

INTISARI

Penelitian ini berfokus pada dua hal, yakni mengembangkan prototipe *pressure mat sensor* untuk mengukur distribusi tekanan kaki, serta merancang kerangka kerja optimasi desain berbasis *machine learning* yang efektif dan efisien. Struktur Miura-origami dipilih untuk menghasilkan sensor tekanan resistif dengan performa tinggi dan variasi desain yang luas. Penggunaan metode pencetakan 3D *Fused Deposition Modeling* (FDM) dan material termoplastik poliuretan (TPU) memungkinkan sensor memiliki komponen yang seluruhnya fleksibel. Untuk menjawab tantangan terkait optimasi multi-objektif multi-dimensi dengan dataset kecil serta data eksperimental yang *chaotic* dan banyak *noise*, sebuah kerangka kerja *active learning* dan algoritma optimasi berbasis *surrogate model* diterapkan di sini. *Gaussian Process Regressor* (GPR) dan *Non-dominated Sorting Genetic Algorithm* (NSGA) dimodifikasi menggunakan fitur-fitur tambahan untuk mengatasi kekurangan dari algoritma standarnya. Metode ini terbukti mampu menghasilkan akurasi GPR yang tinggi dengan jumlah data seminimal mungkin, yang menjadi dasar bagi NSGA untuk menemukan konfigurasi desain yang paling optimal. Desain terbaik dari optimasi tersebut digunakan untuk mengembangkan *pressure mat sensor* dengan sensitivitas yang tinggi, modulus elastisitas rendah, resolusi tinggi, serta *repeatability* tinggi. Terakhir, sebuah algoritma kalibrasi adaptif dirancang untuk mengatasi masalah-masalah fundamental dari sensor resistif fleksibel seperti histeresis dan ketidakseragaman properti.

Kata kunci: sensor fleksibel, *fused deposition modeling*, optimasi desain, *machine learning*, *gaussian process regression*, NSGA, *active learning*, *pressure mat sensor*

ABSTRACT

This study pursues two primary objectives: the development of a prototype pressure mat sensor for measuring foot pressure distribution and the establishment of an effective and efficient machine learning-based design optimization framework. The Miura-origami structure is utilized to construct high-performance resistive pressure sensors capable of extensive design tunability. By leveraging Fused Deposition Modeling (FDM) and Thermoplastic Polyurethane (TPU), the fabrication of a fully flexible sensor system is achieved. To address the challenges associated with multi-dimensional multi-objective optimization under the constraints of small, noisy, and chaotic experimental datasets, an active learning framework integrated with surrogate model-based optimization is implemented. Specifically, the Gaussian Process Regressor (GPR) and Non-dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA) are enhanced with specific features to mitigate the limitations inherent in their standard versions. This methodology demonstrates high prediction accuracy with minimal data requirements, providing a robust foundation for the NSGA to identify optimal design configurations. The resulting optimized design facilitates the development of a pressure mat sensor characterized by high sensitivity, low elastic modulus, high resolution, and superior repeatability. Furthermore, an adaptive calibration algorithm is introduced to resolve fundamental issues typical of flexible resistive sensors, such as hysteresis and property non-uniformity.

Keywords: flexible sensor, fused deposition modeling, design optimization, machine learning, gaussian process regression, NSGA, active learning, pressure mat sensor