

**Streszczenie w j. polskim rozprawy doktorskiej**  
**„Chimera states in coupled multistable oscillators”**

**mgr Dawida Dudkowskiego**

Teoria układów dynamicznych jest jedną z najszybciej rozwijających się gałęzi współczesnej matematyki stosowanej. Jej metody są szeroko wykorzystywane w wielu dziedzinach nauki, takich jak fizyka, biologia czy mechanika. Jednymi z fundamentalnych pojęć związanymi z tą teorią jest synchronizacja i ruch chaotyczny, które były szczegółowo badane przez naukowców przez minione dekady. Ostatnio odkryto nowy typ zachowania, charakteryzujący się koegzystencją obu wymienionych zjawisk (dynamiką koherentną i inkoherentną), znany jako stany chimeryczne.

Chimery zostały zaobserwowane w wielu różnych rodzajach sieci, wliczając w to oscylatory chemiczne, sieci neuronowe czy układy mechaniczne. Wszystkie wyniki otrzymane do tej pory sugerują, że są one zjawiskami uniwersalnymi i można je powszechnie zaobserwować w naturze. Jednakże, przeważająca większość prac skupiona jest na sieciach, w których sprzężone jednostki są ściśle monostabilne. Obecnie wiele skomplikowanych zachowań (zarówno teoretycznych, jak i eksperymentalnych) modelowanych jest za pomocą systemów, które mogą wykazywać multistabilność, tj. posiadanie więcej niż jednego atraktora. Wraz ze wzrostem zainteresowania tego typu dynamiką, powstaje naturalna potrzeba poszukiwania chimer. W niniejszej rozprawie doktorskiej rozważony jest problem egzystencji chimer w sprzężonych oscylatorach multistabilnych.

Badania teoretyczne bazują w przeważającej części na zewnętrznym wymuszonym modelu van der Pol-Duffinga, który łączy w sobie dobrze znany system van der Pola ze sztywnością typu Duffinga. Przystudiowana została dynamika pojedynczego oscylatora, jak również prostej sieci dwóch sprzężonych jednostek. Wykazano, że system jest wysoce multistabilny. W zależności od wartości parametrów, wiele atraktorów może koegzystować, wliczając w to te regularne (orbity okresowe), jak również nieregularne (quasiokresowe i chaotyczne). Zaprezentowano występowanie ukrytych oscylacji, rzadkich atraktorów i punktów jednostajnych. Zaobserwowana multistabilność czyni z modelu van der Pol-Duffinga dobry przykład do badań nad zjawiskami stanów chimerycznych w złożonych systemach.

Powstawanie chimer jest w pierwszej kolejności przystudiowane dla prostego modelu sprzężonych, bistabilnych układów o czasie dyskretnym, tj. map. Przystudiowany został wpływ parametrów sieci na rozważane stany, jak również zaprezentowano obszary występowania różnych typów zachowań. Przedyskutowano problem egzystencji i dynamikę zaobserwowanych wzorców. Wyniki uzyskane dla tego modelu pozwoliły na scharakteryzowanie nowego typu chimery, dla której regiony zarówno przestrzenno-czasowego jak i przestrzennego chaos koegzystują ze sobą.

W następnej kolejności pokazano, że stany zaobserwowane dla sieci sprzężonych map istnieją również w przypadku modelu z czasem ciągłym, tj. wymuszonych oscylatorów van der Pol-Duffinga. Wyznaczono obszary parametrów różnego typu dynamiki, wraz z prezentacją typowych przykładów wzorców chimerycznych. Przeprowadzona została analiza probabilistyczna występowania stanów chimerycznych dla zmiennych warunków początkowych, jak również promienia sprzężenia i siły sprzęgającej. Co więcej, przedyskutowano wpływ awarii wymuszeń zewnętrznych na stabilność obserwowalnych stanów w kilku możliwych przypadkach.

Zaprezentowano wyniki analizy bifurkacyjnej dla zmiennego promienia sprzężenia i siły sprzęgającej w rozważanej sieci. Pokazano, że chimery mogą przetrwać albo zostać zniszczone, w zależności od kierunku w którym parametry są zmieniane. Obydwa scenariusze zostały szczegółowo przebadane.

Egzystencja zachowań chimerycznych w eksperymentalnych systemach multistabilnych została zaprezentowana dla modelu małej sieci czterech sprzężonych wahadeł podwójnych. W zależności od parametrów wymuszenia zewnętrznego, pojedyncza jednostka może wykazywać koegzystencję różnych typów dynamiki (multistabilność), której to obszary występowania zostały zidentyfikowane. W przypadku sprzężonym można zaobserwować, że stany chimero-podobne są możliwe. Typowe przykłady wzorców zostały opisane i przedyskutowane. Obserwacje eksperymentalne zostały zweryfikowane w symulacjach numerycznych.

Wyniki zaprezentowane w rozprawie doktorskiej potwierdzają, że stany chimeryczne są zjawiskami uniwersalnymi w sieciach sprzężonych oscylatorów multistabilnych. Można je powszechnie zaobserwować w różnego typu układach (przykłady których zawarte są w dysertacji) i w zależności od warunków początkowych i wartości parametrów różne wzorce chimery mogą zostać zidentyfikowane. Co więcej, scenariusze przejścia od jednego stanu do drugiego mogą być śledzone i opisane. Rezultaty przeprowadzonych badań mają wkład w studia nad stanami chimerycznymi i umożliwiają nam lepsze zrozumienie tego zjawiska.

24.04.2017  
Dawid Dudkowski