

Wojciech KACALAK, Maciej MAJEWSKIPOLITECHNIKA KOSZALIŃSKA, WYDZIAŁ MECHANICZNY
ul. Raclawicka 15/17, 75-620 Koszalin**Ocena predyspozycji operatora w zadaniach decyzyjnych w inteligentnym systemie interakcji z urządzeniami technicznymi**

Prof. dr hab. inż. Wojciech KACALAK

Kierownik Katedry Mechaniki Precyzyjnej. Specjalność naukowa: mechatronika, diagnostyka, optymalizacja i automatyzacja procesów mikroobróbki oraz procesów bardzo dokładnej obróbki ścierniej, 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 hab. inż. Maciej MAJEWSKI

Profesor nadzwyczajny Katedry Mechaniki Precyzyjnej. Specjalność naukowa: budowa i sterowanie inteligentnymi systemami interakcji. Stopień doktora n.t. oraz stopień doktora habilitowanego n.t. uzyskał w Politechnice Koszalińskiej. Współautor 53 publikacji naukowych, w tym 39 zagranicznych. Współpracował na zasadzie pobytu w uniwersytetach wschodu i zachodu na świecie przez okres 3 lat.



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

Streszczenie

W artykule przedstawiono nową koncepcję oceny predyspozycji operatora w zadaniach decyzyjnych w inteligentnych systemach interakcji z urządzeniami technicznymi. Opracowany inteligentny system dokonuje analizy, sprawdzania i oceny predyspozycji operatora oraz nadzorowania i optymalizacji procesu oceny. System oceny predyspozycji przedstawiono w przykładowym zastosowaniu w systemie interakcji za pomocą mowy i języka naturalnego pomiędzy urządzeniami technicznymi i ich operatorami, który zawiera inteligentne mechanizmy służące do identyfikacji biometrycznej operatora, rozpoznawania słów składowych i całych komunikatów operatora, analizy składni i skutków poleceń, oceny bezpieczeństwa poleceń, nadzorowania procesu, oraz oceny reakcji operatora.

Słowa kluczowe: ocena predyspozycji operatora, interakcja operatora z urządzeniem technicznym, komunikacja głosowa, interfejs mowy, sztuczna inteligencja.

Assessment of operator's ability for decision making tasks in intelligent interaction system with technical devices**Abstract**

In this paper, a new concept of assessment of operator's ability for decision making tasks in intelligent interaction systems with technical devices is presented. The developed intelligent system performs analyses, evaluation and assessment of operator's ability, as well as supervision and optimization of the assessment process. The assessment system of operator's ability is presented in exemplary application in an interaction system by speech and natural language between technical devices and their operators, which consists of the intelligent mechanisms of operator biometric identification, speech recognition, word and command recognition, command meaning and effect analysis, command safety assessment, process supervision, and operator reaction assessment. In the paper, a review of selected issues is carried out with regards to intelligent interaction layers (Fig. 1), process supervision systems (Fig. 2), intelligent interaction systems (Figs. 3, 4), assessment of operator's ability for decision making tasks (Figs. 5, 6, 7), as well as recognition and evaluation of speech commands in natural language. Application of hybrid neural networks allows recognition of commands in natural language with similar meanings but different lexicogrammatical patterns, which will undoubtedly be the most important way of interaction between humans and devices. The condition of the effectiveness of the presented system is to equip it with mechanisms of command meaning and effect analysis, as well as safety assessment. The condition for safe communication between operators and technical devices is analyzing the state of the technical device and process before the command is given and using artificial intelligence for effect analysis and safety assessment of the command. The development of a basis of building and applying systems of control, supervision and optimization of processes which communicate an operator with a technical device, is an important goal. These systems allow remote control of the process quality by an operator being in any distance. It is very significant for development of new effective and flexible methods of control. The system for remote control, supervision and optimization provides an innovative solution using more complete advantages of applied technological processes

nowadays. The presented solution can belong to attempts of creation of the standard of mobile applications for control, supervision and optimization of processes using two-way speech communication between technical devices and their operators.

Keywords: assessment of operator's ability, interaction between the operator and technical devices, voice communication, speech interface, artificial intelligence.

1. Koncepcja inteligentnej warstwy interakcji urządzeń technicznych i ich operatorów

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

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



rys. 1. Schemat koncepcji inteligentnej warstwy interakcji urządzeń technicznych i ich operatorów

Fig. 1. Scheme of a concept of an intelligent interaction layer of technical devices and their operators

Inteligentna interakcja urządzeń technicznych z ich operatorami przy pomocy mowy i języka naturalnego to [1]:

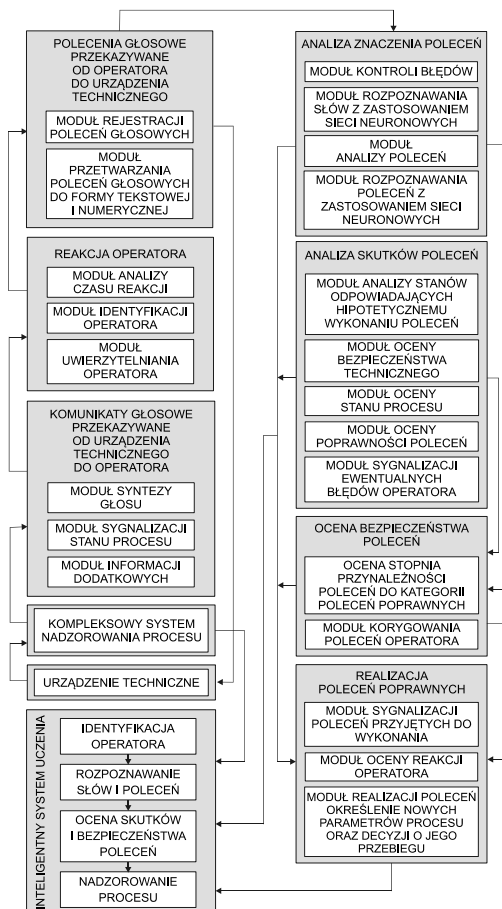
- Większa odporność systemu na błędy operatorów i sprawniejsze nadzorowanie procesów o wybieralnym stopniu automatyzacji nadzorowania.
- Eliminowanie niedostatków typowego współdziałania operatora i urządzeń technicznych.

- 3) Przejście na wyższy poziom organizacji realizowania procesów wyposażonych w inteligentny system interakcji, mający znaczenie dla ich sprawności i humanizacji.
- 4) Brak konieczności obecności operatora przy urządzeniu technicznym (dowolnie duża odległość).

Według nowej koncepcji nowoczesnych systemów nadzorowania procesów nie zachodzi konieczność obecności operatora przy stanowisku realizacji procesu. Operator może być w dowolnie dużej odległości od urządzenia technicznego. Umożliwia to inteligentny system interakcji urządzenia technicznego z operatorem i operatora z urządzeniem technicznym.

Zadaniem systemu nadzoru procesu, jest zapewnienie automatyzacji i wysokiej skuteczności nadzorowania procesów z elastycznym i kontrolowanym współdziałaniem obserwowanego 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. Procesy 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.

Kompleksowy system nadzoru procesu 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 koncepcji nadzorowania procesów z inteligentnym systemem interakcji urządzeń technicznych i ich operatorów

Fig. 2. Scheme of a concept of process supervision with an intelligent interaction system of technical devices and their operators

nieczne jest wykorzystywanie takich ważnych 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.

Wykorzystywanie inteligentnych systemów interakcji umożliwi sprawne projektowanie i optymalizację procesów, monitorowanie przepływu elementów oraz wykorzystywania zasobów, nadzorowanie procesów, wizualizacje oraz prognozowanie wyników. Ważną cechą jest zdalna komunikacja poszczególnych uczestników procesu. Umożliwi to ich integrację oraz zapewni dostęp do informacji, niezbędnych dla racjonalnego podejmowania decyzji.

Inteligentne systemy interakcji w połączeniu z technologiami mobilnymi stają się platformą umożliwiającą zarządzanie rozproszonym systemem, nastawionym na szybką reakcję na zmieniające się wymagania rynku i klienta. Ważnym celem pracy jest opracowanie podstaw tworzenia i stosowania zdalnych systemów sterowania, nadzorowania i optymalizacji procesów, komunikującego się głosowo z systemem i operatorem. Systemy te umożliwią zdalną kontrolę jakości procesu przez operatora znajdującego się w dowolnej odległości. Ma to duże znaczenie dla rozwoju nowych, efektywnych i elastycznych procesów sterowania.

System zdalnego sterowania, nadzorowania i optymalizacji stanowi innowacyjne rozwiązanie pozwalające na pełniejsze wykorzystanie stosowanych obecnie metod wytwarzania. Proponowane rozwiązanie może należeć do prób stworzenia standardu aplikacji mobilnych do sterowania, nadzorowania i optymalizacji procesów z wykorzystaniem obustronnej głosowej komunikacji człowieka z urządzeniem technicznym lub robotem. Tematyka ta wkrótce stanie się jedną z najważniejszych dla postępu technologicznego.

2. Budowa inteligentnego systemu interakcji urządzeń technicznych i ich operatorów

Inteligentny system interakcji urządzeń technicznych i ich operatorów [2] posiadający budowę modułową jest podzielony na podsystemy (rys. 3):

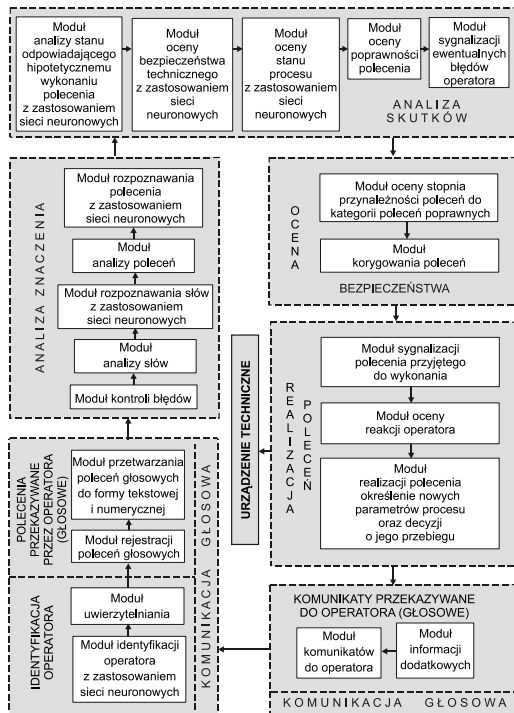
- a) podsystem komunikacji głosowej,
- b) podsystem analizy znaczenia poleceń operatora,
- c) podsystem analizy skutków poleceń operatora,
- d) podsystem oceny bezpieczeństwa poleceń operatora,
- e) podsystem realizacji poleceń operatora.

Budowa inteligentnego systemu interakcji urządzeń technicznych i ich operatorów (rys. 4) oparta jest na nowej koncepcji, według której system podzielony jest na strefy: operatora, urządzenia technicznego oraz inteligentnego systemu interakcji.

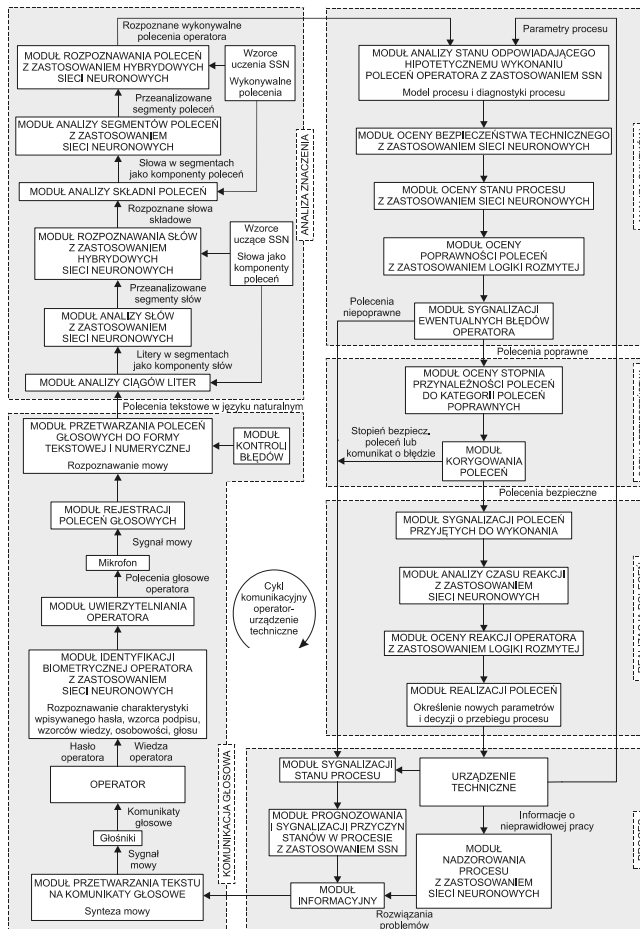
Na strefę operatora składa się: operator, moduł identyfikacji operatora i moduł uwierzytelniania operatora. Natomiast na strefę urządzenia technicznego składa się: urządzenie techniczne, moduł przetwarzania tekstu na komunikaty głosowe oraz moduł nadzorowania procesu.

Strefę inteligentnego systemu interakcji 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.

Metody sztucznej inteligencji zastosowane w systemach interakcji, tworzą wyższą jakość, zwłaszcza w warunkach, gdy ko-



Rys. 3. Inteligentny system interakcji urządzeń technicznych i ich operatorów
 Fig. 3. Intelligent interaction system of technical devices and their operators



Rys. 4. Szczegółowa budowa inteligentnego systemu interakcji urządzeń technicznych i ich operatorów
 Fig. 4. Detailed architecture of the intelligent interaction system of technical devices and their operators

Stosowanie inteligentnego systemu interakcji wyposażonego w mechanizmy identyfikacji operatora, rozpoznawania słów

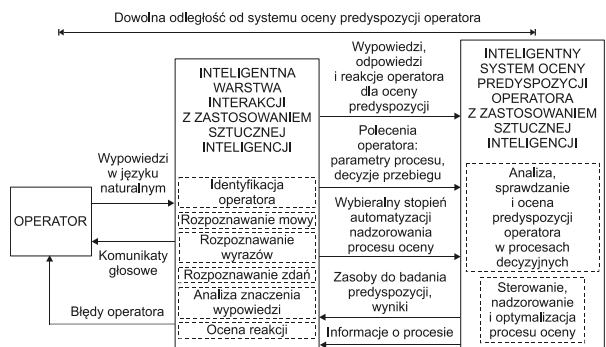
i całych poleceń, analizy składni poleceń, analizy skutków i oceny bezpieczeństwa poleceń, pozwala uzyskać sprawną komunikację operatora i urządzenia technicznego. W procesach sterowania, w których stosowana jest interakcja urządzenia technicznego z operatorem, bezpieczeństwo pracy zwiększa analiza stanu urządzenia i procesu przed wydaniem polecenia, oraz zastosowanie sztucznej inteligencji do oceny skutków wykonania polecenia.

Warunki wysokiej skuteczności takiego systemu są następujące:

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

3. Inteligentny system oceny predyspozycji operatora w procesach decyzyjnych

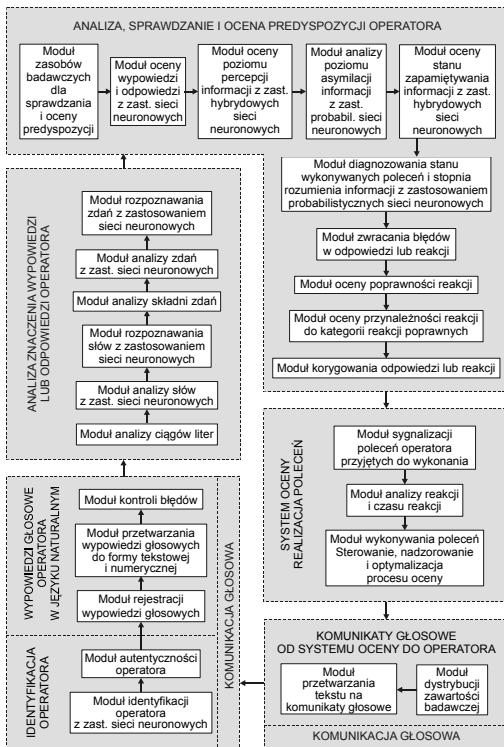
Według nowej koncepcji ocena predyspozycji operatora, w procesach decyzyjnych w systemach interakcji, może być realizowana z zastosowaniem inteligentnego systemu z warstwą interakcji systemu oceny z operatorem (rys. 5) [3]. System umożliwia analizę, sprawdzanie i ocenę predyspozycji operatora w procesach decyzyjnych oraz kontrolę, nadzorowanie i optymalizację procesu oceny. Zastosowana warstwa interakcji pomiędzy systemem oceny i operatorem przy pomocy mowy oraz języka naturalnego zawiera inteligentne mechanizmy biometrycznej identyfikacji operatora, rozpoznawania mowy, rozpoznawania wyrazów i zdań, analizy znaczenia wypowiedzi oraz oceny reakcji.



Rys. 5. Schemat koncepcji inteligentnego systemu oceny predyspozycji operatora w procesach decyzyjnych w inteligentnym systemie interakcji z urządzeniami technicznymi

Fig. 5. Scheme of a concept of an intelligent assessment system of operator's ability for decision making tasks in intelligent interaction systems with technical devices

Inteligentny system oceny predyspozycji operatora podzielony jest na podsystemy oraz cechuje się budową modułową (rys. 6). Podsystem komunikacji głosowej przeprowadza identyfikację biometryczną operatora, przetwarza wypowiedzi głosowe operatora w mowie naturalnej oraz wytwarza komunikaty głosowe od systemu oceny do operatora. Podsystem analizy znaczenia wypowiedzi lub odpowiedzi operatora realizuje analizę i rozpoznawanie słów, analizę składni zdań oraz analizę i rozpoznawanie zdań. W zadaniach przetwarzania języka naturalnego zastosowanie mają hybrydowe sieci neuronowe.



Rys. 6. Intelligentny system oceny predyspozycji operatora
 Fig. 6. Intelligent assessment system of operator's ability

Podsystem analizy, sprawdzania i oceny predyspozycji operatora dokonuje oceny wypowiedzi i odpowiedzi, oceny poziomu percepcji informacji, analizy poziomu asymilacji informacji oraz oceny stanu zapamiętywania informacji. W dalszym cyklu oceny realizowana jest diagnoza stanu wykonywanych poleceń i stopnia rozumienia informacji, zwracanie błędów w odpowiedzi lub reakcji operatora, ocena poprawności reakcji, ocena przynależności reakcji do kategorii reakcji poprawnych oraz korygowanie odpowiedzi lub reakcji operatora. Podsystem realizacji poleceń sygnalizuje polecenia operatora przyjęte do wykonania, analizuje reakcję i jej czas oraz wykonuje polecenia operatora. System oceny predyspozycji operatora z zastosowaniem hybrydowych sieci neuronowych podlega inteligentnemu sterowaniu, nadzorowaniu i optymalizacji.

Kompleksowy inteligentny system oceny predyspozycji operatora z inteligentnym systemem interakcji (rys. 7), dystrybuje zasoby badawcze w celu sprawdzania i oceny predyspozycji oraz przetwarza informacje napływające od operatora w odpowiednim kontekście badania. Wypowiedź lub odpowiedź głosowa zidentyfikowanego biometrycznie operatora w języku naturalnym, w danym kontekście badania, podlega przetworzeniu do formy tekstowej i numerycznej. Analiza znaczenia wypowiedzi lub odpowiedzi operatora jest realizowana poprzez analizowanie ciągów liter, słów, składni zdań i segmentów zdań oraz rozpoznawanie słów i zdań z zastosowaniem ewolucyjnych rozmytych sieci neuronowych. W ocenie poziomu percepcji informacji oraz ocenie stanu zapamiętywania informacji zastosowanie mają hybrydowe sieci neuronowe. Analiza poziomu asymilacji informacji, oszacowanie stopnia rozumienia informacji oraz diagnozowanie stanu wykonywanych poleceń realizowane jest przy pomocy probabilistycznych sieci neuronowych.

W procesach analizy, sprawdzania i oceny predyspozycji operatora uwzględniane są: zakres wymagań dotyczących sprawnego i poprawnego podejmowania decyzji, ich kryteria oraz charakterystyka operatora. Reakcje i działania operatora oraz efektywność wykorzystania informacji podlegają ocenie z zastosowaniem sieci neuronowych i logiki rozmytej. Zadania wynikające z inteligentnego sterowania, nadzorowania i optymalizacji systemu oceny wykonywane są poprzez stosowanie sieci neuronowych.

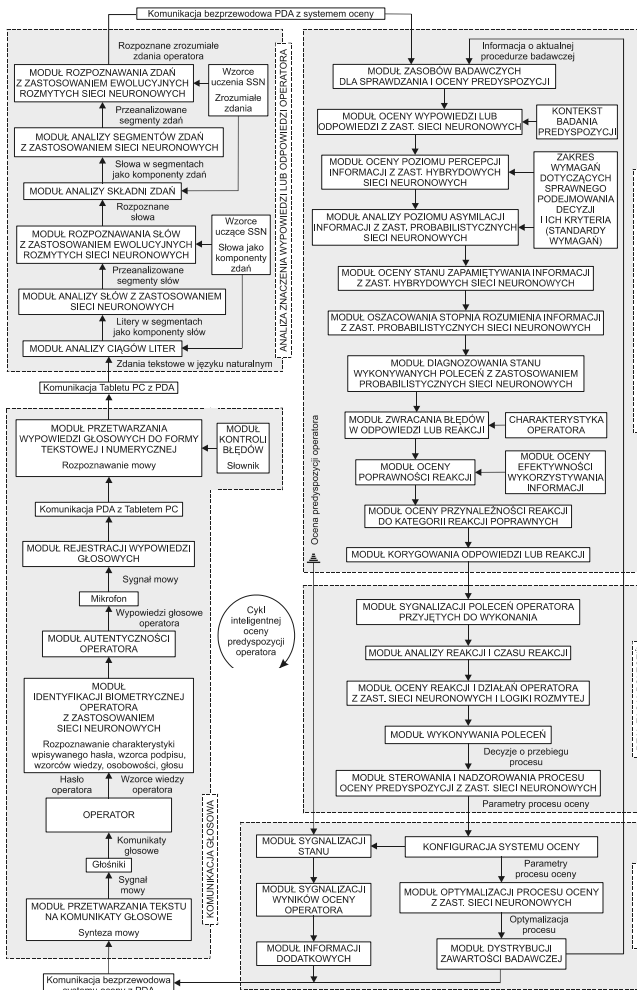
4. Wnioski

Opracowana nowa koncepcja i system oceny predyspozycji operatora w zadaniach decyzyjnych w inteligentnych systemach interakcji z urządzeniami technicznymi, ze względu na swoją elastyczność, mogą mieć zastosowanie w wielu dziedzinach sterowania urządzeniami technicznymi przez ludzi, przynosząc duże korzyści. Opracowany inteligentny system oceny predyspozycji operatora może być zastosowany w systemie interakcji za pomocą mowy i języka naturalnego lub odręcznego pisma operatora, lub innych. Stosowanie inteligentnych systemów interakcji wspomaganych oceną predyspozycji operatorów może zapewnić większą odporność systemów na błędy operatorów, sprawniejsze nadzorowanie procesów, eliminowanie niedostatków typowego współdziałania operatora i urządzeń oraz dowolną odległość operatora.

5. Literatura

[1] Kacalak W., Majewski M.: Inteligentny system obustronnej głosowej komunikacji systemu pomiarowego z operatorem dla technologii mobilnych. *Pomiary Automatyka Kontrola*, Vol. 55, nr 4 (2009). Wydawnictwo PAK 2009. 221-224.
 [2] Kacalak W., Majewski M.: Natural language human-robot interface using evolvable fuzzy neural networks for mobile technology. *Lecture Notes in Computer Science* 5754. Springer 2009. 480-489.
 [3] Majewski M.: *Podstawy budowy inteligentnych systemów interakcji urządzeń technologicznych i ich operatorów*. Monografia nr 172. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2010.

Rys. 7. Szczegółowa budowa inteligentnego systemu oceny predyspozycji
 Fig. 7. Detailed architecture of the intelligent assessment system of the ability



otrzymano / received: 03.02.2011

przyjęto do druku / accepted: 04.04.2011

artykuł recenzowany