

# SZTUCZNE SIECI NEURONOWE JAKO INSTRUMENT KSZTAŁTOWANIA REPREZENTACJI WIEDZY W SYSTEMACH INFORMACYJNO-WYSZUKIWAWCZYCH

Wiesław Babik  
Uniwersytet Jagielloński  
Uniwersytet Śląski

*Sztuczne sieci neuronowe, reprezentacja wiedzy, systemy informacyjno-wyszukiawcze*

Problematyka reprezentacji wiedzy w systemach informacyjno-wyszukiawczych (siw) była już wielokrotnie przedmiotem rozważań na łamach literatury z zakresu informacji naukowej,<sup>1</sup> natomiast sztuczne sieci neuronowe rzadko są omawiane w literaturze poświęconej systemom wyszukiwania informacji.<sup>2</sup> Sieci neuronowe są metodą reprezentacji wiedzy, a przede wszystkim transformowania i strukturalizowania informacji, wykorzystującą nowe możliwości informatyki i elektroniki. W literaturze od dawna mówi się o ich przewadze nad tradycyjnymi metodami reprezentacji i transformacji wiedzy.

Systemy wyszukiwania informacji powinny zapewniać dostęp do wielkiej liczby dokumentów, wykorzystując dużą liczbę słów kluczowych, deskryptorów lub innych wyrażań reprezentujących elementy treści i/lub formy dokumentów. Muszą też zawierać odpowiednią wiedzę konieczną do skutecznego identyfikowania problemów wyszukiwawczych i w stosunku do nich relevantnych dokumentów. Sztuczne sieci neuronowe wydają się stwarzać tę możliwość. Przedmiotem artykułu będzie więc omówienie sztucznych sieci neuronowych jako sposobu reprezentacji wiedzy, przede wszystkim w systemach dokumentacyjnych.

---

<sup>1</sup> Wystarczy wspomnieć tu prace: B. Sosińska: *Reprezentacje wiedzy w systemach informacji dokumentacyjnej*. „Zagadnienia Informacji Naukowej” 1985 nr 1(46), s. 19-45, B.C. Vickery: *Knowledge Representation: A brief Review*. „Journal of Documentation” 1986 no 3, p. 145-159, E. Artowicz: *O problemach językowych w systemach reprezentacji wiedzy*. W: *Od kodu do kodu. Prace ofiarowane Profesorowi Olgierdowi Adrianowi Wojtasiewiczowi na 70-lecie urodzin*. Warszawa: Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego 1987, s. 193-200, E. Artowicz: *Reprezentacja wiedzy w systemie informacyjno-wyszukiawczym*. Warszawa: Wydawnictwo SBP 1997, B. Sosińska-Kalata: *Modele organizacji wiedzy w systemach wyszukiwania informacji o dokumentach*. Warszawa: Wydawnictwo SBP 1999.

<sup>2</sup> Por. prace: J.C. Scholtes: *Artificial neural networks for information retrieval in a libraries context*. Luxembourg – Brussels: Office for Official Publications of the European Communities 1995, E. Artowicz: *Reprezentacja wiedzy w systemie informacyjno-wyszukiawczym*. Warszawa: Wydawnictwo SBP 1997, W. Babik: *Możliwości wykorzystania sztucznych sieci neuronowych w systemach informacyjno-wyszukiawczych*. „Zagadnienia Informacji Naukowej” 1998 Nr 1(71), s. 93-95, B. Sosińska-Kalata: *Modele organizacji wiedzy w systemach wyszukiwania informacji o dokumentach*. Warszawa: Wydawnictwo SBP 1999, W. Babik: *Sztuczne sieci neuronowe w systemach informacyjno-wyszukiawczych*. „Zagadnienia Informacji Naukowej” 2000 Nr 2(76), s. 43-58.

## 1. Sztuczne sieci neuronowe – nowa jakość przetwarzania informacji

W ostatnim czasie bardzo szybko rozwija się technologia sieci neuronowych (ang. *neural network technology*).<sup>3</sup> Przedmiotem badań w tej dziedzinie jest przetwarzanie informacji. Są to studia nad działaniem ludzkiego mózgu i modelowaniem na potrzeby komputerów jego funkcji. Rezultaty badań próbuje się wykorzystać do rozwiązywania problemów dotyczących przetwarzania obrazów, przetwarzania mowy, przetwarzania niedokładnej i niepełnej informacji i wiedzy, przetwarzania języków naturalnych. W rozwiązywaniu tych problemów sposób postępowania jest bardzo podobny do działania układu nerwowego. Zachodzą tu takie procesy jak kojarzenie, uogólnianie, przeszukiwanie równoległe, uczenie się. Istnieje też osobna dziedzina inżynierii, zwana neurocomputingiem, zajmująca się sieciami neuronowymi jako nieprogramowanymi adaptacyjnymi systemami przetwarzania informacji, które wytwarzają skojarzenia (transformacje) między obiektami w odpowiedzi na stosowne zadanie.<sup>4</sup>

Sztuczne sieci neuronowe pozwalają wykonywać operacje nie tylko sekwencyjnie, lecz w oparciu o skojarzenia generować własne reguły, które są stopniowo doskonałe dzięki ich porównywaniu z przykładami. System uczy siebie metodą prób i błędów, jak wykonać dane zadanie. Neurocomputing jest nową metodą przetwarzania informacji, alternatywą przetwarzania algorytmicznego informacji, chociaż metod przetwarzania algorytmicznego nie zastępuje. „Dotychczas procesy informacyjne były rozpatrywane w informatyce wyłącznie w kategoriach przetwarzania i manipulacji danymi, w zamkniętym w komputerze obszarze. Obecnie przyjmują cechy zgodnie z ich naturą odpowiadającą informacyjnej integracji kategorii komunikacji, wymiany i przetwarzania informacji, w rozpatrywanym obszarze”.<sup>5</sup>

Sieć neuronowa jest zbudowana z wielu połączonych ze sobą jednostek przetwarzających, które działają równoległe.<sup>6</sup> Jest zbiorem połączeń o odpo-

---

<sup>3</sup> W rozwoju badań nad sztucznymi sieciami neuronowymi wyróżnić można następujące etapy. W latach 40. XX wieku zaczęto tworzyć pierwsze najprostsze sieci neuronowe. W latach 50. badania koncentrowały się na uczeniu tych sieci i adaptacji wag. Lata 60. to dominacja konekcjonizmu (ang. *connetionism*). Ogromny wpływ matematyki, biologii, cybernetyki i neuropsychologii. W latach 70. koncentrowano się na reprezentacji wiedzy, systemach ekspertowych i systemach bazujących na wiedzy. Lata 80. cechują prace nad wykorzystaniem sieci neuronowych w maszynach uczących się (ang. *neural learning machines*). Od początku lat 90. zauważa się trend wykorzystywania możliwości sieci biologicznych oraz budowania statystycznych algorytmów uczenia. Jako pierwszy zaimplementowali sztuczną sieć neuronową Marvin Minsky i Dean Edmonds w 1951 r. Por. J.C. Scholtes: *Artificial neural networks for information retrieval in a libraries context*. Luxembourg-Brussels: Office for Official Publications of the European Communities 1995, p.28.

<sup>4</sup> Na temat struktury i działania sztucznych sieci neuronowych istnieje już bardzo obszerna zagraniczna i polska literatura. Wystarczy wspomnieć prace: J.J. Mulawka: *Wprowadzenie w dziedzinę sztucznych sieci neuronowych*. W: *Systemy ekspertowe i sztuczne sieci neuronowe. Materiały z seminarium Ośrodka Informacji Naukowej PAN*, które odbyło się w Warszawie 27 października 1991 r. Warszawa: OIN PAN 1993 s. 39-50, R. Tadeusiewicz: *Elementarne wprowadzenie do techniki sieci neuronowych z przykładowymi programami*. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ 1998, W. Duch, J. Korbicz, L. Rutkowski, R. Tadeusiewicz: *Sieci neuronowe*. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT 2000, *Wprowadzenie do sieci neuronowych*. Kraków. StatSoft Polska 2001.

<sup>5</sup> M. Bazewicz: *Metody i techniki reprezentacji wiedzy w projektowaniu systemów*. Wrocław: Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej 1994 s. 339.

<sup>6</sup> Prawie pół wieku badań nad sztucznymi sieciami neuronowymi doprowadziło do stworzenia ponad pięćdziesięciu różnych struktur tych sieci. Wszystkie składają się z trzech elementów: rozproszonych elementów przetwarzających informację, połączeń pomiędzy nimi oraz reguł uczenia się.

wiednich wagach między jednostkami przetwarzającymi. Zamiast programowania neuronową sieć uczy się lub trenuje. Główne zalety sieci neuronowych to zdolność przetwarzania niekompletnych danych oraz wytwarzanie rezultatów przybliżonych. Równoległość przetwarzania, szybkość i możliwość uczenia się sprawiają, że sieci są odporne na błędy i są efektywne w przetwarzaniu dużej ilości danych. Dlatego stosuje się je przede wszystkim do przetwarzania informacji niekompletnych, niedokładnych, niepełnych, nawet sprzecznych. Do wad sieci zalicza się małą dokładność, kłopoty w realizacji funkcji logicznych, brak możliwości uzasadniania, w jaki sposób znaleziono rozwiązanie, a także długi czas uczenia się sieci. Jednak wszędzie tam, gdzie daje się sieci zastosować, uzyskuje się, w porównaniu z tradycyjnym sposobem przetwarzania informacji/wiedzy, nową jakość.

## 2. Reprezentacja wiedzy

### 2.1. Reprezentacja wiedzy – definicja i metody prezentacji

Reprezentacja wiedzy (ang. *knowledge representation*) jest przedmiotem zainteresowania systemów wyszukiwania informacji od samego początku ich istnienia. Obecnie o reprezentacji wiedzy mówi się w wielu różnych dyscyplinach. Wystarczy wspomnieć o informatyce, sztucznej inteligencji, językoznawstwie czy psychologii. Do informacji naukowej termin *reprezentacja wiedzy* został przejęty z informatyki, jako odwzorowanie w systemie informacyjnym pewnych aspektów rzeczywistości, a dokładniej – stanu pewnego fragmentu świata widzianego z określonej perspektywy i w określonym czasie. W informatyce termin ten odnosi się do pewnego typu organizacji bazy danych systemów z dostępem w języku naturalnym i dotyczy struktur danych oraz rekordów w bazie danych. Sztuczna inteligencja interesuje się reprezentacją wiedzy w związku z bazami wiedzy. W językoznawstwie problemy reprezentacji wiedzy wiąże się z syntaktyczną i semantyczną strukturą języka naturalnego. Psychologowie zajmują się reprezentacją wiedzy w związku z teorią poznania i tworzeniem modeli pamięci ludzkiej. System bazujący na wiedzy o określonym fragmencie rzeczywistości rozumie użytkownika i reaguje na jego wypowiedzi, prowadząc z nim dialog. Umożliwia to użytkownikowi zmianę pytań lub dokładniejsze ich sformułowanie, gdy odpowiedzi systemu nie są zadowalające.

Reprezentacja wiedzy to zespół metod i technik gromadzenia, przechowywania, przetwarzania i prezentacji informacji. Przez reprezentację wiedzy w określonym systemie wyszukiwania informacji zwykle rozumie się sposób zapisu pozyskiwanych przez system informacji, sposób operowania na zbiorze tych informacji oraz ich prezentacji w dialogu człowiek-komputer. Metoda reprezentacji wiedzy określa sposób, w jaki będzie reprezentowany dowolny fragment wiedzy z danej dziedziny.

Obecnie wyróżnić można trzy główne metody reprezentacji wiedzy:

- 1/ model konstruktywistyczny J. Piageta (1962);
- 2/ model reprezentacji wiedzy na potrzeby systemów komputerowych J.A. Fodora (1975);
- 3/ model będący połączeniem podejścia biologicznego z modelem komputerowym Z.W. Pylyshyna (1988).<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Por. J. C. Binwal, Lathamachhuana: *Knowledge Representation: Concept, Techniques and the Analytico-Synthetic paradigm*. „Knowledge Organization” 2001 no 28(1), p. 5-16.

Według D.G. Bobrova<sup>8</sup> z metodami reprezentacji wiedzy w systemie wiążą się następujące problemy:

- zakres reprezentacji, tj. jakie obiekty i pojęcia mają być reprezentowane,
- sposób odwzorowania wiedzy,
- sposób realizacji procedur wnioskowania przez system,
- sposób wyszukiwania informacji przez system.

Za podstawowe środki reprezentacji wiedzy, zdaniem E. Artowicz, uznaje się notację, semantykę notacji dla określonej dziedziny wiedzy i algorytm wyszukiwania, wnioskowania oraz algorytmy aktualizacji danych.<sup>9</sup> Problemy dotyczące reprezentacji wiedzy w systemach wyszukiwania informacji skupiają się, zdaniem B. Sosińskiej-Kalaty, wokół trzech podstawowych zagadnień:

- wieloaspektowej interpretacji pojęć (znaczenia) na gruncie jiw;
- przedmiotowej i aspektowej reprezentacji semantycznej tekstów;
- stopnia szczegółowości (redukcji) semantycznej reprezentacji tekstów.<sup>10</sup>

## 2.2. Klasyczne metody reprezentacji wiedzy

Już od wczesnych lat siedemdziesiątych XX wieku toczą się dyskusje między zwolennikami dwóch podstawowych metod reprezentacji wiedzy: deklaratywnej i proceduralnej. Stosując metodę deklaratywną, reprezentujemy wiedzę w postaci statycznego zbioru faktów, przedstawiając ją za pomocą formuł logicznych lub sieci semantycznych. Druga metoda polega na dynamicznym przedstawianiu wszelkiego typu informacji jako programów działania, jako przepisów postępowania w ściśle określonych sytuacjach. Tak więc informacje zapisane deklaratywnie odpowiadają na pytanie „co?”, zaś proceduralnie – na pytanie „jak?”. Obie metody mają swoje wady i zalety. Metoda deklaratywna pozwala grupować niezależnie od siebie specyficzne fakty, później wykorzystywane przez uniwersalne mechanizmy w rodzaju dedukcji, co jest nie zawsze wygodne, przede wszystkim ze względu na sposób zapisu informacji. Typowo deklaratywna jest reprezentacja logiczna: fakty są zapisywane w postaci formuł, a wnioskowanie opiera się na uniwersalnych metodach dowodzenia twierdzeń. Druga metoda jest w wysokim stopniu zależna od dziedziny wiedzy, gdyż każdy fakt musi być opisany przez wszystkie możliwe sposoby jego wykorzystania, co jest wykonalne tylko w konkretnych, ściśle określonych i raczej wąskich dziedzinach. Modyfikacja czy rozszerzenie takiego zasobu informacji nie jest łatwe, przede wszystkim ze względu na ściśle powiązania między programami. Nie wystarczy dodać nową procedurę, trzeba zadbać o jej współpracę z innymi, z których ona korzysta lub które z niej korzystają. Rozwiązaniem pośrednim są tzw. ramy czyli specyficzne sieci powiązane z procedurami. Zaletą reprezentacji czysto proceduralnej jest to, że określa ona wiedzę wyłącznie poprzez sposób jej użycia. Zalety obu sposobów reprezentacji wiedzy występują w metodzie wykorzystującej ramy w postaci tzw. powiązania procedur z danymi i faktami.

Zdaniem E. Artowicz<sup>11</sup> do najczęściej stosowanych metod (modeli) reprezentacji (odwzorowywania) wiedzy należą:

<sup>8</sup> Por. D.G. Bobrov: *Dimensions of representation*. [In:] D.G. Bobrov, A. C. Collin (eds.): *Representation and understanding*. New York: Academic Press 1975.

<sup>9</sup> Por. E. Artowicz: *O problemach językowych w systemach reprezentacji wiedzy*. W: *Od kodu do kodu. Prace ofiarowane Profesorowi Olgierdowi Adrianowi Wojtasiewiczowi na 70-lecie urodzin*. Warszawa: Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego 1987, s. 194.

<sup>10</sup> Por. B. Sosińska: *Reprezentacje wiedzy w systemach informacji dokumentacyjnej*. „Zagadnienia Informatyki Naukowej” 1985 nr 1(46), s. 10-45.

<sup>11</sup> E. Artowicz: *Reprezentacja wiedzy w systemie informacyjno-wyszukiwawczym*. Warszawa: Wydawnictwo SBP 1997.

1/ typowe dla ujęcia deklaratywnego

- systemy logiczne,
- sieci semantyczne,
- elementarne cechy semantyczne;

2/ typowe dla ujęcia proceduralnego

- reprezentacje proceduralne,
- reguły produkcji;

3/ łącząca cechy ujęcia deklaratywnego i proceduralnego – teoria ram i skryptów.

Wymienione metody zostały szczegółowo opisane w literaturze, dlatego nie będziemy ich tutaj dokładniej przedstawiali.<sup>12</sup>

Dotychczas wykorzystywane struktury w tradycyjnych systemach wyszukiwania informacji nie są wystarczające do wyrażania zróżnicowanych i zmieniających się struktur semantycznych, gdyż prawie wyłącznie prezentują formalnie uporządkowany statyczny zbiór terminów zawartych w tekstach języków informacyjno-wyszukiwawczych.

### 2.3. Sieciowa reprezentacja wiedzy

Ten typ reprezentacji wiedzy wykorzystuje model sieci oraz system wag. Podczas gdy reguły produkcji, ramy i sieci semantyczne powstały na bazie paradygmatu symbolicznego przetwarzania informacji, to sieciowa (rozproszona) reprezentacja wiedzy opiera się na tzw. paradygmacie konektywistycznym, mającym swe źródło w matematycznym modelu biologicznego systemu nerwowego<sup>13</sup>, który w ramach sztucznej inteligencji wyodrębnił się w postaci tzw. Parallel Distributed Processing (PDP)<sup>14</sup> lub neurocomputingu.<sup>15</sup>

Ten sposób reprezentacji wiedzy sprowadzić można do technik sieciowego operowania na tekstach. Techniki hipertekstu umożliwiają przeszukiwanie zbiorów informacji i danych w języku naturalnym. Odgrywają dużą rolę w reprezentacji wiedzy dokumentowanej za pomocą różnych formatów. Szybko następuje integracja hipertekstu z technikami proceduralnej i deklaratywnej reprezentacji wiedzy. Stanowi to ważny technologicznie czynnik doskonalenia metod kreatywno-rozwojowych działań człowieka.

Wydaje się, że sztuczne sieci neuronowe pozwolą na indywidualizację zaspokajania potrzeb informacyjnych użytkowników, m.in. dzięki możliwościom reprezentacji wiedzy opartej na związkach kojarzeniowych. Ta własność wyda-

---

<sup>12</sup> Zagadnienia te omówiono bardzo obszernie m.in. w pracach: J. Malec: *Introduction to Knowledge Representation Problems*. [In:] *Lectures Notes on Computer Vision and Artificial Intelligence. Lectures held at the School on Computer Vision with the Elements of Artificial Intelligence*. Mądralin near Warszawa 24-29 April 1989. Ed. by L. Chmielewski and W. Kosiński. Ossolineum 1990, p. 173-203, D. Lipowska: *Reprezentacje semantyczne w komputerowych systemach przetwarzania języka naturalnego*. Poznań 1991, M. Bazewicz: *Wstęp do systemów informatycznych i reprezentacji wiedzy*. Wrocław: Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej 1993, M. Bazewicz: *Metody i techniki reprezentacji wiedzy w projektowaniu systemów*. Wrocław 1994, J. L. Kulikowski: *Podstawy reprezentacji wiedzy w systemach komputerowych*. W: *Problemy sztucznej inteligencji. T. XXVIII*. Pod red. W. Traczyka. Warszawa 1995 s. 23-52, R. Kaisz, W. Kubiński, A. Buller: *In search of a frame of mind. An introduction to Cognitive Linguistics and Artificial Intelligence*. Gdańsk: Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego 1996.

<sup>13</sup> Por. W.S.M. McCulloch, W. Pitts: *A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity*, „Bulletin of Mathematical Biophysics” 1943 no 5, p. 115-137.

<sup>14</sup> Por. D.E. Rumelhardt, J.L. McClelland, PDP Research Group (eds): *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*, Vol. 1. Foundations, Vol. 2. Psychological and Biological Models. Cambridge, Mass., London: Bradford Book/MIT Press 1986.

<sup>15</sup> Por. R. Hecht-Nielsen: *Neurocomputing*. Reading Mass.: Addison-Wesley 1990.

je się szczególnie predestynować sieciową reprezentację wiedzy do wykorzystania w systemach wyszukiwania informacji, zwłaszcza z zakresu dyscyplin operujących nieznormalizowaną terminologią.

### **3. Reprezentacja wiedzy w systemach informacyjno-wyszukiwawczych**

#### **3.1. Wiedza i jej rodzaje w systemach informacyjno-wyszukiwawczych**

Mechanizmy posługiwania się wiedzą mają uniwersalny charakter, natomiast informacje wprowadzane do systemu są charakterystyczne dla danej dziedziny zastosowań i zmieniają się zależnie od przeznaczenia systemu, a czasami nawet rozwiązywanego problemu.

W siw w zależności od dziedziny wiedzy jest reprezentowana wiedza za pomocą odpowiednich struktur danych oraz procedur interpretujących przechowywaną wiedzę. Same struktury danych nie stanowią jednak wiedzy nie tylko w rozumieniu informatycznym, ale i w kategoriach psychologicznych.

Wiedza o dowolnym fragmencie rzeczywistości jest w zależności od typu siw reprezentowana za pomocą:

- faktów dotyczących obiektów z uwzględnieniem kategoryzacji tych obiektów;
- zdarzeń z podaniem ich przyczyn i skutków;
- procesów (sekwencji czynności o ustalonej kolejności);
- reguł operowania wiedzą;
- metawiedzy dotyczącej źródeł wiedzy, jej stanu, sposobów wykorzystania.

Z powyższego zestawienia widać, że siw powinien posiadać wiedzę o opisywanej rzeczywistości oraz o języku opisu tej rzeczywistości. Niezbędnym jest więc odwzorowywanie w siw wiedzy dotyczącej faktów czy reguł (tzw. wiedzy deklaratywnej) oraz zdarzeń i procesów (tzw. wiedzy proceduralnej).

#### **3.2. Sztuczne sieci neuronowe jako metoda reprezentacji wiedzy w systemach informacyjno-wyszukiwawczych**

Od wielu lat nauka próbuje odkryć sposób reprezentacji wiedzy w umyśle człowieka. Zauważono, że tak mózg człowieka, jak i komputery, to systemy operujące symbolami, a więc systemy przetwarzające wiedzę poprzez manipulowanie symboliczną reprezentacją świata zewnętrznego. Modele imitujące takie przetwarzanie wiedzy złożone są z wielu nieliniowych elementów ze sobą współpracujących, działających równolegle i tworzących struktury sieciowe przypominające naturalne sieci neuronowe. Elementy te są sprzężone poprzez wagi, które w trakcie działania sieci ulegają modyfikacjom. Sztuczne sieci neuronowe umożliwiają reprezentację wiedzy opartą na wagach i prawdopodobieństwie. Dzięki równoległemu przetwarzaniu informacji pozwalają efektywnie rozwiązać wiele problemów niealgorytmicznych.

Model reprezentacji wiedzy w sztucznych sieciach neuronowych został określony przez B. Sosińską-Kalotę jako reprezentacja subsymboliczna, porównywalna z reprezentacją wiedzy o rzeczywistości w strukturze połączeń komórek nerwowych mózgu. Podobnie jak sieć komórek nerwowych w mózgu, większość obecnie wykorzystywanych sztucznych sieci neuronowych ma budowę warstwową. Zdaniem wielu badaczy pozwala to na hybrydowe podejście do metodologii rozwiązywania problemów, polegające na łączeniu metod sta-

tystycznych z metodami opartymi na reprezentacji wiedzy. Wiedza, którą wykorzystują sieci neuronowe, nie jest reprezentowana *explicite* w żadnej bezpośrednio dostępnej formie. Sztuczne sieci neuronowe tworzą jej model na podstawie zachowania się sieci, wykorzystując techniki statystyczne do kalkulacji poziomów aktywizacji i modyfikacji numerycznych wag. Systemy takie nie zawierają żadnych reguł w sensie reguł stosowanych w tradycyjnych systemach z bazą wiedzy. Pomimo to pozwalają one rozwiązywać złożone problemy, których analiza i rozstrzygnięcie za pomocą systemów z reprezentacją symboliczną wymagałoby zebrania bardzo dużej liczby danych oraz zastosowanie wielkiej liczby reguł do ich przetwarzania.<sup>16</sup>

Opierając się na rozważaniach wspomnianej autorki, sposób reprezentacji wiedzy w sztucznych sieciach neuronowych zastosowanych w siw można opisać w następujący sposób. W strukturze sieci neuronowej wiedza odwzorowywana jest przez przyporządkowanie jej elementom określonych atrybutów i ich wartości. Reprezentacja ta przyjmuje wówczas postać rozproszoną sieci połączeń między wyodrębnionymi reprezentacjami atrybutów o określonych wartościach. W systemach dokumentacyjnych tymi atrybutami są tradycyjnie wyodrębniane elementy opisu bibliograficznego oraz wyrażenia opisujące treść dokumentu. Wiedza o dokumencie odwzorowana w systemie jest reprezentowana przez strukturę powstałą w wyniku połączeń między wyrażeniami wykorzystanymi w indeksowaniu i wyszukiwaniu. Podobnie generowana jest reprezentacja wiedzy o problemie wyszukiwawczym. Tworzy ją pewien układ pobudzeń elementów przetwarzających, reprezentujących wyodrębnione cechy poszukiwanych dokumentów i zawartej w nich informacji, powstały przez uaktywnienie grupy elementów warstwy danych wejściowych, odpowiadających istotnym własnościom problemu wyszukiwawczego użytkownika. Sztuczne sieci neuronowe umożliwiają więc reprezentowanie wiedzy za pomocą sieci wyrażen językowych, w której węzłach umieszcza się poszczególne jednostki językowe. Połączenia między węzłami odpowiadają relacjom, w jakie wchodzi między sobą poszczególne jednostki językowe. Dodatkowo otrzymują one odpowiednie wagi.

Mimo ograniczonej dokładności reprezentacji wiedzy o problemie wyszukiwawczym wyszukiwanie oparte na uaktywnianiu pobudzeń elementów przetwarzających reprezentujących cechy dokumentów i opisanych w nich wycinków rzeczywistości, uzupełnione statystyczną analizą ich natężenia, zapewnia maksymalizację dokładności i kompletności uzyskanego wyniku.

Dla optymalizacji wyników wyszukiwania informacji szczególnie przydatne wydają się następujące cechy sztucznych sieci neuronowych:

- rozpoznawanie i prawidłowa interpretacja danych niekompletnych, częściowo nieprawidłowych lub sprzecznych;
- interpretacja danych o nieostro zdefiniowanym zakresie, takich jak np. probabilistyczne kategorie pojęciowe;
- automatyczne wnioskowanie przez generalizację i analogię, bez konieczności predeterminacji reguł jego przeprowadzania;
- symultaniczne rozstrzyganie alternatywnych hipotez dotyczących rozwiązania problemu lub dostosowania wzorców;
- dokonywanie oceny i wyboru najlepszego wyniku wyszukiwania;

---

<sup>16</sup> B. Sosińska-Kalata: *Modele organizacji wiedzy w systemach wyszukiwania informacji o dokumentach*. Warszawa: Wydawnictwo SBP 1999.

– uczenie się na przykładach i strukturalizacja zarejestrowanej wiedzy na potrzeby interpretacji jej organizacji w oparciu o wprowadzane do niej nowe informacje i reakcje użytkowników na wynik wyszukiwania.<sup>17</sup>

Wymienione cechy systemów informacji opartych na sztucznych sieciach neuronowych są ważne, gdyż użytkownik systemu bardzo często z różnych powodów nie przekazuje systemowi pełnej wiedzy o problemie wyszukiwawczym, a kształtowana przez niego strategia wyszukiwawcza opiera się na intuicyjnych metodach heurystycznych. Z tego typu problemami zwykle nie radzą sobie systemy realizowane w technologii tradycyjnej.

Korzystając z siw, często nie wiemy jaki zestaw spośród wielu zmiennych wejściowych jest użyteczny do efektywnego wyszukania przez system potrzebnych użytkownikowi informacji (wartości wejściowych). Wybór „dobrego” zbioru wartości wejściowych jest dodatkowo trudny m.in. ze względu na następujące cechy zmiennych:

- wielowymiarowość informacji (danych). Ich liczba nie jest często na tyle liczna, aby możliwe było „zobaczenie” istniejącej struktury danych i wierne odwzorowanie jej właściwości;
- współzależność (korelacja) między zmiennymi. Istotne dla systemu informacji zwykle współwystępują z innymi i tylko jako występujące razem, a więc współzależne, mogą razem dostarczać informacji istotnych, podczas gdy każdy podzbiór takiego zestawu zmiennych informacji tych już nie zawiera;
- redundancja (nadmiarowość) zmiennych. Ze względu na korelację danych często wprowadza się na wejściu systemu zamiast pełnego zbioru pewien podzbiór skorelowanych danych, co czasami wymusza ich nieuzasadnioną nadmierną redundancję.

Przytoczone tu uwagi pokazują, że wybór zmiennych wejściowych jest krytycznym momentem w procesie wyszukiwania informacji w neuropodobnych siw, a zarazem krytycznym elementem projektowania sieci neuronowych na potrzeby omawianych systemów.

Sztuczne sieci neuronowe pozwalają reprezentować wiedzę użytkownika systemu informacyjno-wyszukiwawczego w sposób dynamiczny i to zarówno w sensie parametrycznym, jak i czasowym, podczas gdy dotychczas stosowane metody umożliwiały jej przedstawianie wyłącznie w sposób statyczny.

\*

W literaturze podkreśla się, że o przewadze sieci neuronowych nad tradycyjnymi metodami reprezentacji i transformacji wiedzy decyduje zdolność uczenia się systemu i wynikająca stąd możliwość przewidywania wyników (sygnałów wyjściowych) bez konieczności formułowania a priori hipotez dotyczących związków między przesłanką a możliwymi wnioskami, jak to jest w teoriach i skryptów.

O ile dotychczas stosowane w siw metody reprezentacji wiedzy i informacji pozwalają tylko na pasywne odwzorowywanie reprezentowanej w systemie rzeczywistości dokumentacyjnej, o tyle siw wykorzystujące technikę sieci neuronowych mogą aktywnie drogą inferencji tworzyć nowe dane/informacje, które nie są explicite zapisane w bazie systemu. Zatem systemy te w jakimś sensie przekształcają się z narzędzi do rejestrowania (odwzorowywania) rze-

---

<sup>17</sup> Tamże s. 273.



czywistości w środki jej poznawania i penetrowania. Można sądzić, że transformacja ta ma charakter jakościowy zmieniający status siw.

Sposób reprezentacji wiedzy w systemach wyszukiwania informacji opartych na sztucznych sieciach neuronowych ma wiele zalet, ale ma też pewne ograniczenia. O zaletach była mowa już wcześniej. Wśród ograniczeń tego typu systemów, w porównaniu z systemami z symboliczną reprezentacją wiedzy, należy wymienić m.in. niski poziom ekspresywności reprezentacji wiedzy, ograniczoną kontrolę procesu wyszukiwania, brak kontroli nad rozbudową reprezentacji wiedzy, brak mechanizmów wyjaśniania procedur wnioskowania. Urzeczywistnienie tego modelu, ze względu na konieczność operowania ogromną liczbą opisów dokumentów i terminów wyszukiwawczych, na obecnym etapie rozwoju technologii komputerowych jeszcze nie jest możliwe.

Sztuczne sieci neuronowe bazują na technikach reprezentacji wiedzy właściwych dla sztucznej inteligencji. Krytyczna ocena tych technik z punktu widzenia potrzeb systemów wyszukiwania informacji pozwala stwierdzić, że dotychczas wykorzystywane struktury w tradycyjnych systemach wyszukiwania informacji nie są wystarczające do wyrażania zróżnicowanych i zmieniających się struktur semantycznych, gdyż prawie wyłącznie prezentują formalnie uporządkowany statyczny zbiór terminów zawartych w tekstach języków informacyjno-wyszukiwawczych, umożliwiając tylko statyczną reprezentację wiedzy. Tymczasem potrzeby użytkowników systemów informacyjno-wyszukiwawczych mają charakter dynamiczny. Sztuczne sieci neuronowe jako struktury subsymbolicznej sieciowej reprezentacji wiedzy stanowią interesujący dla tej klasy systemów instrument kształtowania wiedzy, pozwalający na odzwierciedlanie w systemie stale zmieniających się potrzeb informacyjnych użytkowników tych systemów.

## Summary

The article discusses the artificial neurone networks as the way of representation of the knowledge in documental information retrieval systems. Neurone networks are relied on techniques of knowledge representation characteristic for artificial intelligence. They might be treated as one of the methods of knowledge representation, mostly transforming and structuralisation of information, method using new possibilities of computer science and electronics. There has been confirmed that the methods of knowledge and information representation so far applied in these systems enable only passive reflection of documental reality represented in a system. Neurone networks enable representation of the information retrieval system's user knowledge dynamic way, both in the parametric and chronological sense.