

GRZEGORZ WOJARNIK

## METODY SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W SYSTEMACH EKSPERTOWYCH

### 1. Przegląd metod sztucznej inteligencji

Metody sztucznej inteligencji są stosowane w dziedzinach, w których podejmowanie decyzji zachodzi w warunkach braku wszystkich danych potrzebnych do przeprowadzenia obliczeń. Są to sytuacje, w których mamy do czynienia z tak zwanym rozumowaniem logicznym – racjonalnym, gdy zamierzamy dowodzić pewnych twierdzeń, a także w systemach eksperckich i diagnostycznych, w zarządzaniu wiedzą, preferencjami i informacją. Metody sztucznej inteligencji odgrywają również dużą rolę we wszystkich tych zastosowaniach, w których liczba możliwych kombinacji zmiennych jest na tyle duża, że uzyskanie oczekiwanych wyników jest niemożliwe z uwagi na długi czas oczekiwania, potrzebny na dokonanie obliczeń generujących te wyniki.

Do najważniejszych metod sztucznej inteligencji zaliczyć należy:

1. **Sieci neuronowe** to komputerowe modele, których budowa jest oparta na uproszczonej strukturze połączeń neuronowych w mózgu. Takiego systemu nie trzeba programować. Wystarczy mu pokazywać tak dużą liczbę dobrych i złych przykładów, na podstawie których sieć neuronowa wzmacnia lub osłabia łącza w swojej wewnętrznej drodze rozumowania, aż robi to dokładnie i automatycznie. Sieci neuronowe mogą także wnioskować na podstawie danych niewizualnych, na przykład rozpoznawać fałszerstwa kart kredytowych, przewidywać uszkodzenia systemów czy zapewniać, by samolot płynnie przechodził z jednej wysokości na drugą. Podstawowy problemem z samouczącymi się systemami, takimi jak sieci neuronowe, polega na tym, że jeśli popełnią błąd, nie są w stanie wyjaśnić swojego rozumowania – działania.

2. **Logika rozmyta** stała się przełomem w tradycyjnie pojmowanej logice, w której stwierdzenia musiały być albo prawdziwe, albo fałszywe. Logika ta próbuje objąć swym zasięgiem takie obszary życia codziennego, w których rzeczy mogą być zarówno prawdziwe, jak i fałszywe. Mimo że przeraziło to niektórych ortodoksyjnych logików, bardzo efektywnie sprawdziło się na przykład w systemach kontrolnych działających w systemach transportowych. Logika rozmyta okazała się bardzo przydatna w zastosowaniach inżynierskich, czyli tam, gdzie klasyczna logika klasyfikująca jedynie według kryterium prawda/fałsz nie potrafi skutecznie poradzić sobie z wieloma niejednoznacznościami i sprzecznościami.

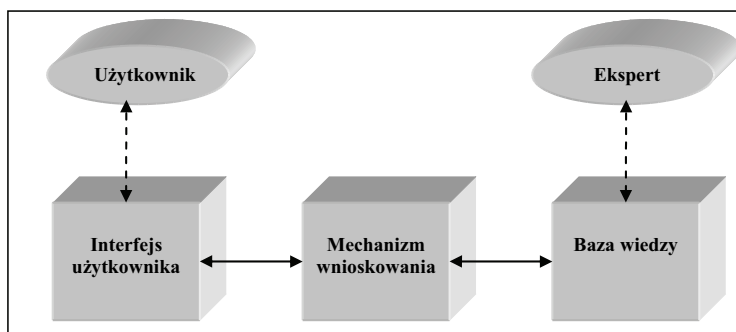
3. **Algorytmy genetyczne** należą do genetycznej rodziny modeli obliczeniowych inspirowanych teorią ewolucji. Algorytmy genetyczne zostały zainspirowane darwinowską teorią doboru naturalnego. Dzięki nim możliwe jest zmniejszenie ogromnej liczby obliczeń związanych z różnymi problemami projektowania inżynierskiego, takimi jak modelowanie napięć i pęknięć w strukturach wytrzymałościowych czy zachowań aerodynamicznych pojazdów. Takie problemy mogą rosnąć wykładniczo, prowadząc do nieakceptowalnie długich okresów, potrzebnych do przeprowadzenia obliczeń przez komputer. Zamiast analizować wszystkie permutacje, z których przeważająca liczba nie ma żadnego znaczenia dla konkretnego problemu, algorytmy genetyczne wyszukują najbardziej obiecujące rozwiązania i, łącząc je z innymi prowadzą do powstania nowej generacji rozwiązań. Wprowadzenie małej zmiany, przypominającej mutację genetyczną w naturalnej reprodukcji, pozwala na znalezienie dobrego rozwiązania w ułamku czasu, który byłby potrzebny przy użyciu metod tradycyjnych.

## 2. Specyfika systemów ekspertowych

Można przytoczyć wiele definicji systemu ekspertowego. Jednak na potrzeby tej pracy wystarczą dwie, w których kładziony jest akcent na nieco różne aspekty.

W pierwszej definicji mówi się, że system ekspertowy to aplikacja składająca się z trzech niezależnych fizycznie, współpracujących ze sobą części (baza wiedzy, mechanizm wnioskowania, interfejs), której zadaniem jest zastąpienie

pracy eksperta w danej dziedzinie<sup>1</sup>. W definicji tej akcent jest położony na strukturę systemu ekspertowego (rysunek 1).



Rys. 1. Struktura systemu ekspertowego  
Źródło: opracowanie własne.

W drugiej definicji kładzie się nacisk na aspekt doświadczenia w procesie podejmowania decyzji. Doświadczenia koniecznego do rozwiązywania określonych problemów. System ekspertowy to program komputerowy, w którym prezentowany jest, w pewnej ściśle określonej dziedzinie, stopień zdobytego doświadczenia w rozwiązywaniu problemów, porównywalny ze stopniem doświadczenia i wiedzy eksperta<sup>2</sup>.

Systemy ekspertowe są wykorzystywane w licznych obszarach. Przykładowe zastosowanie systemów ekspertowych to:

- diagnozowanie chorób,
- poszukiwanie złóż minerałów,
- identyfikacja struktur molekularnych,
- udzielanie porad prawniczych,
- diagnoza problemu (na przykład nieprawidłowego działania urządzenia).

<sup>1</sup> J. Chromiec, E. Strzemieczna, *Sztuczna inteligencja. Metody konstrukcji i analizy systemów eksperckich*, PLJ, Warszawa 1994, s. 16.

<sup>2</sup> A.M. Kwiatkowska, *Systemy wspomaganie decyzji. Jak korzystać z wiedzy i informacji*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007, s. 39.

System ekspertowy winien posiadać następujące własności:

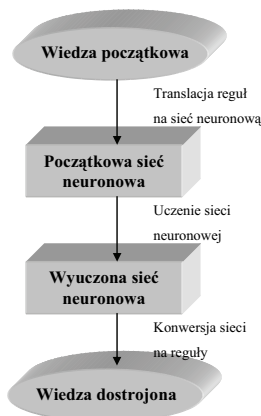
- odpowiedź jest zawsze poprawna (lub prawdopodobna – zależy to od problemu),
- gdy nie ma pewnej i jednoznacznej odpowiedzi, podawana jest najbardziej trafna i określone zostaje jej prawdopodobieństwo,
- system potrafi uzasadnić swoją odpowiedź,
- zna swoje ograniczenia (to znaczy, jak nie zna odpowiedzi, to nie wymyśla, tylko oświadcza, że nie wie).

Klasycznym przykładem systemu eksperckiego jest system MYCIN służący do diagnozowania chorób zakaźnych (takich jak zapalenie opon mózgowych) oraz do opracowywania terapii antybiotykowych.

### 3. Zastosowanie metod sztucznej inteligencji w systemach ekspertowych

Metody sztucznej inteligencji oprócz wymienionych wcześniej zastosowań mają również swoje aplikacje w systemach ekspertowych.

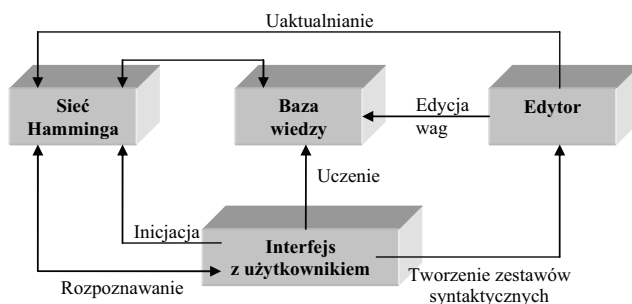
Jedną ze słabszych stron systemów ekspertowych jest pozyskiwanie wiedzy. Z pomocą mogą przyjść sieci neuronowe, które potrafią gromadzić wiedzę z dostępnych przykładów. Systemem, który łączy zdobycze sieci neuronowych z systemami ekspertowymi jest KBANN (*Knowledge-Based Artificial Neural Networks*). Był on sprawdzany za pomocą testów z dziedziny biologii molekularnej. Jego działanie zobrazowano na rysunku 2.



Rys. 2. Zasada działania systemu KBANN

Źródło: opracowanie własne na podstawie [http://www.ci.pwr.wroc.pl/~kwasnick/cybula\\_nedza\\_www/sieci/kbann.html](http://www.ci.pwr.wroc.pl/~kwasnick/cybula_nedza_www/sieci/kbann.html).

W przypadku sieci neuronowej mamy do czynienia ze znacznie sprawniejszym procesem pozyskiwania wiedzy. Zamiast „ręcznego” wyprowadzania reguł wykonywana jest operacja trenowania sieci neuronowej na podstawie właściwie dobranych przykładów. Zanim zostanie uruchomiony proces uczenia należy określić, jak sieć ma wyglądać, z ilu ma być zbudowana neuronów i jak połączonych. Następnie należy wprowadzić przykład, czyli dane wejściowe X oraz spodziewane dane wyjściowe Y. Sieć musi tak się dostosować (zmieniać wartość wag połączeń), aby odpowiedzieć w sposób, jaki zakłada przykład. Po serii przykładów sieć nauczy się i będzie w stanie generować odpowiedzi na dotąd nieznanne dane wejściowe. Najczęściej do współpracy z systemem ekspertowym wykorzystuje się model sztucznej sieci neuronowej zwanej sieć Hamminga. W systemie ekspertowym sieć neuronowa może odgrywać rolę maszyny wnioskującej oraz bazy wiedzy reprezentowanej przez zbiór wag (rysunek 3).



Rys. 3. Schemat blokowy systemu ekspertowego z udziałem sieci Hamminga

Źródło: opracowanie własne na podstawie <http://www.tpc.matnesh.net/ssn/ekspert/index.php>.

Współdziałanie sieci neuronowej z systemem ekspertowym może się odbywać na kilka sposobów<sup>3</sup>:

1. System ekspertowy może być używany do uczenia sieci neuronowej. W tym przypadku służy do przygotowania danych trenujących dla sieci neuronowej.

<sup>3</sup> Por. [http://aragorn.pb.bialystok.pl/~radev/ai/se/zal04/selic/pabich.htm#\\_Toc62834731](http://aragorn.pb.bialystok.pl/~radev/ai/se/zal04/selic/pabich.htm#_Toc62834731).

2. Sieć neuronowa może wstępnie przetwarzać dane wejściowe dla systemu ekspertowego (na przykład dane z czujników) na postać bardziej dogodną do dalszego przetwarzania. Może wówczas następować wstępne uogólnianie i oczyszczanie danych wejściowych z szumu informacyjnego.

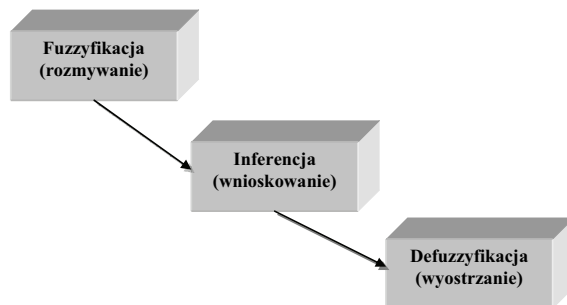
3. System ekspertowy może kontrolować informacje przepływające przez różne sieci neuronowe. System decyduje wówczas, która sieć neuronowa dla określonego rodzaju danych wejściowych powinna zostać zastosowana. W tym przypadku zarządza on wieloma sieciami neuronowymi, wybierając tę, która najlepiej odpowiada wymaganiom w danym momencie, lub która jest przystosowana do wykonania pewnej operacji.

4. System ekspertowy może przejmować dane wychodzące z sieci neuronowej lub zestawu sieci neuronowych i przedstawiać rozszerzony (zgodnie z tym, co sam wie) sposób ich interpretacji.

5. System ekspertowy może na żądanie objaśniać działanie całego systemu, włącznie z działaniem i interpretacją wyników samej sieci neuronowej. W takim przypadku sieci neuronowe mogą być przystosowane do zarządzania, sterowania, ogólnie – do samodzielnego podejmowania decyzji na podstawie napływających sygnałów wejściowych.

6. Sieć neuronowa może być używana do pozyskiwania wiedzy dla systemu ekspertowego. W podejściu tym wykorzystuje się właściwości samoorganizowania się sieci neuronowej oraz uczenia bez nadzoru.

7. Kolejnym przykładem zastosowania metod sztucznej inteligencji może być zastosowanie logiki rozmytej w mechanizmie wnioskowania na podstawie bazy wiedzy, gdzie zapisane są reguły rozmyte systemu ekspertowego. W przypadku takiego systemu dane wejściowe są najczęściej wyrażone w postaci liczb, a reguły opierają się na wartościach rozmytych. Schemat systemu rozmytego przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Schemat rozmytego systemu ekspertowego

Źródło: opracowanie własne na podstawie A.M. Kwiatkowska, *Systemy wspomaganie...*, s. 86.

Etapy tworzenia i wykorzystania systemu ekspertowego, który zawiera metody logiki rozmytej, są następujące<sup>4</sup>:

1. Definicja zbiorów rozmytych i zmiennych lingwistycznych.
2. Definicja reguł rozmytych.
3. Wartościowanie dla danego przypadku (rozmyta maszyna wnioskująca).
4. Defuzyfikacja, czyli powrót do układu nierozmytego – klasycznego.

Algorytmy genetyczne są wykorzystywane w systemach ekspertowych zwłaszcza do generacji zbioru reguł. Celem pozyskania wiedzy z danych jest odkrycie reguł, praw, które będą spełniały kryteria prawdziwości, nowości, znaczenia dla zastosowania systemu ekspertowego, którego dotyczą.

## Zakończenie

Podsumowując rozważania, należy stwierdzić, że metody sztucznej inteligencji pozwalają w znacznym zakresie rozszerzyć możliwości systemów ekspertowych. Warto też dostrzec, że w obecnym życiu społecznym, gospodarczym, aby systemy ekspertowe wypełniały swoje funkcje doradcze na etapie podejmowania decyzji, winny być zasilane przez coraz większą liczbę danych mających wpływ na podejmowanie decyzji. Natomiast zadaniem metod sztucznej inteligencji jest wspomaganie eksperta w selekcji najistotniejszych danych wchodzących w skład bazy wiedzy, a stanowiących podstawę procesu podejmowania decyzji w systemie ekspertowym. Nie można też zapomnieć o roli

<sup>4</sup> A.M. Kwiatkowska, *Systemy wspomaganie...*, s. 86.

metod sztucznej inteligencji w procesie ustalania reguł mechanizmu wnioskowania, które pozwalają na wyciąganie odpowiednich wniosków na podstawie już zgromadzonych danych.

W związku z tym należy żywić nadzieję, że metody sztucznej inteligencji na stałe zagospodzą w systemach ekspertowych i będą skutecznie wspomagały decydentów w roli podmiotów zajmujących się procesem podejmowania decyzji.

### **Literatura**

- Chromiec J., Strzemieczna E., *Sztuczna inteligencja. Metody konstrukcji i analizy systemów eksperckich*, PLJ, Warszawa 1994.
- Goldberg D.E., *Algorytmy genetyczne i ich zastosowanie*, WNT, Warszawa 2003.
- Kwiatkowska A.M., *Systemy wspomaganie decyzji. Jak korzystać z wiedzy i informacji*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- Michalkiewicz Z., Fogel D.B., *Jak to rozwiązać, czyli nowoczesna heurystyka*, WNT, Warszawa 2006.
- Rutkowski L., *Metody i techniki sztucznej inteligencji*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005.
- Shim J.K., Singel J.G., Chi R., *Technologia informatyczna*, Dom Wydawniczy ABC, Warszawa 1999.

## **ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS IN EXPERT SYSTEMS**

### **Summary**

This article is describing neural networks, fuzzy logic and genetic algorithms in conjunction with expert systems. This combination takes good effect in decision making processes. Artificial intelligence methods can extend possibilities of expert system in case of dramatic data growth – data which are in huge volumes. Article is showing different aspects of artificial intelligence methods in expert systems.

*Translated by Grzegorz Wojarnik*