

Marek A. JAKUBOWSKI

Koncepcja wykorzystania systemów rozmytych do optymalizacji celów kształcenia. Ujęcie z perspektywy metodologii nauk

Wstęp

1. Perspektywy ontologiczne tematu

Każde ujęcie tematu powoduje świadome lub nieświadome zaangażowanie się badacza w zagadnienia natury filozoficznej. Dlatego zawsze warto choćby skrótowo dokonać charakterystyki założeń i idei ontologicznych związanych z tematem pracy. Będzie to lista idei do wykorzystania w dalszych badaniach.

Tematem artykułu jest przedstawienie możliwości konkretnych rozwiązań prowadzących do otrzymania empirycznych oszacowań funkcji przynależności zbiorów rozmytych oraz powiązanie struktur abstrakcyjnych pojęcia celu kształcenia z procedurami pomiarowymi i stopniem jego rozmytości¹.

Podstawy teoretyczne naszego podejścia można nazwać „deskryptywną” teorią kopii werbalnych systemu złożonego. Zamienia ona szereg empirycznie testowalnych hipotez wiążących strukturę opisywanego obiektu badań z różnymi własnościami kopii werbalnych².

Zajmuje nas ujęcie strukturalistyczne tematu za pomocą środków teorii mnogościowych i algebraicznych, szczególnie problem tzw. redukcji aproksymacyjnej z zastosowaniem metod topologii³.

Szczególnie interesujące są pomysły i rozwiązania L.U. Moulinesa, idee wykorzystania tzw. przestrzeni z jednostajnością, zbiorów modeli potencjalnych, zbiorów niedokładnych (*inaccuracy sets*) — wyrażających bliskość elementu do

¹ P.P. Wang, S.K. Chang, *Fuzzy Sets*, Plenum Press, New York 1991.

² M. Nowakowska, *Nowe idee w naukach społecznych*, Instytut Filozofii i Socjologii PAN, „Ossolineum”, Warszawa 1980, passim.

³ M. Rossowska, *Topological spaces of linguistic methods*, pr. zbiorowa PTC, Instytut Filozofii i Socjologii UMCS, materiały na III Sympozjum pn. „Metody Heurzy” 25 IX 1976 r., zeszyt 1, s. 77 – 78, Warszawa 1976, passim.

zbioru, idee jego da się wyrazić w terminologii Zadeha („logika aproksymacyjna” przez „zamazanie” (*blurring*) stosowalności predykatów itd.).

Na koniec należy wspomnieć o neopozytywizmie, gdyż autorzy są szczególnie przekonani, że idee Kola Wiedeńskiego: postulaty logicznej analizy języka, „filozofii nauki”, hasła jedności nauki przygotowały grunt pod rozwój teorii podzbiorów rozmytych Zadeha.

Szczególnie należy wyróżnić na gruncie szeroko pojętej logiki indukcji poglądy i idee H. Kyburga z jego koncepcjami stopnia pewności uznawania zdań, dwupoziomą koncepcję wiedzy⁴. I w końcu niezwykle interesujące i niewykorzystane w naukach społecznych koncepcje L. Wittgensteina — ontologię sytuacji, pojęcia sytuacji, weryfikowania zdań, wymuszania (*forcing*), stanu informacyjnego wraz z ujęciem w ontologii za pomocą teorii krat, a więc można zastosować tu również formalizm rozmytości⁵.

Na gruncie prac L. Wittgensteina powstają nowe idee algebry scen i sytuacji J. Bairwise, o których wspominają B. Wolniewicz i M. Nowakowska, a które mogą stać się podstawą formalizacji systemów społecznych tzw. „miękkich”.

2. Założenia ontologiczne tematu

Przede wszystkim zakładamy esencjalizm, pojmowany jako rozróżnienie pomiędzy istotą a pozorem — pewne aspekty rozważań zjawisk są w tej samej rzeczywistości, główne, istotne — a inne uboczne, pozorne.

Zaprzeczymy więc teorii formalizmu negującej rozróżnienie pomiędzy „istotą” — czynnik główny a „pozorem” — czynnik uboczny⁶.

1. Zakładamy możliwość komputerowej identyfikacji struktury systemu celów kształcenia w postaci hierarchii poziomów epistemologicznych⁷.
2. Zakładamy metodę topologii jako sposób ścisłego odpowiadania na proste pytania dotyczące układów złożonych, unikając złożoności, która by po prostu przytłaczała obserwatora⁸.
3. Zakładamy zastosowanie teorii Zadeha, jak: posybilizm i analiza „soft data”, rachunek ograniczeń rozmytych⁹ czy pojęcia zmiennych ważnych ewaluatorów rozmytych¹⁰ (szczególnie istotne przy syntezach ocen częściowych metodami ekspertów) — bazujące na koncepcjach lingwistyki matematycznej — gramatyk kontekstowych.

⁴ H. Mortimer, *Logika indukcji*, PWN, Warszawa 1982, passim.

⁵ B. Wolniewicz, *Ontologia sytuacji*, PWN, Warszawa 1985, passim.

⁶ L. Nowak, *Wstęp do idealizacji teorii nauki*, PWN, Warszawa 1986, passim.

⁷ G.J. Klir, P. Kellerman, J. Pichat, *Komputerowa identyfikacja struktury systemów. Próba implementacji*, „Projektowanie i Systemy”, t. III, 1981, passim.

⁸ W. Ashby, *Wstęp do cybernetyki*, PWN, Warszawa 1984, passim.

⁹ L.A. Zadeh, *Rachunek ograniczeń rozmytych*, „Projektowanie i Systemy”, t. II, PAN Komitet Naukoznawstwa, Warszawa – Wrocław 1980, s. 11 – 41.

¹⁰ J.E. Gero, O.O. Ogutande, *Zastosowanie zmiennych nowych ewaluatorów rozmytych w projektowaniu architektonicznym wspomaganym komputerem*, „Projektowanie i Systemy”, t. II, PAN Komitet Naukoznawstwa, Warszawa – Wrocław 1980, s. 41 – 53.

Szczególnie przydatne do rozwiązywania praktycznych problemów będzie metoda GSPS J. Klira wraz z opracowaniem F. Pichlera — gdzie podano algorytm optymalizacji¹¹.

Wtórne problemy pracy

Najważniejszy, otwarty, nierozwiązany problem stosowania teorii zbiorów rozmytych to problem tzw. adekwatności tych zbiorów.

„Jeśli chodzi o określenie prawdziwości predykatów zbiorów rozmytych, to dotychczas nie jest znany żaden zadowalający (np. akceptowalny przez tzw. kręgi akademickie) test na prawdziwość ani też żaden eksperyment pozwalający określić stopnie prawdziwości.

Wiemy, w jaki sposób formalizować znaczenie pojęcia nieostrego. Mianowicie należy zastąpić je odpowiednim zbiorem rozmytym, nie wiemy jednak jak praktycznie określić typ przynależności tego zbioru.

Ponadto sama formalizacja pojęć nieostrych jest niewystarczająca, potrzebny jest jeszcze odpowiedni rachunek tych pojęć, którego dotychczas w pełni nie opracowano¹².

Dlatego autorzy opowiadają się za stosowaniem metod dedukcyjnych, aksjomatycznych, budowy „adekwatnych” zbiorów rozmytych, rozwiązania „problemu wyboru” — o tym będzie mowa dalej. Tzw. „problem wyboru” to problemy teoretyczne badań pedagogicznych.

Pedagogów interesują przede wszystkim problemy praktyki, dlatego w dalszym ciągu rozważań formułujemy problem praktyczny — zastosowanie „doradztwa komputerowego” (systemy eksperckie) w pracy nauczyciela czy grupy nauczycieli, np. zespoły przedmiotowe, rady pedagogiczne itp.

Współczesny nauczyciel ma coraz mniej czasu na studiowanie teorii np. aktualnie rozwijanych metod informatyki (nie każdy ma przygotowanie do tego). Jest celowe, aby mógł on korzystać w tym zakresie z pomocy komputera. Należy tak sformalizować teorię, aby można było „nauczyć” jej komputera w taki sposób, aby nauczyciel bez wnikania w tajniki teorii mógł korzystać z jej wyników (np. formułować cele systemów złożonych, formułować problemy optymalizacji z wykorzystaniem języków programowania np. fuzzyTech¹³).

Chodzi o to, aby korzystanie z doradztwa komputerowego było osiągalne drogą zwykłej konwersacji z maszyną, przy pomocy ogólnie zrozumiałego języka.

W tym celu należy opracować efektywne systemy przetwarzania danych rozmytych w rodzaju FSTDSS (Fuzzy-Set-Theory-Data-Strukture-System)¹⁴.

¹¹ F. Pichler, *Zasady i metody dekompozycji. Przegląd zagadnień, Nauka – Technika – Systemy*, red. W. Gasparski, D. Miller, PAN Komitet Naukoznawstwa, „Ossolineum”, Warszawa – Wrocław 1981, s. 167 – 187.

¹² W. Ostasiewicz, *Zastosowanie zbiorów rozmytych w ekonomii*, PWN, Warszawa 1983.

¹³ FuzzyTech 4.2, *User's Manual Inform.*, GmbH, Inform Software Corp., 1996, passim.

¹⁴ J. Kacprzyk, *Zbiory rozmyte w analizie systemowej*, PWN, Warszawa 1986, passim.

System doradztwa komputerowego powinien również mieć niejako „zakodowaną”, nie istniejącą obecnie „metodykę” budowy adekwatnych zbiorów czy modeli rozmytych, tzn. dobierać najlepsze metody do danych problemów.

W celu opracowania zasad języka zorientowanego problemowo oraz metod rozwiązywania standardowych problemów należy wykorzystać matematyczną teorię organizacji oraz doświadczenia ekonometrii: metody budowy adekwatnego zbioru rozmytego — metody doboru zmiennych w modelach ekonometrycznych — metody ekspertów.

Autorzy wyrażają pogląd, że przyszłość w modelowaniu i optymalizacji systemów złożonych należy do metod hybrydowych. Można by wykorzystać pomysły J.K. Kurmana (teoria regulacji), szczególnie zjawisko samoopptymalizacji oraz oryginalną metodę rozwiązywania problemów sterowania optymalnego, nie obciążoną tzw. „przekleństwem wymiarowości” (metoda modeli łańcuchowych), a przede wszystkim koncepcję maszyny analogowej — regulatora sieciowego sekwencyjnego samoopptymalizującego bezinercyjnego. Na uwagę zasługuje również metoda tzw. liczb strukturalnych¹⁵, którą możemy wykorzystać w obliczaniu systemów złożonych na najwyższym poziomie hierarchii epistemologicznej.

Formalizacja najważniejszych pojęć tematu pracy

1. Pojęcie celu systemu kształcenia.

Cel jest to para uporządkowana $\langle Z, r \rangle$, czyli złożona ze zbioru (Z) zdarzeń, w którym się zakłada, że jeden z nich na pewno zajdzie i z funkcji (r) — stopień realizacji celu określonej na zbiorze (Z).

Pod warunkiem, że $\sim \Lambda$
 $a, a' \in A$ $\{r[\varphi(a)] = r[\varphi(a')]\}$

gdzie :

A — zbiór wszelkich możliwych działań podmiotu;

a, a' — działania podmiotu;

Z — zbiór możliwych zdarzeń;

z — zdarzenie;

r — funkcja stopnia realizacji celu określona na zbiorze Z i przeobrażająca pewne wartości dla każdego Z w ten sposób, że stopień realizacji celu można wyrazić zapisem r(z) — zwracamy uwagę, że jest to równe definicji stopnia przynależności zbioru rozmytego, „stopień optymalizacji celu systemu kształcenia”;

φ — funkcja określająca zależność między A i Z określona na zbiorze A, a przeobrażająca wartości ze zbioru Z.

¹⁵ A. Kończykowska, J. Wojciechowski, *Podstawy topologicznych metod analizy układów elektrycznych*, PAN, Instytut Podstaw Problemów Techniki, PWN, Warszawa — Wrocław 1983, passim.

2. Pojęcie systemu złożonego celów kształcenia

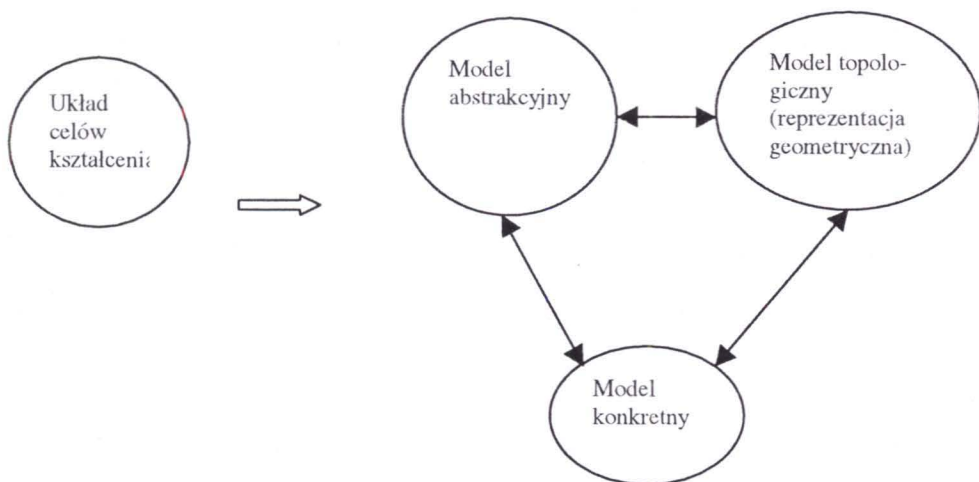
System złożony odpowiada następującym warunkom:

1. jest zbudowany do rozwiązania zadania o wielu celach (posiada złożony i hierarchiczny system celów),
2. odzwierciedla wiele różnych aspektów charakterystyki obiektu,
3. istnieje dużo różnych struktur (modeli) systemu,
4. opis wymaga wykorzystania wielu różnych języków formalnych.

Zakładamy istnienie q obserwatorów, każdy rozwiązuje własne zadanie p_1, \dots, p_n , każdemu z zadań odpowiada złożony system M_1, \dots, M_n .

Badanie systemu złożonego odpowiada utworzeniu pewnego widma języków Li^q , odzwierciedlających różne własności, poprzez modele M_i , system M_k i umożliwiających rozwiązanie zadań p_i w odpowiednich językach Li^q w oparciu o poszerzony metajęzyk $[d(Li^q)]$ — poprzez rozwiązywanie zadań p -pojedynczych P_k na podstawie rozwiązań zadań p_i niższego poziomu hierarchii.

W ten sposób można scharakteryzować hierarchię celów kształcenia (w tym ideę wykorzystania pojęć zbiorów rozmytych) — w naszym pojęciu zawarta jest idea metody modeli J. Klira.



Rys. 1. Układ celów kształcenia

3. Model topologiczny

Koncepcja modelu topologicznego układu celów kształcenia jako układu lingwistycznego zaczerpnięta została z pracy M. Rossowskiej. Ze względu na skomplikowany aparat matematyczny oraz brak miejsca nie podajemy szczegółów.

Szczegółowy opis założeń filozofii nauki tego modelu oraz innych modeli lingwistycznych i rozmytych znaleźć można w monografii autora¹⁶.

Model abstrakcyjny układu celów kształcenia

Koncepcja ogólnej definicji układu celów kształcenia może stać się przyczynkiem do stosowania aksjomatycznej metody badania w teorii układów, którą wykorzystuje St. Bellert.

Jest to teza niniejszego opracowania.

Definicja 1.

Relacją dwuczłonową R będziemy nazywać relacją strukturalną w zbiorze M , wtedy i tylko wtedy, gdy dla każdej pary zbiorów niepustych X i Y takich, że $X \cup Y = M$, $X \cap Y = \emptyset$, istnieją elementy $x \in X$ i $y \in Y$, dla których zachodzi co najmniej jedna z relacji xRy lub yRx .

Definicja 2.

Relację dwuczłonową R , strukturalną w zbiorze M przestrzeni euklidesowej, będziemy nazywać **układem abstrakcyjnym lub teoriomnogościowym**. Elementy relacji R będziemy nazywać elementami układu teoriomnogościowego. Zbiór M jest zatem polem relacji strukturalnej R .

$$M = FR$$

Elementy pola relacji R będziemy nazywać wierzchołkami układu R . Przez pojęcie sympleks jednowymiarowy będziemy rozumieć przekształcenie homeomorficzne odcinka (sympleksu geometrycznego).

$$R = \langle x, y \rangle \Rightarrow$$

x — początek elementu,

y — koniec elementu r .

Układ abstrakcyjny $\Gamma(R) = \sum_{r \in R} \Gamma(r)$; $r = (x_r, y_r)$ podzbiór sympleksów.

$S = T(R)$, przekształcenie T będziemy nazywali reprezentacją geometryczną układu R ; $S = T(R) \Rightarrow \Gamma(r) = S_r \subset S$, $S_r \neq \emptyset$, S — zbiór sympleksów jednowymiarowych.

Definicja 3.

Zbiór sympleksów jednowymiarowych, nazywamy układem topologicznym rozpiętym na relacji strukturalnej R .

¹⁶ M.A. Jakubowski, *Matematycznoje modelirovanije profesionalnoj diejatel'nosti uczi'telja*, „Ewroswit”, Akademia Nauk Pedagogicznych Ukrainy, Instytut Pedagogiki i Psychologii Kształcenia Zawodowego, red. I. Kozłowska, Lwów 2003 (w języku rosyjskim), passim.

Zakończenie, wnioski

Stawiamy hipotezę artykułu, że każdy układ, w tym przypadku układ celów złożonego systemu kształcenia, można przedstawić w postaci modelu abstrakcyjnego o różnych modelach topologicznych (w różnych przestrzeniach, jedno- lub wielowymiarowych) oraz dokonać optymalizacji dwoma metodami:

1. metodami optymalizacji znanymi w teorii grafów,
2. metodami aksjomatycznymi, np. przy pomocy całek rozmytych z wykorzystaniem np. modeli konkretnych sieci elektrycznych i regulatorów sieciowych samooptymalizujących oraz metod PLC (programowanie liniowe całkowitoliczbowe).

Problem — które metody doboru zmiennych (graficzne czy aksjomatyczne) są efektywniejsze do celów badań pedagogicznych i do praktyki szkolnej?

Z punktu widzenia teorii poznania opowiadamy się za metodami aksjomatycznymi, gdyż dedukcja to „pewniejsza” metoda naukowa. Do celów praktycznych, sądzimy, wystarczałoby opracować szybkie, proste i efektywne metody graficzne.