mgr inż. Marcin Mrukowicz

Systemy rozmyte

1. Wnioskowanie rozmyte typu TSK (Takagi-Sugeno-Kang)

Ten schemat wnioskowania różni się od wnioskowania Mamdaniego tym, że wyjścia reguł nie są zbiorami rozmytymi, ale raczej funkcją określoną na zmiennych wejściowych (stałą albo liniową).

Zatem typowa postać reguły rozmytej TSK jest następująca:

If $Input_1 = x$ *and* $Input_2 = y$, *then Output is* $z = ax + by + c$

Jeżeli przyjmiemy (a=b=0) uzyskamy funkcję stałą, w innym przypadku typową funkcję liniową.

Wyjście z_i każdej reguły jest mnożone przez moc odpalenia reguły w_i. Przykładowo dla reguły $Input_1 = x$ and $Input_2 = y$, moc odpalenia $w_i = and(f1(x), f2(y))$ gdzie and jest rozmytym operatorem logicznym, a f1, f2 są funkcjami przynależenia do wejść $Input_1$ i $Input_2$. Wyjście końcowe systemu wnioskowania to średnia ważona wyjść wszystkich reguł:

$$Finaloutput = \frac{\sum_{i=1}^{N} w_i z_i}{\sum_{i=1}^{N} w_i}$$

Zadania

1. Uruchom plik *tipper_tsk.py.* Jest to tradycyjny akademicki przykład systemu wnioskowania rozmytego, ale tym razem zdefiniowany jako system wnioskowania TSK.
   - Podstaw wejścia (odpowiednio Quality i Service): [0, 0], [10, 0], [0, 10], [10, 10], [5, 5], [0, 5], [5, 0]. Jak zachowuje się system wnioskowania w tych sytuacjach? Czy jest to zgodne z oczekiwaniem?

   - Podstaw wejścia Quality: 6.5, Service: 5. Czy potrafisz wyprowadzić na podstawie stopnia odpalenia reguł i funkcji w następnikach reguł, jak zostało obliczone wyjście?

   - Zdefiniuj dodatkowo regułę, która sprawi, że dla ocen poniżej 2,0 na jakiejkolwiek zmiennej spowoduje, że nie zostanie na pewno dany żaden napiwek. Wykorzystaj stałą funkcję na wyjściu reguły. Dodaj kolejne zbiory rozmyte do wejść, zmodyfikuj definicje bieżących zbiorów rozmytych, aby całość zachowała sens.

2. W pewnym zakładzie produkcyjnym postanowiono ustalić specyficzny model wynagradzania pracowników. Jeżeli dany pracownik wykona do 50 sztuk produktu włącznie w ciągu godziny nie otrzymuje żadnej premii. Jeżeli przekroczy tę liczbę nieznacznie otrzymuje premię w wysokości 5 zł za każdą dodatkowo wykonaną sztukę. Jeżeli przekroczy tę liczbę znacznie niech otrzyma 10zł za każdą dodatkowo wykonaną sztukę. W przypadkach pośrednich postanowiono zastosować jakąś kwotę pośrednią na bazie zaproponowanych.

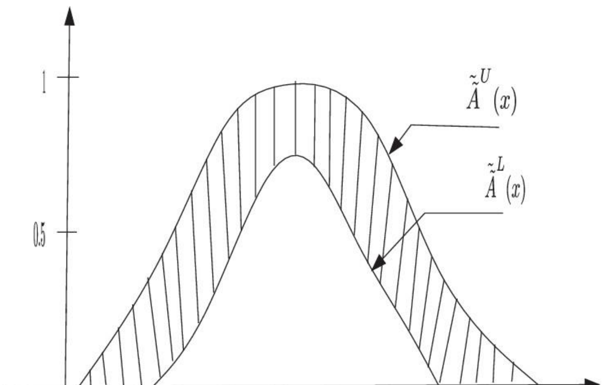
- Zaproponuj model wnioskowania rozmytego TSK, który będzie wypłacał premię wg zadanych założeń.

- Następnie dodaj jeszcze następującą logikę: jeżeli pracownik nie wykona w ciągu godziny żadnego produktu, powinien otrzymać upomnienie w postaci -20zł (tj. przykładowej minimalnej stawki godzinowej).
- Zastanów się, czy zaproponowany przez Ciebie model uwzględnia sytuację ponadprzeciętnej produktywności pracownika, który np. przekroczy liczbę 10 wyprodukowanych sztuk. Jeżeli tak nie jest, skoryguj system.

3. Napisz system wnioskowania rozmytego TSK, który wyceni wartość mieszkania w złotych, uwzględniając metraż, odległość w km od ścisłego centrum miasta, wiek budynku w latach. Nie uwzględniaj cech szczegółowych budynku (np. bieżący stan, wykonanie/niewykonywanie remontów itd.).

2. Uogólnione wnioskowanie rozmyte

Tradycyjne zbiory rozmyte, wprowadzone przez Zadeha pomimo możliwości reprezentowania informacji nieprecyzyjnej nie posiadają możliwości reprezentowania informacji niepewnej. W celu rozwiązania tego problemu wprowadzono uogólnienia zbiorów rozmytych. Jednym z takich uogólnień są przedziałowe zbiory rozmyte (ang. interval-valued fuzzy sets). Zbiory takie najprościej można opisać jako zdefiniowane za pomocą dwóch funkcji przynależenia, odpowiednio górnej (ang. upper) i dolnej (ang. lower). Zasadniczo stosuje się też określenie zbiory rozmyte typu 2 (ang. Type-2 fuzzy sets), aczkolwiek różni autorzy wykorzystują to pojęcie niekonsekwentnie i nie zawsze jest jednoznaczne, co ktoś przez to rozumie. Ogólnie nazywa się tak, takie uogólnienie zbiorów rozmytych, które wykorzystuje 2 funkcje przynależenia do definicji danego zbioru.



Przykładowa definicja zbioru przedziałowo-rozmytego

W przypadku zbiorów przedziałowo-rozmytych konstrukcja taka pozwala pozwala na większą elastyczność. Jednocześnie warto zwrócić uwagę, że jeżeli w danym punkcie funkcje dolna i górna są do siebie zbliżone (a nawet sobie równe), oznacza to, że nie mamy niepewności co do tego, że ten punkt należy do zbioru rozmytego. Jeżeli z kolei różnica ta jest większa, to niejako mówimy, że ten punkt należy do zbioru rozmytego w zakresie „od-do”.

Wnioskowanie rozmyte, w którym wykorzystano przedziałowe zbiory rozmyte jest w konsekwencji nazywane wnioskowaniem przedziałowo-rozmytym; warto zaznaczyć, że może być rozważane zarówno **przedziałowe wnioskowanie typu Mamdaniego, jak i Sugeno.** Generalnie poza zmianami w definicji samych zbiorów rozmytych, we wnioskowaniu Mamdaniego stosuje się zamiast pojęcia defuzzyfikacji, pojęcie „redukcji typu” (ang. type reduction). Jest to ogólnie zamiana zbioru przedziałowo-rozmytego na wartość ostrą. Najpopularniejszym algorytmem tego typu jest algorytm Karnika-Mendela, aczkolwiek nie zawsze jest on najlepszym wyborem (istnieją jego liczne modyfikacje, jak i zupełnie inne algorytmy tego typu).

4. Przeanalizuj przykład *tipper_iv.py.* Ponownie jest to klasyczny przykład wnioskowania rozmytego, ale tym razem jest to przedziałowe wnioskowanie Mamdaniego.

- Przeanalizuj zbiór RANCID, Jaka jest przynależność do tego zbioru dla 0, a jaka dla 2?
- Podstaw do sterownika kilka wartości wejść, przy czym porównaj jego zachowanie w sytuacji, gdy niepewność przynależenia do danego zbioru rozmytego jest niewielka, jak i gdy jest większa.

5. Do problemu zdefiniowanego w zadaniu 3. zaproponuj tym razem sterownik przedziałoworozmyty.