**38. Obliczenia miękkie, systemy niepewne.**

Obliczenia miękkie (ang. soft computing) to metody i technologie, które pozwalają na rozwiązywanie problemów, które są trudne do rozwiązania za pomocą tradycyjnego podejścia opartego na twardym liczeniu (ang. hard computing). "Obliczenia miękkie" to pojęcie, które odnosi się do metod i algorytmów, które pozwalają na rozwiązywanie problemów, które nie są do końca określone lub które mają elementy subiektywne lub niepewności.

Obliczenia miękkie obejmują szeroki zakres metod, takich jak:

* Logika rozmyta: pozwala na reprezentowanie niepewności za pomocą stopni prawdy i pozwala na przetwarzanie nieostrych danych.
* Teoria prawdopodobieństwa: pozwala na reprezentowanie niepewności za pomocą prawdopodobieństw i wykorzystywanie reguł rachunku prawdopodobieństwa do dokonywania inferencji.
* Sieci neuronowe: pozwala na reprezentowanie niepewności za pomocą sieci neuronowych i pozwala na uczenie się na podstawie danych.
* Algorytmy genetyczne: pozwala na rozwiązywanie problemów optymalizacyjnych za pomocą metod inspirowanych przez proces ewolucji i pozwala na przeszukiwanie przestrzeni rozwiązań.

Systemy niepewne (ang. uncertain systems) to systemy, które mają niepewne dane wejściowe, niepewne modele matematyczne lub niepewne procesy dynamiczne. Przykładem takiego systemu może być system kontroli lotu, w którym niektóre dane wejściowe, takie jak położenie statku powietrznego, mogą być niepewne lub nieznane.

Obliczenia miękkie i systemy niepewne są często używane w połączeniu, ponieważ metody miękkie pozwalają na radzenie sobie z niepewnością i niepełnymi danymi, które często występują w systemach niepewnych

W klasycznej teorii zbiorów stopień przynależności danego elementu do zbioru można określić za pomocą jednej z dwóch wartości: 0 – gdy element nie należy do danego zbioru i 1 – gdy element należy do danego zbioru. Wówczas trudno jest jednoznacznie określić stopień przynależności każdego parametru rzeczywistego, gdy jego wartość pochodzi z ciągłej dziedziny zmienności i ulokowana jest w pobliżu granicy zbiorów.

Na co dzień jednak często posługujemy się stwierdzeniami opartymi na subiektywnych odczuciach i opiniach. Do modelowania takich stwierdzeń wykorzystuje się logikę wielowartościową zwaną logiką rozmytą z wartościami z przedziału [0,1], opisującą zbiory rozmyte, czyli zbiory zdefiniowane w sposób miękki. Zbiór wartości spełniających własność miękką definiujemy za pomocą funkcji przynależności, która określa stopień przynależności pewnej wartości do danego zbioru.

Funkcje przynależności

Nazwę cechy (np. wzrost, temperatura) nazywa się zmienną lingwistyczną, natomiast nazwa określająca te cechy w sposób intuicyjny to etykieta lingwistyczna (np. wysoki, ciepło). Szczególnym rodzajem etykiet lingwistycznych mogą być wartości liczbowe np. x jest w przybliżeniu równe 4. Taką liczbę rozmytą zazwyczaj opisuje się trójkątną funkcją przynależności. Etykiety np. ,,duży’’, ,,mały’’ opisuje się trapezoidalną funkcją przynależności.

Operacje na zbiorach rozmytych

Z punktu widzenia przetwarzania rozmytego najważniejsze są operacje na zbiorach rozmytych, które są analogią do działań na zbiorach (część wspólna, suma, dopełnienie) i do działań logicznych (AND, OR, NOT, czyli iloczyn, suma i negacja).

Reguły rozmyte mają postać implikacji. W poprzedniku reguły występuje koniunkcja własności miękkich, a w następniku pojedyncza własność miękka. Zbiór reguł rozmytych nazywa się bazą reguł rozmytych.

Wnioskowanie rozmyte

Problem wnioskowania rozmytego polega na wyznaczeniu konkretnej i nierozmytej wartości wynikającej z reguł rozmytych dla zaobserwowanej własności. Na wejściu wnioskowania rozmytego znajduje się baza reguł oraz zaobserwowana własność, a na wyjściu decyzja. Algorytm rozwiązania problemu jest procedurą, na którą składają się następujące etapy:

* Rozmywanie - przekształcenie wejścia systemu w postaci liczb na wartości rozmyte, tj. polega na wyznaczeniu wartości lingwistycznych w oparciu o wartości zwracane przez funkcje przynależności dla danej zmiennej wejściowej
* Wnioskowanie właściwe – wykorzystanie reguł do wyznaczania rozmytego opisu decyzji. Ten etap podzielony jest na operacje. Najpierw oblicza się moc reguły, czyli określa jak silna jest decyzja uzyskana przez obliczenie reguły dla danych wartości wejściowych. W tym celu w miejsce przesłanek podstawia się wartości odpowiadających im zmiennych lingwistycznych.

**IF przesłanka 1 AND przesłanka 2 AND ... AND przesłanka n THEN decyzja**

Ponieważ w logice rozmytej operacja AND równoważna jest funkcji minimum, dlatego moc reguły oblicza się jako minimum wartości przesłanek, występujących w tej regule. Wyznaczona moc reguły interpretowana jest jako stopień przynależności wynikowej wartości decyzji. Po wyznaczeniu mocy wszystkich reguł następuje faza agregacji, która polega na sumowaniu wszystkich wynikowych zbiorów rozmytych, reprezentujących poszczególne reguły.

* Wyostrzanie – wyznaczenie konkretnej, nierozmytej wartości na podstawie rozmytego opisu. Dla wynikowego zbioru rozmytego przeprowadza się wyostrzanie (defuzyfikację). Jest to operacja odwrotna do rozmywania, której zadaniem jest zamiana rozmytego wyniku na liczbę rzeczywistą, ostrą. Stosuje się następujące metody wyostrzania: środka ciężkości, środka maksimum, początku maksimum, końca maksimum.

Zastosowanie:

Systemy rozmyte wykorzystywane są w tworzeniu interfejsów człowiek-komputer. Innym obszarem zastosowań są systemy ekspertowe, w których wiedzę reprezentuje się za pomocą reguł rozmytych, a jej przetwarzaniem zajmują się algorytmy wnioskowania rozmytego. Możemy je spotkać w bazach danych, sterowaniu oraz dziedzinach zajmujących się przetwarzaniem języka naturalnego.