

Wojciech KACALAK, Maciej MAJEWSKI  
Politechnika Koszalińska, ul. Raławicka 15-17, 75-620 Koszalin  
E-mail: wojciech.kacalak@tu.koszalin.pl, maciej.majewski@tu.koszalin.pl

## Wybrane problemy automatycznego rozpoznawania komunikatów studenta z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych

### 1 Inteligentna obustronna głosowa komunikacja

Budowa zaprojektowanego inteligentnego systemu obustronnej głosowej komunikacji systemu sprawdzania wiedzy ze studentem oparta jest na nowej koncepcji [2, 3], według której system kształcenia zdalnego podzielony jest na strefy: studenta, nauczyciela akademickiego oraz inteligentnego systemu obustronnej głosowej komunikacji.

Inteligentny system obustronnej głosowej komunikacji systemu sprawdzania wiedzy ze studentem posiadający budowę modułową jest dodatkowo podzielony na podsystemy:

- podsystem komunikacji głosowej,
- podsystem analizy składni komunikatów studenta,
- podsystem sprawdzania poziomu wiedzy,
- podsystem oceny poziomu wiedzy,
- podsystem akceptacji komunikatów studenta.

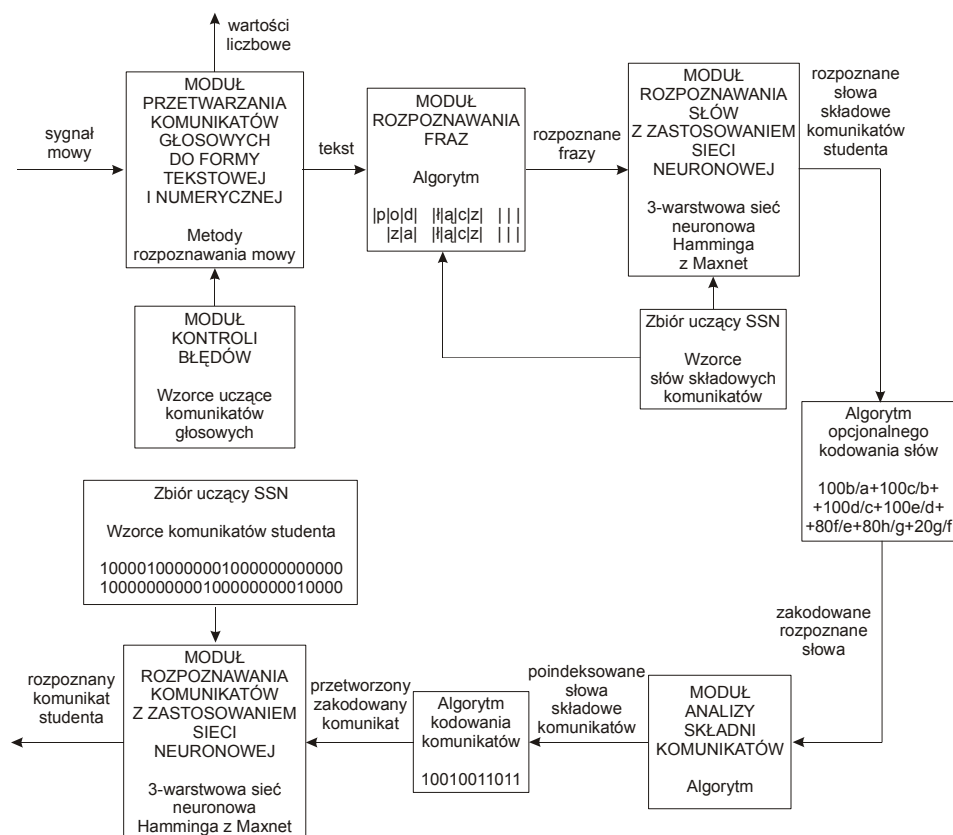
Student w systemie kształcenia zdalnego jest rozpoznawany przez sieć neuronową modułu identyfikacyjnego na podstawie cech statystycznych wpisywanego hasła. Moduł identyfikacji połączony jest z modulem uwierzytelniania studenta, który wyposażony jest w bazę danych autoryzowanych studentów w systemie kształcenia zdalnego. Student wydaje komunikat głosowy w języku naturalnym, który jest uwierzytelniany i odbierany przez mikrofon. Wytworzony sygnał mowy odporny na zakłócenia zewnętrzne jest przesyłany od mikrofonu do modułu rejestracji komunikatów głosowych, w którym dźwięk zostaje zapisany w postaci strumienia. Odebrany przez mikrofon sygnał mowy autoryzowanego studenta przesyłany jest do modułu przetwarzania komunikatów głosowych do formy tekstowej i numerycznej, który jest wyposażony w metody rozpoznawania mowy [1, 4]. Wynikiem działania tego modułu są rozpoznane słowa i liczby. Następnie słowa te są poddawane analizie i przetwarzaniu w celu rozpoznania fraz. Słowa składowe komunikatu są rozpoznawane przy pomocy fraz przez 3-warstwową sieć neuronową Hamminga wzbogaconą o warstwę MAXNET. Sieć ta wyposażona jest w zbiór uczący zawierający wzorce charakterystycznych cech wyrazów. Rozpoznane słowa składowe komunikatu studenta przesyłane są do modułu analizy składni komunikatów. Przetworzony komunikat następnie przesyłany jest do modułu rozpoznawania komunikatów z zastosowaniem sztucznej sieci neuronowej. Moduł ten wyposażony jest w kilka 3-warstwowowych sieci neuronowych nauczonych wzorcami komunikatów studenta. Wynikiem działania tego modułu jest rozpoznany komunikat, który trafia do modułu analizy wiedzy odpowiadającej hipotetycznej ocenie komunikatu, w którym sprawdzany jest on przez sieci neuronowe przy pomocy ogólnego modelu wiedzy uwzględniającego jakość wypowiedzi. Następnie polecenie przetwarzane jest przez moduł sprawdzania poziomu wiedzy oraz moduł oceny poziomu wiedzy przy pomocy sieci neuronowych, które są

uczone modelami wiedzy. Wynik działania tych modułów jest przesyłany do modułu oceny poprawności komunikatów, w którym przy pomocy metod logiki rozmytej komunikat klasyfikowany jest jako poprawny lub niepoprawny. Komunikat niepoprawny trafia do modułu sygnalizacji ewentualnych błędów studenta, który generuje odpowiednie komunikaty głosowe. Komunikat poprawny przesyłany jest do modułu oceny stopnia przynależności komunikatu do kategorii komunikatów poprawnych, oraz modułu korygowania komunikatów wyposażonych w logikę rozmytą służącą do określenia stopnia poziomu wiedzy studenta. Moduł syntezy głosu generuje sygnał mowy, który przekształcany jest przez głośnik na komunikat głosowy o odpowiedniej treści do studenta. Komunikat poprawny przesyłany jest do modułu sygnalizacji komunikatów przyjętych do zatwierdzenia. Następnie moduł oceny reakcji studenta wyposażony w logikę rozmytą dokonuje klasyfikacji poprawności reakcji studenta. Rozpoznane komunikat przesyłany jest dalej do modułu akceptacji komunikatów, w którym następuje określenie nowych parametrów procesu kształcenia oraz decyzji o jego przebiegu. System sprawdzania wiedzy jest podłączony do modułu sygnalizacji stanu procesu, sprzężonego z modułem informacji dodatkowych oraz modułem analizy czasu reakcji. Moduły te przesyłają informacje do modułu syntezy głosu. Do systemu sprawdzania wiedzy podłączony jest moduł inteligentnego nadzoru procesu kształcenia, do którego przesyłane są informacje o symptomach nieprawidłowości procesu kształcenia. Moduł ten wyposażony jest w sieć neuronową, której wynikiem działania jest rozwiązanie problemów związanych z wystąpieniem nieprawidłowości w procesie kształcenia zdalnego przesyłane do modułu syntezy głosu.

## 2 Automatyczne rozpoznawanie komunikatów studenta z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych

W podsystemie automatycznego rozpoznawania komunikatów studenta (rys. 1) sygnał mowy jest przetwarzany na tekst przez moduł przetwarzania komunikatów głosowych do formy tekstowej i numerycznej, który wyposażony jest w metody rozpoznawania mowy. Wynikiem działania tego modułu są rozpoznane słowa i liczby poddane opcjonalnej analizie przez moduł kontroli błędów, polegającej na wykorzystaniu w procesie ich rozpoznawania wzorców uczących komunikatów głosowych. Rozpoznany tekst zostaje poddany przetwarzaniu przez moduł rozpoznawania fraz. Następnie rozpoznane frazy zostają przesłane do modułu rozpoznawania słów z zastosowaniem sieci neuronowej w celu rozpoznawania słów składowych komunikatów. Zastosowana sieć (rys. 2) jest zbudowaną z 3 warstw neuronów siecią Hamminga z rekurencyjną warstwą MAXNET. Sieć do rozpoznawania słów posiada zbiór uczący zawierający wzorce słów składowych komunikatów. Rozpoznane słowa składowe komunikatu są reprezentowane przez jej neurony, oraz podlegają opcjonalnie kodowaniu przez algorytm kodowania słów. Zakodowane słowa przesyłane są dalej do modułu analizy składni komunikatów opartego na algorytmie analizowania słów w oparciu o budowę komunikatów studenta. Wynikiem działania tego modułu są odpowiednio poindeksowane słowa składowe komunikatów podlegające kodowaniu.

Następnie przetworzony zakodowany komunikat jest przesyłany do modułu rozpoznawania komunikatów z zastosowaniem sieci neuronowej. Zastosowana sieć Hamminga (rys. 3) posiada 3 warstwy neuronów z dodatkową warstwą neuronów ze sprzężeniem zwrotnym MAXNET. Sieć neuronowa do rozpoznawania komunikatów wyposażona jest w zbiór uczący zawierający wzorce komunikatów studenta. Wynikiem działania podsystemu automatycznego rozpoznawania komunikatów jest rozpoznany komunikat studenta, który podlega sprawdzaniu i ocenie poziomu wiedzy w procesie kształcenia zdalnego.

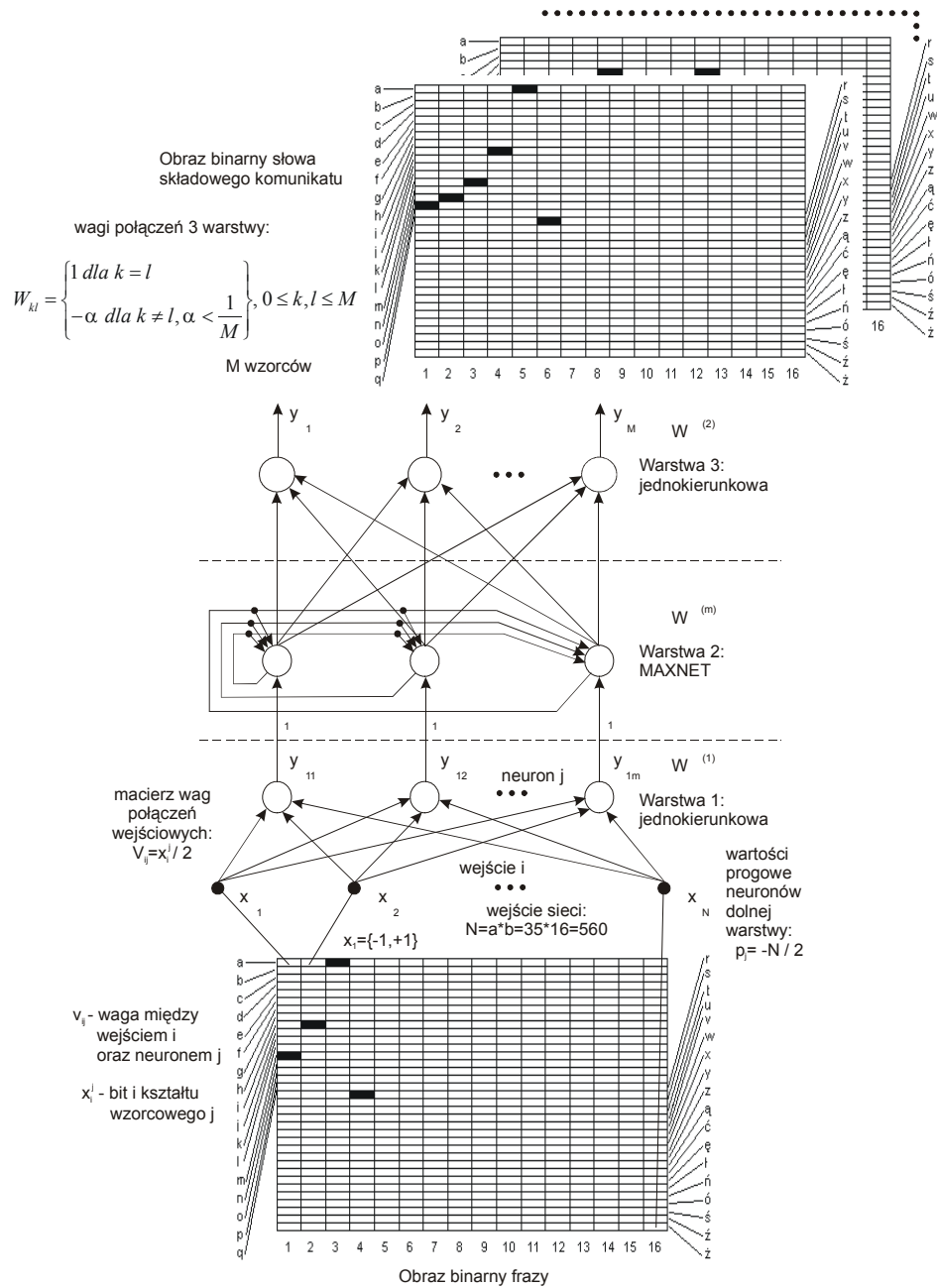


Rys. 1. System automatycznego rozpoznawania komunikatów studenta z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych

Fig. 1. Scheme of the automatic message recognition system using artificial neural networks

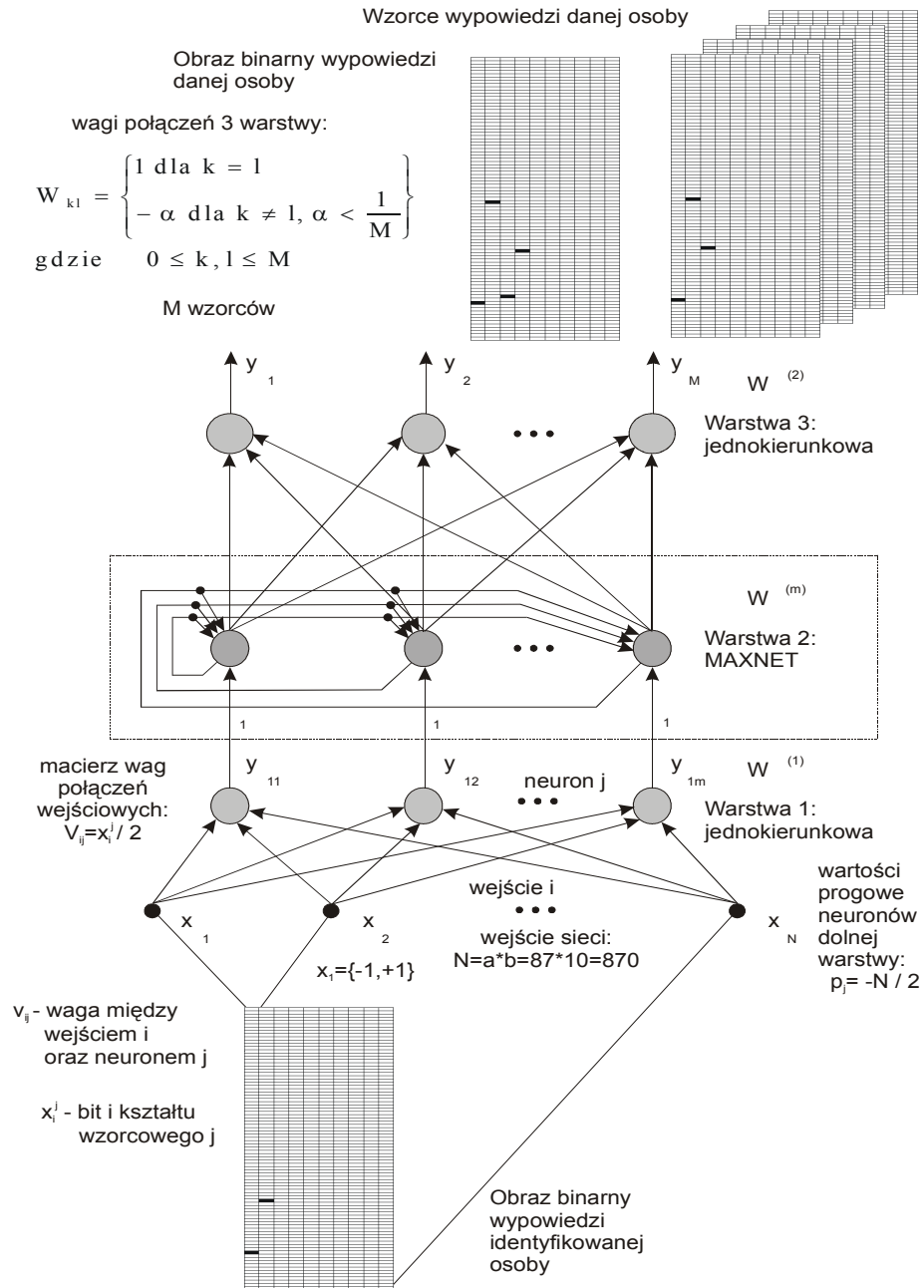
Zastosowana sieć neuronowa do rozpoznawania słów składowych i komunikatów studenta to zaimplementowana 3-warstwowa sieć Hamminga z warstwą MAXNET. W przypadku rozpoznawania słów, sygnałami wejściowymi sieci są oddzielone wyrazy wypowiedziane przez studenta. Natomiast dla sieci do rozpoznawania komunikatów sygnałem wejściowym jest zakodowany komunikat. Wynikiem działania tej sieci są w przypadku przetwarzania wypowiedzianych wyrazów słowa składowe komunikatów reprezentowane przez jej neurony. Natomiast przy rozpoznawaniu komunikatów, wynikiem przetwarzania zakodowanego komunikatu jest zaklasyfikowanie go do odpowiedniej klasy obiektu ze zbioru uczącej się sieci.

Wybrany algorytm analizy składni komunikatów przeprowadza odpowiedni podział komunikatów i klasyfikację słów. Słowa podlegają również indeksowaniu. Komunikaty studenta kodowane są w postaci maczyzy o wymiarze wyliczonym z uwzględnieniem liczby słów składowych komunikatów oraz długości komunikatów. Kod komunikatów reprezentuje maczyza liczb zawierająca wartości bipolarne ze zbioru  $\{-1,+1\}$ .



Rys. 2. Schemat zastosowanej trójwarstwowej sieci neuronowej do rozpoznawania słów składowych komunikatów studenta

Fig. 2. Scheme of the 3-layer neural network for automatic word recognition



Rys. 3. Schemat zastosowanej sieci Hamminga z warstwą MAXNET do rozpoznawania komunikatów studenta

Fig. 3. Scheme of the 3-layer neural network for automatic message recognition

Wybrany algorytm analizy składni komunikatów przeprowadza odpowiedni podział komunikatów i klasyfikację słów. Komunikaty studenta kodowane są w postaci matrycy o wymiarze wyliczonym z uwzględnieniem liczby słów składowych komunikatów oraz długości komunikatów.

Zastosowana 3-warstwowa sieć neuronowa Hamminga działa poprawnie, osiągając dobry rezultat przy rozpoznawaniu odmiennych komunikatów studenta o tym samym znaczeniu wydawanych w języku naturalnym.

### 3 Wyniki badań automatycznego rozpoznawania komunikatów studenta

Zdefiniowano sposób obliczania współczynnika rozpoznawalności dla oceny wyników badań rozpoznawania komunikatów studenta wydawanych w języku naturalnym. Obliczenia zostały dokonane przy próbie rozpoznawania każdego komunikatu wydanego w języku naturalnym. Współczynnik rozpoznawalności  $R$  (1) jest obliczany na podstawie wzorów całkowitej liczby błędów  $C$ , oraz współczynnika błędu  $B$ .

$$R = 100\% - B, \quad (1)$$

Całkowita liczba błędów  $C$  (2) jest sumą liczby błędów wtrąceń  $W$  i liczby błędów kontekstowych  $K$ .

$$C = W + K \quad (2)$$

Współczynnik błędu  $B$  (3) równy jest ilorazowi całkowitej liczby błędów  $C$  oraz całkowitej liczbie słów w danej próbie wypowiedzi komunikatu  $L$ .

$$B = \frac{C}{L} * 100\% \quad (3)$$

gdzie:  $W$  - współczynnik liczby błędów wtrąceń,  $K$  - współczynnik liczby błędów kontekstowych,  $L$  - współczynnik całkowitej liczby słów w danym komunikacie.

Na podstawie badań rozpoznawania słów składowych komunikatów studenta na ograniczonym zbiorze wzorców (rys. 4) stwierdzono, że zdolność sieci neuronowej Hamminga do rozpoznawania słów zależy od liczby liter składających się na dane słowo. W zależności od liczby liter składowych słowa, sieć neuronowa wymaga minimalnej liczby liter danego słowa jako jej sygnałów wejściowych, aby poprawnie rozpoznać to słowo.

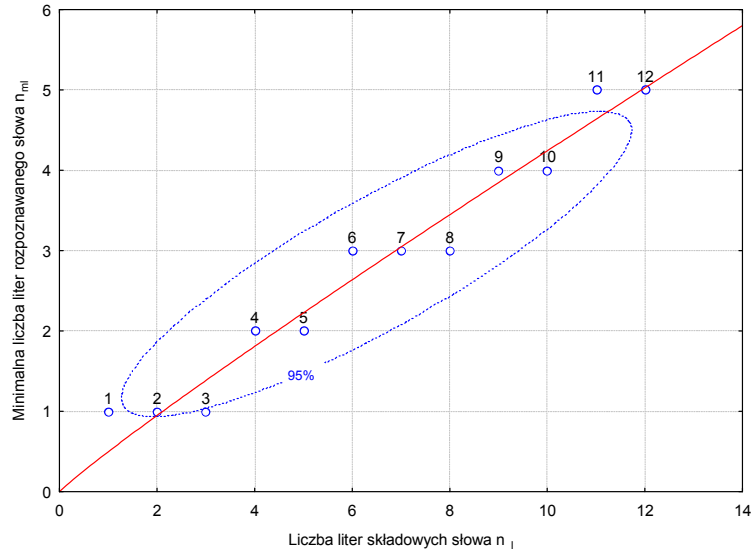
Otrzymano funkcję opisującą zależność minimalnej liczby liter rozpoznawanego słowa  $n_{ml}$  do liczby liter składowych słowa  $n_l$  (4).

$$n_{ml} = 0,49 * n_l^{0,93} \quad (4)$$

Na podstawie badań rozpoznawania komunikatów studenta wydawanych w języku naturalnym na ograniczonym zbiorze komunikatów (rys. 5) stwierdzono, że zdolność sieci neuronowej Hamminga do ich rozpoznawania zależy od liczby słów składowych danego komunikatu. W zależności od liczby słów składowych komunikatu, sieć neuronowa wymaga minimalnej liczby słów danego komunikatu jako jej sygnałów wejściowych, aby poprawnie rozpoznać ten komunikat.

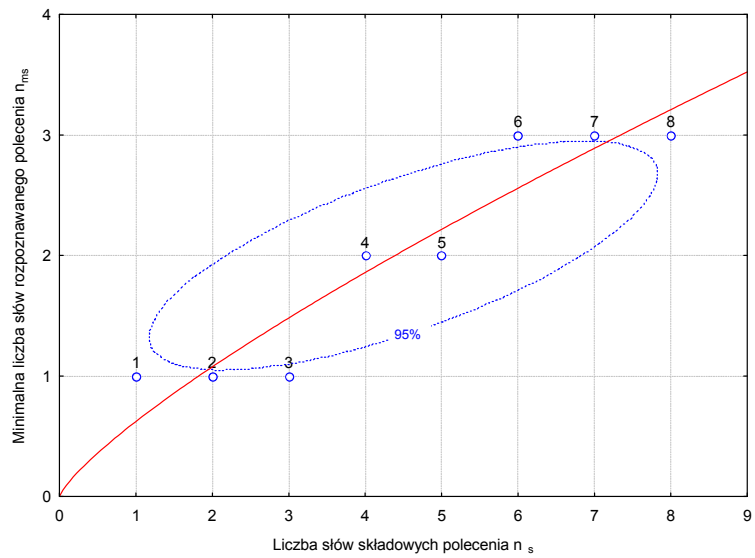
Otrzymano funkcję opisującą zależność minimalnej liczby słów rozpoznawanego komunikatu  $n_{ms}$  do liczby słów składowych komunikatu  $n_s$  (5).

$$n_{ms} = 0,62 * n_s^{0,79} \quad (5)$$



Rys. 4. Minimalna liczba liter rozpoznawanego słowa w relacji do liczby liter składowych słowa

Fig. 4. The minimal number of letters of the word being recognized to the number of word component letters



Rys. 5. Minimalna liczba słów rozpoznawanego komunikatu w relacji do liczby słów składowych komunikatu

Fig. 5. The minimal number of words of the message being recognized to the number of message component words

## Literatura

1. Jurafsky D., Martin J. H.: *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition*, Prentice Hall, New Jersey 2000.
2. Kacalak, W., Majewski, M.: *Automatic recognition and safety estimation of voice commands in natural language given by the operator of the technical device using artificial neural networks*, Proceedings of the ANNIE 2004 Conference, Artificial Neural Networks in Engineering ANNIE 2004, Vol. 14: Smart Engineering Systems Design, St. Louis, ASME Press, New York 2004, 831-836.
3. Kacalak, W., Majewski, M.: *Intelligent Layer of Two-Way Voice Communication of the Technological Device with the Operator*, Lectures Notes in Artificial Intelligence 3070, Subseries of Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 2004, 610-615.
4. O'Shaughnessy D.: *Speech Communications: Human and Machine*, IEEE Press, New York 2000.

## Streszczenie

Artykuł przedstawia koncepcje inteligentnego systemu obustronnej głosowej komunikacji systemu sprawdzania wiedzy ze studentem w procesach zdalnego kształcenia wyposażonego w inteligentne mechanizmy służące do identyfikacji studenta, rozpoznawania słów składowych i całych komunikatów studenta, analizy składni, sprawdzania i oceny poziomu wiedzy studenta oraz nadzorowania procesu kształcenia. Referat przedstawia przegląd wybranych zagadnień dotyczących rozpoznawania wypowiedzi egzaminowanego studenta. Ukazany jest przegląd, w którym przedstawiono złożoność procesu rozpoznawania komunikatów studenta z zastosowaniem sieci neuronowych składających się z kilku warstw neuronów.

## Selected problems of the automatic recognition of the student's messages using artificial neural networks

### Summary

In this paper there is a review of the selected issues on recognition of voice messages in natural language given by the student in a distance learning process. A view is offered of the complexity of the recognition process of the student's words and messages using neural networks made of a few layers of neurons. The paper presents research results of speech recognition and automatic message recognition using artificial neural networks. In this paper there is also an intelligent two-way speech communication system of the evaluating intelligent tutoring system with the student for e-learning presented, which consists of the intelligent mechanisms of student identification, word and message recognition, message syntax analysis, knowledge level evaluation, e-learning process supervision as well as student reaction assessment. The first part of the paper discusses the general topics and issues. The second part is devoted to a discussion of more specific topics of the automatic message recognition that have led to interesting new approaches and techniques.