



PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**AUTOMATIC DESIGN, OPTIMIZATION AND IN-SITU  
FABRICATION OF HETEROGENEOUS SWARM ROBOT  
BODIES USING 3-D PRINTING AND MULTI-OBJECTIVE  
EVOLUTIONARY ALGORITHMS**

**MOSTI REF. NO: 01-01-10-SF0194  
UMS REF. NO: SCF0085-ICT-2012**

**PROJECT LEADER:  
ASSOC. PROF. DR. JASON TEO TZE WI**

**CO-INVESTIGATORS:  
ASSOC. PROF. DR. JOHNNY KOH (UNITEN)  
DR. CHIN KIM ON  
MR. CHUA BIH LII  
ASSOC. PROF. DR. WILLEY LIEW  
DR. NOOR AJIAN MOHD. LAIR**

**RESEARCH OFFICER:  
MR. LIM SHUN HOE**

**FINAL RESEARCH REPORT  
PART A:  
HYBRID ROBOT**



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## SINOPSIS

Lebih sedekad yang lalu, pelbagai robot bergerak telah dibangunkan dan digunakan secara meluas dalam pelbagai sektor. Walau bagaimanapun, sebahagian besar robot bergerak direka bentuk secara manual di mana pereka mesti mempunyai pengetahuan awal interaksi antara robot dengan persekitarannya. Selain itu, kompleksiti yang tinggi yang terlibat dalam reka bentuk kinematik dan pengawal robot bergerak sentiasa menjadi cabaran terbesar bagi para penyelidik dan pengamal sama. Oleh itu, kerja merekabentuk robot yang boleh dianggap sebagai amat mencabar. Dalam kajian ini, pendekatan pengkomputeran evolusi menggunakan "Single-Objektive Evolutionary Algorithm" (SOEA) dan "Multi-Objektive Evolutionary Algorithm" (MOEA) masing-masing disiasat dalam reka bentuk automatik dan pengoptimuman morfologi robot enam kaki beroda (SAWR) dengan keupayaan mendaki. Keputusan menunjukkan bahawa SOEA mampu menghasilkan SAWR yang dioptimumkan dengan keupayaan mendaki manakala MOEA mampu menghasilkan satu set penyelesaian yang optimum Pareto yang memberi pengguna pilihan penyelesaian untuk keseimbangan antara objektif saiz morfologi dan prestasi memanjat. Set optimum Pareto penyelesaian adalah SAWR yang paling kecil dengan keupayaan mendaki yang terkurang kepada SAWR terbesar dengan keupayaan mendaki yang paling tinggi. Kajian ini diteruskan dengan memindahkan penyelesaian yang dievolusi daripada simulasi kepada dunia sebenar dengan menggunakan percetakan 3D. Badan, kaki dan roda robot dievolusi dicetak oleh pencetak 3D dan dipasang dengan alat pengesan, servos dan motor untuk ujian dunia sebenar. Keputusan menunjukkan bahawa SAWRs dunia sebenar yang difabrikasi dapat melaksanakan gerakan pendakian dalam persekitarannya dengan ketepatan skor keseluruhan 80.9% berbanding dengan prestasi dalam simulasi.



## SYNOPSIS

Over the last decade, various mobile robots have been developed and widely used in myriad sectors. However, the vast majority of mobile robots are manually designed where the designers must have the preliminary knowledge of the interaction between the robots and the environment. Additionally, the high complexity involved in the design of the kinematics and controllers of a mobile robot has always been the biggest challenge for researchers and practitioners alike. Thus, the task of designing a robot can be considered very demanding and extremely challenging. In this research, an artificial evolution approach utilizing Single-Objective Evolutionary Algorithm (SOEA) and Multi-Objective Evolutionary Algorithm (MOEA) respectively are investigated in the automatic design and optimization of the morphology of a Six Articulated-Wheeled Robot (SAWR) with climbing ability. Results show that the SOEA is able to produce optimized SAWR with climbing ability while the MOEA is able to produce a set of Pareto optimal solutions which provide users with a choice of solutions for trade-off between the objectives of morphology size and climbing performance. The Pareto optimal set of solutions are the smallest SAWR with the least climbing ability to the biggest SAWR with the best climbing ability. The research continues by transferring the evolved solutions from simulation to the real world using 3D printing. The body, legs and wheels of the evolved robots are printed by a 3D printer and assembled with sensors, servos and motors for real world testing. Results show that the fabricated real world SAWRs were able to perform the climbing motion with an average accuracy of 80.9% compared to the performance in simulation.

