บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: RSA5280006

ชื่อโครงการ: การเพิ่มสมรรถนะของขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการแบบหลายเป้าหมายสำหรับปัญหาการออกแบบที่ใช้เวลามากในการหาค่าฟังก์ชัน

ชื่อนักวิจัย และสถาบัน: นายสุจินต์ บุรีรัตน์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อีเมล์: sujbur@kku.ac.th

ระยะเวลาโครงการ 3 ปี

งานวิจัยนี้ศึกษาแนวทางการเพิ่มสมรรถนะในการหาผลเฉลยของขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการแบบหลายเป้าหมายสำหรับใช้ในการออกแบบ หาค่าเหมาะที่สุดแบบหลายเป้าหมายของระบบทางวิศวกรรมที่มีการใช้งานจริง แนวทางเบื้องต้นของการวิจัยคือ การนำเอาขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการแบบหลายเป้าหมายที่มีอยู่แล้ว และได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีสมรรถนะในการหาผลเฉลยเหมาะที่สุด เป็นวิธีหลัก จากนั้นทำการผสมผสานแบบจำลองทดแทนเข้าไปในกระบวนการคำนวณหลักของขั้นตอนวิธีเหล่านั้น

กระบวนการผสมผสานแบบจำลองทดแทนในขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการสามารถทำได้หลายรูปแบบ โดยการใช้ขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการนั้นๆ เป็นกระบวนการคำนวณหลัก เมื่อได้ผลเฉลยจำนวนมากพอที่จะสร้างแบบจำลองทดแทนจากการดำเนินการทางวิวัฒนาการ ทำการสร้างแบบจำลองทดแทนและใช้กระบวนการหาค่าเหมาะที่สุดภายใต้แบบจำลองทดแทนนี้สร้างประชากรลูกกลุ่มพิเศษป้อนให้กับ กระบวนการคำนวณของขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการหลัก การดำเนินการในลักษณะนี้ทำให้สมรรถนะในการหาผลเฉลยของขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการแบบผสมมีสมรรถนะในการหาคำตอบเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ได้มีการศึกษาการนำผลเฉลยประชากรพ่อ-แม่ และประชากรลูกมาคำนวณหาเวกเตอร์เกรเดียนต์โดยประมาณของตัวแปรออกแบบ และใช้เวกเตอร์เกรเดียนต์นั้นเป็นเวกเตอร์กำหนดทิศทางในการหาผลเฉลย นอกจากนี้ ได้พัฒนาตัวดำเนินการที่ใช้ทิศทางวิวัฒนาการเพื่อใช้งานร่วมกับ เวกเตอร์เกรดียนต์โดยประมาณ ผลการทดสอบสมรรถนะแสดงให้เห็นว่า เกรเดียนต์ประมาณที่คำนวณจากสมาชิกของประชากรในขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการ มีประสิทธิภาพในการหาผลเฉลยเหมาะที่สุดสูงมาก

ในส่วนของการประยุกต์ใช้งานขั้นตอนวิธีแบบผสมกับการออกแบบระบบจริงทางวิศวกรรม ได้ทำการประยุกต์ใช้ SPEA กับแบบจำลองทดแทนหลายรูปแบบเพื่อออกแบบชิ้นส่วนทางกล ในที่นี้คือแขนรับโมเมนต์บิดที่ทำจากโลหะแผ่น ผลจากการออกแบบและทดสอบสมรรถนะของแบบจำลองพบว่า

แบบจำลองฟังก์ชันกำลังสองและแบบจำลอง Kriging ให้ผลเฉลยพาเรโตดีที่สุด ทั้งนี้ เป็นเพราะว่าแบบจำลองทั้งสองทำนายค่าฟังก์ชันการออกแบบแม่นยำที่สุด ในการออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์และการออกแบบแขนรับโมเมนต์บิดสามมิติพบว่า การประยุกต์ใช้ PBIL ที่มีแบบจำลองทดแทนให้ผลการออกแบบดีกว่าการใช้ PBIL แบบไม่มีแบบจำลองทดแทนโดยที่ใช้จำนวนครั้งในการวิเคราะห์ทางไฟไนท์เอลิเมนต์น้อยกว่าอย่างมาก

การออกแบบรูปร่างของอุปกรณ์ระบายความร้อนเป็นกระบวนการออกแบบที่ทำได้ยาก ส่วนมากจะได้คำตอบจากการกำหนดรูปทรงของอุปกรณ์มาก่อน แล้วทำการหาขนาดเหมาะที่สุดเท่านั้น ในงานนี้ได้นำเสนอกระบวนการถอดรหัสตัวแปรออกแบบสำหรับอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบแผ่นตรง อุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบแผ่นเอียง อุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบแท่งตรง และอุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบแท่งเอียง กระบวนการออกแบบอุปกรณ์ทั้งสี่นี้ จัดว่าเป็นทิศทางใหม่ในการออกแบบอุปกรณ์ระบายความร้อน ผลการออกแบบพบว่า อุปกรณ์ระบายความร้อนแบบที่สี่ มีสมรรถนะทางความร้อนและลดค่าดำเนินการได้มากที่สุด รองลงมาคืออุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบแท่งตรง และกระบวนการที่ได้อันดับที่สามคือ อุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบแผ่นเอียง ผลการผสมผสานแบบจำลองทดแทนกับขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการเพื่อการออกแบบอุปกรณ์นี้พบว่า การผสมผสานแบบจำลองทดแทนช่วยให้สมรรถนะของขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการเหล่านั้นมีประสิทธิภาพสูงขึ้นและยังใช้จำนวนครั้งในการวิเคราะห์ไฟไนท์วอลุมน้อยกว่าการรันขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการที่ไม่มีแบบจำลองทดแทนอย่างมาก

คำหลัก: ขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการแบบหลายเป้าหมาย, แบบจำลองทดแทน, การออกแบบชิ้นส่วนทางกล, การออกแบบอุปกรณ์ระบายความร้อน, เกรเดียนต์โดยประมาณ, ขั้นตอนวิธีผสมผสาน

Abstract

Project Code: RSA5280006

Project Title: Performance Enhancement of Multiobjective Evolutionary Algorithms for Design Problems with Expensive Function Evaluation

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

Email: sujbur@kku.ac.th

Project Period 3 years

This project investigates performance enhancement of multiobjective evolutionary algorithms (MOEAs) dealing with design problems with expensive function evaluation. Firstly, such performance improvement of MOEAs is achieved in such a way that surrogate models are integrated into the main procedure of MOEAs leading to hybrid algorithms. The obtained hybrid algorithms are then implemented on real-world applications that have time- consuming function evaluation. Hybridisation of MOEAs with surrogate models can be carried out by using the main search procedure of a particular MOEA is used as the main optimisation procedure. Having produced a number of design solutions, a surrogate model can be constructed. Then a MOEA is used to search for Pareto optimum solutions while function evaluation is based on the surrogate model. This means that the surrogate-based optimisation is a special operator to produce some offspring to the main optimisation process.

Approximation of function gradients from those already explored design solutions during an evolutionary optimisation process is proposed in this study. It has been found that the integration of approximate gradients to the evolutionary procedure leads to an improved EA performance. This newly invented operator will be further investigated in the future research.

Design of mechanical parts using MOEAs has been demonstrated. Those components include a torque arm plate, an automotive connecting part, and a three-dimensional torque arm. Function evaluation for designing the components is accomplished by means of finite element analysis which is said to be time consuming. It has been found that, with the interfacing of surrogate models into MOEA search procedure, the performance of the optimisation process has been greatly improved in terms of both convergence rate and computing time.

Design/optimisation of air-cooled heatsinks using MOEAs has been demonstrated. This is said to be a difficult and complicated design problem that is impossible to be tackled by using classical gradient-based optimisers. The encoding/decoding processes for heatsinks with straight plate fins, oblique plate fins, straight pin fins, and splayed pin fins are proposed. The design problem is to simultaneously minimise heatsink junction temperature and fan pumping power. A number of MOEAs are used to tackle the design problems and it is found that population-based incremental learning is the most efficient MOEA for this design task. It is also illustrated that the integration of surrogate models into the MOEA main procedure leads to a superior heatsink design process.

Keywords: Multiobjective Evolutionary Algorithms, Surrogate Models, Mechanical Part Design, Heatsink Design, Approximate Gradient, Hybrid Algorithms