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า เอลิเมนต์พื้นแบบ adaptive จะมีประสิทธิภาพในการออกแบบที่ดีกว่า แต่ก็มีปัญหาเรื่องความยากและสลับซับซ้อนของกระบวนการดังกล่าวคืออุปสรรคที่ตามมา ประโยชน์ของระบบการออกแบบนี้คือ เป็นกระบวนการที่ช่วยให้ผู้ออกแบบที่มีประสบการณ์ในการออกแบบโครงสร้างน้อย สามารถออกแบบ โครงสร้างได้ใกล้เคียงหรือแม้กระทั่งดีกว่าผู้ออกแบบที่มีประสบการณ์สูง ทั้งนี้ผู้ออกแบบต้องมีความรู้พื้นฐานในด้านการวิเคราะห์โครงสร้างและการหาค่าเหมาะที่สุดที่เพียงพอ นอกจากนี้ องค์ความรู้ส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้ถูกพัฒนาเป็นหลักสูตรอบรมการหาค่าเหมาะที่สุดของโครงถัก

คำหลัก: ขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการ, การหาค่าเหมาะที่สุดของโครงสร้าง, การวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์, ขั้นตอนวิธีผสมผสาน, เอลิเมนต์พื้นแบบปรับตัวได้

Abstract

Project Code: BRG5580017

Project Title: Performance Enhancement and Applications of Evolutionary Algorithms for Truss and Frame Design

**Investigator: Sujin Bureerat, Department of Mechanical Engineering
Faculty of Engineering, Khon Kaen University**

Email: sujbur@kku.ac.th

Project Period 3 years

Trusses and frames, also known as skeleton-like structures, are some of the most commonly used structures in daily life engineering systems. Using such structures is advantageous since they are inexpensive and simple to construct. It is also easier to build this type of structures in difficult-to-access areas. The structures can be used as roof structures, bridge structures, transmission and communication towers, wind turbine towers, vehicle frames, civil engineering structure, and mechanical parts etc. With the invention and development of computer hardware and software as well as overwhelming research work towards structural design, it has been found that the use of optimisation in combination with finite element analysis greatly enhance a design process of the structures. The most popular optimisers for truss and frame design are evolutionary algorithms (EAs) due to their simplicity, robustness, and ability to deal with discrete design variables. None-the-less, their inevitable drawbacks still remains, which are a low convergence rate and a lack of search consistency.

As a result, this work is conducted so as to improve search performance of EAs. The performance enhancement is investigated in two ways. Firstly, the hybridisation between EAs is investigated. The second type of hybridisation is using EAs as the main algorithm while a local search technique is used to accelerate its convergence. In this project, it has been shown that the integration between real-code population-based incremental learning and differential evolution is an efficient method for multiobjective optimisation of trusses. A local search technique called an approximated gradient was created for both unconstrained and constrained optimisation. It has been found that the approximate gradient is a powerful local search technique for multiobjective evolutionary algorithms (MOEAs) in solving multiobjective optimisation of trusses. The simplex downhill method has been integrated into the main procedure of real-code ant colony optimisation resulting in a powerful hybrid evolutionary algorithm for constrained mechanical design problems. The hybrid real-code population-based incremental learning and differential evolution has been extended and then used to solve simultaneous topology and sizing multiobjective optimisation of pipe network. It is shown that the hybrid algorithm is superior to other existing MOEAs. Further demonstration of hybrid approached has been made. The differential evolution algorithm and teaching-learning based optimisation have been hybridised for solving a strip coiling process where the hybrid method is superior to other EAs. The two-level population-based incremental learning using binary strings has been proposed for anti-optimisation of trusses. The method is proven effective for such a design type.

Moreover, an automate design process of trusses and frames has been studied. The automate design of truss also known as simultaneous topology, shape and sizing optimisation is a means to help inexperienced designers to be able to design structures as effectively as those who are highly experienced provided that the inexperienced ones have good backgrounds in structural analysis and optimisation. The automate design processes of two- and three- dimensional trusses and frames have been investigated. The automate design process is based on a ground element approach. It has been illustrated that the use of adaptive ground element is the better choice for the automate design. Finally, this project leads to a training course on truss optimisation.

Keywords: Evolutionary Algorithms; Structural Optimisation; Finite Element Analysis; Hybrid Algorithms; Adaptive Ground Elements