

„Entropia probabilistyczna w obliczeniach inżynierskich”

Głównym tematem niniejszego projektu badawczego jest wyznaczenie entropii probabilistycznej w zagadnieniach inżynierskich z zakresu budownictwa, inżynierii mechanicznej, materiałowej oraz lotniczej. Entropia probabilistyczna jak wiadomo ze współczesnych badań jest uniwersalną miarą dyspersji statystycznej inżynierskich oraz alternatywą w stosunku do klasycznych parametrów probabilistycznych takich jak odchylenie standardowe, współczynnik wariancji, czy też korelacja statystyczna. Literatura dotycząca mechaniki i analizy stochastycznej nadal dostarcza niezwykle mało opracowań dotyczących wyznaczania wartości liczbowych oraz zmienności parametrycznej entropii probabilistycznej w zagadnieniach inżynierskich, a proponowany projekt ma zmienić ten stan wiedzy. W ramach tego projektu zostaną stworzone i wykorzystane numeryczne implementacje definicji entropii zaproponowanych przez Shannona, Renyi'ego, Tsallisa, Sinaya, a także Kullbacka-Leiblera, zarówno dla dyskretnych, jak też ciągłych rozkładów prawdopodobieństwa. Komputerowe symulacje entropii i jej fluktuacji spowodowanych różnymi źródłami losowości materiałowej, fizycznej czy też geometrycznej zostaną przeprowadzone z wykorzystaniem tradycyjnej i przedziałowej metody symulacji Monte-Carlo, iteracyjnej uogólnionej metody perturbacji stochastycznej, a także metody pół-analitycznej. Główna hipoteza badawcza weryfikowana w tym projekcie stwierdza, iż entropię probabilistyczną można wyznaczać numerycznie w wielu dziedzinach i problemach współczesnej inżynierii ze z góry określonym błędem numerycznym oraz, że może ona służyć do oceny wpływu niepewności losowej parametrów w tych problemach na odpowiedź modelowanej konstrukcji lub odpowiedź systemu. Wykazane zostanie, iż entropia taka może być efektywnie wykorzystana do analizy niezawodności systemów inżynierskich.

Rozpatrzone zostaną różne źródła losowości mające rozkład prawdopodobieństwa Gaussa, Weibulla, Poissona, Gumbela, a także trójkątny, równomierny, logarytmiczno-normalny, wykładniczy i potęgowy. Rozkłady te zostaną wykorzystane do modelowania takich parametrów, jak moduł sprężystości, granica plastyczności, wytrzymałość, obciążenia środowiskowe i technologiczne, jak również długości, grubości i połączenia elementów konstrukcyjnych oraz ich imperfekcje. Entropia probabilistyczna oraz jej zmiany zostaną wyznaczone w wybranych, niesprężonych zagadnieniach liniowej i nieliniowej teorii sprężystości, sprężysto-plastyczności, stateczności sprężystej i sprężysto-plastycznej, przepływu ciepła oraz drgań wymuszonych. Przewiduje się w dalszym ciągu rozwiązanie kilku wybranych zagadnień sprężonych z zakresu termosprężystości, przepływu cieczy i ciepła opisanego równaniami Naviera-Stokesa, a także termo-elektro-magnetyczno-sprężystości. Niezależnie rozpatrzone zostaną problemy homogenizacji kilku materiałów kompozytowych oraz optymalizacji konstrukcji szkieletowych. Modelowana więc będzie entropia probabilistyczna deformacji i naprężeń, temperatur, efektywnych parametrów materiałowych i fizycznych, prędkości cieczy i jej ciśnień, a także częstości drgań własnych i dynamicznych fluktuacji przemieszczeń. Zastosowane zostaną w tym celu stochastyczne wersje ogólnie znanych metod numerycznych w inżynierii, takich jak Stochastyczna Metoda Elementów Skończonych, Stochastyczna Metoda Elementów Brzegowych oraz Stochastyczna Metoda Różnic Skończonych oraz Stochastyczna Metoda Objętości Skończonych. Entropia probabilistyczna i jej zmiany w tych zagadnieniach zostaną porównane z podstawowymi charakterystykami losowymi otrzymanych funkcji stanu; przewiduje się również analizę błędu numerycznego związanego z wyznaczeniem entropii według różnych teorii i metod komputerowych.