

# Abstract

The dynamic development of the global air fleet size forecast for the forthcoming decades, combined with the implementation of disruptive technologies required to support the goal of climate-neutral aviation, obliges aviation R&D entities to endeavor more streamlined design and optimization systems. This thesis aims to propose an optimization framework that contributes to an improvement in the efficiency of design processes in the Polish aerospace industry and research centers.

The study focuses on developing an aerodynamic optimization scheme that is suitable for small aircraft engine air-intake ducts using the Computational Fluid Dynamics code for performance assessment. The proposed framework combines the advantages of the Kriging-based metamodeling with the mesh morphing technique employing the Radial Basis Functions, and the Achievement Scalarizing Function for handling multiple objectives. The system elements are carefully selected and integrated to promote a synergistic effect of savings of the computational resources and the qualified personnel time.

The applicability of the optimization framework is validated in practical case studies concerning the I-31T aircraft engine intake duct. The algorithm simultaneously improves the air-duct pressure losses and mitigates the flow distortion at the engine compressor's front face. The results confirm the capacity of the optimization scheme to identify superior solutions to multi-objective engineering problems involving multiple operating conditions.

**Keywords:** optimization, multi-objective, multi-point, kriging, metamodel, surrogate, intake, aerodynamics, CFD, mesh morphing, achievement scalarizing function

# Streszczenie

Nadchodzące dekady to według prognoz czas dynamicznego rozwoju światowej floty powietrznej. Zbiega się on z koniecznością wdrożenia przełomowych rozwiązań technologicznych, wspierających cele niskoemisyjnego lotnictwa. Wymusza to na podmiotach projektujących statki powietrzne nieprzerwane dążenia do udoskonalania procesów badawczo-rozwojowych. Celem niniejszej rozprawy jest opracowanie metodyki optymalizacji aerodynamicznej, która przyczyni się do wzrostu wydajności cyklu projektowania w polskich organizacjach przemysłu lotniczego oraz jednostkach badawczych.

Praca skupia się na rozwoju środowiska optymalizacji aerodynamicznej, dostosowanego do potrzeb projektowych układów dolotowych powietrza zasilającego silniki małych samolotów. Ocena wydajności pracy ww. systemów odbywa się z wykorzystaniem narzędzi obliczeniowej mechaniki płynów. Opracowany algorytm łączy zalety zastosowania modelu zastępczego typu Kriging z techniką morfowania siatek dyskretyzacyjnych, opartą na wykorzystaniu funkcji radialnych oraz metodą funkcji odległości, użytą do powiązania wielu kryteriów optymalizacji. Elementy systemu zostały wyselekcjonowane oraz zintegrowane w celu wytworzenia efektu synergii, który maksymalizuje oszczędności zasobów obliczeniowych oraz zaangażowanie wykwalifikowanego personelu.

Użyteczność zaproponowanego schematu została zweryfikowana poprzez wykorzystanie w praktycznym zagadnieniu optymalizacji kanału dolotowego silnika samolotu I-31T. Algorytm zmierzał do jednoczesnej redukcji strat ciśnienia wzdłuż kanału oraz poprawy jednorodności pola przepływu w płaszczyźnie wlotu do sprężarki napędu. Otrzymane wyniki potwierdzają zdolność opracowanego środowiska optymalizacji do odnajdywania satysfakcjonujących rozwiązań problemów wielokryterialnych z uwzględnieniem warunków lotu odpowiadających różnych etapom misji.

**Słowa kluczowe:** optymalizacja, wielokryterialna, kriging, model zastępczy, układ dolotowy, aerodynamika, CFD, morfing siatki, metoda funkcji odchylenia, metoda funkcji odległości