

Streszczenie

Niniejsza rozprawa udowadnia, że wielowarstwowa natura sieci – w której społeczni agenci utrzymują wiele typów relacji w różnych warstwach sieci – może znacząco zwiększyć stabilność spójnych, zrównoważonych struktur społecznych w porównaniu z sieciami jednowarstwowymi.

Teoria równowagi strukturalnej pomaga wyjaśnić ewolucję i organizację relacji społecznych charakteryzowanych jako przyjazne lub wrogie. Rozprawa ta rozpatruje takie interakcje, wykorzystując agentowe modele dynamiki systemów społecznych oraz podejście hamiltonowskie uwzględniające koncepcję temperatury społecznej. Łącznie podejścia te pokazują, jak grupy społeczne przechodzą między stanami uporządkowanymi i nieuporządkowanymi.

W rozdziale 2 zbadano kluczowe właściwości równowagi strukturalnej w sieciach wielowarstwowch, w których agenci mają skorelowane relacje w wielu warstwach. W sieciach takich wprowadzenie sprzężenia między różnymi typami relacji (warstwami), gdzie dynamika wewnątrzwarstwowa jest zgodna z równowagą Heidera, a interakcje międzywarstwowe przypominają dynamikę Isinga, prowadzi do bardziej złożonych stanów równowagi charakteryzującego się różnymi fazami, w tym stanami zsynchronizowanymi i nieuporządkowanymi. Temperatury krytyczne przejść między tymi stanami zależą od siły sprzężenia międzywarstwowego i mogą znacząco różnić się od temperatur obserwowanych w sieciach jednowarstwowch. W szczególności, zwiększone sprzężenie międzywarstwowe podnosi temperaturę krytyczną dla przejścia raj-nieporządek, a obecność niedopasowanych stanów początkowych w różnych warstwach wprowadza dodatkowe przejścia związane z synchronizacją w niższych temperaturach.

W rozdziale 3 badam wpływ topologii sieci, w szczególności przypadek grafów losowych Erdős-Rényi, skupiając się na analizie szumu termicznego w dynamice w sieciach jedno- i dwuwarstwowch. Niniejsza praca rozszerza badanie równowagi strukturalnej poza grafy pełne, na sieci losowe, analizując, jak gęstość sieci wpływa na stabilność całkowicie pozytywnego stanu „raju”. Badam konfiguracje sieci jednowarstwowch i dwuwarstwowch, wskazując rozwiązanie średniopółowe dla polaryzacji łącz, które przewiduje istnienie przejścia pierwszego rodzaju, którego temperatura krytyczna skaluje się z prawdopodobieństwem połączenia p jak p^2 dla układu jednowarstwowego i w bardziej złożony sposób dla układu dwuwarstwowego. Badanie wskazuje również, że renormalizując siły oddziaływań

wewnątrzwarstwowych i międzywarstwowych odpowiednio do p^{-2} i p^{-1} , można uniezależnić temperaturę krytyczną systemu od gęstości sieci, odzwierciedlając zachowanie obserwowane na grafach pełnych w określonych warunkach.

Na koniec, w rozdziale 4, przeanalizowałem dynamikę wzrostu sieci ze znakiem, zgodnej z zasadami teorii równowagi strukturalnej Heidera, gdzie ewolucja prowadzi do powstania dwóch antagonistycznych, w pełni połączonych klik. Nowe węzły (agenci) nawiązują losowo kontakt z dowolnym istniejącym agentem i dołączają do jednej z grup, wykazując słabą lub silną preferencję do wyboru tej grupy, z którą nawiązali pierwszy kontakt. Dynamika tego procesu jest matematycznie opisana przez losowy model urnowy P'olya. Z wyjątkiem przypadku skrajnie silnej preferencji na dołączenie do grupy wylosowanego agenta, względne rozmiary obu grup dążą do równych proporcji, uniemożliwiając którejkolwiek z nich osiągnięcie całkowitej dominacji. W ogólnym przypadku ewolucja rozmiarów grup wykazuje trzy odrębne typy w zależności od wartości parametru preferencji. W przypadku słabej preferencji dynamika odzwierciedla zachowania kontrariańskie, przyspieszając wyrównywanie liczebności grup, niezależnie od ich początkowych wielkości. W przypadku umiarkowanej preferencji początkowe różnice liczebności grup utrzymują się w czasie, przesłonięte są jednak fluktuacjami i rozkład liczebności grup pozostaje jednomodalny. W przypadku silnej preferencji zachowanie systemu ulega jakościowej zmianie a rozkład liczebności frakcji staje się dwumodalny. Wyniki te wskazują jak ewoluować mogą antagonistyczne społeczności, samoorganizując się w ramach prostych reguł interakcji.

Słowa kluczowe: *Równowaga strukturalna, sieć multipleksowa, przejście fazowe, rosnąca sieć, modele agentowe.*