**Modelowanie i analiza sieci złożonych**

Sieci złożone to sieci, których topologie (struktury połączeń między węzłami) są skomplikowane i trudne do opisania za pomocą prostych parametrów. Są to sieci o charakterze nieregularnym, które mogą posiadać różne stopnie skomplikowania i skalowalności.

Sieci złożone są powszechnie stosowane w różnych dziedzinach, takich jak:

* Informatyka i komunikacja: sieci komputerowe, sieci społeczne, sieci neuronowe
* Nauki biologiczne: sieci metaboliczne, sieci genetyczne, sieci ewolucyjne
* Nauki społeczne: sieci ekonomiczne, sieci polityczne, sieci opinii publicznej
* Nauki fizyczne: sieci infrastruktury, sieci materiałów, sieci energetyczne

**Modelowanie**

Modelowanie sieci złożonych polega na tworzeniu matematycznych reprezentacji sieci, które pozwalają na badanie i opisanie ich struktury i właściwości.

Istnieje wiele różnych modeli matematycznych, które mogą być stosowane do opisywania sieci złożonych. Poniżej przedstawiam kilka przykładów popularnych modeli:

* Model grafu skierowanego polega na reprezentowaniu sieci jako graf skierowany, czyli zbioru wierzchołków i krawędzi, gdzie krawędzie posiadają orientację. Jest to model często używany do opisywania sieci związków przyczynowo-skutkowych.
* Model grafu nieskierowanego polega na reprezentowaniu sieci jako graf nieskierowany, czyli zbioru wierzchołków i krawędzi, gdzie krawędzie nie posiadają orientacji. Jest to model często używany do opisywania sieci kontaktów pomiędzy ludźmi lub organizacjami.
* Model sieci losowej polega na reprezentowaniu sieci jako graf, którego topologia jest generowana na podstawie pewnych losowych procesów. Jednym z popularniejszych modeli tego typu jest model G(n, m) Erdősa-Rényiego, w którym sieć składa się z n wierzchołków i m krawędzi, które są losowo dodawane między wierzchołkami.
* Modele skalowalności polegają na reprezentowaniu sieci z topologią, która charakteryzuje się obecnością wielu małych wierzchołków oraz kilku wielkich wierzchołków (tzw. hubów), które mają dużo więcej krawędzi niż pozostałe wierzchołki. Modelem skalowalności jest model Barabasi-Alberta.

Te modele to tylko przykład możliwych modeli sieci złożonych, jednak ich ilość i różnorodność pozwala na bardziej złożone opisy różnorodnych sieci z różnych dziedzin. Dzięki modelowaniu sieci złożonych możliwe jest także przewidywanie ich własności dynamicznych, jak również znajdowanie i analizowanie kluczowych elementów sieci.

**Analiza**

Analiza sieci złożonych polega na studiowaniu struktury, topologii oraz własności sieci za pomocą matematycznych metod i narzędzi. Celem analizy sieci złożonych jest poznanie kluczowych cech sieci oraz zrozumienie, jak te cechy wpływają na jej działanie.

Analiza sieci złożonych może obejmować kilka różnych kroków:

1. Eksploracja sieci: polega na określeniu podstawowych parametrów sieci, takich jak liczba wierzchołków, liczba krawędzi, stopień wierzchołków itp.
2. Identyfikacja kluczowych węzłów: polega na określeniu węzłów, które odgrywają ważną rolę w działaniu sieci, na przykład poprzez posiadanie dużego stopnia, centralności, itp.
3. Analiza topologii sieci: polega na studiowaniu struktury połączeń między wierzchołkami, np. gęstość, średnie odległości itp.
4. Modelowanie dynamiczne: polega na badaniu jak zmiany w sieci wpływają na jej własności dynamiczne, takie jak stabilność, zdolność do przesyłania informacji, itp.
5. Analiza funkcjonalna: polega na badaniu roli jaką pełnią poszczególne węzły czy składniki sieci.

Te kroki są tylko przykładami i różne analizy mogą obejmować różne kroki lub ich używać w różnej kolejności. Analiza sieci złożonych może być również wykonywana w połączeniu z innymi metodami statystycznymi i matematycznymi, takimi jak analiza skupień, analiza komponentów silnie spójnych, itp.