



**Konferencja Systemy Czasu Rzeczywistego 2012
Kraków, 10-12 września 2012**

**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY**

Zastosowanie rozmytych map kognitywnych do badania scenariuszy rozwoju jednostek naukowo-dydaktycznych

Piotr Szwed

AGH University of Science and Technology

Plan prezentacji

- **Rozmyte mapy kognitywne**
 - **Opis**
 - **Zasady wnioskowania**
 - **Analiza scenariuszy**
- **Model FCM rozwoju jednostek naukowych**
- **Rezultaty analizy czterech typów jednostek: silnej, średniej, słabej z potencjałem i słabej**
- **Podsumowanie i wnioski**

Wstęp

- Dla wielu klas zagadnień podejmowanie decyzji, określenie strategii postępowania lub formułowanie ocen na podstawie precyzyjnych modeli ilościowych może być bardzo trudne w realizacji.
- Rozmyte mapy kognitywne (ang. *FCM - Fuzzy Cognitive Maps*) są znanym narzędziem jakościowej analizy systemów wykorzystującym prostą reprezentację wiedzy w postaci grafu pojęć i zależności przyczynowych pomiędzy nimi.
- Motywacje: próba oceny możliwości zastosowania technik FCM dla innych zagadnień poprzez ocenę działania na przykładzie łatwego w percepcji modelu - rozwoju jednostek naukowych.
- Otrzymane wyniki wydawały się na tyle interesujące, że przeprowadzono bardziej systematyczną ocenę.

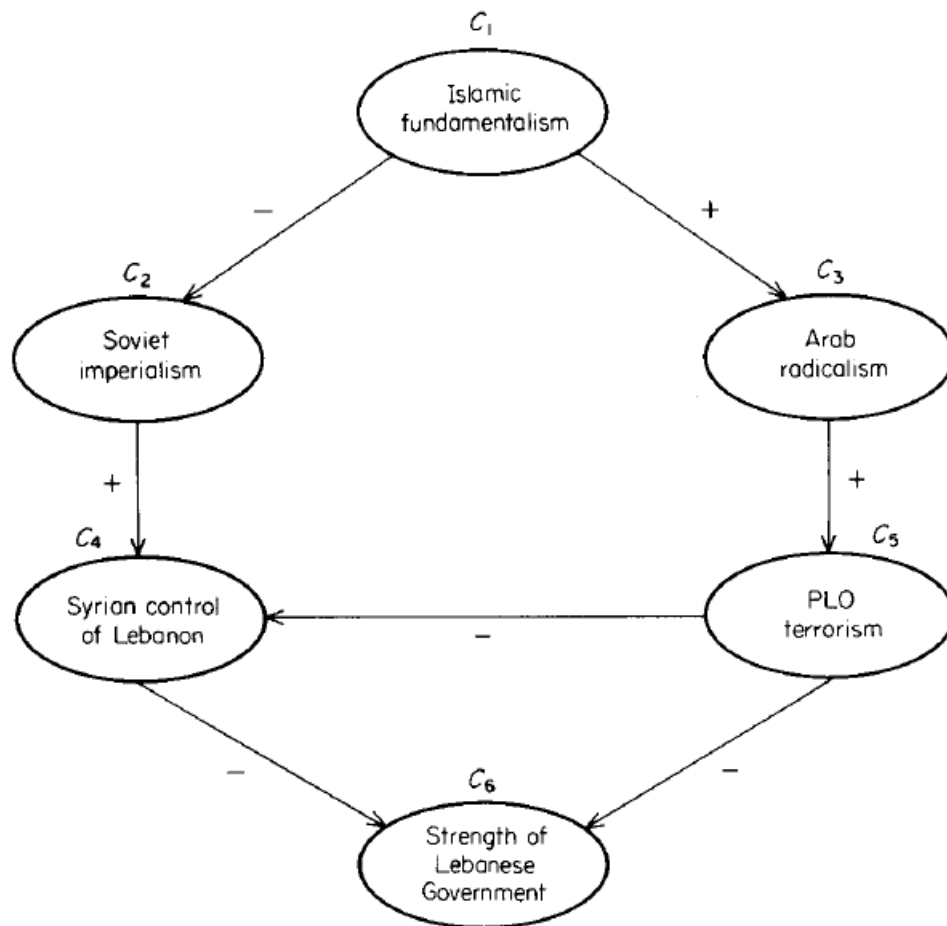
Rozmyte mapy kognitywne

Opis

- Mapy FCM mają postać grafu skierowanego:
 - Wierzchołki odpowiadają pojęciom $C = \{c_1, \dots, c_n\}$
 - Krawędzie z przypisanymi wagami – związki przyczynowe
 - Wagi łuków $e_{ij} \in [-1,1]$ lub $e_{ij} \in [0,1]$
 - Często stosowane są graniczne wartości dyskretne (oznaczane przez -/0/+)
- Mogą być stosowane wartości lingwistyczne:
strong_negative, negative, medium_negative, neutral, medium_positive, positive, strong_positive

Rozmyte mapy kognitywne

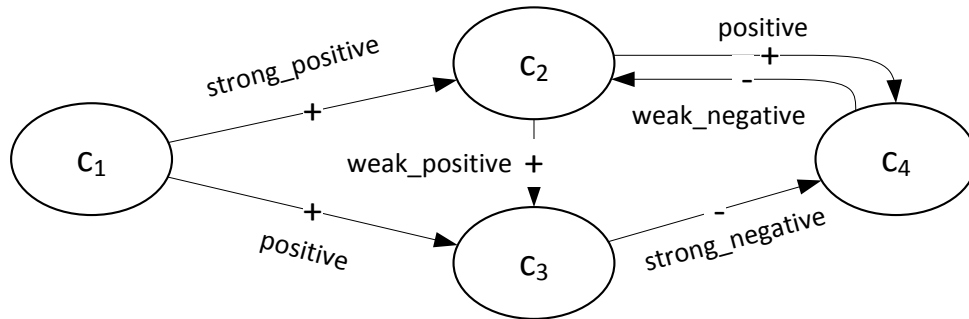
Przykład



Mapa kognitywna na podstawie artykułu Kissingera „Starting out in the direction of Middle East peace” z 1982

Rozmyte mapy kognitywne

Konstrukcja macierzy wpływów



W celu przeprowadzenia wnioskowania konstruowana jest macierz wpływów $E = [e_{ij}]$ o rozmiarach $n \times n$. Element e_{ij} macierzy określony jest na podstawie wagi wpływu c_j na c_i (lub ma wartość 0, jeżeli takiego wpływu nie ma).

$$E = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -0.33 \\ 0.66 & 0.33 & 0 & 0 \\ 0 & 0.66 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Rozmyte mapy kognitywne

Wnioskowanie

- Stan systemu A jest n -wymiarowym wektorem poziomów aktywacji pojęć ($n = |C|$).
- Stopień aktywacji pojęcia w FCM może być rozmyty: można mu przypisać dowolną wartość z przedziału $[0,1]$ lub $[-1,1]$.
- Wnioskowanie na podstawie FCM ma na celu określenie scenariusza rozwoju systemu mającego postać ciągu stanów $\alpha = A(0), A(1), \dots, A(k), \dots$. Elementy ciągu są wyznaczane zgodnie z równaniem:

$$A_i(k+1) = S_i\left(\sum_{j=1}^n e_{ij} A_j(k)\right)$$

S_i nazywana jest funkcją aktywacji
(ang. *activation function, splashing function*)

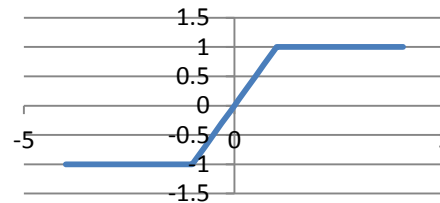
- Ciąg $\alpha = A(0), A(1), \dots, A(k), \dots$ po pewnej liczbie iteracji osiąga wartość ustaloną lub wchodzi w cykl.

Rozmyte mapy kognitywne

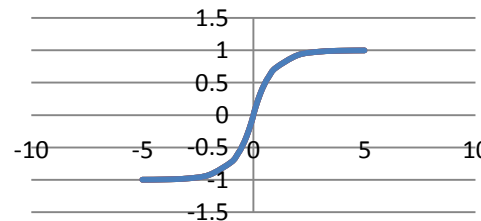
Funkcje aktywacji

Potencjalnie, wynikiem pomnożenia wiersza macierzy E przez wektor $A(i)$ jest liczba z przedziału $[-n, n]$. Funkcja aktywacji ma za zadanie sprowadzenie wartości do założonego zakresu poziomów aktywacji $[-1, 1]$ lub $[0, 1]$.

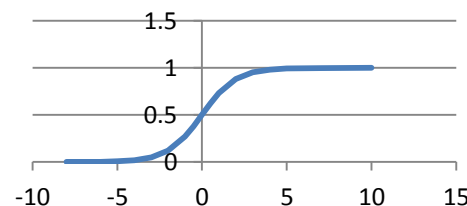
$$S_{\text{cut}}(x) = \begin{cases} 1, & \text{dla } x > 1 \\ x, & \text{dla } x \geq -1 \wedge x \leq 1 \\ -1, & \text{dla } x < -1 \end{cases}$$



$$S_{\text{exp}}(x) = \begin{cases} 1 - e^{-mx}, & \text{dla } x \geq 0 \\ -1 + e^{mx} x, & \text{dla } x < 0 \end{cases}$$



$$S_{\text{logmod}}(x) = \frac{1}{1 + e^{-mx}}$$



Rozmyte mapy kognitywne

Analiza scenariuszy

Pojęcia można podzielić na dwie grupy:

- C_S odpowiadające typowym zmiennym stanu oraz
- C_D odpowiadające zmiennym decyzyjnym
- Początkowe poziomy aktywacji dla zmiennych stanu ze zbioru C_S są wynikiem oceny bieżącej sytuacji. W trakcie wnioskowania podlegają one ewolucji, przy założeniu stałych wartości zmiennych decyzyjnych.
- Dwa tryby działania:
 - analiza zachowania systemu, dla różnych kombinacji zmiennych decyzyjnych
 - analiza wpływu zmiennych decyzyjnych na systemy w różnym stanie

Rozmyte mapy kognitywne Zastosowania

Wiele zastosowań:

- modelowaniu ryzyka projektowego
- zarządzanie kryzysowe
- analiza rozwoju systemów ekonomicznych, wprowadzaniu technologii lub produktów
- analiza ekosystemów
- analiza sygnałów
- analiza obrazów
- wsparcie procesów decyzyjnych w medycynie

Model FCM rozwoju jednostek naukowych

	Ocena parametryczna	Publikacje	Granty	Obciążenie dydaktyczne	Fundusze	Pracownicy samodzielni	Adiunkci	Asystenci	Prawo	Studenci
Ocena parametryczna	0.33	0.66	0.33	0	0	0	0	0	0	0
Publikacje	0	0.66	0.66	-0.66	0.33	0.66	0.33	0.33	0	0
Granty	0	0.66	0.33	-0.66	0	0.33	0.33	0.33	0	0.33
Obciążenie dydaktyczne	0	0	0	0	0	-0.33	-0.33	-0.33	0	1
Fundusze	0.33	0	0	0	0	0.33	0.33	0.33	0	0.33
Pracownicy samodzielni	0.33	0.66	0	0	0	1	0.33	0.33	0.33	0.33
Adiunkci	0	0	0.33	0.33	0.66	0	1	0.33	-0.66	0
Asystenci	0	0	0.33	0.66	0.66	0.33	0	1	0	0.33
Prawo	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studenci	0	0	0	0	0	0.33	0.33	0	0	0.66

- Pojęcia nie są własnościami ilościowymi (ich poziomy aktywacji są wyrażone liczbowo)
- Nie muszą mieć ściśle określonej semantyki – „potencjał Adiunktów”

Wyniki analizy

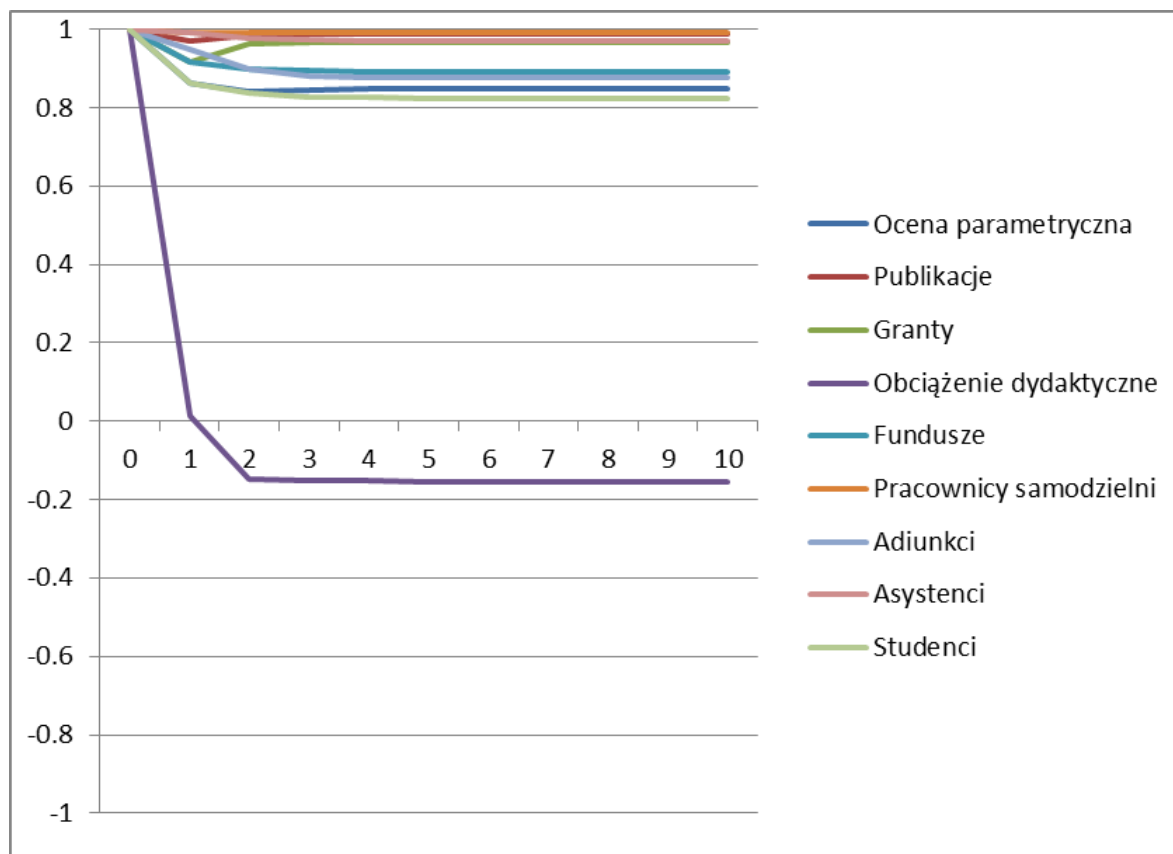
Cztery najbardziej wyraziste scenariusze:

- jednostka silna
- średnia
- słaba z potencjałem
- słaba

Wykorzystano głównie funkcje aktywacji S_{cut} i S_{exp} .
Funkcja S_{logmod} nie różnicowała scenariuszy.

Wyniki analizy Jednostka silna

[Ocena parametryczna = 1,
Publikacje = 1,
Granty = 1,
Obciążenie dydaktyczne = 1,
Fundusze = 1,
Pracownicy samodzielni = 1,
Adiunkci = 1,
Asystenci = 1,
Prawo = 1,
Studenci = 1]

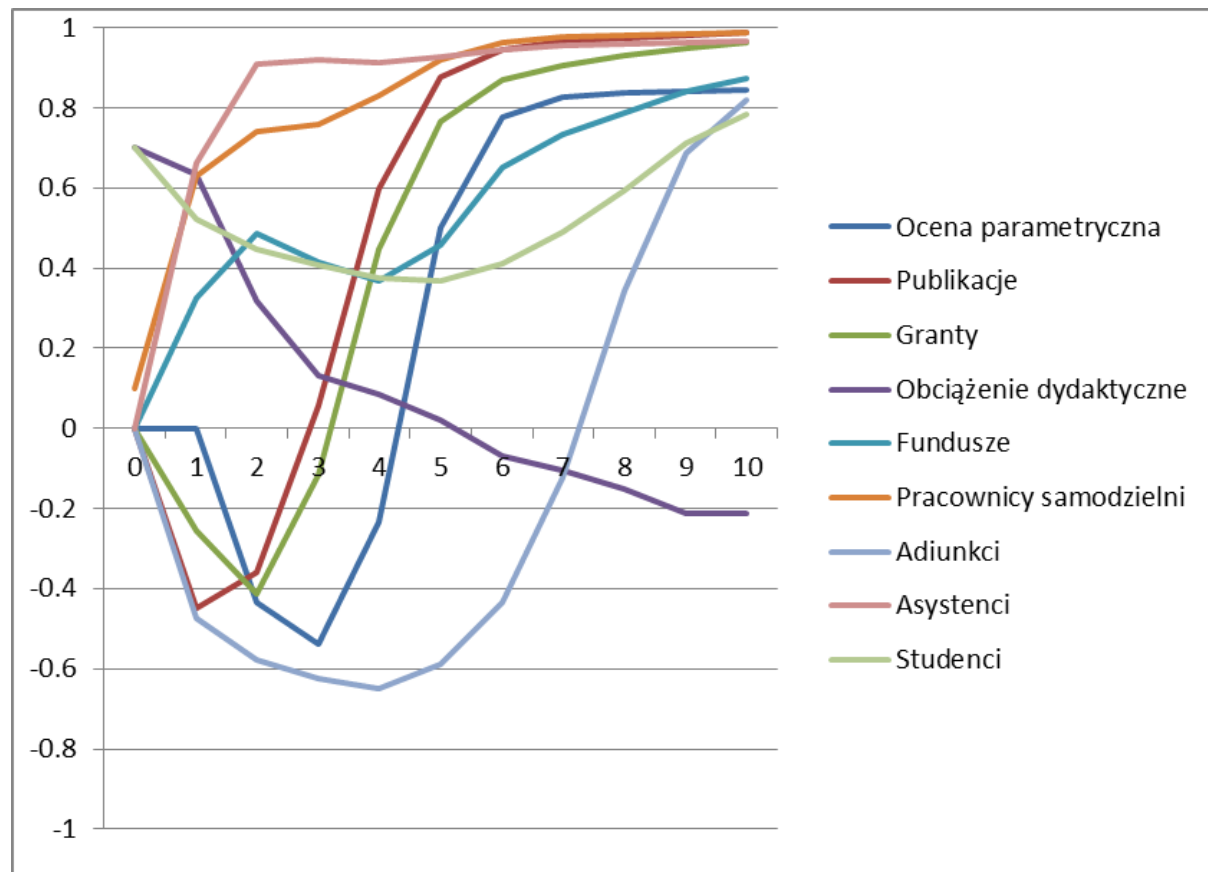


Scenariusz jest niewrażliwy na zmianę potencjału pracowników, a także liczby studentów.

Wyniki analizy

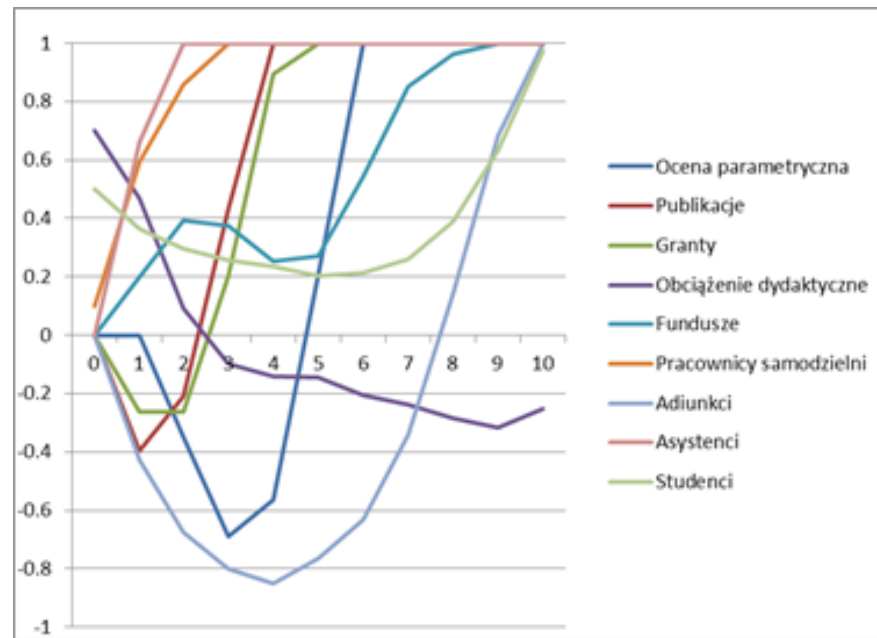
Jednostka średnia - S_{exp}

[Ocena parametryczna = 0,
 Publikacje = 0,
 Granty = 0,
 Obciążenie dydaktyczne = 0.7,
 Fundusze = 0,
 Pracownicy samodzielni = 0.1,
 Adiunkci = 0,
 Asystenci = 0,
 Prawo = 1,
 Studenci = 0.7]



Wyniki analizy Jednostka średnia – wykres dla S_{cut}

[Ocena parametryczna = 0,
Publikacje = 0,
Granty = 0,
Obciążenie dydaktyczne = 0.7,
Fundusze = 0,
Pracownicy samodzielni = 0.1,
Adiunkci = 0,
Asystenci = 0,
Prawo = 1,
Studenci = 0.7]

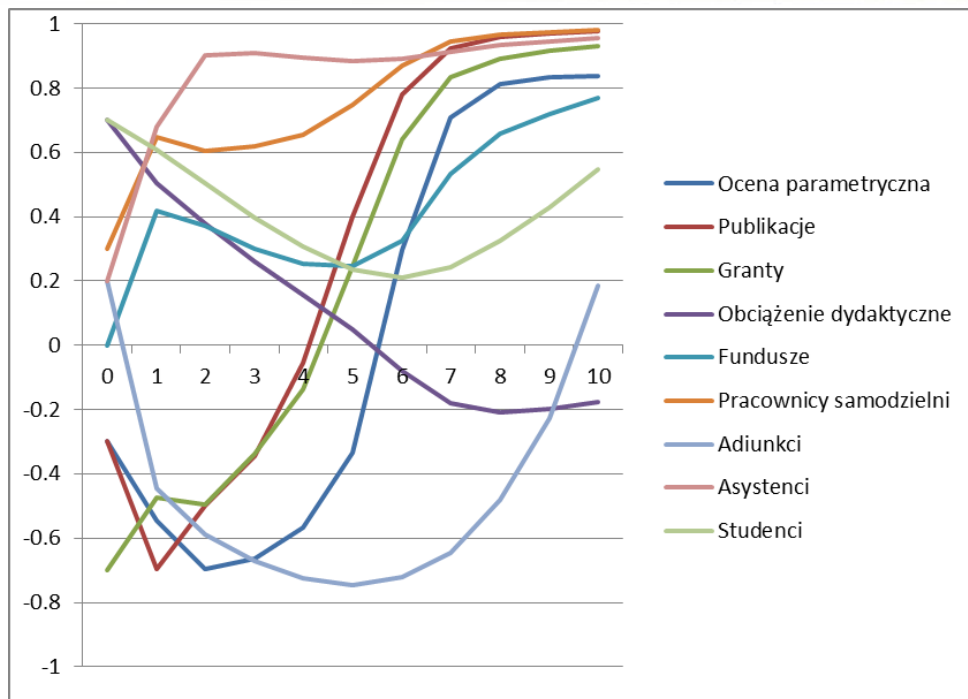


- Scenariusz wykazuje wrażliwość na liczbę (potencjał) studentów. Szczególnym przypadkiem jest wartość graniczna 0. Po 10 iteracjach dla funkcji aktywacji S_{cut} osiągany jest stabilny wektor stanu $[-1, -1, -1, -0.01, -1, -1, -1, 1, -1]$, natomiast dla S_{exp} $[0.84, 0.98, 0.92, -0.49, 0.64, 0.98, -0.51, 0.89, 1, 0.14]$, który może być postrzegany jako dobra prognoza.
- Obniżenie wartości do -0.3 powoduje, że również dla funkcji S_{exp} obserwowana jest negatywna prognoza.

Wyniki analizy

Jednostka słaba z potencjałem

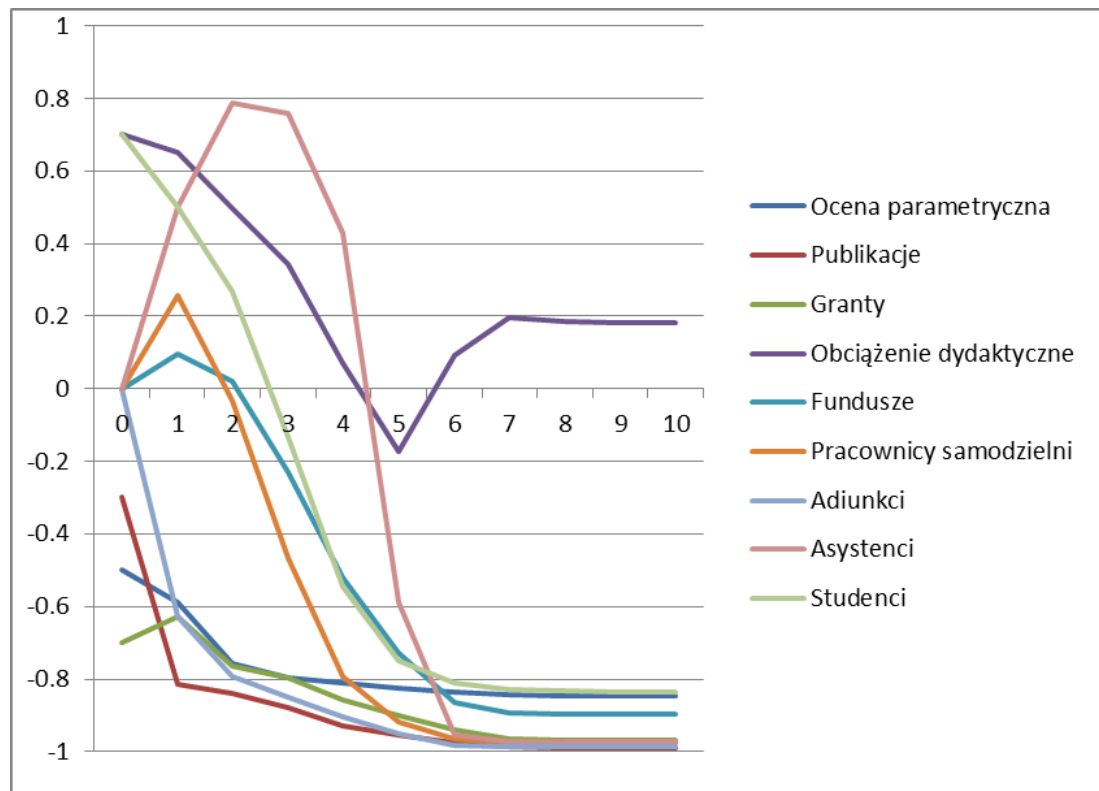
[Ocena parametryczna = -0.3,
 Publikacje = -0.3,
 Granty = -0.7,
 Obciążenie dydaktyczne = 0.7,
 Fundusze = 0,
 Pracownicy samodzielni = 0.3,
 Adiunkci = 0.2,
 Asystenci = 0.2,
 Prawo = 1,
 Studenci = 0.7]



- Przy ogólnie słabych wskaźnikach, potencjałem są pracownicy oraz studenci.
- Dla obu funkcji aktywacji można zarejestrować pozytywny scenariusz rozwoju (w dłuższym horyzoncie)
- Ewolucja modelu jest bardzo wrażliwa na zmniejszenie potencjału początkowego (zmniejszenie dowolnej wartości początkowej o 0.2 dla *Pracowników samodzielnych, Adiunktów, Asystentów* czy *Studentów* prowadzi do negatywnego wyniku scenariusza.)

Wyniki analizy Jednostka słaba

[Ocena parametryczna = -0.5,
Publikacje = -0.3,
Granty = -0.7,
Obciążenie dydaktyczne = 0.7,
Fundusze = 0,
Pracownicy samodzielni = 0,
Adiunkci = 0,
Asystenci = 0,
Prawo = 1,
Studenci = 0.7]



- Zrównoważony (dostosowany do potrzeb) poziom kadry ukierunkowanej na działalność dydaktyczną.
- Interesującą obserwacją powtarzającą się w symulacjach jest prognozowany w tym przypadku duży wzrost liczby asystentów w pierwszych iteracjach

Podsumowanie i wnioski 2

Odniesienia do czasu rzeczywistego

- Jak odnieść iterację wnioskowania do czasu rzeczywistego?
- Wagi e_{ii} wpływów pojęć na samych siebie odpowiadają za czas zaniku wartości:
 - Dla oceny parametrycznej przyjęto wagę 0.33, co odpowiada zanikowi wartości po 3 iteracjach
 - Współczynnik dla publikacji 0.66 daje czas zaniku dłuższy (6-7 iteracji).
- Oceniając dynamikę scenariusza można przyjąć, że jedna iteracja odpowiada okresowi 1-2 lat

Podsumowanie i wnioski 2

Ocena modelu

- Przyjęto perspektywę jednostek naukowo-dydaktycznych z zakresu nauk technicznych
- Model jest subiektywnym oszacowaniem relacji przyczynowych pomiędzy pojęciami
- Zazwyczaj przy budowie modeli FCM oczekuje się wkładu grupy ekspertów i przeprowadza się łączenie grafów pojęć i uśrednianie współczynników wpływów (głosowanie)
- W wielu zastosowaniach FCM wagi są ustalane w wyniku procesu uczenia poprzez analizę danych statystycznych.