

# Automatyczny system dialogowy oparty na klasyfikatorze rozmytym i automacie skończonym w bezpieczeństwie pracy

*Celem artykułu jest przedstawienie możliwości zastosowania automatycznego systemu dialogowego w bezpieczeństwie pracy [6], [7]. Automatyczny system dialogowy pozwala nawiązać kontakt pomiędzy użytkownikiem i komputerem. System dialogowy analizuje zdania użytkownika i generuje swoje zdania w języku naturalnym. Język naturalny jest zdefiniowany za pomocą metod formalnych, w tym automatów. Przedstawiono implementację systemu dialogowego w języku Python.*

## 1. WPROWADZENIE

---

Nowoczesne systemy bezpieczeństwa pracy mają własności systemów ekspertowych. W systemach ekspertowych wyróżnić można cztery elementy: bazę wiedzy, maszynę wnioskującą, interfejs użytkownika i bazę objaśnień. Baza wiedzy są to reguły opisujące relacje między faktami, opisują one jak system ma się zachować w danym momencie działania. Maszyna wnioskująca dopasowuje fakty do przesłanek i uaktywnia reguły. Interfejs użytkownika pozwala użytkownikowi kontaktować się z maszyną wnioskującą i bazą wiedzy. Baza objaśnień zawiera znaczenia symboli używane przez użytkownika i system ekspertowy, umożliwiające porozumienie się. Systemy ekspertowe przechowują zdobytą wiedzę uzyskaną z treningu i doświadczenia. Mogą być implementowane do wzbogacenia wnioskowania bota. Bot jest softwarowym robotem, który prowadzi rozmowę z użytkownikiem w oparciu o swoją bazę wiedzy, do której włączono bazy wiedzy systemów ekspertowych. Rozmowa użytkownika z botem może być prowadzona w różnych językach, w szczególności w naturalnym języku polskim. Bot analizuje zdania użytkownika i formułuje własne zdania, używając reguł wybranego języka i bazy wiedzy.

## 2. PRZETWARZANIE JĘZYKA NATURALNEGO

---

Przetwarzanie języka naturalnego (ang. *Natural Language Processing*, NLP) to dział sztucznej inteli-

gencji zajmujący się automatyzacją analizy, tłumaczenia i generowania informacji w języku naturalnym. W jego skład wchodzi:

- teoria gramatyk i automatów,
- teoria języków formalnych,
- reprezentacja wiedzy zawartej w tekstach.

Przetwarzanie języka naturalnego można podzielić na:

- przetwarzanie informacji w postaci tekstowej lub symbolicznej,
- rozpoznawanie i generowanie mowy.

Język naturalny został wykształcony przez ludzi na drodze długotrwałej ewolucji. Pełni różnorodne funkcje. Stanowi skuteczny środek przekazywania myśli, uczuć, opinii i wiedzy. W jego następstwie później powstało pismo, które umożliwiło ich trwałe zachowywanie. Podstawowe terminy stosowane w naukach o języku, a więc również w przetwarzaniu języka naturalnego, to m.in.:

- syntaktyka – zajmuje się szykiem, związkami i stosunkami zachodzącymi pomiędzy wyrazami w zdaniu,
- semantyka – zajmuje się zależnościami pomiędzy elementami języka i ich odpowiednikami ze świata rzeczywistego, czyli znaczeniem tych elementów,
- fleksja – zajmuje się budową form wyrazowych i ich odmianą,
- składnia – zajmuje się regułami, według których wyrazy łączą się, tworząc poprawne zdania,
- gramatyka – zajmuje się opisem języka; w jej skład wchodzi fleksja oraz składnia,
- wypowiedzenie – to komunikat językowy, podstawowa jednostka tekstu. Można powiedzieć, że to tekst rozpoczynający się od dużej litery, a kończący się kropką lub innym znakiem przestankowym,

- zdanie – to rodzaj wypowiedzenia, który zawiera podmiot i orzeczenie.

Naturalny język operuje pojęciami niedokładnymi i jakościowymi. W celu opisanego złożonych zjawisk lub słabo zdefiniowanych pojęć, trudnych do opisanego przy pomocy klasycznego aparatu matematycznego została sformułowana przez L. Zadeha teoria zbiorów rozmytych [8].

L. Zadeh zaproponował pojęcie zmiennej lingwistycznej: "Przez zmienną lingwistyczną rozumiemy zmienną, której wartościami są słowa lub zdania w języku naturalnym lub sztucznym".

Klasyczny zbiór jest kolekcją obiektów jakiegoś rodzaju z obszaru rozważań. Niech  $X$  oznacza pewną przestrzeń rozważań, a  $A$  zbiór określony na tej przestrzeni. O każdym z elementów z tej przestrzeni można jednoznacznie powiedzieć, czy należy do zbioru  $A$ , czy nie. Jednym ze sposobów definiowania zbioru jest zastosowanie predykatu  $P(x)$  oznaczającego, że każdy element  $x$  zbioru  $X$  ma własność  $P$ . Innym sposobem jest zdefiniowanie zbioru  $A$  za pomocą funkcji charakterystycznej  $\mu_A$ . Można zdefiniować  $A$  na obszarze  $X$  w następujący sposób:

Funkcja  $\mu_A: X \rightarrow \{0,1\}$  jest funkcją charakterystyczną zbioru  $A$ .

W teorii zbiorów rozmytych własność ta jest uogólniana. W zbiorze rozmytym  $F$  na obszarze rozważań  $X$  nie jest konieczne, aby albo  $x \in F$  albo  $x \notin F$ . Funkcja charakterystyczna dla zbioru rozmytego przyporządkowuje każdemu  $x$  z obszaru rozważań  $X$  wartość z przedziału  $[0,1]$ , a nie jak w przypadku zbiorów ostrych z dwuelementowego zbioru  $\{0,1\}$ .

Funkcja  $\mu_F: X \rightarrow [0,1]$   $\mu_F(x) = f(x)$

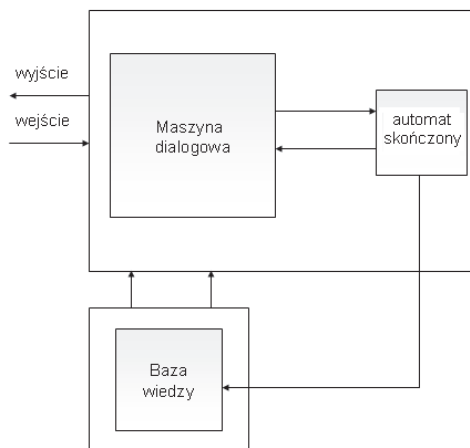
jest funkcją charakterystyczną zbioru rozmytego  $F$ .

Funkcja ta nazywana jest funkcją przynależności. Interpretuje się jej wartość dla danego  $x$  jako stopień, z jakim  $x$  należy do zbioru rozmytego. Każdy element  $x$  z obszaru rozważań  $X$  należy do zbioru rozmytego  $F$  zdefiniowanego na tym obszarze z pewnym stopniem przynależności (stopniem zaufania) określonym przez  $\mu_F(x)$ .

Funkcja przynależności może być dowolną funkcją odwzorowującą obszar rozważań  $X$  na przedział domknięty  $[0,1]$ . W praktyce stosuje się tylko kilka typów funkcji. Wykorzystuje się również opis funkcji przynależności poprzez tabelę wartości.

Zastosowanie zbiorów rozmytych umożliwia stworzenie rozmytego modelu systemu, reprezentującego istotne cechy za pomocą aparatu teorii zbiorów rozmytych. Najważniejszą cechą takich systemów jest to, że ich podstawą jest pojęcie kodowania rozmytego informacji. Systemy rozmyte operują na zbiorach rozmytych zamiast na liczbach, co umożliwia uogólnienie informacji [4], [5].

Automatyczne systemy dialogowe oparte są na botach, które są programami informatycznymi zawierającymi: bazę wiedzy, maszynę dialogową i automat skończony. Strukturę bota pokazano na rys. 1.



Rys. 1. Struktura bota

Bot przyjmuje do analizy zdanie użytkownika. Bada ich składnię i znaczenie. Formuluje odpowiedzi i pytania, które wysyła do użytkownika. Nowe zdania są zapisane w słowniku bota w celu poszerzenia jego bazy wiedzy.

W oparciu o pomiary system ekspertowy dokonał oceny warunków bezpieczeństwa w kopalni i zapisał wyniki w swojej bazie wiedzy oraz bazie wiedzy bota. Wynikami oceny jest zainteresowany użytkownik, który prowadzi z botem następującą rozmowę:

Bot: Dzień dobry. Czym mogę służyć?

Użytkownik: Jaka jest temperatura w przodku?

Bot: 27 °C

Użytkownik: Jaka jest wilgotność w przodku?

Bot: 79 %

Użytkownik: Jakie jest stężenie metanu?

Bot: 1.5 %

Użytkownik: Ile osób pracuje na ścianie?

Bot: 16 osób

Użytkownik: Kiedy będzie zatrzymany kombajn?

Bot: O godz. 12

Użytkownik: Czy pracują wszystkie przenośniki?

Bot: Tak, wszystkie pracują

Użytkownik: Czy została naprawiona tama nr 8?

Bot: Tak, została naprawiona

Użytkownik: Czy została zainstalowana nowa pompa na poziomie IV?

Bot: Tak, została zainstalowana

Użytkownik: Czy zwiększył się przypływ wody?

Bot: Nie, nie zwiększył się

Języki użytkownika i bota można zdefiniować za pomocą gramatyk precedensyjnych [1], [2], [3] lub za pomocą deterministycznych automatów skończonych [2].

Def. Gramatyką precedencyjną nazywamy uporządkowaną czwórkę:

$G = \langle N, \Sigma, P, S \rangle$ , gdzie:

$N$  – skończony zbiór symboli nieterminalnych,

$\Sigma$  – skończony zbiór symboli terminalnych,

$P \subset N \times (N \cup \Sigma)^*$  – skończony zbiór produkcji,

$S \in N$  jest głową alfabetu.

Def. Deterministycznym automatem skończonym (DFA) nazywamy uporządkowaną piątkę

$A = \langle Q, \Sigma, \delta, q_{\text{start}}, F \rangle$ , gdzie:

$Q$  jest skończonym zbiorem stanów,

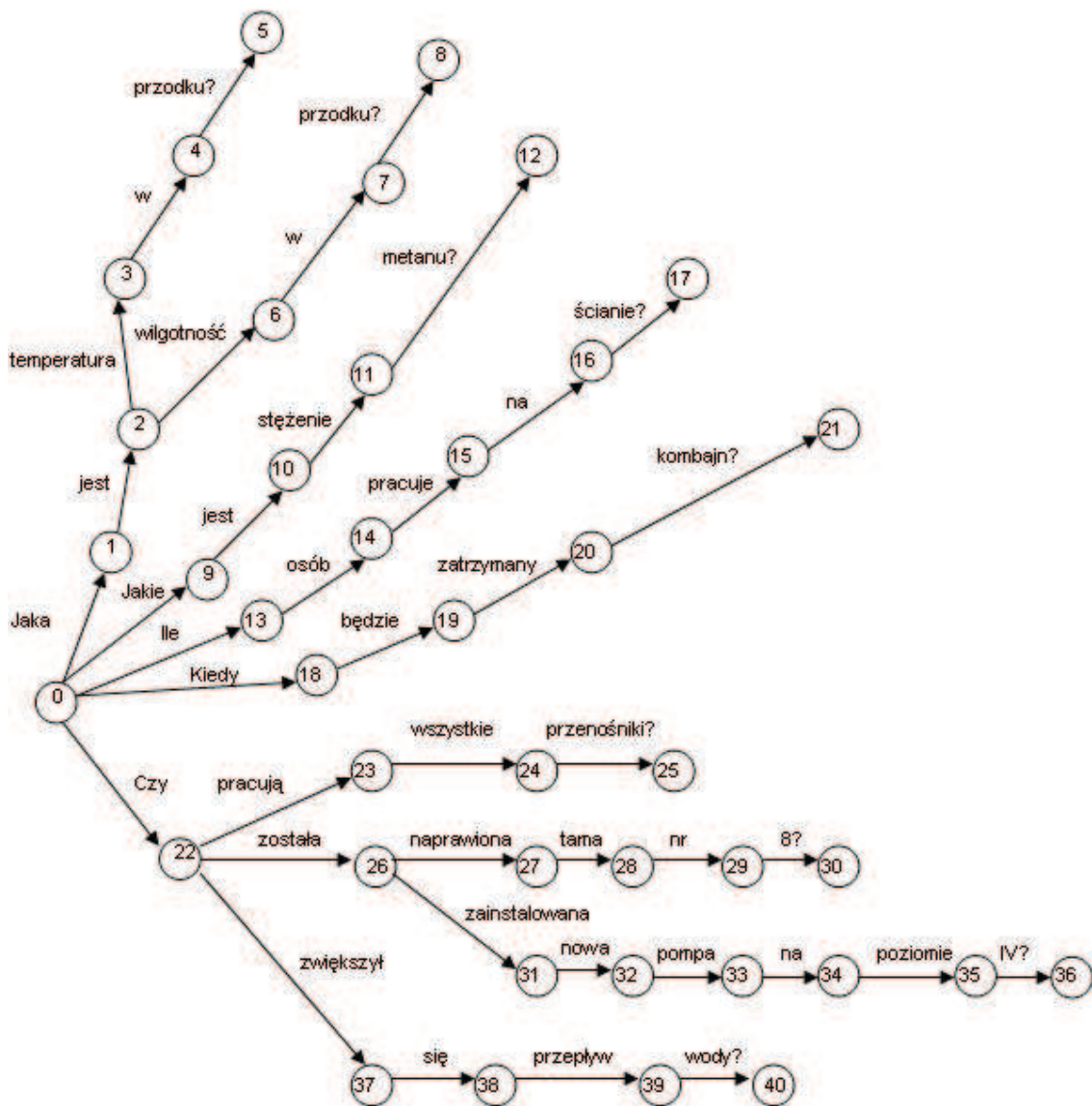
$\Sigma$  jest alfabetem,

$\delta: Q \times \Sigma \rightarrow Q$  jest funkcją przejścia ( $\delta(q, a)$  – stan, do którego przechodzi automat ze stanu  $q$  po przeczytaniu litery  $a$ ),

$q_{\text{start}} \in Q$  – stan początkowy automatu,

$F \subset Q$  – zbiór stanów akceptujących (automat przechodząc do tego stanu akceptuje dotychczas przeczytane słowo).

Język użytkownika zdefiniowano za pomocą automatu skończonego (rys. 2).



Rys. 2. Język użytkownika zdefiniowany za pomocą automatu skończonego

Opracowano w języku Python program, który pozwala prowadzić rozmowę pomiędzy użytkownikiem i botem. W programie poszczególne słowa użytkownika są rozpoznawane z zastosowaniem

klasyfikatora rozmytego z trapezowymi funkcjami przynależności, a zdania użytkownika są identyfikowane za pomocą automatu skończonego (rys. 3).



```

C:\Program Files\Python25>python bot.py

bot:
Dzień dobry.
W czym mogę pomóc?

user:
Jakie jest stężenie metanu?

bot:
1,5 %

user:
Czy zwiększył się przypływ wody?

bot:
Nie, nie zwiększył się

user:

```

Rys. 3. Fragment rozmowy prowadzonej za pomocą aplikacji napisanej w języku Python

### 3. WNIOSKI

Metody formalne pozwalają zdefiniować języki użytkownika i bota. Użycie języka naturalnego jest trudne ze względu na rozbudowaną strukturę. Z przeprowadzonych badań wynika, że zastosowanie klasyfikatora rozmytego do rozpoznawania poszczególnych słów użytkownika i automatów skończonych do identyfikacji zdań użytkownika jest skuteczną techniką rozpoznawania informacji. Metody przetwarzania języka naturalnego mogą być wykorzystane w projektowaniu automatycznych systemów dialogowych. Systemy dialogowe ze względu na dużą szybkość działania i posiadaną wiedzę zwiększają bezpieczeństwo pracy.

#### Literatura

1. Aho A.V., Ullman J.D.: The Theory of Parsing, Translation and Compiling, Vol. I: Parsing, Vol. II: Compiling, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1973.
2. Blikle A.: Automaty i gramatyki. Wstęp do lingwistyki matematycznej, Warszawa, PWN, 1971.
3. Głowacz W.: Automatyczny system dialogowy w diagnostyce maszyn elektrycznych. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa 2008, nr 12, Katowice, s. 14-18.
4. Głowacz A., Głowacz W.: Dc machine diagnostics based on sound recognition with application of FFT and fuzzy logic, Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review), R. 84, Nr 12/2008, pp. 43-46.
5. Głowacz A., Głowacz W.: Diagnostyka maszyny prądu stałego oparta na rozpoznawaniu dźwięków z zastosowaniem LPC i logiki rozmytej, Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review), R. 85, Nr 6/2009, pp. 112-115.
6. Hudy W., Jaracz K.: Wielokryterialna identyfikacja parametrów silnika indukcyjnego przy zastosowaniu algorytmu ewolucyjnego, Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa 2005, nr 10, Katowice, s. 9-13.

7. Santangelo A., Augello A., Gentile A., Pilato G., Caglio S.: A Chat-bot based Multimodal Virtual Guide for Cultural Heritage Tours. Proc. of PSC, Las Vegas, 2006, pp. 114-120.
8. Zadeh L.A.: Fuzzy Sets, Information and Control, 8, 1965, pp. 338-353.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Kazimierz Jaracz