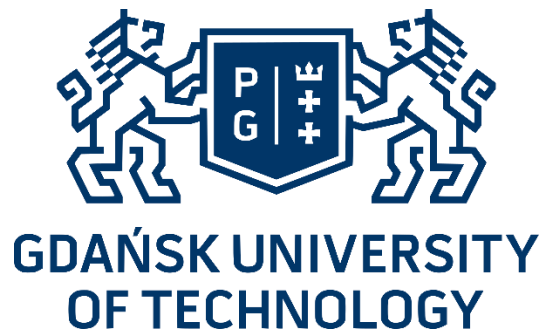


Gdańsk University of Technology
Faculty of Civil and Environmental Engineering



**Shape optimization, stress control, and
effective design of flexible structures**
(Doctoral Thesis)

Ahmed Aulla Hamed Manguri

Supervisor:

Prof. Robert Jankowski

Auxiliary supervisor:

Dr. Marcin Szczepanski

Gdańsk, 2026



The author of the doctoral dissertation: Ahmed Manguri

Scientific discipline: Civil Engineering, Geodesy and Transport

DOCTORAL DISSERTATION

Title of doctoral dissertation: Shape optimization, stress control, and effective design of flexible structures

Title of doctoral dissertation (in Polish): Optymalizacja kształtu, kontrola naprężeń i efektywne projektowanie konstrukcji podatnych

Supervisor	Auxiliary supervisor
<i>signature</i>	<i>signature</i>
Prof. dr hab. inż. Robert Jankowski	Dr. inż. Marcin Szczepanski

Gdańsk, 2026



STATEMENT

The author of the doctoral dissertation: Ahmed Aulla Hamed Manguri

I, the undersigned, declare that I am aware that in accordance with the provisions of Art. 27 (1) and (2) of the Act of 4th February 1994 on Copyright and Related Rights (Journal of Laws of 2021, item 1062), the university may use my doctoral dissertation entitled:

Shape optimization, stress control, and effective design of flexible structures
for scientific or didactic purposes.¹

Gdańsk, 2026

.....
signature of the PhD student

Aware of criminal liability for violations of the Act of 4th February 1994 on Copyright and Related Rights and disciplinary actions set out in the Law on Higher Education and Science (Journal of Laws 2021, item 478), as well as civil liability, I declare, that the submitted doctoral dissertation is my own work.

I declare that the submitted doctoral dissertation is my own work performed under and in cooperation with the supervision of Prof. Robert Jankowski, the auxiliary supervisor of Dr. Marcin Szczepanski

This submitted doctoral dissertation has never before been the basis of an official procedure associated with the awarding of a PhD degree.

All the information contained in the above thesis which is derived from written and electronic sources is documented in a list of relevant literature in accordance with Art. 34 of the Copyright and Related Rights Act.

I confirm that this doctoral dissertation is identical to the attached electronic version.

Gdańsk, 2026

.....
signature of the PhD student

I, the undersigned, do not agree* to include an electronic version of the above doctoral dissertation in the open, institutional, digital repository of Gdańsk University of Technology.

Gdańsk, 2026

.....
signature of the PhD student

¹ Art 27. 1. Educational institutions and entities referred to in art. 7 sec. 1 points 1, 2 and 4–8 of the Act of 20 July 2018 – Law on Higher Education and Science, may use the disseminated works in the original and in translation for the purposes of illustrating the content provided for didactic purposes or in order to conduct research activities, and to reproduce for this purpose disseminated minor works or fragments of larger works.

2. If the works are made available to the public in such a way that everyone can have access to them at the place and time selected by them, as referred to in para. 1, is allowed only for a limited group of people learning, teaching or conducting research, identified by the entities listed in paragraph



DESCRIPTION OF DOCTORAL DISSERTATION

The Author of the doctoral dissertation: Ahmed Aulla Hamed Manguri

Title of doctoral dissertation: Shape optimization, stress control, and effective design of flexible structures.

Title of doctoral dissertation in Polish: Optymalizacja kształtu, kontrola naprężeń i efektywne projektowanie konstrukcji podatnych

Language of doctoral dissertation: English

Supervisor: Prof. Robert Jankowski

Auxiliary supervisor: Dr. Marcin Szczepanski

Date of doctoral defense:

Keywords of doctoral dissertation in English: Truss structures, Scissor structures, Frame structures, Shape optimization, Stress control

Keywords of doctoral dissertation in Polish: Kratownice, Konstrukcje nożycowe, Konstrukcje ramowe, Optymalizacja kształtu, Kontrola naprężeń

Summary of doctoral dissertation in English:

Flexible structures, such as trusses, frames, and scissor structures, may undergo significant deformation and excessive stress in certain members under loading. In this PhD study, several innovative solutions have been proposed, evaluated, and verified to optimize shape and control stress in such structures. This was achieved by employing the minimum necessary resources using optimization algorithms. The shape and stress of flexible systems were constrained, while the total change in bar length or the total structural weight was minimized. The shape and stress of loaded flexible systems were maintained within desired limits by adjusting the length of certain active members. The optimization algorithms were used to minimize the total change in bar length and eliminate inactive members, thereby reducing the number of required actuators. On the other hand, the total weight of the structures was minimized by selecting the smallest possible cross-sectional areas for the structural members. This was achieved by



implementing optimization algorithms and analytically differentiating the constraint functions to enhance the optimization process and improve convergence. In addition to minimizing total weight, shape, stress, and structural stability were considered. The study also examined the effect of adding extra members on structural optimization and the mitigation of deformation and stresses. The results of the PhD thesis demonstrate that the flexible structures can be effectively reshaped after loading, and that stresses can be redistributed while remaining within safe limits, with minimal changes to the total bar length or structural weight.

Summary of doctoral dissertation in Polish:

Konstrukcje podatne, takie jak kratownice, ramy i konstrukcje nożycowe, mogą ulegać znacznym odkształceniom i nadmiernym naprężeniom pod wpływem obciążenia. W niniejszej pracy doktorskiej zaproponowano, oceniono i zweryfikowano kilka innowacyjnych rozwiązań mających na celu optymalizację kształtu i kontrolę naprężeń w takich konstrukcjach. Osiągnięto to dzięki zastosowaniu minimalnych niezbędnych zasobów wykorzystując algorytmy optymalizacyjne. Kształt i naprężenia w konstrukcji zostały ograniczone, a całkowita zmiana długości prętów lub całkowita masa konstrukcji została zminimalizowana. Wymagany efekt uzyskano poprzez modyfikację długości wybranych elementów aktywnych. Algorytmy optymalizacyjne zastosowano w celu zminimalizowania koniecznej zmiany długości prętów i wyeliminowania elementów nieaktywnych, zmniejszając w ten sposób liczbę koniecznych do użycia siłowników. Z drugiej strony, całkowita masa konstrukcji została zminimalizowana poprzez dobór elementów konstrukcyjnych o najmniejszych możliwych przekrojach poprzecznych. Osiągnięto to wykorzystując algorytmy optymalizacyjne i dokonując różnicowania funkcji ograniczeń w celu usprawnienia procesu optymalizacji i poprawy zbieżności. Oprócz minimalizacji masy całkowitej, wzięto także pod uwagę kształt, poziom naprężeń i stateczność konstrukcji. W badaniach przeanalizowano również wpływ zastosowania dodatkowych elementów na optymalizację konstrukcji oraz zmniejszenie wartości odkształceń i naprężeń. Wyniki rozprawy doktorskiej pokazują, że kształt konstrukcji podatnych po ich obciążeniu można efektywnie zoptymalizować, a naprężenia redystrybuować zachowując jednocześnie wymagany poziom bezpieczeństwa, przy minimalnych zmianach całkowitej długości prętów lub masy konstrukcji.