

Wojciech KACALAK, Maciej MAJEWSKI
POLITECHNIKA KOSZALIŃSKA, WYDZIAŁ MECHANICZNY

Inteligentny system obustronnej głosowej komunikacji systemu pomiarowego z operatorem dla technologii mobilnych

Prof. dr hab. inż. Wojciech KACALAK

Kierownik Katedry Mechaniki Precyzyjnej. Specjalność naukowa: mechatronika, diagnostyka, optymalizacja i automatyzacja procesów mikroobróbki oraz procesów bardzo dokładnej obróbki ściernej, w tym zwłaszcza materiałów trudno obrabialnych, a także budowa i eksploatacja precyzyjnych urządzeń technologicznych. Dorobek naukowy składa się z ponad 260 publikacji naukowych, w tym wielu zagranicznych, oraz licznych projektów badawczych, monografii i patentów.



e-mail: wojciech.kacalak@tu.koszalin.pl

Dr inż. Maciej MAJEWSKI

Adiunkt Katedry Mechaniki Precyzyjnej. Zainteresowania: metody sztucznej inteligencji, głosowa komunikacja, interakcja urządzeń technicznych i ich operatorów, technologie mobilne, robotyka, cybernetyka, kognitywistyka, działalność człowieka w układach człowiek-technika.



e-mail: maciej.majewski@tu.koszalin.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono nową koncepcję inteligentnych systemów obustronnej głosowej komunikacji urządzeń pomiarowych z operatorem w systemach pomiarowych. Opracowany dla technologii mobilnych, system komunikacji przy pomocy mowy i języka naturalnego pomiędzy urządzeniami pomiarowymi i ich operatorami, wyposażony jest w inteligentne mechanizmy służące do identyfikacji operatora, rozpoznawania słów składowych i całych komunikatów operatora, analizy składni i skutków poleceń, oceny bezpieczeństwa poleceń, nadzorowania procesu pomiarowego oraz oceny reakcji operatora.

Słowa kluczowe: nowoczesne systemy pomiarowe, interakcja operatora z urządzeniem pomiarowym, komunikacja głosowa, interfejs mowy, sztuczna inteligencja, hybrydowe sieci neuronowe, technologie mobilne.

Intelligent two-way speech communication system between the measurement system and the operator for mobile technology

Abstract

In the paper a new concept of the intelligent two-way speech communication system between a measurement device and the operator for measuring systems is presented. Developed for mobile technologies, the communication system by speech and a natural language between measurement devices and their operators consists of intelligent mechanisms for operator identification, speech recognition, word and command recognition, command meaning and effect analysis, command safety assessment, measurement process supervision as well as operator reaction assessment. In the paper there are presented selected problems of the new concept of speech communication in measurement systems (Figs. 1, 2, 3) as well as advantages of recognition and evaluation of speech commands in a natural language with use of hybrid neural networks. Application of hybrid neural networks allows recognising commands of similar meanings but of different lexical and grammatical patterns, which will undoubtedly be the most important way of communication between humans and devices. The condition of the effectiveness of the presented system (Fig. 4) is to equip it with mechanisms of command meaning and effect analysis, as well as safety assessment. In the measurement systems (Fig. 5), the condition of safe communication between operators and measurement devices is the analysis of the measurement device and process state before giving the command and use of artificial intelligence for the effect analysis and safety assessment of the command. The development of a basis for building and applying remote mobile systems of control, supervision and optimisation of measurement processes which communicate an operator with a measurement system is an important goal. These systems enable a remote control of the measurement process quality by an operator being in any distance. It is very significant for development of new effective and flexible methods of measurements. The system for remote control, supervision and optimisation is an innovative solution making it possible to exploit better the measurement methods used nowadays. The presented solution can be included to the attempts of creating the standard of mobile applications for control, supervision and optimisation of measurement processes using two-way speech communication between the measurement device and the operator for measuring systems.

Keywords: modern measurement systems, interaction between the measurement system and the operator, voice communication, speech interface, artificial intelligence, hybrid neural networks, mobile technology.

1. Wstęp

Ważnym celem jest opracowanie podstaw tworzenia i stosowania zdalnych systemów sterowania, nadzorowania i optymalizacji procesów pomiarowych, komunikujących się za pomocą mowy i języka naturalnego z systemem pomiarowym i operatorem. Systemy te z zastosowaniem urządzeń i technologii mobilnych umożliwią zdalną kontrolę jakości procesu pomiarowego przez operatora znajdującego się w dowolnej odległości. Ma to duże znaczenie dla rozwoju nowych, efektywnych i elastycznych systemów pomiarowych, oraz może przyczynić się do wzrostu wydajności i obniżenia kosztów procesów pomiarowych. System zdalnego sterowania, nadzorowania i optymalizacji stanowi innowacyjne rozwiązanie pozwalające na pełniejsze wykorzystanie stosowanych obecnie metod pomiarowych. Można podjąć próby stworzenia standardu aplikacji mobilnych do sterowania, nadzorowania i optymalizacji procesów pomiarowych z zastosowaniem obustronnej głosowej komunikacji operatora z urządzeniami pomiarowymi wykorzystującej mowę i język naturalny.

Według opracowanej nowej koncepcji, wykorzystywanie technologii mobilnych z interfejsem mowy i języka naturalnego w systemach pomiarowych umożliwi sprawne planowanie i optymalizację procesu pomiarowego, monitorowanie pracy elementów i wykorzystywanie zasobów, nadzorowanie podprocesów, wizualizację i prognozowanie wyników. Zapewni zdalną komunikację poszczególnych uczestników procesu pomiarowego. Umożliwi ich integrację oraz zapewni dostęp do informacji niezbędnych do racjonalnego sterowania systemem pomiarowym. Stanie się platformą umożliwiającą zarządzanie rozproszonym systemem pomiarowym, nastawionym na szybką reakcję na zmieniające się wymagania. Zorientuje przedsiębiorstwa na wykorzystanie wiedzy, umożliwi jej racjonalne wykorzystanie. Zastosowanie technologii mobilnych jest kluczem do budowy inteligentnych systemów pomiarowych.

Zapotrzebowanie i rozwój systemów obustronnej głosowej komunikacji zbiega się z rozwojem skomplikowanych, w tym głównie w sensie sterowania, urządzeń technicznych i technologicznych. Wprowadzanie informacji do urządzenia technicznego za pośrednictwem głosu okazało się, w porównaniu z innymi sposobami, najbardziej efektywną i najwygodniejszą formą komunikacji pomiędzy człowiekiem i urządzeniami. Interfejs mowy naturalnej we własnym języku jest bezdyskusyjnie najbardziej naturalnym, elastycznym, efektywnym, ekonomicznym oraz najszybszym sposobem porozumiewania się człowieka.

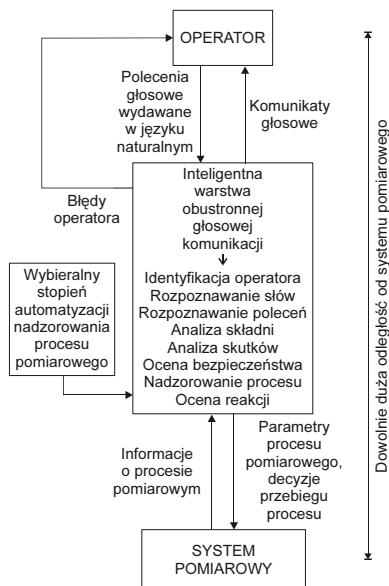
Technologie mobilne można rozumieć jako określenie wszystkich działań, w których pozyskiwanie i przekazywanie danych, obserwacja, nadzorowanie i sterowanie procesami, podejmowanie decyzji, przekazywanie uprawnień i dostępu do środków material-

nych, inicjowanie przedsięwzięć i operacji, a także prognozowanie wyników, może odbywać się bez ograniczeń, dotyczących przemieszczeń i położenia operatorów i urządzeń technicznych. Technologie mobilne wyposażone w metody sztucznej inteligencji tworzą wyższą jakość, zwłaszcza w warunkach, gdy konieczne jest wykorzystywanie takich cech specjalisty jak: uwzględnianie odległych skutków i powiązań decyzji oraz heurystycznych przesłanek decyzyjnych lub nagłych zmian warunków, przy czym wykorzystanie tej wiedzy może odbywać się w procesie zdalnego komunikowania.

2. Koncepcja inteligentnej warstwy obustronnej głosowej komunikacji systemów pomiarowych i ich operatorów

W niedalekiej przyszłości komunikaty głosowe w języku naturalnym niewątpliwie będą głównym sposobem komunikacji między ludźmi i maszynami. W przyszłości w systemach pomiarowych operator będzie oddzielony od urządzeń pomiarowych przez inteligentną warstwę obustronnej głosowej komunikacji (rys. 1), do której wybranych zadań może należeć:

- identyfikacja operatora,
- analiza znaczenia poleceń operatora,
- analiza skutków i ocena bezpieczeństwa poleceń,
- zawiadomienie operatora o konkretnych zdarzeniach w procesie pomiarowym,
- potwierdzenie efektów działań operatora,
- sygnalizacja zmian stanu procesu pomiarowego, wynikających z działań operatora,
- wskazywanie operatorowi wybranych obiektów, stanów procesu lub prognoz,
- sygnalizacja działania w toku (monitorowanie działania).



Rys. 1. Schemat koncepcji inteligentnej warstwy obustronnej głosowej komunikacji urządzeń pomiarowych z operatorem

Fig. 1. Scheme of a concept of an intelligent two-way speech communication layer between measurement devices and the operator

W nowoczesnych systemach pomiarowych inteligentna obustronna komunikacja urządzeń pomiarowych z operatorem przy pomocy mowy i języka naturalnego to [1]:

- Większa odporność systemu na błędy operatorów i sprawniejsze nadzorowanie procesów pomiarowych o wybieralnym stopniu automatyzacji nadzorowania.
- Eliminowanie niedostatków typowego współdziałania operatora i urządzeń pomiarowych.
- Przejsięcie na wyższy poziom organizacji realizowania procesów pomiarowych wyposażonych w inteligentny system obustronnej

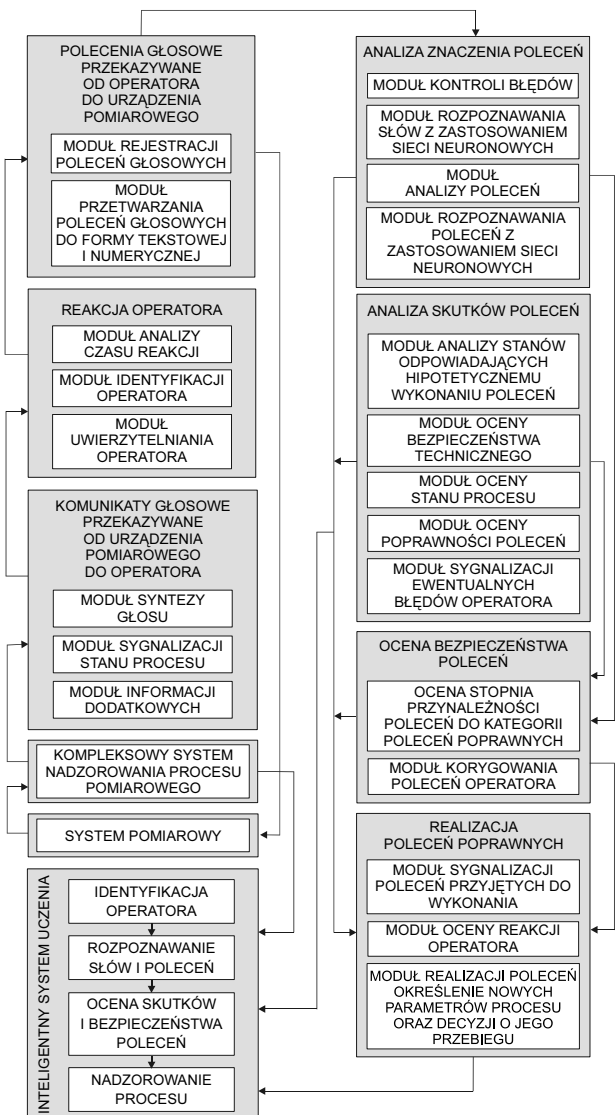
nej głosowej komunikacji, mający znaczenie dla ich sprawności i humanizacji.

- Brak konieczności obecności operatora przy urządzeniu pomiarowym (dowolnie duża odległość).

3. Koncepcja nowoczesnych systemów nadzorowania procesów pomiarowych

Zadaniem systemu nadzoru procesu pomiarowego, jest zapewnienie automatyzacji i wysokiej skuteczności nadzorowania procesów pomiarowych z elastycznym i kontrolowanym współdziałaniem obserwującego proces bezpośrednio lub z dowolnej odległości. System ten wyposażony jest w mechanizmy samouczenia i autokontroli. Pozwala on na prognozowanie stanu procesu oraz analizę przyczyn i skutków niedokładności zaistniałych w procesie.

Kompleksowy system nadzoru procesu pomiarowego składa się z następujących podsystemów (rys. 2): kompleksowej diagnostyki procesu, przekazywania komunikatów do operatora, analizy reakcji operatora, przekazywania poleceń przez operatora, analizy znaczenia poleceń, analizy skutków poleceń, oceny bezpieczeństwa poleceń, realizacji poleceń poprawnych, oraz inteligentnego uczenia.

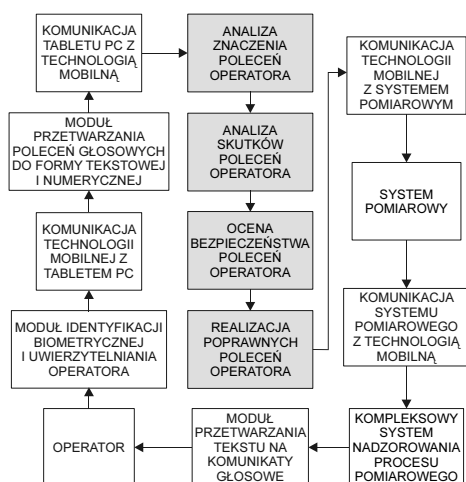


Rys. 2. Schemat kompleksowego systemu nadzorowania procesów pomiarowych z inteligentną obustronną głosową komunikacją urządzeń pomiarowych z operatorem

Fig. 2. Scheme of a complex supervision system of the measurement process using intelligent two-way speech communication between measurement devices and the operator

Według nowej koncepcji nowoczesnych systemów nadzorowania procesów pomiarowych, nie zachodzi konieczność obecności operatora przy stanowisku realizacji procesu pomiarowego, operator może być w innym pomieszczeniu lub w dowolnie dużej odległości od systemu pomiarowego. Umożliwia to inteligentny system głosowej komunikacji systemu pomiarowego z operatorem i operatora z systemem pomiarowym.

Opracowana nowa koncepcja nowoczesnych systemów nadzorowania procesów pomiarowych wykorzystuje również technologie mobilne (rys. 3).



Rys. 3. Schemat nadzorowania procesu pomiarowego z inteligentnym systemem obustronnej głosowej komunikacji systemów pomiarowych z operatorem dla technologii mobilnych

Fig. 3. Scheme of measurement process supervision using an intelligent two-way speech communication system between measurement systems and the operator for mobile technology

4. Budowa inteligentnego systemu obustronnej głosowej komunikacji systemu pomiarowego z operatorem

W systemach pomiarowych, stosowanie inteligentnego systemu komunikacji wyposażonego w mechanizmy identyfikacji operatora, rozpoznawania słów i całych poleceń, analizy składni poleceń, analizy skutków i oceny bezpieczeństwa poleceń, pozwala uzyskać sprawną komunikację głosową operatora i systemu pomiarowego. W systemach pomiarowych, w których stosowana jest obustronna głosowa komunikacja urządzenia pomiarowego z operatorem, bezpieczeństwo pracy zwiększa analiza stanu urządzenia i procesu pomiarowego przed wydaniem polecenia, oraz zastosowanie sztucznej inteligencji do oceny skutków wykonania polecenia w systemie pomiarowym.

Warunki wysokiej skuteczności takiego systemu są następujące:

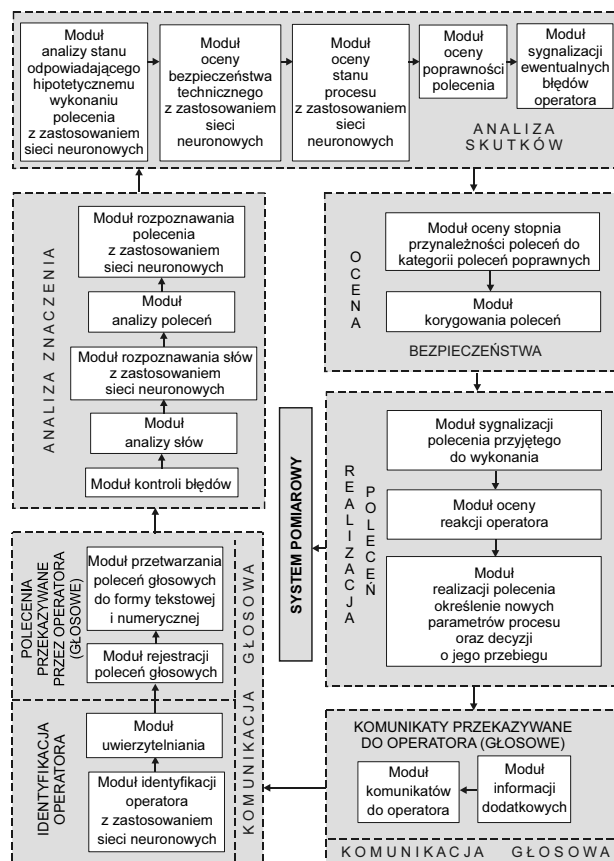
- Rozpoznawanie poleceń głosowych operatora wydawanych w języku naturalnym, filtrowanych przez moduł analizy składni i znaczenia polecenia.
- Sprawdzanie czy polecenia operatora są zrozumiałe i nie sprzeczne z systemem bezpiecznych stanów procesu - ocena przynależności poleceń do kategorii poprawnych.
- Automatyczne rozpoznawanie stanów charakterystycznych w procesie pomiarowym przez inteligentny system analizy danych.
- Permanentne uczenie się systemu podczas jego eksploatacji.
- Komunikowanie głosowe operatorowi lub zdalnemu nadzorczy wyników automatycznego analizowania stanów procesu.
- Korygowanie błędnych poleceń operatora z obieralnym warunkiem potwierdzenia.

Budowa inteligentnego systemu obustronnej głosowej komunikacji systemów pomiarowych i ich operatorów oparta jest na nowej koncepcji, według której nowoczesny system pomiarowy podzielony jest na strefy: operatora, systemu pomiarowego oraz inteligentnego systemu obustronnej głosowej komunikacji [2, 3].

Na strefę operatora składa się: operator, moduł identyfikacji operatora i moduł uwierzytelniania operatora. Natomiast na strefę systemu pomiarowego składa się: urządzenie pomiarowe, moduł przetwarzania tekstu na komunikaty głosowe, oraz moduł nadzorowania procesu pomiarowego. Strefę inteligentnego systemu obustronnej głosowej komunikacji tworzą: moduł rejestracji poleceń głosowych, moduł przetwarzania poleceń głosowych do formy tekstowej i numerycznej, moduł kontroli błędów, moduł analizy ciągów liter, moduł analizy słów, moduł rozpoznawania słów, moduł analizy składni poleceń, moduł analizy segmentów poleceń, moduł rozpoznawania poleceń. Strefa ta również obejmuje: moduł analizy stanu odpowiadającego hipotetycznemu wykonaniu poleceń operatora, moduł oceny bezpieczeństwa technicznego, moduł oceny stanu procesu, moduł oceny poprawności poleceń, moduł sygnalizacji ewentualnych błędów operatora, moduł oceny stopnia przynależności poleceń do kategorii poleceń poprawnych, moduł korygowania poleceń. Dodatkowo strefa systemu zawiera: moduł sygnalizacji poleceń przyjętych do wykonania, moduł analizy czasu reakcji, moduł oceny reakcji operatora, moduł realizacji poleceń, moduł sygnalizacji stanu procesu, oraz moduł informacyjny. Inteligentny system obustronnej głosowej komunikacji systemów pomiarowych z operatorem posiadający budowę modułową jest dodatkowo podzielony na podsystemy:

- podsystem komunikacji głosowej,
- podsystem analizy znaczenia poleceń operatora,
- podsystem analizy skutków poleceń operatora,
- podsystem oceny bezpieczeństwa poleceń operatora,
- podsystem realizacji poleceń operatora.

Cykl komunikacyjny w systemie (rys. 4) rozpoczyna się od operatora systemu pomiarowego, który jest rozpoznawany przez sieć neuronową modułu identyfikacji biometrycznej na podstawie charakterystyki wpisywanego hasła, wzorca podpisu, wzorców wiedzy, osobowości lub głosu.



Rys. 4. Schemat inteligentnego systemu obustronnej głosowej komunikacji systemu pomiarowego z operatorem w procesach pomiarowych

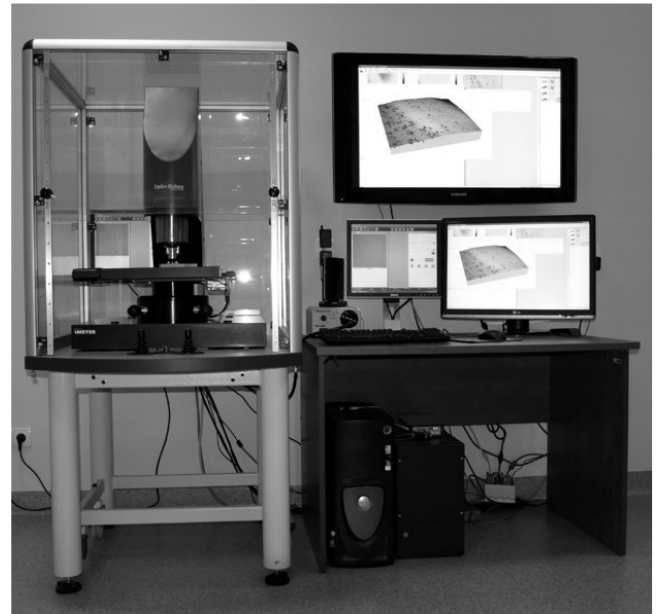
Fig. 4. Scheme of an intelligent two-way speech communication system between the measurement system and the operator for measurement systems

Moduł identyfikacji współpracuje z modułem uwierzytelniania operatora, który wyposażony jest w bazę danych autoryzowanych operatorów systemu pomiarowego. Operator wydaje polecenie głosowe w języku naturalnym, które jest uwierzytelniane i odbierane przez system. Wytworzony sygnał mowy odporny na zakłócenia zewnętrzne jest przesyłany do modułu rejestracji poleceń głosowych. Sygnał mowy autoryzowanego operatora odbierany jest przez moduł przetwarzania poleceń głosowych do formy tekstowej i numerycznej, który jest wyposażony w moduł kontroli błędów. Wynikiem działania tego modułu są rozpoznane polecenia wydawane w języku naturalnym. Następnie moduł analizy ciągów liter dokonuje utworzenia segmentów liter stanowiących komponenty słów, które podlegają analizie przez moduł analizy słów z zastosowaniem sieci neuronowych. Słowa składowe poleceń są rozpoznawane przy pomocy przeanalizowanych segmentów liter przez moduł rozpoznawania słów z zastosowaniem wielowarstwowych hybrydowych sieci neuronowych. Sieci te wyposażone są we wzorce uczące, które stanowią słowa jako komponenty poleceń. Rozpoznane słowa składowe poleceń operatora przesyłane są do modułu analizy składni poleceń. Następnie otrzymane słowa w segmentach jako komponenty poleceń przetwarzane są przez moduł analizy segmentów poleceń z zastosowaniem sieci neuronowych. Dokonana w ten sposób analiza segmentów poleceń pozwala na rozpoznawanie wykonywalnych poleceń operatora przez moduł rozpoznawania poleceń z zastosowaniem hybrydowych sieci neuronowych. Moduł ten wyposażony jest we wzorce uczące stanowiące wykonywalne polecenia operatora. Rozpoznane wykonywalne polecenia zostają przesłane z parametrami procesu do modułu analizy stanu odpowiadającego hipotetycznemu wykonaniu poleceń operatora, w którym podlegają analizie przez sieci neuronowe modelujące proces pomiarowy i jego diagnostykę. Następnie polecenia kontrolowane są przez moduł oceny bezpieczeństwa technicznego z zastosowaniem sieci neuronowych, oraz przez moduł oceny stanu procesu przy pomocy sieci neuronowej uczonej modelem pracy urządzenia pomiarowego. Wyniki działania tych modułów są przesyłane do modułu oceny poprawności poleceń z zastosowaniem logiki rozmytej w celu klasyfikacji poleceń jako poprawne lub niepoprawne. Polecenia niepoprawne przesyłane są do modułu sygnalizacji ewentualnych błędów operatora, który generuje odpowiednie komunikaty głosowe. Natomiast polecenia poprawne przesyłane są do modułu oceny stopnia przynależności poleceń do kategorii poleceń poprawnych, oraz modułu korygowania poleceń. Polecenia bezpieczne przesyłane są do modułu sygnalizacji poleceń przyjętych do wykonania. Następnie przetwarzane są przez moduł analizy czasu reakcji oraz moduł oceny reakcji operatora z zastosowaniem logiki rozmytej w celu odpowiednich klasyfikacji. Polecenia operatora przesyłane są konsekwentnie do modułu realizacji poleceń, w którym następuje określenie nowych parametrów procesu pomiarowego oraz decyzji o jego przebiegu. Urządzenie pomiarowe współpracuje z modułem nadzorowania procesu z zastosowaniem sieci neuronowych oraz z modułem sygnalizacji stanu procesu połączonego z modułem sygnalizacji przyczyn niedokładności w procesie. Następnie moduł informacyjny przesyła informacje do modułu przetwarzania tekstu na komunikaty głosowe do operatora. Moduł inteligentnego nadzoru procesu pomiarowego odbierający informacje o nieprawidłowej pracy urządzenia pomiarowego, wyposażony jest w sieci neuronowe rozwiązujące problemy diagnostyczne procesu pomiarowego.

5. Inteligentny system obustronnej głosowej komunikacji systemu pomiarowego Talysurf CCI 6000 z operatorem

Inteligentny system obustronnej głosowej komunikacji systemu pomiarowego z operatorem wyposażony jest w opracowane algorytmy procedur pomiarowych uwzględniające zasadę działania, metodykę przeprowadzania pomiarów oraz wybrane możliwości analiz wykonywanych za pomocą ultraprecyzyjnego systemu pomiarowego Taylor-Hobson Talysurf CCI 6000, który znajduje się

w Laboratorium Mikroinżynierii i Nanoinżynierii Katedry Mechaniki Precyzyjnej Politechniki Koszalińskiej (rys. 5). System pomiarowy Talysurf CCI 6000 sterowany jest aplikacją TalyscanCCI oraz analizuje wyniki pomiarów aplikacją TalyMap Platinum. Opracowane algorytmy służą do definiowania zbiorów uczących hybrydowe sztuczne sieci neuronowe dla inteligentnych podsystemów komunikacji głosowej, analizy znaczenia poleceń operatora, analizy skutków oraz oceny bezpieczeństwa poleceń.



Rys. 5. Ultraprecyzyjny system pomiarowy Taylor-Hobson Talysurf CCI 6000
Fig. 5. Ultraprecise measuring system Taylor-Hobson Talysurf CCI 6000

6. Wnioski

Warunkiem skuteczności komunikacji głosowej systemów pomiarowych z operatorem jest przede wszystkim wyposażenie jej w inteligentne mechanizmy identyfikacji operatora, rozpoznawania słów i całych poleceń, analizy składni poleceń, analizy skutków i oceny bezpieczeństwa poleceń. W systemach pomiarowych z obustronną głosową komunikacją urządzenia pomiarowego z operatorem warunkiem bezpiecznej pracy jest analiza stanu urządzenia i procesu pomiarowego przed wydaniem polecenia, oraz zastosowanie sztucznej inteligencji do oceny skutków wykonania polecenia. Procesy pomiarowe realizowane są z wykorzystaniem złożonych układów, które posiadają wiele parametrów pracy, co powoduje, że ich nadzorowanie i obsługa wymaga od operatora analizy wielu danych i obserwacji wielu skomplikowanych sygnałów.

7. Literatura

- [1] W. Kacalak, K. Stuart, M. Majewski: Intelligent Natural Language Processing. Lecture Notes in Computer Science 4221, Springer 2006, p. 584-587. URL: http://dx.doi.org/10.1007/11881070_79.
- [2] W. Kacalak, M. Majewski: Intelligent System for Automatic Recognition and Evaluation of Speech Commands. Lecture Notes in Computer Science 4232, Springer 2006, p. 298-305. URL: http://dx.doi.org/10.1007/11893028_34.
- [3] M. Majewski, W. Kacalak: Intelligent Interface for Recognition and Verification of Natural Language Commands. Lecture Notes in Computer Science 4114, Springer 2006, p. 717-723. URL: http://dx.doi.org/10.1007/11816171_89.