

Andrzej Pieczyński

Uniwersytet Zielonogórski

ORCID 0000-0002-1389-6059

a.pieczynski@issi.uz.zgora.pl

Zasady funkcjonowania sztucznej inteligencji (AI) z perspektywy technicznej

Słowa kluczowe: struktura systemu ekspertowego, baza wiedzy, systemy wnioskowania, logika rozmyta, sztuczne sieci neuronowe, zastosowanie sztucznej inteligencji w obszarach prawa

Streszczenie. Wprowadzenie do przedstawianej w artykule tematyki zawiera definicję sztucznej inteligencji w ujęciu teoretycznym oraz dziedziny nauki, które obejmują tę tematykę. W dalszej części artykułu omówiono strukturę systemu ekspertowego (SE) jako formę realizacji funkcji sztucznej inteligencji w rozwiązywaniu różnych problemów decyzyjnych. Szczególną uwagę zwrócono na zastosowanie sztucznej inteligencji w prawie administracyjnym¹. W ramach przedstawiania funkcji i zasad funkcjonowania systemu ekspertowego omówiono poszczególne elementy systemu, poczynając od najważniejszej części, jaką jest baza wiedzy, jej formy reprezentacji i źródła definiowania jej treści. Ponadto wskazano na rolę w systemie bazy danych, jej rodzaje i metody definiowania jej wartości. W systemie ekspertowym bardzo ważną rolę, poza bazą wiedzy, odgrywa proces wnioskowania. W artykule przedstawiono formy realizacji procesu wnioskowania, ich właściwości i rekomendowane zastosowania. Ponadto przeanalizowano wpływ zastosowanej w procesie wnioskowania logiki. Przedstawiono również możliwości reprezentowania sztucznej inteligencji na podstawie niesymbolicznej reprezentacji wiedzy, jaką są sieci neuronowe. W podsumowaniu wskazano kierunek prac nad sztuczną inteligencją, jakie są prowadzone w wielu ośrodkach. Stwierdzono, że wykorzystując informacje na temat umysłu człowieka, naukowcy próbują stworzyć sztuczny umysł.

The principles of artificial intelligence (AI) from a technical perspective

Keywords: structure of an expert system, knowledge base, inference systems, fuzzy logic, artificial neural networks, application of artificial intelligence in legal areas

Summary. The introduction to the topic presented in this article includes theoretical definitions of artificial intelligence and the fields of science that encompass this topic. The following section discusses the structure of an expert system (ES) as a form of implementing artificial intelligence functions in solving various decision-making problems. Particular attention is paid to the application of AI in administrative law.¹ The presentation of the functions and principles of operation of an expert system includes a discussion of individual system elements, starting with the most important part: the knowledge base, its forms of representation, and the sources for defining its content. Furthermore, the role of the database in the system, its types, and methods for defining its values are discussed. In an expert system, apart from the knowledge base, the reasoning process plays a very important role.

¹ L. Lai, M. Świerczyński, *Prawo sztucznej inteligencji*, Warszawa 2021.

The article presents the forms of implementing the reasoning process, their properties, and recommended applications. Furthermore, the impact of the logic used in the reasoning process is analyzed. The article also presents the possibilities of representing artificial intelligence based on non-symbolic knowledge representations, such as neural networks. The summary outlines the direction of research on artificial intelligence being conducted in many centers. It states that scientists are attempting to create an artificial mind by using information about the human mind.

Wprowadzenie

Sam Altman, prezes zarządu i współwłaściciel amerykańskiego przedsiębiorstwa OpenAI zajmującego się badaniami sztucznej inteligencji (ang. *Artificial Intelligence*, AI) i wdrażaniem jej w różnych dziedzinach działalności człowieka, twórca aplikacji ChatGPT², powiedział na jednym ze spotkań ze studentami: „**Sztuczna inteligencja** może być jedną z najpotężniejszych technologii rozwiniętych przez ludzkość. I jako taka musi być przez nas dobrze zrozumiana i poddana analizie w kontekście światowego systemu ochrony”.

Sztuczna inteligencja – nazwa zaproponowana przez Johna McCarthy’ego w 1956 r.³ – uznawana jest jako kierunek badań informatycznych, psychologicznych, matematycznych, biologicznych i filozoficznych. Do ich zadań należy „konstruowanie **maszyn, o których działaniu** dałoby się powiedzieć, że są **podobne do ludzkich przejawów inteligencji**”, a główną cechą takich działań jest umiejętność rozwiązywania nowych, nieznanych problemów na podstawie analizy dotychczasowych doświadczeń. Z perspektywy technicznej realizacja zadań zaliczanych do działań wykorzystujących wybrane elementy sztucznej inteligencji nazywana jest **systemem ekspertowym**, który jest **programem komputerowym przetwarzającym wiedzę**. Systemy ekspertowe, zdolne do dialogu z człowiekiem, rozwijane są od lat. Początkowo do tego celu stosowano komunikację pisaną realizowaną w formie udzielania odpowiedzi przez człowieka na pytania zadawane przez komputer. Powstały już programy określane mianem **czatbot**, tzw. wirtualni doradcy, z którymi można porozmawiać jak z żywym człowiekiem na czacie. Wirtualny asystent potocznie bywa zwany **sztuczną inteligencją**.

Chatbot, zwany inaczej **chatterbot**, to **wirtualny asystent** lub **wirtualny doradca**, zadaniem którego jest rozmowa z internautą przebywającym na stronie internetowej. W rzeczywistości **jest to program komputerowy** działający on-line, pewien system, **zbiór algorytmów** odpowiadających za prowadzenie konwersacji i wszystkie działania z nią związane⁴.

² <https://www.uw.edu.pl/spotkanie-z-samem-altmanem-na-uw/> – Spotkanie z Samem Altmanem na UW [dostęp: 25.06.2023].

³ https://pl.wikipedia.org/wiki/Sztuczna_inteligencja [dostęp: 24.06.2023].

⁴ <https://chatbot.pl/> [dostęp: 24.06.2023].

Wirtualny asystent dzięki swojemu oprogramowaniu rozpoznaje zadane pytanie i stara się dopasować odpowiedź. W przypadku gdy pytanie zadane przez użytkownika jest niezrozumiałe (lub po prostu nie ma na nie odpowiedzi w bazie danych), chatbot stara się dopasować jedną z wypowiedzi ‘awaryjnych’ bądź próbuje nauczyć się od rozmówcy, aby następnym razem przy takowym pytaniu skorzystać z tej wiedzy i danych. Posiada on pewną wiedzę z danego zakresu, korzysta z własnych baz danych, ma także możliwość czerpania informacji z zewnętrznych źródeł (inne bazy danych, wyszukiwarki, informacyjne strony www).

Ostatnio bardzo dużo jest przykładów zastosowań wirtualnego asystenta w zakresie tworzenia dokumentów czy udzielania merytorycznego wsparcia. Należy jednak pamiętać, że jest to program komputerowy wyposażony w pewien zasób elementów sztucznej inteligencji i udzielający głównie odpowiedzi, opierając się na metodach przeszukiwania zasobów dostępnych w bazach danych. Przykładowo, aby pokazać jednak ograniczone możliwości konwersji z tym asystentem, autor artykułu zadał mu dwa niestandardowe pytania. Poniżej znajdują się odpowiedzi, które wskazują, że wirtualny asystent odpowiada logicznie na jedno z pytań (niestety, popełnił błąd ortograficzny, który zapewne istnieje w bazie danych, z których korzystał), natomiast przy drugim można zauważyć, że asystent wykorzystał odpowiedź awaryjną wskazującą, że system uczy się z przykładów⁵.

Pytanie: **Czy masz świadomość?**

Odpowiedź: **Żaden bot nie posiada świadomości i prędko się to niezmieni, gdyż to jedna z najbardziej tajemniczych cech ludzi, trudna do symulacji, ale prace trwają.**

Pytanie: **Jakie masz samopoczucie?**

Odpowiedź: **Zapamiętam to pytanie i pewnie wkrótce będę w stanie udzielić na nie odpowiedzi.**

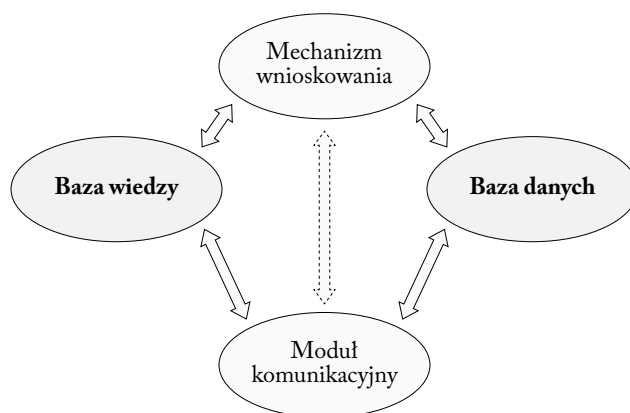
1. Struktura Systemu Ekspertowego

Zgodnie z techniczną definicją środowiska, które realizuje zadania przypisane *sztucznej inteligencji* i nazywane systemem ekspertowym, jest to program komputerowy zaimplementowany w określonym środowisku sprzętowym (komputerze), który przetwarza wiedzę. Zatem podstawowym elementem w strukturze systemu ekspertowego jest baza wiedzy (rys. 1).

Analiza funkcjonalna bazy wiedzy wymaga odniesienia do aktualnego stanu otaczającej rzeczywistości, w której funkcjonuje dany system i która jest opisywana ze zdefiniowanymi parametrami⁶. Zbiór wartości tych parametrów stanowi bazę danych, która jest drugim elementem w strukturze systemu. Bez dostępu do bazy

⁵ <https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20200827STO85804/sztuczna-inteligencja-co-to-jest-i-jakie-ma-zastosowania> [dostęp: 23.06.2023].

⁶ F. Kurp, *Sztuczna inteligencja od podstaw*, Gliwice 2023.



Rysunek 1. Struktura funkcjonalna systemu ekspertowego

danych nie można określić wartości logicznej określonych elementów bazy wiedzy. Trzecim blokiem w strukturze SE jest mechanizm wnioskowania, za pomocą którego dokonywany jest proces przetwarzania bazy wiedzy (wnioskowania na podstawie zawartości bazy wiedzy). Tak zbudowana struktura systemu zdolna jest do przetwarzania określonej bazy wiedzy i wyciągania wniosków generowanych w procesie wnioskowania.

Aby system ekspertowy utrzymywał kontakt z otoczeniem, w którym funkcjonuje, wyposażono go w moduł komunikacyjny, zapewniający kontakt bezpośredni w formie łącz przewodowych, bezprzewodowych, a także umożliwiający prowadzenie dialogu z użytkownikiem tego systemu. Jak pokazano na rys. 1, omawiane bloki łączą się w komunikacji wewnętrznej dwukierunkowej. Blok zapewniający realizację procesu wnioskowania pobiera wybrane elementy bazy wiedzy i niezbędne dane z bazy danych. Drugi kierunek komunikacji, w przypadku bazy wiedzy, dotyczy procesu generowania nowych elementów bazy wiedzy najczęściej osiąganym na etapie uczenia maszynowego⁷. W przypadku drugiego kierunku przepływu między mechanizmem wnioskowania a bazą danych mamy do czynienia z uzupełnianiem bazy danych o nowe fakty uzyskane podczas procesu wnioskowania. Bazę wiedzy można również uzupełniać podczas dialogu z użytkownikiem w trakcie realizacji zadania uczenia na podstawie nowego zdarzenia.

Ten sam moduł komunikacyjny można wykorzystać do uzupełniania bazy danych uzyskanych podczas monitorowania otoczenia, w którym funkcjonuje SE. Istnieje również możliwość komunikacji bezpośredniej między blokiem re-

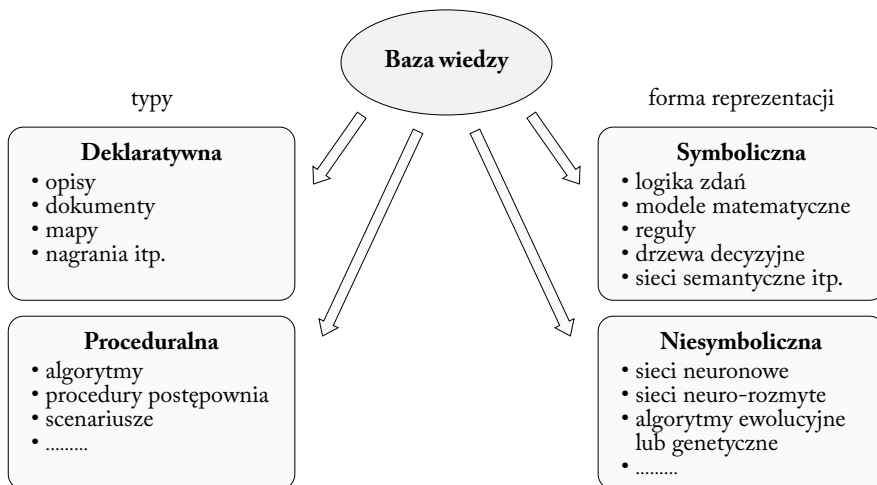
⁷ Z. Bubnicki *et al.*, *Techniki informacyjne w badaniach systemowych*, Warszawa 2007; M.J. Kasperski, *Sztuczna inteligencja – droga do myślących maszyn*, Gliwice 2003.

alizującym proces wnioskowania a otoczeniem SE. To łączy wykorzystywane jest w sytuacji, gdy przetwarzaniu wiedzy w bazie danych brakuje danych do oceny wartości logicznej elementu bazy wiedzy. Wtedy w komunikacji bezpośredniej z użytkownikiem dostarcza się niezbędnych w tym procesie danych.

1.1. Baza wiedzy

W systemach ekspertowych wyróżnia się dwa typy wiedzy: *deklaratywną* i *proceduralną* (rys. 2). Wiedza deklaratywna zawiera informacje o parametrach otoczenia, w którym funkcjonuje obiekt naszego zainteresowania. Wiedza deklaratywna zawiera różne opisy właściwości obiektu, cechy i parametry jego elementów lub struktury. Zawiera również różne dokumenty opisujące aktualny stan obiektu, np. stan prawny sprawy, która jest w toku postępowania. Może zawierać opisy przygotowane w różnej formie, np. mapy kartograficzne, nagrania itp.

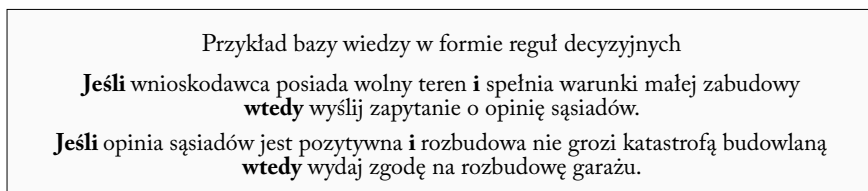
Wiedzę deklaratywną często opisujemy w postaci struktury rekordów zawierających nazwę elementu omawianego obiektu jego parametrów, a często również charakterystycznych wartości.



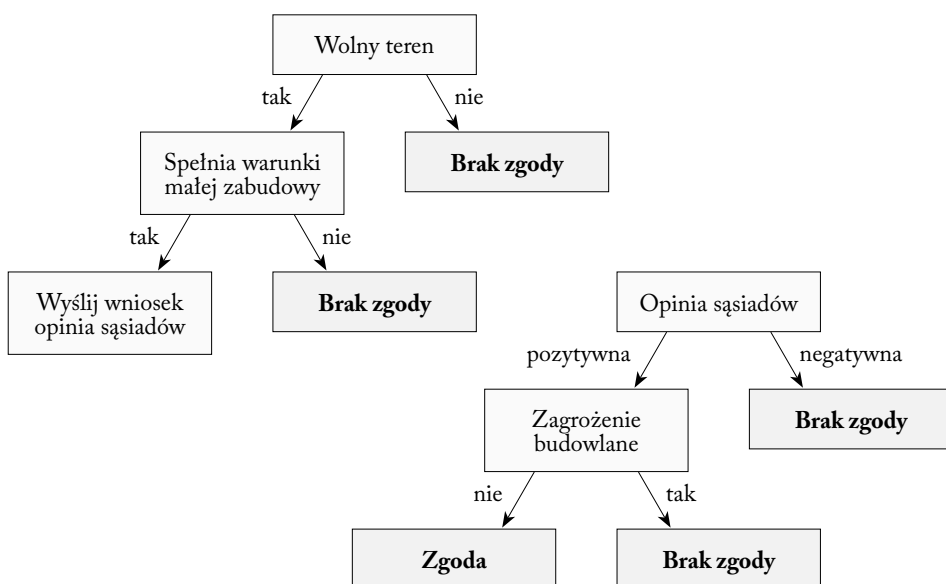
Rysunek 2. Typy i formy reprezentacji bazy wiedzy

Wiedza proceduralna zawiera informacje o zasadach, algorytmach, formach postępowania w stosunku do analizowanego obiektu, np. procedura wydawania pozwolenia na budowę. Wiedzę proceduralną opisujemy, stosując różne formy zapisu, które pozwalają na realizację procesu wnioskowania. Podstawowy podział form reprezentacji wiedzy proceduralnej pozwala pogrupować reprezentację wiedzy na symboliczną i niesymboliczną. Pierwsza grupa cechuje się tym, że aparat

reprezentacji wiedzy wykorzystuje charakterystyczne wielkości opisujące obiekt, np. w procedurze wydawania pozwolenia na budowę korzysta się z opisu kolejnych kroków, jakie należy wykonać w uzasadnieniu wydania zgody lub jej braku.



Rysunek 3. Regułowa reprezentacja bazy wiedzy



Rysunek 4. Baza wiedzy w reprezentacji jako drzewo decyzyjne

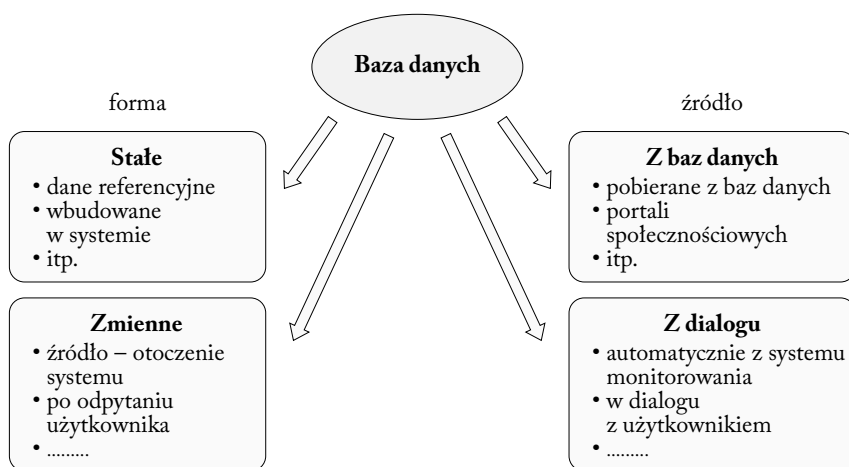
Do znanych form reprezentacji symbolicznej można zaliczyć: rachunek zdań logicznych, modele matematyczne, reguły decyzyjne (rys. 3 – decyzja w sprawie wyrażenia zgody na rozbudowę garażu), drzewa decyzyjne (rys. 4), ramy, sieci semantyczne. W przypadku reprezentacji niesymbolicznej buduje się model, który w procesie uczenia nabywa wiedzy pozwalającej udzielać odpowiedzi zbliżonej do tej, jaką można otrzymać z oryginalnego obiektu⁸. W tym przypadku otrzymany

⁸ A. Pieczyński, *Reprezentacja wiedzy w diagnostycznych systemach ekspertowych*, Zielona Góra 2003.

model naśladuje oryginał, jednakże ma inną niż on strukturę. Przykładem tej formy reprezentacji wiedzy mogą być sieci neuronowe, sieci neuro-rozmyte, algorytmy ewolucyjne itp.⁹ W przypadku tej formy reprezentacji wiedzy struktura sieci może być definiowana przez eksperta, a parametry wewnętrznych powiązań definiuje się w procesie uczenia maszynowego. Sieci neuro-rozmyte powstają z połączenia struktury klasycznej sieci neuronowej z przetwarzania informacji na podstawie logiki rozmytej¹⁰.

1.2. Baza danych

Baza danych stanowi ważny element systemu ekspertowego, ponieważ pozwala określić aktualny stan analizowanego obiektu. Dane zawarte w bazie można podzielić na dwie formy: *stałe* i *zmienne* (rys. 5).



Rysunek 5. Baza danych w systemie ekspertowym

Dane nazywane stałymi stosowane są jako zestaw parametrów referencyjnych w procesie podejmowania decyzji. Często są to parametry wprowadzane do systemu ekspertowego na etapie projektowania systemu lub jego implementacji.

Podczas funkcjonowania systemu ta grupa danych nie może być modyfikowana. W sytuacji konieczności dokonania zmian danych stałych dokonuje się aktualizacji całego systemu lub jego części zawierającej zestaw danych stałych. Przykładem tego typu danych w przypadku postępowania administracyjnego mogą być opisy ustaw lub innych aktów prawnych wykorzystywanych w procesie decyzyjnym. Dane

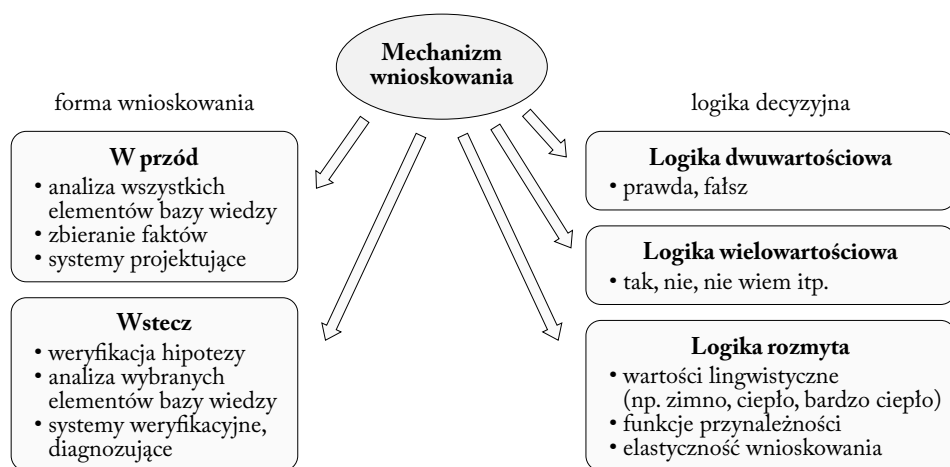
⁹ *Ibidem*; L. Rutkowski, *Metody i techniki sztucznej inteligencji*, Warszawa 2011.

¹⁰ J. Łęcki, *Systemy neuronowo-rozmyte*, Warszawa, 2008; A. Pieczyński, *op. cit.*

opisane jako zmienne definiują wartości atrybutów decyzyjnych zdobytych podczas dialogu z użytkownikiem lub systemem zbierania danych, jak również dane wygenerowane jako nowe fakty podczas procesu wnioskowania. Dane uzyskane przez system z otoczenia obiektu mogą pochodzić z dwóch grup źródeł. Do pierwszej należą wszelkiego rodzaju bazy danych, np. repozytoria aktów prawnych, a drugie uzyskuje się podczas dialogu systemu z użytkownikiem, np. pytania zadawane przez system i kierowane do użytkownika w celu uzupełnienia danych, których nie ma w systemie¹¹.

1.3. Mechanizm wnioskowania

Proces wnioskowania w systemie ekspertowym polega na analizie wartości logicznych elementów bazy wiedzy. Wyróżniamy dwie podstawowe formy wnioskowania: *w przód* i *wstecz* (rys. 6).



Rysunek 6. Mechanizmy wnioskowania – formy i zastosowana logika

Wnioskowanie w przód stosuje się najczęściej w systemach projektujących lub analizujących kompleksowo problem. Polega ono na przeprowadzaniu procesu wnioskowania dla każdego elementu bazy wiedzy i gromadzeniu nowych faktów wynikających z przeprowadzonej analizy. Wnioskowanie w przód jest procesem złożonym obliczeniowo, ale zapewnia dokładną analizę problemu i w zależności od formy reprezentacji bazy wiedzy niekiedy generuje więcej odpowiedzi niż te, które spełniają przyjęte kryteria decyzyjne.

¹¹ D.T. Larose, *Metody i modele eksploracji danych*, Warszawa 2012; J. Surma, *Business Intelligence. Systemy wspomaganie decyzji biznesowych*, Warszawa 2012.

Wnioskowanie wstecz realizuje proces decyzyjny poprzez weryfikację spełnienia kryterium decyzyjnego dla postawionego *a posteriori* celu, np. celem danego procesu decyzyjnego może być podjęcie decyzji po zadaniu pytania: „czy petent jednostki samorządowej ma uzyskać zgodę na rozbudowę garażu”. W bazie wiedzy mamy wpisane procedury określające warunki, jakie powinien spełnić dany petent w celu uzyskania zgody. Celem tego procesu jest zgoda na rozbudowę. Przy wnioskowaniu wstecz w procesie decyzyjnym system analizuje tylko te elementy bazy wiedzy, które prowadzą do weryfikacji określonych warunków. Jeśli na etapie wnioskowania pojawi się warunek, który nie został spełniony, system przerywa wnioskowanie i generuje decyzję – brak zgody. Wnioskowanie wstecz realizuje zadanie weryfikacji postawionej hipotezy, często jest stosowane w systemach diagnostycznych¹².

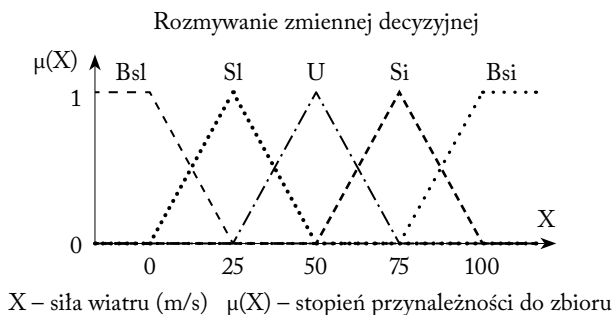
Podczas realizacji procesu wnioskowania można stosować różne rodzaje logiki. Najbardziej znana i bardzo często wykorzystywana jest logika dwuwartościowa, w której stosuje się dwuelementowy zbiór wartości: *falsz*, *prawda* (niekiedy dla uproszczenia kodowany odpowiednio jako *0*, *1*). Zastosowanie tego typu logiki prowadzi do prostych systemów decyzyjnych, w których analizowany element bazy wiedzy jest prawdziwy, pozwalając zaakceptować konkluzję zawartą w tym elemencie, lub fałszywy – umożliwiając tym samym odrzucenie tej konkluzji, np. w bazie wiedzy reprezentowanej w formie reguł może znaleźć się zapis „Jeśli pada deszcz i jest słaby wiatr, to weź parasol”. W procesie wnioskowania analizie podlegają dwa warunki: *pada deszcz* i *jest słaby wiatr*. W bazie danych sprawdzamy wartości tych dwóch atrybutów decyzyjnych, uzyskując dla każdego z nich wynik w postaci: *prawda* lub *falsz*. Ponadto należy zwrócić uwagę, że przedstawiona reguła zawiera koniunkcję dwóch zdań logicznych, dlatego aby uzyskać wartość konkluzji, należy wykonać operację iloczynu logicznego dwóch wartości logicznych. W przypadku logiki dwuwartościowej zastosowanie w procesie wnioskowania operatorów alternatywy, koniunkcji lub negacji nie stanowi problemu.

Jednakże logika ta ma duże ograniczenia, pozwalając dzielić zbiór odpowiedzi systemu na dwa zbiory: spełniające określone warunki lub nie. W niektórych zastosowaniach nie stanowi to problemu. Należy się zastanowić, czy w przypadku budowy systemu ekspertowego, który będzie stosowany w obszarze prawa administracyjnego, zastosowanie tej logiki będzie odpowiednie? Nieco większą elastyczność można uzyskać, stosując logikę wielowartościową. W literaturze można znaleźć opisy własności wielu propozycji takich logik, do znanych można zaliczyć logikę trójwartościową zawierającą trójelementowy zbiór wartości, np. *za*, *przeciw*, *wstrzymuję się* (często kodowany jako *-1*, *0*, *1*). Jak wiemy, ten rodzaj logiki jest często stosowany podczas głosowań. Jednak nadal odpowiedź naszego systemu

¹² M. Flasiński, *Wstęp do sztucznej inteligencji*, Warszawa 2018.

musi znaleźć się w jednym z trzech dostępnych zbiorów. Pozostaje jeszcze problem podejmowania decyzji w sytuacji, gdy nie możemy precyzyjnie określić wartości atrybutu decyzyjnego. Nawiązując do wcześniej przedstawianej reguły, podczas analizy wartości logicznej konkluzji musimy określić wartość logiczną przesłanki *jest słaby wiatr*. Załóżmy, że siła wiatru wynosi 24 m/s. Pojawia się pytanie: czy jest to słaby wiatr? Stosując logikę dwuwartościową, można odpowiedzieć *tak* (przyjmując wcześniej wartość progową *mniej niż 25 m/s*). W przypadku uzyskania danych o wartości 26 m/s uzyskalibyśmy odpowiedź *nie*, mimo że bazujemy na dwóch niewiele różniących się sytuacjach. Stosując dla tego przykładu logikę trójwartościową, dla wartości atrybutu bliskich wartości referencyjnej można zastosować odpowiedź *nie wiem*, ale to nie rozwiązuje problemu podjęcia decyzji *wziąć parasol*.

Naprzeciw takiej sytuacji wychodzi propozycja zastosowania logiki rozmytej¹³. Cechą charakterystyczną logiki rozmytej jest nieprecyzyjne definiowanie wartości zmiennej decyzyjnej. Wracając ponownie do przykładowej reguły, pojawia się zadanie określenia wartości zmiennej *jest słaby wiatr*. W przypadku logiki rozmytej przed sprawdzeniem spełnienia tej przesłanki musimy zdefiniować metodę wyznaczenia wartości tej przesłanki, stosując zamiast wartości precyzyjnych wartości lingwistyczne, np. *bardzo słaby* (*Bsl*), *słaby* (*Sl*), *umiarkowany* (*U*), *silny* (*Si*), *bardzo silny* (*Bsi*) (rys. 7). Nawiązując do wcześniej wskazanego przykładu pomiaru siły wiatru, zmiana wartości z 24 m/s na 26 m/s nie spowoduje w systemie decyzyjnym skokowej zmiany decyzji. W przypadku zastosowania opisu zmiennej siła wiatru według schematu pokazanego na rysunku 7 wzrost wartości opisującej siłę wiatru spowoduje jedynie niewielką zmianę poziomu wiarygodności podjętej decyzji (zwiększy się stopień przynależności do lingwistycznej wartości *słaby*, a zmaleje stopień przynależności do lingwistycznej wartości *bardzo słaby*).

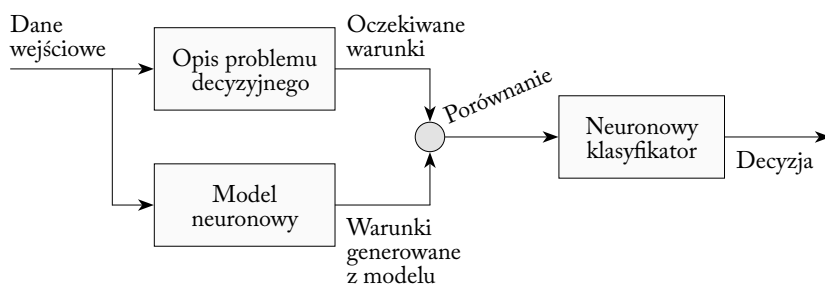


Rysunek 7. Mechanizm rozmywania zmiennej decyzyjnej

¹³ J. Łęcki; *op. cit.*; R.K. Nowicki, *Rozmyte systemy decyzyjne w zadaniach z ograniczoną wiedzą*, Warszawa 2009, s. 8.

Zastosowanie logiki rozmytej umożliwia w procesie decyzyjnym generowanie kilku decyzji z różnym stopniem wiarygodności oraz zapewnia dużą elastyczność w podejmowaniu decyzji. Należy się zastanowić nad możliwościami zastosowania logiki rozmytej w obszarze prawa administracyjnego, gdzie często od systemu będziemy oczekiwali jednej decyzji i z dużym poziomem wiarygodności. Jednakże systemowo można rozważyć stosowanie tej logiki w tym obszarze, stosując dodatkowo mechanizm klasyfikacyjny, który wybiera odpowiedź systemu o największej wiarygodności, informując jednocześnie o wystąpieniu innych rozwiązań o niższym poziomie wiarygodności.

Przykładem zastosowania niesymbolicznej reprezentacji wiedzy najczęściej są sztuczne sieci neuronowe (Artificial Neural Network – ANN). Spotyka się różne konfiguracje tych sieci w zależności od pełnionych funkcji. Jedną z funkcji jest modelowanie własności obiektu procesu decyzyjnego. W tym przypadku można spotkać sieci typu MLP (ang. *Multi-Layer Perceptron*), sieci z dynamicznymi neuronami, sieci dynamiczne, sieci samouczące itp. Do drugich funkcji powierzanych sieciom neuronowym należy zaliczyć klasyfikatory, których rolą jest weryfikowanie podejmowanych decyzji (rys. 8).



Rysunek 8. Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych w procesie decyzyjnym

Posumowanie

W artykule został przedstawiony system ekspertowy jako forma realizacji zadań stawianych przed sztuczną inteligencją. Omówiono w nim podstawową blokową strukturę takiego systemu, wskazano na rolę, jaką odgrywa baza wiedzy jako wiodący element systemu realizującego cele funkcjonalne SE. Kolejnym blokiem, który stanowi rdzeń systemu odpowiedzialny za proces produkcyjny (generujący nowe elementy bazy wiedzy lub nowe fakty umieszczane w bazie danych) lub decyzyjny, jest mechanizm wnioskowania oparty na wybranej logice wnioskowania.

Pokazano również formy reprezentacji i źródła wydobywania bazy wiedzy lub bazy danych. Przedstawiono stosowane w analizie elementów bazy wiedzy logiki

(dwuwartościowe, wielowartościowe i rozmyte). Treści zawarte w omawianym artykule są wprowadzeniem w obszar struktury systemu realizującego zadania z różnych dziedzin, w których coraz częściej wykorzystuje się wybrane elementy sztucznej inteligencji. Na temat zastosowań sztucznej inteligencji pojawia się coraz więcej artykułów ukazujących efekty zastosowania tej formy przetwarzania informacji, natomiast mechanizm realizacji tych zadań jest podobny i celem tego artykułu było pokazanie w ujęciu technicznym zasad gromadzenia i przetwarzania informacji. Aktualnie mówi się, że sztuczna inteligencja może być jedną z najpotężniejszych technologii rozwiniętych przez ludzkość. Jak wcześniej zostało wskazane, aktualnie termin „sztuczna inteligencja” często kojarzony jest z aplikacją ChatBot, który wykorzystując ciągle rozwijane mechanizmy rozpoznawania, mowy, pism, obrazów i zaawansowane techniki przeszukiwania baz danych, współpracuje z człowiekiem jak partner¹⁴. Jednakże efektywność działania tego asystenta zależy od zgromadzonej bazy wiedzy (algorytmy rozpoznawania otoczenia, przeszukiwania baz danych itp.), dostępnych baz danych i efektywnego interfejsu komunikacyjnego.

Reasumując, należy stwierdzić, że prace nad rozwijaniem technologii przetwarzania informacji z wykorzystaniem sztucznej inteligencji są prowadzone w wielu ośrodkach i przy wykorzystaniu informacji na temat umysłu człowieka naukowcy próbują stworzyć sztuczny umysł (z pewnością nie będzie to umysł ludzki, może go jedynie naśladować, przewyższać człowieka w szybkości i skuteczności działania). Sztuczna inteligencja może być jedną z najpotężniejszych technologii rozwiniętych przez ludzkość. I jako taka musi być przez nas dobrze zrozumiana i poddana analizie w kontekście światowego systemu ochrony¹⁵.

Literatura

- Bubnicki Z. *et al.*, *Techniki informacyjne w badaniach systemowych*, Warszawa 2007.
 Flasiński M., *Wstęp do sztucznej inteligencji*, Warszawa 2018.
Intelligent Systems in Technical and Medical Diagnostics, red. J. Korbicz, M. Kowal, Berlin–Heidelberg 2014.
 Kasperski M.J., *Sztuczna inteligencja – droga do myślących maszyn*, Gliwice 2003.
 Kurp F., *Sztuczna inteligencja od podstaw*, Gliwice 2023.
 Lai L., Świerczyński M., *Prawo sztucznej inteligencji*, Gliwice 2021.
 Larose D.T., *Metody i modele eksploracji danych*, Warszawa 2012.
 Łęcki J., *Systemy neuronowo-rozmyte*, Warszawa 2008.
 Nowicki R.K., *Rozmyte systemy decyzyjne w zadaniach z ograniczoną wiedzą*, Warszawa 2009.
 Pieczyński A., *Reprezentacja wiedzy w diagnostycznych systemach ekspertowych*, Zielona Góra 2003.
 Rutkowski L., *Metody i techniki sztucznej inteligencji*, Warszawa 2011.
 Surma J., *Business Intelligence. Systemy wspomagania decyzji biznesowych*, Warszawa 2012.

¹⁴ *Intelligent Systems in Technical and Medical Diagnostics*, red. J. Korbicz, M. Kowal, Berlin–Heidelberg 2014.

¹⁵ <https://www.dw.com/pl/ue-chce-uregulowa%C4%87-sztuczna%C4%85-inteligencj%C4%99/a-57281515> – UE chce uregulować sztuczną inteligencję [dostęp: 23.06.2023].

Źródła internetowe

Spotkanie z Samem Altmanem na UW, <https://www.uw.edu.pl/spotkanie-z-samem-altmanem-na-uw/> [dostęp: 23.06.2023].

<https://www.dw.com/pl/ue-chce-uregulowa%C4%87-sztuczna%C4%85-inteligencj%C4%99/a-57281515> – UE chce uregulować sztuczną inteligencję [dostęp: 23.06.2023].

<https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20200827STO85804/sztuczna-inteligencja-co-to-jest-i-jakie-ma-zastosowania> [dostęp: 23.06.2023].

https://pl.wikipedia.org/wiki/Sztuczna_inteligencja [dostęp: 23.06.2023].

<https://chatbot.pl/> [dostęp: 23.06.2023].